

Stanisław HURUK<sup>1,2</sup>, Alicja HURUK<sup>1</sup>, Arvīds BARŠEVSKIS<sup>3</sup>, Grzegorz WRÓBEL<sup>1</sup>  
i Witold BOCHENEK<sup>4</sup>

## CARABIDAE (COLEOPTERA) WYBRANYCH ŚRODOWISK LEŚNYCH W OTOCZENIU STACJI ZINTEGROWANEGO MONITORINGU ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO W SZYMBARKU

### CARABIDAE (COLEOPTERA) SELECTED FOREST ENVIRONMENTS INHABITING THE AREA OF THE INTEGRATED NATURAL ENVIRONMENT MONITORING STATION IN SZYMBARK

**Abstrakt:** Badania prowadzono w ramach monitoringu fauny epigeicznej, realizowanego na terenie Stacji Bazowanej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego w Szymbarku w latach 2004-2011, w lesie górskim oraz lesie wyżynnym. Odłowy biegaczowatych prowadzono każdego roku od maja do września za pomocą pułapek Barbera napełnianych glikolem etylenowym, dzieląc ten okres na 5 miesięcznych cykli. Celem badań było poznanie struktur zgrupowań biegaczowatych oraz analiza zależności między nimi a wybranymi czynnikami środowiska w lesie wyżynnym i w lesie górskim. W ramach badań odłowiono łącznie 8351 osobników biegaczowatych należących do 25 gatunków, w tym w lesie wyżynnym odłowiono 6072 osobniki, należące do 23 gatunków, natomiast w lesie górskim 2279 osobników, należących do 22 gatunków. Różnorodność gatunkowa mierzona wskaźnikiem Shannona-Wienera ( $H'$ ) oraz równomierność mierzona wskaźnikiem Pielou ( $J'$ ) wyniosły w lesie wyżynnym  $H' = 2,2011$ ;  $J' = 0,7020$ , a w lesie górskim odpowiednio  $H' = 1,9786$ ;  $J' = 0,6401$ . Wyniki odłowów analizowano na tle takich czynników, jak temperatura powietrza, temperatura gruntu, opad atmosferyczny oraz chemizm opadu atmosferycznego (pH, SEC, S-SO<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>, Cl, Na, K, Mg, Ca). Stwierdzono istotną statystycznie, dodatnią korelację między liczebnością odłowów Carabidae a temperaturą powietrza na wysokości 2 m w obydwu badanych środowiskach, jak również między temperaturą gruntu na głębokości 0,05 m a liczebnością Carabidae. Biorąc pod uwagę chemizm opadu atmosferycznego w lesie górskim, stwierdzono silną dodatnią korelację między liczebnością Carabidae a średnim miesięcznym stężeniem kationu sodu w opadach –  $r = 0,62$ ,  $df = 32$ ,  $p = 0,0001$ . Zależności między liczebnością odłowów a wartościami pozostałych czynników były słabo wyrażone (skorelowane) oraz statystycznie nieistotne.

**Słowa kluczowe:** Carabidae, monitoring przyrodniczy, czynniki atmosferyczne, zanieczyszczenia środowiska

### Wstęp

Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego (ZMŚP) jest od 1994 roku samodzielnym podsystemem Państwowego Monitoringu, który zgodnie z artykułem 25 ust. 2 ustawy *Prawo ochrony środowiska*, jest systemem pomiarów, ocen i prognoz stanu środowiska oraz gromadzenia, przetwarzania i rozpowszechniania informacji o środowisku. Celem Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego są kompleksowe badania środowiska przyrodniczego, obrazujące nie tylko aktualny jego stan, ale również

<sup>1</sup> Zakład Zoologii i Dydaktyki Biologii, Instytut Biologii, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce, tel. 41 349 63 57, email stanislaw.huruk@ujk.edu.pl

<sup>2</sup> Świętokrzyski Park Narodowy, ul. Suchedniowska 4, 26-010 Bodzentyn

<sup>3</sup> Systematic Biology Institute, Daugavpils University, Vienibas Str. 13, Daugavpils, Lotwa

<sup>4</sup> Stacja Naukowo-Badawcza, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Szymbark 430, 38-311 Szymbark

\* Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'12, Zakopane, 10-13.10.2012

długookresowe przemiany zachodzące w środowisku. Badania monitoringowe są prowadzone w ramach sieci stacji bazowych reprezentujących charakterystyczną dla naszego kraju strukturę krajobrazową. ZMŚP ma wspomagać działania na rzecz ochrony środowiska poprzez systematyczne informowanie organów administracji państwowej i społeczeństwa o jakości elementów przyrody [1].

Jednym z wiodących ostatnio kierunków badawczych podejmowanych w naukach przyrodniczych są obserwacje i analizy zmian stanu biosfery na różnych jej poziomach, m.in. na poziomie zgrupowań zwierząt. Zmiany zachodzące na przykład w zgrupowaniach zwierząt lub w populacji danego gatunku umożliwiają rozpoznanie i wskazanie zagrożeń wpływających na stabilność ekosystemów. Rozpoznanie oraz szybką diagnozę cech i właściwości różnych środowisk, jak również procesów w nich zachodzących, umożliwiają zgrupowania epigeicznych chrząszczy z rodziny biegaczowatych (Carabidae) [2]. Badania monitoringowe powinny mieć charakter wieloletni i, co równie ważne, powinny być prowadzone w sposób ciągły. Zebrane w ten sposób dane pozwalają na uzyskanie bardzo cennych informacji o zachodzących w czasie zmianach w obrębie badanej grupy systematycznej.

Długoterminowe badania pozwalają na odróżnienie zmian zachodzących w środowiskach leśnych pod wpływem czynników zewnętrznych, w tym człowieka, od tych, które zachodzą w sposób przypadkowy i naturalny [3, 4].

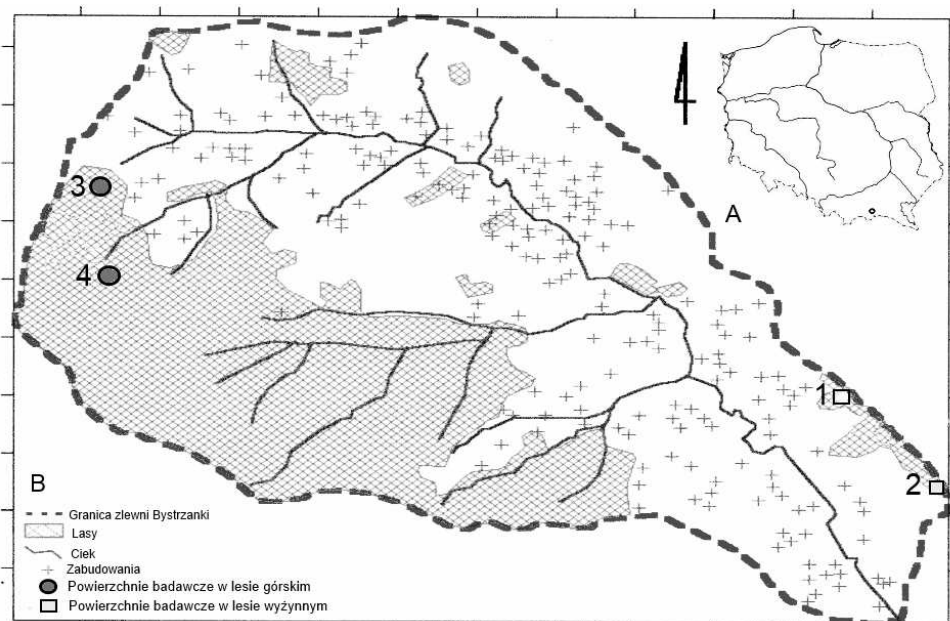
Monitoring epigeicznych Carabidae realizowany w państwowych Stacjach Bazowych Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego ma na celu śledzenie zmian ilościowych i jakościowych zachodzących w strukturach zgrupowań tych owadów na danym obszarze. Wyniki obserwacji prowadzonych przez wiele lat mogą pozwolić na stwierdzenie, w jaki sposób żywe organizmy reagują na zmiany zachodzące w środowisku oraz jakie są kierunki i natężenie zmian, którym podlegają zgrupowania biegaczowatych [5].

Praca przedstawia wyniki badań z lat 2004-2011 uzyskane w Stacji Bazowej ZMŚP Szymbark, podlegającej Instytutowi Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk w Warszawie. Celem badań było poznanie struktur zgrupowań biegaczowatych oraz analiza zależności między nimi a wybranymi czynnikami środowiska w lesie wyżynnym i lesie górskim otaczających Stację.

## **Materiał i metodyka**

Materiał zebrano na 4 stałych powierzchniach badawczych założonych na Maślanej Górze, w zlewni Bystrzanki reprezentującej geoekosystem Karpat fliszowych, charakterystycznych dla gór niskich i podgórz (rys. 1). Powierzchnie należące do wariantu I (1-2) zlokalizowane były w lesie wyżynnym, a powierzchnie II wariantu (3-4) w lesie górskim. Na każdej powierzchni założono 5 pułapek Barbera, w 3-metrowych odstępach, zakopanych w ziemi i napełnionych w 1/3 wysokości glikolem etylenowym. Odłowy prowadzono od maja do września. Okres ten podzielono na 5 miesięcznych cykli odłowów. Wyniki odłowów przedstawiono w postaci liczby odłowionych gatunków oraz osobników. Gatunki scharakteryzowano pod względem ekologicznym, wyróżniając takie kategorie ekologiczne, jak: środowisko życia, wymagania wilgotnościowe, trofizm i typ rozwojowy oraz pod względem zoogeograficznym, podając przynależność odłowionych

gatunków do określonych elementów zoogeograficznych stwierdzonych w Polsce. Przynależność Carabidae do poszczególnych kategorii ekologicznych ustalono m.in. na podstawie prac takich autorów, jak: Burmeister [6], Larsson [7], Lindroth [8], Šarova [9, 10], Szyszko [11], Aleksandrowicz [12]. Kryteria podziału zoogeograficznego przyjęto według pracy Leśniaka [13]. Oceniono też różnorodność zgrupowań, stosując wskaźnik różnorodności gatunkowej Shannona-Wienera ( $H'$ ) [14], jak również oszacowano równomierność zgrupowań, stosując wskaźnik równomierności Pielou ( $J'$ ) [15].



Rys. 1. Lokalizacja obiektu badań (A) oraz stałych powierzchni badawczych (B)

Fig. 1. Location of the study area (A) and permanent study sites (B)

Wyniki badań nad zgrupowaniami Carabidae obejmowały również analizę zależności między liczbą odłowionych osobników biegaczowatych w poszczególnych miesiącach a średnią miesięczną wartością danego czynnika. Do analizowanych czynników abiotycznych należały: średnia miesięczna temperatura powietrza na wysokości 0,05 m oraz 2 m, średnia miesięczna temperatura gruntu na głębokości odpowiednio 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1 m, średnia miesięczna wartość opadu atmosferycznego oraz średnia miesięczna wartość parametrów chemizmu opadu atmosferycznego (pH, SEC, S-SO<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>, Cl, Na, K, Mg, Ca). Dane pomiarowe udostępnione dzięki uprzejmości pracowników Stacji posłużyły do analiz statystycznych.

## Wyniki i dyskusja

Podczas badań odłowiono łącznie 8351 osobników Carabidae należących do 25 gatunków (tab. 1; rys. 2). W lesie wyżynnym odłowiono 6072 osobniki biegaczowatych,

należące do 23 gatunków (tab. 2), natomiast w lesie górskim odłowiono 2279 osobników biegaczowatych, należących do 22 gatunków (tab. 3). W obu zespołach leśnych zdecydowaną dominacją odznaczał się *Carabus violaceus* L. oraz *Carabus linnaei* Duft. (tab. 2 i 3).

W obu wariantach środowiskowych szczyt aktywności zgrupowań Carabidae przypadał na lipiec, poza tym zgrupowania z tych siedlisk leśnych były najczęściej najmniej aktywne w maju oraz we wrześniu (rys. 3).

Tabela 1

Charakterystyka zoogeograficzna i ekologiczna Carabidae oraz liczebność gatunków za cały okres badań w obu wariantach środowiskowych

Table 1

Zoogeographic and ecological characteristics of Carabidae and overall species abundance in the entire study period in both habitat variants

| Lp.   | Gatunek                                      | Kategoria ekologiczna |         |                          |               | Element zoogeograficzny | Liczebność |
|-------|--|-----------------------|---------|--------------------------|---------------|-------------------------|------------|
|       |  | Środowisko życia      | Trofizm | Wymagania wilgotnościowe | Typ rozwojowy |                         |            |
| 1     | <i>Carabus coriaceus</i> L.                  | L                     | Zd      | Mh                       | J             | Epl                     | 648        |
| 2     | <i>C. violaceus</i> L.                       | L                     | Zd      | Mh                       | W             | Pal                     | 2545       |
| 3     | <i>C. auronitens</i> Fabr..                  | L                     | Zd      | Mh                       | W             | Epl                     | 260        |
| 4     | <i>C. cancellatus</i> Ill.                   | ToZ                   | Zd      | Mh                       | W             | Esyb                    | 190        |
| 5     | <i>C. arcensis</i> Herbst                    | L                     | Zd      | Mh                       | W             | Pal                     | 2          |
| 6     | <i>C. scheidleri</i> Fabr.                   | To                    | Zd      | Mh                       | J             | Epl                     | 152        |
| 7     | <i>C. hortensis</i> L.                       | L                     | Zd      | Mh                       | J             | Epl                     | 213        |
| 8     | <i>C. linnaei</i> Duft.                      | L                     | Zd      | Mh                       | J             | Gepl                    | 1599       |
| 9     | <i>Cychrus attenuatus</i> (Fabr.)            | L                     | Zd      | Mh                       | W             | Gepl                    | 15         |
| 10    | <i>Cychrus caraboides</i> (L.)               | L                     | Zd      | Mh                       | W             | Ear                     | 37         |
| 11    | <i>Nebria brevicollis</i> (Fabr.)            | ToZ                   | Zm      | Wilg                     | J             | Eyb                     | 3          |
| 12    | <i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabr.) | L                     | Zm      | Mh                       | W             | Pal                     | 55         |
| 13    | <i>P. niger</i> (Schall.)                    | L                     | Zd      | Mh                       | W             | Esyb                    | 358        |
| 14    | <i>P. melanarius</i> (L.)                    | ToZ                   | Zd      | Mh                       | J             | Esyb                    | 93         |
| 15    | <i>P. burmeisteri</i> Heer                   | L                     | Zm      | Mh                       | J             | Gepl                    | 916        |
| 16    | <i>P. foveolatus</i> (Duft.)                 | L                     | Zm      | Mh                       | W             | Gepl                    | 3          |
| 17    | <i>Abax carinatus</i> (Duft.)                | L                     | Zm      | Mh                       | J             | Gepl                    | 370        |
| 18    | <i>A. ovalis</i> (Duft.)                     | L                     | Zm      | Mh                       | J             | Gepl                    | 373        |
| 19    | <i>A. ater</i> (Pill. et Mitt.)              | L                     | Zm      | Mh                       | J             | Epl                     | 223        |
| 20    | <i>A. parallelus</i> (Duft.)                 | L                     | Zm      | Mh                       | J             | Gepl                    | 154        |
| 21    | <i>A. schueppeli</i> (Germ.)                 | L                     | Zm      | Mh                       | W             | Gepl                    | 124        |
| 22    | <i>Molops piceus</i> (Panz.)                 | L                     | Zm      | Mh                       | W             | Gepl                    | 12         |
| 23    | <i>Limodromus assimilis</i> (Payk.)          | L                     | Zm      | Wilg                     | W             | Pal                     | 1          |
| 24    | <i>Harpalus rufipes</i> (De Geer)            | To                    | HZ      | Mh                       | J             | Pal                     | 3          |
| 25    | <i>H. latus</i> (L.)                         | L                     | HZ      | Mh                       | W             | Pal                     | 2          |
| Razem |  |                       |         |                          |               |                         | 8351       |

\* L - leśny, To - terenów otwartych, ToZ - terenów otwartych i zadrzewionych; Zd - zoofag duży, Zm - zoofag mały, Hz - hemizoofag; Wilg - wilgociolubny, Mh - mezohigrofilny; W - wiosenny, J - jesienny; Pal - palearktyczny, Esyb - eurosberyjski, Ear - euroarktyczny, Epl - europejskiej prowincji leśnej, Gepl - górski europejskiej prowincji leśnej

Tabela 2  
Liczebność odłowionych gatunków Carabidae w poszczególnych latach badań w lesie wyżynnymTable 2  
Abundance of Carabidae species collected in the upland forest site by year of study

| Lp. | Gatunek                             | Liczba osobników        |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----|-------------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     |                                     | Las wyżynny (wariant I) |      |      |      |      |      |      |      |      |
|     |                                     | 2004                    | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | R-m  |
| 1   | <i>Carabus coriaceus</i> L.         | 46                      | 55   | 104  | 95   | 73   | 102  | 54   | 94   | 623  |
| 2   | <i>C. violaceus</i> L.              | 110                     | 172  | 169  | 180  | 366  | 200  | 351  | 319  | 1867 |
| 3   | <i>C. auronitens</i> Fabr.          |                         | 6    |      |      |      |      |      |      | 6    |
| 4   | <i>C. cancellatus</i> Ill.          |                         |      | 2    | 1    |      |      | 5    | 6    | 14   |
| 5   | <i>C. scheidleri</i> Fabr.          |                         | 1    |      |      |      | 9    | 32   | 106  | 148  |
| 6   | <i>C. hortensis</i> L.              | 2                       | 4    | 21   | 22   | 15   | 58   | 38   | 36   | 196  |
| 7   | <i>C. linnaei</i> Duft.             | 173                     | 170  | 196  | 73   | 200  | 161  | 104  | 7    | 1084 |
| 8   | <i>Cychrus caraboides</i> (L.)      |                         |      |      |      | 1    | 1    |      |      | 2    |
| 9   | <i>Nebria brevicollis</i> (Fabr.)   |                         |      |      |      |      |      | 1    |      | 1    |
| 10  | <i>P. oblongopunctatus</i> (Fabr.)  |                         | 2    | 6    |      | 7    | 3    | 5    |      | 23   |
| 11  | <i>P. niger</i> (Schall.)           | 61                      | 34   | 40   | 35   | 29   | 25   | 9    | 19   | 252  |
| 12  | <i>P. melanarius</i> (L.)           | 3                       |      | 12   | 11   | 47   |      |      | 14   | 87   |
| 13  | <i>P. burmeisteri</i> Heer          | 35                      | 41   | 93   | 23   | 90   | 55   | 173  | 45   | 555  |
| 14  | <i>P. foveolatus</i> (Duft.)        |                         | 3    |      |      |      |      |      |      | 3    |
| 15  | <i>Abax carinatus</i> (Duft.)       | 5                       | 10   | 4    | 41   | 82   | 42   | 94   | 75   | 353  |
| 16  | <i>A. ovalis</i> (Duft.)            |                         | 17   | 15   | 31   | 107  | 40   | 103  | 52   | 365  |
| 17  | <i>A. ater</i> (Pill. et Mitt.)     | 46                      | 40   | 3    |      | 23   | 53   | 8    | 46   | 219  |
| 18  | <i>A. parallelus</i> (Duft.)        |                         |      |      |      |      |      | 52   | 89   | 141  |
| 19  | <i>A. schueppeli</i> (Germ.)        | 3                       | 4    |      | 9    | 4    | 12   | 19   | 69   | 120  |
| 20  | <i>Molops piceus</i> (Panz.)        | 1                       | 2    |      |      |      | 3    | 1    | 1    | 8    |
| 21  | <i>Limodromus assimilis</i> (Payk.) |                         | 1    |      |      |      |      |      |      | 1    |
| 22  | <i>Harpalus rufipes</i> (De Geer)   |                         | 1    |      |      |      |      |      | 2    | 3    |
| 23  | <i>H. latus</i> (L.)                |                         |      |      |      |      | 1    |      |      | 1    |
|     | Razem                               | 485                     | 563  | 665  | 521  | 1044 | 765  | 1049 | 980  | 6072 |
|     | Liczba odłowionych gatunków         | 11                      | 17   | 12   | 11   | 13   | 15   | 16   | 16   | 23   |

Biorąc pod uwagę charakterystykę ekologiczną, wykazano, że zarówno w lesie wyżynnym, jak i w lesie górskim dominowały te same elementy ekologiczne z wyłączeniem typu rozwojowego (tab. 4). W ramach kategorii środowisko życia w obu wariantach dominowały gatunki leśne, pod względem trofizmu (w aspekcie ilościowym) zoofagi duże, zaś w aspekcie jakościowym ilość zoofagów małych i zoofagów dużych była zbliżona, pod względem wymagań wilgotnościowych gatunki mezohigrofilne, natomiast z uwagi na typ rozwoju dominowały w lesie wyżynnym elementy jesienne, a w lesie górskim elementy wiosenne. Trofizm jako jedna z charakterystyk ekologicznych zgrupowań Carabidae może być wykorzystany przy ocenie stanu środowiska przyrodniczego. W środowisku leśnym niepodlegającym presji negatywnych czynników zewnętrznych winny dominować zoofagi duże, natomiast w przypadku pojawienia się negatywnych czynników wpływających na środowisko ze zgrupowania zaczyna ubywać w pierwszej kolejności zoofagów dużych, a przybywać zoofagów małych i (lub) hemizoofagów [16]. Podkreśla to słuszność stwierdzeń, iż jakościowy skład zgrupowań Carabidae doskonale odwzorowuje aktualny stan zamieszkiwanego przez nie środowiska. W obu wariantach środowiskowych, odnosząc się do struktury troficznej, dominowały

zoofagi duże, stopień ich dominacji był na wysokim poziomie dla lasu wyżynnego (70%) i odpowiednio lasu górskiego (80%). Pod względem charakterystyki zoogeograficznej w zgrupowaniach Carabidae wykazano w obu wariantach badawczych 5 elementów zoogeograficznych spośród 8 stwierdzonych w Polsce (tab. 5).

Tabela 3

Liczebność odłowionych gatunków Carabidae w poszczególnych latach badań w lesie górskim

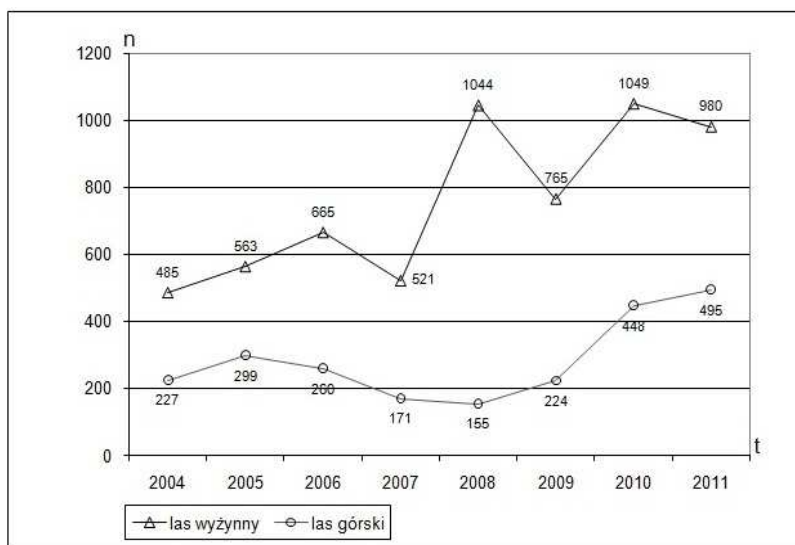
Table 3

Abundance of Carabidae species collected in the the montane forest by year of study

| Lp. | Gatunek                            | Liczba osobników        |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----|------------------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|     |                                    | Las górski (wariant II) |      |      |      |      |      |      |      |      |
|     |                                    | 2004                    | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | R-m  |
| 1   | <i>Carabus coriaceus</i> L.        | 3                       | 5    |      | 2    | 2    | 2    | 2    | 9    | 25   |
| 2   | <i>C. violaceus</i> L.             | 58                      | 78   | 91   | 64   | 46   | 71   | 132  | 138  | 678  |
| 3   | <i>C. auronitens</i> Fabr.         | 37                      | 38   | 34   | 20   | 21   | 17   | 51   | 36   | 254  |
| 4   | <i>C. cancellatus</i> Ill.         |                         |      | 5    |      |      |      | 8    | 163  | 176  |
| 5   | <i>C. arcensis</i> Herbst          |                         |      |      |      |      |      | 2    |      | 2    |
| 6   | <i>C. scheidleri</i> Fabr.         |                         |      |      |      |      |      | 1    | 3    | 4    |
| 7   | <i>C. hortensis</i> L.             |                         | 17   |      |      |      |      |      |      | 17   |
| 8   | <i>C. linnaei</i> Duft.            | 59                      | 90   | 69   | 57   | 47   | 69   | 63   | 61   | 515  |
| 9   | <i>Cychrus attenuatus</i> (Fabr.)  |                         |      |      |      |      | 2    | 6    | 7    | 15   |
| 10  | <i>Cychrus caraboides</i> (L.)     | 7                       | 7    | 6    | 3    | 11   |      | 1    |      | 35   |
| 11  | <i>Nebria brevicollis</i> (Fabr.)  |                         |      |      |      |      | 2    |      |      | 2    |
| 12  | <i>P. oblongopunctatus</i> (Fabr.) | 3                       | 6    | 10   |      |      | 3    | 8    | 2    | 32   |
| 13  | <i>P. niger</i> (Schall.)          | 14                      | 18   | 18   | 5    | 3    | 9    | 23   | 16   | 106  |
| 14  | <i>P. melanarius</i> (L.)          |                         | 6    |      |      |      |      |      |      | 6    |
| 15  | <i>P. burmeisteri</i> Heer         | 39                      | 27   | 25   | 19   | 19   | 44   | 141  | 47   | 361  |
| 16  | <i>Abax carinatus</i> (Duft.)      |                         | 3    |      | 1    | 6    | 1    | 1    | 5    | 17   |
| 17  | <i>A. ovalis</i> (Duft.)           | 1                       |      | 2    |      |      | 2    | 1    | 2    | 8    |
| 18  | <i>A. ater</i> (Pill. et Mitt.)    | 3                       |      |      |      |      | 1    |      |      | 4    |
| 19  | <i>A. parallelus</i> (Duft.)       |                         |      |      |      |      |      | 7    | 6    | 13   |
| 20  | <i>A. schueppeli</i> (Germ.)       |                         | 4    |      |      |      |      |      |      | 4    |
| 21  | <i>Molops piceus</i> (Panz.)       | 3                       |      |      |      |      |      | 1    |      | 4    |
| 22  | <i>H. latus</i> (L.)               |                         |      |      |      |      | 1    |      |      | 1    |
|     | Razem                              | 227                     | 299  | 260  | 171  | 155  | 224  | 448  | 495  | 2279 |
|     | Liczba odłowionych gatunków        | 11                      | 12   | 9    | 8    | 8    | 13   | 16   | 13   | 22   |

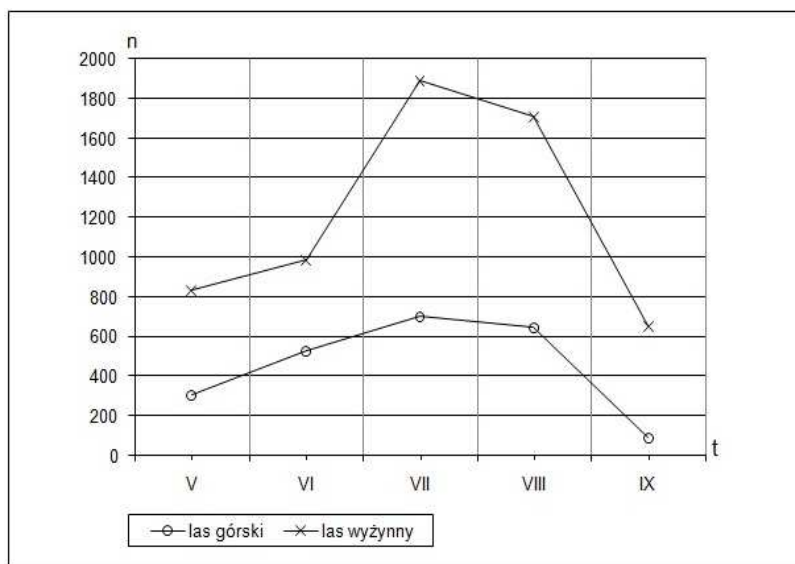
Różnorodność gatunkowa mierzona wskaźnikiem Shannona-Wienera ( $H'$ ) oraz równomierność mierzona wskaźnikiem Pielou ( $J'$ ) wyniosły w przypadku lasu wyżynnego  $H' = 2,2011$ ;  $J' = 0,7020$  i odpowiednio dla lasu górskiego  $H' = 1,9786$ ;  $J' = 0,6401$ .

Kryteria podziału zoogeograficznego przyjęto według pracy Leśniaka [13]. W składzie zoogeograficznym zgrupowań dominowały w ujęciu jakościowym i ilościowym elementy górskie europejskiej prowincji leśnej. W środowiskach naturalnych i półnaturalnych, które znajdują się pod niewielką presją negatywnych czynników zewnętrznych, dominują elementy zoogeograficzne o mniejszym rozprzestrzenieniu. Jak wskazują dane literaturowe, skład zoogeograficzny zgrupowań Carabidae może świadczyć o stanie środowiska przyrodniczego [16].



Rys. 2. Liczebność odłowu biegaczowatych w lesie wyżynnym i w lesie górskim w poszczególnych latach badań ( $n$  - liczebność,  $t$  - czas w latach)

Fig. 2. Carabid abundance in upland forest and montane forest by year of study [ $n$  - abundance,  $t$  - time (years)]



Rys. 3. Aktywność zgrupowań Carabidae w lesie wyżynnym i w lesie górskim w latach 2004-2011 [ $n$  - liczebność,  $t$  - czas w miesiącach od maja (V) do września (IX)]

Fig. 3. Activity of Carabid assemblages in upland forest and montane forest in years 2004-2011 [ $n$  - abundance,  $t$  - time (months) from May (V) to September (IX)]

Otrzymane wartości wskaźników przyjętych do oceny stanu środowiska, takich jak struktura troficzna, wskaźnik różnorodności  $H'$  Shannona-Wienera kształtowały się na poziomie wskazującym na stan środowiska badanych zespołów leśnych powyżej przeciętne. Uzyskane wyniki badań nad zgrupowaniami Carabidae w latach 2004-2011 wskazują na stabilność badanych struktur w omawianych siedliskach leśnych (las wyżynny i las górski).

Tabela 4

## Charakterystyka ekologiczna zgrupowań Carabidae

Table 4

## Ecological characteristics of Carabid assemblages

| Kategoria ekologiczna | Element ekologiczny | Wariant I<br>(Las wyżynny) |        |      |        | Wariant II<br>(Las górski) |        |      |        |
|-----------------------|---------------------|----------------------------|--------|------|--------|----------------------------|--------|------|--------|
|                       |                     | S                          | [%]    | N    | [%]    | S                          | [%]    | N    | [%]    |
| Środowisko życia      | L                   | 19                         | 82,609 | 5820 | 95,850 | 19                         | 86,364 | 2093 | 91,839 |
|                       | ToZ                 | 1                          | 4,348  | 87   | 1,433  | 1                          | 4,545  | 6    | 0,263  |
|                       | To                  | 3                          | 13,043 | 165  | 2,717  | 2                          | 9,091  | 180  | 7,898  |
| Trofizm               | Zd                  | 10                         | 43,478 | 4279 | 70,471 | 12                         | 54,545 | 1833 | 80,430 |
|                       | Zm                  | 11                         | 47,826 | 1789 | 29,463 | 9                          | 40,909 | 445  | 19,526 |
|                       | Hz                  | 2                          | 8,696  | 4    | 0,066  | 1                          | 4,545  | 1    | 0,0439 |
| Higropreferencje      | Wilg                | 2                          | 8,696  | 2    | 0,033  | 1                          | 4,545  | 2    | 0,088  |
|                       | Mh                  | 21                         | 91,304 | 6070 | 99,967 | 21                         | 95,455 | 2277 | 99,912 |
| Typ rozwojowy         | W                   | 11                         | 47,826 | 2297 | 37,829 | 11                         | 0,500  | 1307 | 57,350 |
|                       | J                   | 12                         | 52,174 | 3775 | 62,171 | 11                         | 0,500  | 972  | 42,650 |

\* S - liczba gatunków, N - liczba osobników, % - procentowy udział w zgrupowaniu

Tabela 5

## Udział elementów zoogeograficznych w zgrupowaniach Carabidae

Table 5

## Contribution of zoogeographic elements to Carabidae abundance

| Element zoogeograficzny        | Wariant I<br>(Las wyżynny) |        |      |        | Wariant II<br>(Las górski) |        |     |        |
|--------------------------------|----------------------------|--------|------|--------|----------------------------|--------|-----|--------|
|                                | S                          | [%]    | N    | [%]    | S                          | [%]    | N   | [%]    |
| Palearktyczny                  | 5                          | 21,739 | 1895 | 31,209 | 4                          | 18,182 | 713 | 31,286 |
| Eurosyberyjski                 | 4                          | 17,391 | 354  | 5,830  | 4                          | 18,182 | 290 | 12,725 |
| Euroaktyczny                   | 1                          | 4,348  | 2    | 0,033  | 1                          | 4,545  | 35  | 1,536  |
| Europejskiej Prowincji Leśnej  | 5                          | 21,739 | 1192 | 19,631 | 5                          | 22,727 | 304 | 13,339 |
| Górski Europ. Prowincji Leśnej | 8                          | 34,783 | 2629 | 43,297 | 8                          | 36,364 | 937 | 41,115 |

\* S - liczba gatunków, N - liczba osobników, % - procentowy udział w zgrupowaniu

Wyniki liczebności odłowów Carabidae analizowano na tle czynników abiotycznych środowiska przyrodniczego (tab. 6 i 7) obejmujących: średnią miesięczną temperaturę powietrza na wysokości 0,05 oraz 2 m, średnią miesięczną temperaturę gruntu na głębokości odpowiednio 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1 m, średnią miesięczną wartość opadu atmosferycznego oraz średnią miesięczną wartość parametrów chemizmu opadu atmosferycznego (pH, SEC, S-SO<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>, Cl, Na, K, Mg, Ca).

Stwierdzono istotną statystycznie, dodatnią korelację między liczebnością odłowów Carabidae a średnią wartością temperatury powietrza na wysokości 2 m w obydwu badanych środowiskach: las wyżynny –  $r = 0,51$ ,  $df = 32$ ,  $p = 0,002$ ; las górski –  $r = 0,54$ ,



$df = 32, p = 0,01$ ; jak również między średnią wartością temperatury gruntu na głębokości 0,05 m a liczebnością odłowów Carabidae, odpowiednio dla lasu wyżynnego –  $r = 0,46, df = 32, p = 0,006$ ; oraz lasu górskiego –  $r = 0,49, df = 32, p = 0,004$ . Williams i Gormally [17] stwierdzili na podstawie ciągłego monitoringu temperatury gruntu pozytywną zależność liczebności *Carabus clatratus* L. od temperatury gruntu. W innych badaniach prowadzonych w czterech sezonach letnich zauważono wysoki stopień korelacji między liczebnością odłowów Carabidae a temperaturą powietrza [18]. W pracy Gutowskiego [4], obejmującej bezkręgowce lądowe związane ze środowiskiem leśnym Puszczy Białowieskiej, nie zaobserwowano istotnych korelacji między liczebnością Carabidae a warunkami meteorologicznymi obejmującymi między innymi średnią temperaturę powietrza sezonu wegetacyjnego w latach 1988-99. Temperatura jest najważniejszym abiotycznym czynnikiem ekologicznym, w szczególności dla owadów, które są zwierzętami zmiennocieplnymi [19]. Każdy gatunek reprezentujący daną grupę systematyczną owadów ma swój optymalny zakres temperatury, w którym najlepiej i najsprawniej przebiegają jego najważniejsze funkcje życiowe. Minima, maksima czy też średnie wartości temperatury decydują o rozwoju, długości życia, płodności, rozprzestrzenieniu geograficznym [20, 21]. Liczne dane literaturowe wskazują na silną zależność między aktywnością epigeicznych Carabidae a zmianami temperatury gleby [22-24]. Powyższe wyniki podkreślają wpływ temperatury na rozwój i życie tych owadów.

Tabela 6

Wyniki korelacji między liczebnością Carabidae a wybranymi abiotycznymi czynnikami środowiska w okresie 2004-2011

Table 6

Correlation between Carabidae abundance and selected abiotic environmental factors in the years 2004-2011

|    |          | Ca                    | Cl                    | K                     | Mg                    | N-NH <sub>4</sub>     | N-NO <sub>3</sub>     | Na                    | pH     | S-SO <sub>4</sub>     | SEC    |
|----|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|
|    |          | [mg/dm <sup>3</sup> ] | [mg/dm <sup>3</sup> ] | [mg/dm <sup>3</sup> ] | [mg/dm <sup>3</sup> ] | [mg/dm <sup>3</sup> ] | [mg/dm <sup>3</sup> ] | [mg/dm <sup>3</sup> ] |        | [mg/dm <sup>3</sup> ] | [mS/m] |
| Lw | <i>r</i> | -0,127                | 0,035                 | -0,168                | 0,111                 | -0,129                | 0,094                 | 0,040                 | -0,254 | 0,248                 | -0,051 |
|    | <i>p</i> | 0,473                 | 0,848                 | 0,343                 | 0,533                 | 0,468                 | 0,597                 | 0,821                 | 0,146  | 0,157                 | 0,776  |
| Lg | <i>r</i> | -0,062                | 0,034                 | -0,072                | 0,162                 | -0,179                | -0,144                | 0,623                 | -0,255 | -0,040                | -0,208 |
|    | <i>p</i> | 0,728                 | 0,851                 | 0,686                 | 0,359                 | 0,312                 | 0,417                 | 0,0001                | 0,145  | 0,823                 | 0,238  |

(Lw - las wyżynny; Lg - las górski;  $n = 34, r$  - współczynnik korelacji liniowej Pearsona,  $p$  - poziom istotności)

Tabela 7

Wyniki korelacji między liczebnością Carabidae a wybranymi abiotycznymi czynnikami środowiska w okresie 2004-2011

Table 7

Correlation between Carabidae abundance and selected abiotic environmental factors in the years 2004-2011

|    |          | OPAD  | TG [°C] |       |       |       | TP [°C] |       |
|----|----------|-------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|
|    |          | [mm]  | 0,05 m  | 0,2 m | 0,5 m | 1 m   | 0,05 m  | 2 m   |
|    |          |       |         |       |       |       |         |       |
| Lw | <i>r</i> | 0,208 | 0,462   | 0,487 | 0,397 | 0,301 | 0,396   | 0,511 |
|    | <i>p</i> | 0,238 | 0,006   | 0,003 | 0,020 | 0,083 | 0,020   | 0,002 |
| Lg | <i>r</i> | 0,236 | 0,487   | 0,432 | 0,336 | 0,152 | 0,358   | 0,540 |
|    | <i>p</i> | 0,178 | 0,003   | 0,003 | 0,052 | 0,391 | 0,037   | 0,001 |

(Lw - las wyżynny; Lg - las górski;  $n = 34, r$  - współczynnik korelacji liniowej Pearsona,  $p$  - poziom istotności, TG - temperatura gruntu, TP - temperatura powietrza)

Biorąc pod uwagę chemizm opadu atmosferycznego w lesie górskim, stwierdzono silną dodatnią korelację między liczebnością Carabidae a średnim miesięcznym stężeniem kationu sodu w opadach ( $r = 0,62$ ,  $df = 32$ ,  $p = 0,0001$ ). W badaniach Yuno Do i in. [25] wykazano dodatnią zależność między występowaniem jonów  $\text{Na}^+$  w glebie a zgrupowaniami biegaczowatych.

Zależności między liczebnością odłowów a wartościami pozostałych czynników były słabo wyrażone oraz statystycznie nieistotne, jednakże pomimo braku istotności ważną informacją jest korelacja między tymi czynnikami a liczebnością odłowów. Wyniki badań prowadzonych przez Olszewskiego [18] oraz Gutowskiego [4] na terenie Białowieskiego Parku Narodowego wskazują, iż nie ma związku między ilością i rozkładem opadów w danym roku i w roku poprzednim a liczbą Carabidae odłowionych w pułapki Barbera. W innych badaniach Moraes, Mendonça, Ott [26] wyniki nie wykazały związku liczebności odłowu Carabidae z opadami atmosferycznymi. Niniejsze badania to potwierdzają.

Z uwagi na brak zależności między średnią miesięczną wartością parametrów chemizmu opadu atmosferycznego (pH, SEC, S-SO<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>, Cl, K, Mg, Ca) należałoby poszerzyć zakres opracowania o wyniki badań gleboznawczych prowadzonych na terenie Stacji. Pozwoliłoby to na poznanie procesów i ich efektów, które wiążą się z dopływem różnych substancji do gleby, ich reakcją z materiałem glebowym, a także ich przetwarzaniem w procesach glebotwórczych, mając na uwadze fakt, iż procesy życiowe Carabidae związane są ze środowiskiem glebowym.

## Podsumowanie

Biegaczowate są przedmiotem wielu badań w poszukiwaniu zależności między ich życiem, rozwojem a czynnikami środowiskowymi czy też antropogenicznymi. Niedostateczne zasoby danych literaturowych opisujących w sposób kompleksowy wpływ czynników abiotycznych na zgrupowania tych owadów warunkują konieczność i zasadność kontynuowania badań w tym zakresie.

## Literatura

- [1] Kostrzewski A. Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego - cele zamierzenia, zadania. W: Kostrzewski A, redaktor. ZMŚP, Propozycje programowe. Warszawa: Biblioteka Monitoringu Środowiska; 1995; 7-22.
- [2] Rainio J, Niemelä J. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodivers Conserv.* 2003;12:487-506. DOI:10.1023/A:1022412617568.
- [3] Faliński JB. Długoterminowe badania ekologiczne na stałych powierzchniach. I. Istota, cele i zastosowanie. *Wiad Ekol.* 1999;45(3):207-226.
- [4] Gutowski JM. Bezkręgowce jako obiekt monitoringu biologicznego w Puszczy Białowieskiej. *Leśne Prace Badawcze.* 2004;1:23-54. <http://www.ibles.pl/web/lesne-prace-badawcze/-/lesne-prace-badawcze-2004-nr-1>.
- [5] Huruk S, Huruk A, Bochenek W. Analiza struktury zgrupowania biegaczowatych (Col., Carabidae) w lesie wyżynnym w obrębie Stacji Monitoringu Szymbark. *Monitoring Środowiska Przyrodniczego.* KTN Kielce; 2007;8:99-104.
- [6] Koch K. Die Käfer Mitteleuropas. *Ökologie.* Krefeld: Goecke & Evers Verlag; 1989; 413.
- [7] Larsson SG. Entwicklungstypen und Entwicklungszeiten der dänischen Carabiden. *Entomol Medd.* 1939;20:277-560.
- [8] Lindroth CH. Die fennoskandischen Carabidae. Eine Tiergeographische Studien I - III. Göteborg. K. Vetensk. Vitter Hets-Samh. *Handl. B, Bd. 4 cz. 1, 2: 709 (1945), cz. 3: 911 (1949).*
- [9] Šarova IC. Živnennye formy žuželic (Coleoptera, carabidae). Moskva: Izd-vo "Nauka"; 1981:360.
- [10] Šarova I. Morfo-ekologičeskie typy ličinek žuželic (Carabidae). *Zool Ž.* 1960;39:691-708.

- [11] Szyszko J. State of Carabidae (Col.) fauna in fresh pine forest and tentative valorization of this environment. Warszawa: Warsaw Agricultural University Press; 1983;1-80.
- [12] Aleksandrovich OR. Biegaczowate (Carabidae). W: Bogdanowicz W, Chudzicka E, Pilipiuk I, Skibińska E. (red.). Fauna Polski - charakterystyka i wykaz gatunków. Warszawa: MiZ PAN; 2004;1:28-3. <http://www.biologia.apsl.edu.pl/pracownicy/aleksandrowiczaleh/publikacje/71.pdf>.
- [13] Leśniak A. Zoogeographical analysis of the Carabidae (Coleoptera) of Poland. *Fragm Faun.* 1987;30(17):297-312.
- [14] Shannon CE, Weiner W. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana, Illinois, USA: University of Illinois Press; 1963; 117-118.
- [15] Pielou EC. *Ecological Diversity*. New York: John Wiley and Sons; 1975; 165-166.
- [16] Leśniak A. Metody analizy zgrupowań biegaczowatych (Carabidae, Col.) w zooindykacji procesów ekologicznych. W: Waloryzacja ekosystemów leśnych metodami zooindykacyjnymi. Warszawa: Wyd SGGW; 1997; 29-41.
- [17] Williams LC, Gormally MJ. The effects of blanket bog management on ground beetles (Carabidae) with particular reference to the threatened *Carabus clatratus*. Dublin: Department of Environment, Heritage and Local Government; 2010; 25-28. <http://www.npws.ie/publications/irishwildlifemanuals/IWM47.pdf>.
- [18] Olszewski JL. Catches of Carabidae (Coleoptera) and *Geotrupes stercorosus* (Sc.) (Scarabeidae, Coleoptera) in the Białowieża National Park, and the ecoclimatic parameters. *Ecol Pol.* 1979;27(3):437-447.
- [19] Szujewski A. Ekologia owadów leśnych. Warszawa: PWN; 1980; 44-50, ss. 603.
- [20] Thiele HU. *Carabid Beetles in Their Environments*. Berlin, Heideberg, New York: Springer Verlag; 1977.
- [21] Luka H, Marggi W, Huber C, Gonseth Y, Nagel P. Carabidae. *Ecology. Atlas. Fauna Helvetica.* 2009;24:1-678.
- [22] Honek A. The effect of temperature on the activity of Carabidae (Coleoptera) in a fallow field. *Eur J Entomol.* 1997;94(1):97-104. <http://www.eje.cz/pdfs/eje/1997/01/10.pdf>.
- [23] Saska P, Honek A. Temperature development of central European species of *Amara* (Coleoptera, Carabidae). *Eur J Entomol.* 2003;100:509-515. DOI: 10.14411/eje.2003.078.
- [24] Tuf IH, Dedek P, Veselý M. Does the diurnal activity pattern of carabid beetles depend on season, ground temperature and habitat? *Arch Biol Sci. Belgrade.* 2012;64(2):721-732. DOI:10.2298/ABS1202721T.
- [25] Yuno Do, Ji Yoon Kim, Gu-Yeon Kim, Gea-Jae Joo. Importance of closed landfills as green space in urbanized areas: ecological assessment using carabid beetles. *Landscape and Ecological Engineering.* 2013. DOI: 10.1007/s11355-013-0223-x.
- [26] Moraes RM, de Souza Mendonça M, Ott R. Carabid beetle assemblages in three environments in the *Araucaria* humid forest of southern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia.* São Paulo: 2013;57(1):67-74. DOI: 10.1590/S0085-56262013000100011.

## CARABIDAE (COLEOPTERA) SELECTED FOREST ENVIRONMENTS INHABITING THE AREA OF THE INTEGRATED NATURAL ENVIRONMENT MONITORING STATION IN SZYMBARK

<sup>1</sup>Department of Zoology and Biological Didactics, Institute of Biology  
The Jan Kochanowski University, Kielce

**Abstract:** The study was part of an epigeic fauna monitoring programme in use within the Integrated Natural Environment Monitoring Base Station in Szymbark. It was carried out in a montane forest site and an upland forest site in the years 2005-2011. Carabidae were captured into glycol-filled Barber pitfall traps between May and September every year in five one-month catch cycles. The aim of the study was to identify structural characteristics of the Carabidae assemblages and analyse correlations between these characteristics and selected environmental factors in an upland and montane forest habitat. The total catch yield was 8351 individuals of ground beetles representing 25 species. The yield in the upland forest site was 6072 individuals belonging to 23 species, and in the montane forest, 2279 individuals representing 22 species. The same ecological preference profile was the same in both types of forest, with a predominance of forest-associated, mesohygrophilous, spring-breeding species that were also large zoophages. The assemblages contained representatives of 5 zoogeographical elements out of 8 present in Poland. Two species, namely *Carabus violaceus* L. and *Carabus linnaei* Duft., were clear dominants. In the upland forest assemblage, peak activity of the beetles was noted in August, vs. July in the

montane forest assemblage. The lowest activity in these assemblages was most often noted in May and September. Species diversity, measured with the Shannon-Wiener index ( $H'$ ), and evenness, measured with the Pielou index ( $J'$ ) were  $H' = 2.2011$ ,  $J' = 0.7020$  in the upland forest site and  $H' = 1.9786$ ,  $J' = 0.6401$  in the montane forest site. Catch results were analysed with regard to such factors as air temperature, ground temperature, precipitation and the chemical composition of precipitation (pH, SEC, S-SO<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>, Cl, Na, K, Mg, Ca). There was a statistically significant positive correlation between the Carabidae catch yield and air temperature at 2 metres in both habitats: for the upland forest,  $r = 0.51$ ,  $df = 32$ ,  $p = 0.002$ ; for the montane forest,  $r = 0.54$ ,  $df = 32$ ,  $p = 0.01$ ; and between catch yield and ground temperature at a depth of 0.05 m; for the upland forest,  $r = 0.46$ ,  $df = 32$ ,  $p = 0.006$ ; for the montane forest,  $r = 0.49$ ,  $df = 32$ ,  $p = 0.004$ . With regard to the chemical composition of precipitation, there was a strong correlation between Carabidae abundance in the montane forest and mean monthly sodium concentration in precipitation:  $r = 0.62$ ,  $df = 32$ ,  $p = 0.0001$ . Correlations between catch yield and the remaining factors were less marked and not statistically significant.

**Keywords:** Carabidae, nature monitoring, atmospheric factors, environmental pollution