

Jerzy M. GUTOWSKI*

BEZKRĘGOWCE JAKO OBIEKT MONITORINGU BIOLOGICZNEGO W PUSZCZY BIAŁOWIESKIEJ

INVERTEBRATES AS A BIOLOGICAL MONITORING OBJECT
IN BIAŁOWIEŻA PRIMEVAL FOREST

***Abstract.** An Invertebrate monitoring project has been conducted in Białowieża Primeval Forest since 1988. The main goal of the project is to determine the long term population dynamics and community compositions of particular invertebrate groups of lowland temperate forests. A secondary goal is to test for correlations with selected environmental factors. Invertebrates are collected using Moericke's traps (yellow pan traps), Barber's traps (pitfall traps) and barrier traps. Population dynamics in natural forest ecosystem differ depending on taxon or ecological group to which invertebrates belong. Between the years 1988-1999, two peaks in abundance of invertebrates were noticed: in 1990-91 and 1996. There was a distinct correlation between average temperature, precipitation, hydrothermal index and the abundance of many groups of collected invertebrates, especially in yellow and barrier traps. The effectiveness of pitfall traps was less dependent on meteorological conditions. There was a positive correlation between the density of large ungulates (red deer, roe deer, wild boar) and the abundance of collected coprophagous invertebrates. There was a small correlation between invertebrate density and bird population size. There was no clear effect of ground water level fluctuation on invertebrates, except for bark beetles (Scolytidae). The high seed bearing years of trees (pine, spruce, oak) had a distinct effect on some groups of insects while pollution of the environment, except the pH of rain, had no effect. A sampling period of 12 years was insufficient to observe patterns in the fluctuations of the populations of many invertebrates.*

***Key words:** ecological processes, monitoring, natural forest, invertebrates, insects, beetles, Białowieża Forest.*

* Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Lasów Naturalnych, 17–230 Białowieża,
e-mail: jgutowski@las.ibl.bialowieza.pl

1. WSTĘP I CEL BADAŃ

Niniejsza praca, i cykl szczegółowych opracowań różnych grup bezkręgowców zawartych w tym oraz planowanych w następnych zeszytach "Leśnych Prac Badawczych", jest podsumowaniem pierwszego i drugiego etapu badań monitoringowych w Puszczy Białowieskiej, od 1988 do 1999 roku (12 lat). Odłowy bezkręgowców na stałych powierzchniach badawczych w ramach monitoringu ekologicznego zainicjowano w 1988 r. (Gutowski, Krzysztofiak 1995a). Podsumowanie wyników początkowych lat badań monitoringowych [1988–1991(2)] znajduje się w odrębnym zeszycie Prac Inst. Bad. Leśn. (1995: nr 790–800). Tam też podano genezę badań, cele, przegląd piśmiennictwa, scharakteryzowano teren badań i obiekty badawcze, przedstawiono metodykę oraz zaprezentowano wstępne wyniki. Niniejsze opracowanie zawiera tylko konieczne uzupełnienia oraz skrót założeń metodycznych niezbędne dla zrozumienia prezentowanych tu treści.

Puszcza Białowieska (PB) jest najlepiej zachowanym naturalnym kompleksem leśnym na niżu Europy. Zachowały się tutaj gatunki, które w zachodniej Europie już wyginęły bądź występują na małych, izolowanych stanowiskach. Należy podkreślić wielkie znaczenie PB dla zachowania owadów związanych z martwym drewnem (saproksylicznych). Puszcza funkcjonuje jako punkt odniesienia – model lasów naturalnych – dla różnych badań ekologicznych na niżu Europy. Badania monitoringowe w istotny sposób przyczyniają się do poznania zjawisk związanych z niezakłóconym przez człowieka funkcjonowaniem naturalnych ekosystemów.

Problematyka badań monitoringowych w środowisku leśnym jest w ostatnich kilkunastu latach często poruszana w literaturze światowej. Poczesne miejsce zajmują w niej publikacje dotyczące bezkręgowców, zwłaszcza owadów i pajęczaków. Większość prac, w odróżnieniu od realizowanego w PB programu, dotyczy jednak monitoringu określonych, wąskich, grup systematycznych w środowiskach antropogenicznie odkształconych. Celem tych badań jest zazwyczaj bioindykacja owych odkształceń, powodowanych przez różne czynniki zewnętrzne, np. zanieczyszczenia przemysłowe. Prawie nie spotyka się opracowań dotyczących zmian wśród zgrupowań bezkręgowców w lasach zbliżonych do naturalnych. Wynika to zapewne z oddalenia od ośrodków naukowych i małej dostępności takich lasów dla badań długoterminowych. Badania takie są potrzebne jako odniesienie (model porównawczy) dla tych prowadzonych w środowiskach zmienionych przez człowieka. Poznanie dynamiki naturalnych procesów ekologicznych w najlepiej zachowanym lesie strefy lasów mieszanych i liściastych niżowej Europy jest niezbędne, aby właściwie interpretować wyniki podobnych badań w lasach gospodarczych tej strefy klimatycznej, niesie też określone implikacje dla praktyki. Wyniki tych badań mogą być również wykorzystane do weryfikacji ogólniejszych hipotez istniejących w ekologii.

Badania monitoringowe, jeśli uda się je poprowadzić odpowiednio długo, mogą dostarczyć informacji o oddziaływaniu zmian klimatycznych na wybrane grupy bezkręgowców. Informacji takich brakuje w specjalistycznej literaturze.

W ostatnich latach ukazało się wiele nowych prac dotyczących monitoringu owadów, w tym również w Polsce (m.in. Nuorteva i in. 1993; Dąbrowska-Prot 1996; Pawłowski, Klonowska-Olejniki 1997; Perliński 2001). Szczególnie celne podsumowanie istoty monitoringu biologicznego i zasad, jakie powinny mu przyświecać, jest zawarte w pracach Głowacińskiego (1997), Jermaczka (1998) i Pawlaczyka (1998). Spośród literatury zagranicznej poświęconej metodyce i organizacji badań monitoringowych z wykorzystaniem owadów na szczególną uwagę zasługują publikacje Mozolevskoj i in. (1990) oraz Trofimova (1990).

Bezkręgowce, w tym owady, reagują na zanieczyszczenia środowiska (np. pestycydy, tlenki siarki, azotu i węgla, ale także metale ciężkie), a w związku z tym mogą być bioindykatorami tych zmian (Chłodny 1987; Sierpiński 1987; Malinowski 1993; Gongalsky, Butovsky 1999). W przypadku badań w PB chodzi przede wszystkim o zarejestrowanie zmian w zgrupowaniach bezkręgowców związanych z naturalnymi procesami przyrodniczymi oraz o znalezienie bioindykatorów naturalności lasów. Według Wytwer (1993) dobrym wskaźnikiem naturalności borów świeżych mogą być krocionogi (*Diplopoda*), których zagęszczenie jest większe w środowiskach zbliżonych do naturalnych.

Bioindykacji stanu środowiska mogą służyć różne parametry, np. skład gatunkowy fauny bezkręgowców, udział różnych grup troficznych czy ich liczebność. Obiecujący w tym zakresie może być udział gatunków o różnym statusie – reliktowych, eurytopowych itp. (Ruzicka, Bohac 1994; Kula 1997). Coraz większą popularność w badaniach monitoringowych zyskuje metoda wykorzystująca tzw. fluktuującą bilateralną asymetrię u zwierząt, opierająca się na założeniu, że im bardziej zakłócone środowisko ich życia, tym większe różnice wielkości i kształtu parzystych narządów (Zakharov 1981; Markowski, Sikorski 1987; Butovsky, Gongalsky 1999). Interesującą oryginalną metodę waloryzacji przyrodniczej na podstawie liczebności bezkręgowców epigeicznych przedstawił Smoleński (2001). Metoda ta wykorzystuje jednak dość skomplikowany aparat matematyczny, jest pracochłonna, wymaga wysoce specjalistycznych umiejętności i jako taka ma małe szanse na szersze upowszechnienie.

Realizowany w PB monitoring wybranych grup bezkręgowców nie ma właściwie precedensu w badaniach światowych. Zwykle tego rodzaju badania obejmują zaledwie kilka lat i tylko pojedyncze grupy systematyczne, np. biegaczowate *Carabidae*. Wyjątkiem są prace prowadzone przez służby leśne niektórych krajów dotyczące rejestracji owadów szkodników leśnych, oparte na znacznie dłuższych cyklach obserwacyjnych (np. Hurley 1992). Jednak prace te nie mają charakteru badawczego, służą do bieżącego prognozowania pojawu niektórych owadów i ograniczają się do niewielkiej liczby wybranych gatunków istotnych z punktu widzenia gospodarki leśnej.

Główne cele prowadzonych badań to:

– poznanie długoterminowej dynamiki zmian składu gatunkowego, struktury zgrupowań i liczebności wybranych grup bezkręgowców (ze szczególnym uwzględnieniem chrząszczy *Coleoptera*) w lasach naturalnych PB,

- znalezienie związku obserwowanych zmian z wybranymi czynnikami środowiska,
- wytypowanie gatunków lub grup mogących służyć jako bioindykatory zmian środowiska,
- pogłębienie wiedzy o entomocenozach dominujących zbiorowisk roślinnych w PB: grądu (*Tilio-Carpinetum stachyetosum*) i boru mieszanego (*Calamagrostio-Piceetum*).

2. OBIEKT BADAŃ

Obiektem badań były bezkręgowce lądowe związane ze środowiskiem leśnym Puszczy Białowieskiej, w której stwierdzono dotychczas występowanie 11 564 gatunków zwierząt, w tym 9282 gatunki owadów i 933 gatunki pajęczaków (Gutowski, Jaroszewicz 2001). Inne badane grupy bezkręgowców (ślimaki, dżdżownice, wiję, skoczogonki) reprezentowane są przez znacznie niższą liczbę gatunków.

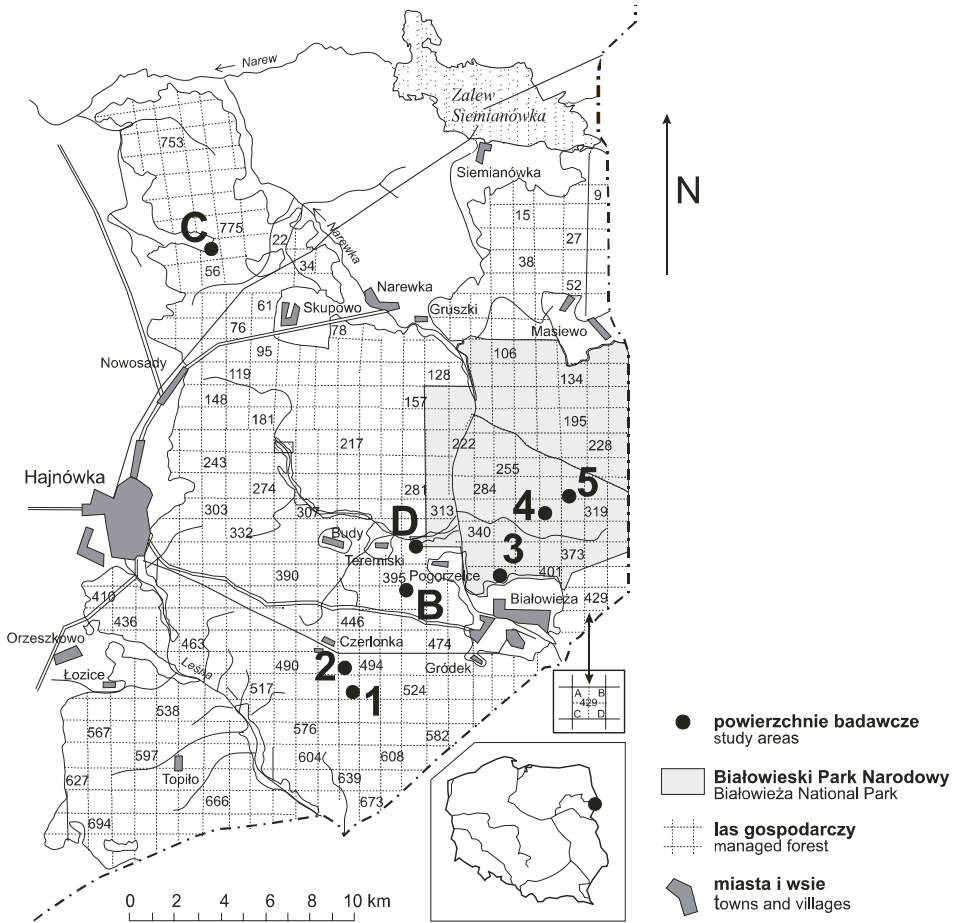
3. TEREN BADAŃ

Puszcza Białowieska to wielki zwarty kompleks leśny na granicy Polski i Białorusi, obejmujący teren około 1500 km². W granicach naszego kraju znajduje się 632 km² (ryc. 1), reszta położona jest na terytorium Białorusi. Cała białoruska część Puszczy objęta jest ochroną w formie parku narodowego. Po polskiej stronie park narodowy zajmuje zaledwie 16,6% zachodniej części PB (około 105 km²).

Puszcza Białowieska, usytuowana w strefie lasów mieszanych, z uwagi na swoją lokalizację, podlega wpływom klimatu zarówno oceanicznego, jak i kontynentalnego oraz oddziaływaniom borealnym i południowym. Przejściowość fauny i flory PB wynika też z braku naturalnych barier geograficznych (np. pasm górskich, wód), które utrudniałyby migrację organizmów żywych na ten teren.

Ochroną ścisłą objęte jest po polskiej stronie około 48 km², po białoruskiej – około 157 km². W PB występuje ponad 1000 gatunków roślin naczyniowych, w tym 26 gatunków drzew i 55 gatunków krzewów. Dominujące gatunki drzew i krzewów to: *Picea abies* (L.) Karst., *Pinus sylvestris* L., *Carpinus betulus* L., *Tilia cordata* Mill., *Quercus robur* L., *Fraxinus excelsior* L., *Acer platanoides* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaert., *Populus tremula* L., *Betula pendula* Roth, *B. pubescens* Ehrh., *Prunus padus* L., *Corylus avellana* L., *Salix cinerea* L. Wyróżniono na tym terenie 143 zbiorowiska roślinne w randze zespołu, w tym 27 zbiorowisk leśnych i 3 zaroślowe.

Początkowo badania prowadzono na pięciu powierzchniach badawczych zlokalizowanych zarówno w części zagospodarowanej, jak i w lasach objętych ochroną obszarową, natomiast w ostatnich latach tylko w najlepiej zachowanej części –



Ryc. 1. Rozmieszczenie powierzchni badawczych (1, 2, 3, 4, 5, B, C, D)

Fig. 1. Distribution of the study areas (1, 2, 3, 4, 5, B, C, D)

w obszarze ochrony ścisłej Białowieżskiego Parku Narodowego (BPN) (ryc. 1). Dokładniejszą charakterystykę samej Puszczy, jak i powierzchni badawczych, przedstawiono w opracowaniu Gutowskiego i Krzysztofiaka (1995a). Uzupełniające dane dotyczące PB znaleźć można m.in. w opracowaniach Falińskiego (1994), Kwiatkowskiego (1994) i Sokołowskiego (1998).

4. METODYKA

Metodykę badań monitoringowych zaprezentowano we wcześniejszym opracowaniu (Gutowski, Krzysztofiak 1995a). Tutaj podaję dane uzupełniające, dotyczące gleby na powierzchni 3: poziom 0l, $pH_{KCl} - 5,0$; poziom 0–5 cm, $pH - 4,6$; poziom 5–20 cm, $pH - 4,4$; poziom 20–40 cm, $pH - 4,5$ (R. J. Walendzik, materiały



Fot. 1. Powierzchnia badawcza 5 (oddz. 288C/318A); pułapka ekranowa (barierowa) (Fot. J. M. Gutowski)

Phot. 1. Study area No 5 (compartment 288C/318A); a window (barrier) trap (Phot. J. M. Gutowski)

npbl. z 1996 r.). W stosunku do lat 1988–91, kiedy badaniami objęto 5 powierzchni podstawowych (ryc. 1), w późniejszym okresie zredukowano ich liczbę do dwóch (pow. 3 i 5). W ostatnich latach przyjęto założenie, że stały monitoring będzie prowadzony na pow. 5, natomiast zbiór materiałów na pow. 3 będzie się odbywał co 3 lata. W latach 1992–99 na każdej powierzchni zainstalowano następujące pułapki: M1 – pułapki Moericke’go (po 9, w grupach po 3 pułapki zawieszane na wys. 1 m), B – pułapki Barbera (po 10 pułapek), F – pułapki ekranowe (foliowe; fot. 1) (po 2 pułapki). Pułapki opróżniane były co 14 dni (okres odłowowy).

Dokładne dane dotyczące funkcjonowania podstawowych powierzchni badawczych i pułapek w latach 1992–99 przedstawia poniższe zestawienie.

1992 rok – powierzchnie 1, 3 i 5; pułapki M1 – po 3 sztuki; dodatkowo na pow. 5 pułapki B – 10, F – 2; pułapki funkcjonowały 210 dni (15 okresów odłowowych), z wyjątkiem pułapek F, które funkcjonowały 112 dni (8 okresów); wyłożenie pułapek 31 marca, zdjęcie 27 października.

1993 r. – pow. 1, 3 i 5; wyłożono po 9 pułapek M1 (w trzech grupach M1a, M1b, M1c; po 3 pułapki w każdej), dodatkowo na pow. 5 – 10 pułapek B i 2 pułapki F; pułapki funkcjonowały 196 dni (14 okresów) z wyjątkiem pułapek F, które funkcjonowały 112 dni (8 okresów); 9 kwietnia – 22 października.

1994 r. – pow. 3 i 5, wyłożono po 9 pułapek M1 (jw.) oraz po 10 pułapek B; dodatkowo na pow. 5 – 2 pułapki F; pułapki funkcjonowały 196 dni (14 okresów) z wyjątkiem pułapek F, które funkcjonowały 112 dni (8 okresów); 12 kwietnia – 25 października.

1995 r. – pow. 5, wyłożono 9 pułapek M1 (jw.) oraz 10 pułapek B i 2 pułapki F; funkcjonowały 196 dni (14 okresów) z wyjątkiem pułapek F – 112 dni (8 okresów); 28 marca – 10 października.

1996 r. – pow. 5, wyłożono 9 pułapek M1 (jw.) oraz 10 pułapek B i 2 pułapki F; funkcjonowały 196 dni (14 okresów) za wyjątkiem pułapek F – 112 dni (8 okresów); 22 kwietnia – 4 listopada.

1997 r. – pow. 3 i 5, wyłożono po 9 pułapek M1 (jw.), po 10 pułapek B oraz po 2 pułapki F; funkcjonowały 196 dni (14 okresów) z wyjątkiem pułapek F – 112 dni (8 okresów); 10 kwietnia – 23 października.

1998 r. – pow. 5, wyłożono 9 pułapek M1 (jw.) oraz 10 pułapek B i 2 pułapki F; funkcjonowały 196 dni (14 okresów) z wyjątkiem pułapek F – 112 dni (8 okresów); 28 marca – 10 października.

1999 r. – pow. 5, wyłożono 9 pułapek M1 (jw.) oraz 10 pułapek B i 2 pułapki F; funkcjonowały 196 dni (14 okresów) za wyjątkiem pułapek F – 112 dni (8 okresów); 31 marca – 13 października.

Dodatkowo w ramach badań grądów, poza pow. 3. w obszarze ochrony ścisłej BPN, założono jeszcze trzy kolejne powierzchnie (B, C, D) w lasach na siedlisku grądu (*Tilio-Carpinetum stachyetosum*) w różnym stopniu odkształconych wskutek gospodarki człowieka (ryc. 1).

Pow. B – zagospodarowana część PB, gdzie prowadzono cięcia częściowe (gniazdowe) w drzewostanie o charakterze naturalnym (oddz. 424A).

Pow. C – drzewostan dojrzały (ok. 90 lat) w zagospodarowanej części Puszczy, powstały po zrębie zupełnym odnowionym dębem szypułkowym *Quercus robur* L.; pozostałe gatunki charakterystyczne dla grądu weszły spontanicznie (oddz. 779A).

Pow. D – drzewostan dojrzały (ok. 90 lat) w zagospodarowanej części PB, powstały po zrębie zupełnym odnowionym sosną *Pinus sylvestris* L.; pozostałe gatunki charakterystyczne dla grądu weszły spontanicznie (oddz. 368A).

W 1991 r. na pow. B i C wyłożono po 3 pułapki M1; pułapki funkcjonowały przez 208 dni (15 okresów odłowowych: 5 kwietnia – 31 listopada).

W 1992 r. na pow. B, C i D wyłożono po 3 pułapki M1; funkcjonowały 210 dni (15 okresów odłowowych: 31 marca – 27 października).

W 1993 r. na pow. B, C i D wyłożono po 9 pułapek M1 (w grupach po 3 pułapki, oznakowane M1a, M1b, M1c); funkcjonowały 196 dni (14 okresów odłowowych: 9 kwietnia – 22 października).

Aby umożliwić w pełni obiektywne porównywanie siedlisk lub poszczególnych lat odłowu, w niektórych przypadkach posługiwano się tzw. łownością (wskaźnik łowności). Jest to liczba okazów odławianych przez jedną pułapkę w ciągu doby pomnożona przez 1000.

Dane dotyczące warunków meteorologicznych oparto na pomiarach stacji meteorologicznej w Białowieży. Współczynnik hydrotermiczny Sieljaninowa obliczono wg wzoru (patrz Malzahn 2004):

$$k = 10 \frac{P}{t}$$

gdzie:

P – suma opadów badanego okresu (mm),

t – suma średnich temperatur dobowych badanego okresu (°C).

Zebrano wyniki pomiarów stacji meteorologicznej oraz prowadzono notatki (od 1979 r.) dotyczące rzucających się w oczy zjawisk przyrodniczych i pogodowych (wzmoczony pojaw różnych owadów, fenologia niektórych gatunków, ok-

resy suszy, gwałtownych huraganów, wyjątkowo śnieżne zimy itp.). Uwzględniono też – na podstawie wywiadów – niektóre wcześniejsze zdarzenia.

Dane dotyczące zagęszczenia zwierzyny (jeleń, sarna, dzik) w poszczególnych latach, potrzebne do ustalenia korelacji (dla $p \leq 0,05$) z liczebnością niektórych grup owadów, zasięgnięto z publikacji i raportów Kossak (1997a,b, 1998, 1999) (tab. 4). Informacje dotyczące poziomu wody gruntowej na terenie BPN otrzymano od prof. E. Pierzgałskiego i dr A. Boczonía (dane npbl. – tab. 5). Do badań korelacji wykorzystano dane dotyczące poziomu wody w studziencie zlokalizowanej w grądzie, w oddz. 340D. Zrezygnowano z wykorzystania danych ze studzienki w oddz. 399A, położonej bliżej powierzchni badawczej nr 3, z uwagi na występowanie w niej dwóch poziomów wody gruntowej i wynikających stąd trudności interpretacyjnych. Informacje dotyczące obradzania wybranych gatunków drzew zaczerpnięto z następujących źródeł: Korczyk (2000), A. Korczyk (materiały npbl. – tab. 6), Jędrzejewska, Jędrzejewski (2001).

5. WYNIKI

5.1. Bezkręgowce jako obiekt monitoringu lasu w Puszczy Białowieskiej

Wyniki wstępnego etapu badań monitoringowych (z lat 1988–91) zawarte są w następujących publikacjach: Borowski 1995; Gutowski, Krzysztofiak 1995a,b; Malzahn Rachwałd 1995a,b; Melke, Gutowski 1995; Mokrzycki 1995a; Kubisz 1995; Stachowiak 1995; Szwálko 1995.

Ogółem w latach 1992–99 w borach mieszanych i grądach (na powierzchniach podstawowych 1, 3 i 5) odłowiono w pułapki 123 548 okazów bezkręgowców, w tym 112 401 stanowiły owady. Spośród owadów najliczniej odławiane rzędy to: muchówki – 42 478 osobników, chrząszcze – 37 365 i błonkówki – 18 426 osobników. Z kolei wśród chrząszczy *Coleoptera* dominowały następujące grupy: *Scarabaeoidea* – 7 918 okazów, *Carabidae* – 6 356, *Anaspididae* – 6230 i *Scolytidae* – 4202 okazy (tab. 1).

Z porównania liczebności i łowności (dla pułapek Moericke’go) bezkręgowców w różnych siedliskowych typach lasu (uwzględniając dane ze wstępnego etapu badań, obejmujących też las mieszany świeży) wynika, że w przypadku owadów latających poniżej koron drzew i nad dnem lasu zmienność liczebności (i skorelowanej z nią łowności) w poszczególnych latach jest duża, niezależnie od siedliska (tab. 2). Ponadto łowność w pułapki Moericke’go (M1) jest zbliżona w rozpatrywanych siedliskowych typach lasu.

Ogólną liczebność bezkręgowców na wszystkich podstawowych powierzchniach badawczych w latach 1988–99 przedstawia tabela 3. W sumie odłowiono już 203 152 okazy bezkręgowców.

5.2. Zmiany łowności (liczebności) bezkręgowców w grądach i borach mieszanych Puszczy Białowieskiej

Zmiany procentowego udziału czterech grup bezkręgowców (*Coleoptera*, *Hymenoptera*, *Diptera*, pozostałe) w kolejnych latach zaprezentowano na ryc. 2 (wszystkie osobniki zebrane w danym roku stanowiły 100%). Stosunkowo duże były zmiany udziału muchówek (od 20,5% do 68,9%) i pozostałych bezkręgowców (5,8–36,3%). Mniejsze wahania odnotowano w przypadku *Coleoptera* (17,3–49,6%) i *Hymenoptera* (6,1–15,5%). Stwierdzono, że wraz ze wzrostem liczby odłowionych muchówek maleje liczba odłowionych chrząszczy ($r = -0,69$, $p \leq 0,05$) oraz pozostałych bezkręgowców (poza chrząszczami i błonkówkami) ($r = -0,737$).

Zmiany łowności wszystkich bezkręgowców i wybranych ich grup prześlędzono w odniesieniu do poszczególnych pułapek na pow. 5. Powierzchnia ta funkcjonowała co roku, stąd też była najodpowiedniejsza do tego rodzaju analiz. Na rycinie 3 przedstawiono dynamikę łowności wszystkich bezkręgowców oraz trzech najbardziej licznych rzędów (*Coleoptera*, *Hymenoptera*, *Diptera*) w pułapki Moericke'go, a na rycinie 4 – zmiany łowności wybranych rodzin chrząszczy. Analogicznie na rycinach 5 i 6 przedstawiono dynamikę łowności najliczniej odławianych grup bezkręgowców i rodzin chrząszczy w pułapki Barbera, a na rycinach 7 i 8 – w pułapki ekranowe.

Rozpatrując odłowy w pułapki Moericke'go zawieszane na wysokości 1 m zauważa się 2 szczyty zwiększonej łowności bezkręgowców, jako całości, i ich najliczniejszej grupy – muchówek: w latach 1990–91 oraz w roku 1996 (ryc. 3). Z kolei chrząszcze i błonkówki mają nieco inną dynamikę łowności w badanym okresie – maksimum łowności *Hymenoptera* wypadło w latach 1990 i 1993, a *Coleoptera* w latach 1993 i 1996 (ryc. 3, 4). W ramach tej drugiej grupy obserwuje się zróżnicowaną dynamikę łowności poszczególnych rodzin. Przykładowo szczyt łowności *Scolytidae* był w roku 1996, *Cantharidae* i *Anaspididae* w roku 1993, a *Curculionoidea* – w latach 1993 i 1996 (ryc. 4).

W przypadku odłowów w pułapki Barbera odnotowano wysoką łowność bezkręgowców epigeicznych w latach 1991–93 i ponownie w roku 1999. Przebieg krzywej łowności poszczególnych grup systematycznych często bywał nieco inny, np. maksimum łowności naziemnych *Coleoptera* było w latach 1991–92 i 1995 (ryc. 5), a *Scarabaeoidea* w latach 1991–92 i 1994. Łowność *Carabidae* zwiększała się w latach 1991–92, po czym na tym wysokim poziomie utrzymywała się prawie do roku 1995. Po dwóch latach obniżonej liczebności (1996, 1997) ponownie zaczęła ona wzrastać w roku 1998 i trend ten utrzymał się również w roku 1999. Zmiany łowności *Staphylinidae* i *Curculionoidea* były niewielkie (ryc. 6).

Rozpatrując odłowy w pułapki ekranowe zauważamy, że odławiają one głównie chrząszcze. Przebieg krzywej łowności wszystkich bezkręgowców i *Coleoptera* jest podobny i wysoce skorelowany. Maksimum pojawu tych dwóch grup uwidoczniła się w latach 1990–92 i 1996 (to drugie znacznie wyższe). Odłowy *Hymenoptera* i *Diptera* w pułapki ekranowe były w latach 1988–99 podobne (ryc. 7).

Tab 1. Liczba osobników wybranych grup bezkręgowców odłowionych w ramach badań monitorin-
 Tab. 1. Number of specimens of selected invertebrate groups collected during the monitoring research in the

Grupa systematyczna Systematic group	Lata							
	1992				1993			
					Powierzchnie badawcze			
	1	3	5	Razem Total	1	3	5	Razem Total
Bezkręgowce invertebrates	2118	5912	9569	17599	10552	9237	12638	32427
<i>Isopoda i (and) Myriapoda</i>	1	6	66	73	1	7	124	132
<i>Araneae</i>	52	18	202	282	62	47	264	373
<i>Opiliones</i>	5	8	294	307	4	4	86	94
<i>Collembola</i>	8	5	631	644	204	53	1243	1500
<i>Insecta</i>	2057	5835	8389	16281	10442	8918	11193	30553
<i>Hemiptera</i>	70	82	60	212	145	162	173	480
<i>Coleoptera:</i>	393	803	4743	5939	2453	1469	4423	8345
<i>Carabidae</i>	-	4	845	849	3	11	631	645
<i>Staphylinidae</i>	5	24	168	197	19	45	228	292
<i>Scarabaeoidea</i>	8	16	2493	2517	8	40	629	677
<i>Cantharidae</i>	33	10	45	88	144	54	415	613
<i>Elateridae</i>	20	26	72	118	73	64	91	228
<i>Throscidae</i>	3	1	25	29	12	21	128	161
<i>Dasytidae</i>	5	38	1	44	57	160	34	251
<i>Nitidulidae</i>	16	426	38	480	26	397	51	474
<i>Latridiidae</i>	3	3	13	19	17	152	23	192
<i>Anaspididae</i>	193	80	297	570	1826	260	1584	3670
<i>Cerambycidae</i>	12	43	51	106	76	30	40	146
<i>Curculionoidea (bez Scolytidae without Scolytidae)</i>	37	50	125	212	88	73	261	422
<i>Scolytidae</i>	31	5	234	270	33	17	62	112
<i>Lepidoptera</i>	36	153	87	276	215	458	230	903
<i>Diptera</i>	895	2544	2135	5574	3495	3741	2592	9828
<i>Hymenoptera:</i>	561	2165	582	3308	3441	2305	1963	8209
<i>Formicidae</i>	12	2	222	236	29	20	166	215
<i>Symphyta</i>	91	180	70	341	104	99	40	243

W obrębie *Coleoptera* podobny był też przebieg krzywej łowności *Scolytidae*, które spośród chrząszczy najliczniej wpadały do tego rodzaju pułapek (ryc. 8).

Szczyty łowności zaobserwowane w odniesieniu do różnego rodzaju pułapek nie zawsze się pokrywają w czasie (ryc. 9). Większą zgodność obserwuje się w przypadku odłowów do pułapek Moericke'go i ekranowych niż pułapek Barbera i pozostałych. W odniesieniu do całości bezkręgowców (sumy osobników odłowio-

gowych w Puszczy Białowieskiej; lata 1992–1999

Białowieża Primeval Forest; years 1992–1999

Years										Ogółem Total
1994		1995	1996	1997			1998	1999		
Study areas										Ogółem Total
3	5	Razem Total	5	5	3	5	Razem Total	5	5	
15422	10842	26264	8394	12241	4347	5904	10251	7889	8483	123548
692	94	786	65	54	257	71	328	84	72	1594
138	180	318	194	208	122	138	260	278	307	2220
388	114	502	83	99	66	17	83	55	18	1241
732	895	1627	802	290		120	244	114	1024	6245
12806	9799	22695	7611	11721	3587	5459	9046	7220	7274	112401
205	110	315	42	121	81	107	188	110	316	1784
3863	3366	7229	2292	4962	2006	1964	3970	2321	2307	37365
1590	646	2236	523	213	445	239	684	528	678	6356
784	82	866	143	92	325	100	425	146	214	2375
835	1237	2072	315	452	488	449	937	496	452	7918
12	178	190	152	114	24	179	203	160	129	1649
28	73	101	61	69	29	57	86	105	98	866
3	16	19	47	10	11	54	65	24	84	439
44	17	61	5	21	1	12	19	80	8	489
257	114	371	20	23	342	14	356	65	19	1808
15	19	34	16	40	29	47	76	32	12	421
80	567	647	484	480	21	68	89	244	46	6230
14	28	42	37	35	4	31	35	41	49	491
50	171	221	184	230	47	82	129	123	123	1644
8	97	105	62	3075	27	426	453	40	85	4202
290	53	343	51	48	18	47	65	48	80	1814
5947	4151	10098	3547	4691	757	2139	2896	3597	2247	42478
1406	955	2361	655	996	452	868	1320	724	853	18426
125	120	245	97	206	107	178	285	179	121	1584
74	122	196	37	4	65	27	92	78	145	1136

nych w poszczególnych latach) nie stwierdzono istotnej korelacji między łożnością poszczególnych typów pułapek. Dzięki wszystkim trzem rodzajom pułapek zarejestrowano maksimum pojawu w latach 1990–92, natomiast w przypadku drugiego maksimum, znacznie wyższego, pułapki Barbera okazały się nieskuteczne (ryc. 9).

Tab. 2. Porównanie liczebności i łowności bezkręgowców, w wybranych latach, w różnych siedliskowych typach lasu w Puszczy Białowieskiej (dla pułapek M1); BMśw – bór mieszany świeży, LMśw – las mieszany świeży, Lśw – las świeży

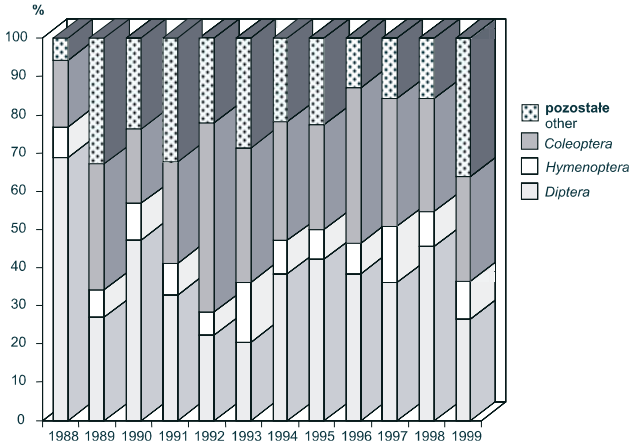
Tab. 2. Comparison of number and catchability (trappability) of invertebrates, in selected years, in various forest site types in the Białowieża Primeval Forest (for the M1 traps); BMśw – fresh mixed coniferous forest, LMśw – fresh mixed deciduous forest, Lśw – fresh deciduous forest

Rok odłowu Year of collecting	Siedliskowy typ lasu Forest site type							
	BMśw				LMśw		Lśw	
	powierzchnia 1 study area 1		powierzchnia 5 study area 5		powierzchnia 4 study area 4		powierzchnia 3 study area 3	
	liczebność number	łowność catchability	liczebność number	łowność catchability	liczebność number	łowność catchability	liczebność number	łowność catchability
1988	1137	2203	1353	2622	2220	4302	673	1304
1991	-	-	3737	5989	3295	5280	3354	5375
1992	2118	3362	2966	4708	-	-	5912	9384
1993	10552	6078	7517	4261	-	-	9237	5236
1994	-	-	6062	3464	-	-	7655	4374
1997	-	-	3671	2097	-	-	1544	875

Tab. 3. Liczebność bezkręgowców odłowionych w trakcie badań monitoringowych w Puszczy Białowieskiej

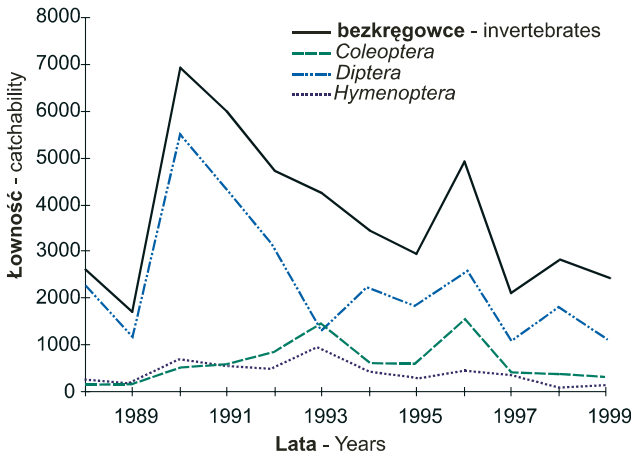
Tab. 3. Number of invertebrates collected during the monitoring research in the Białowieża Primeval Forest

Rok odłowu Year of collecting	Powierzchnie badawcze Study areas					Razem Total
	1	2	3	4	5	
1988	2452	1375	3500	3071	2071	12475
1989	-	-	-	-	6612	6612
1990	-	-	-	-	18663	18663
1991	-	-	16853	8964	16047	41854
1992	2118	-	5912	-	9569	17599
1993	10552	-	9237	-	12638	32427
1994	-	-	15422	-	10842	26264
1995	-	-	-	-	8394	8394
1996	-	-	-	-	12241	12241
1997	-	-	4347	-	5904	10251
1998	-	-	-	-	7889	7889
1999	-	-	-	-	8483	8483
RAZEM	15122	1375	55271	12035	119353	203152



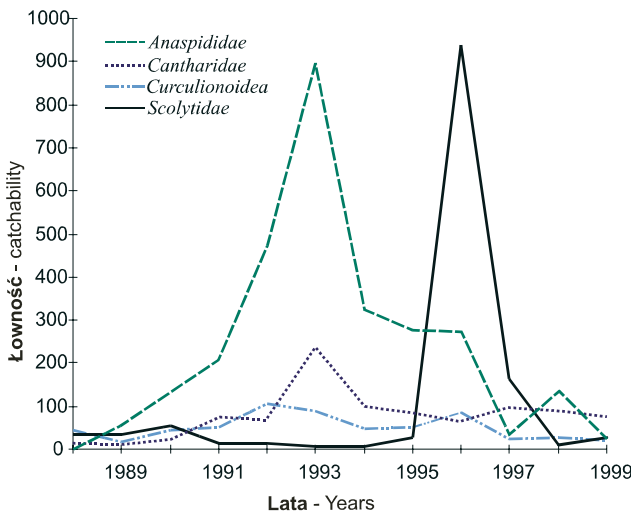
Ryc. 2. Udział najliczniej odławianych rzędów bezkręgowców w kolejnych latach badań (1988–99) w borze mieszanym świeżym (pow. 5)

Fig. 2. Share of the most numerous invertebrate orders collected in successive years (1988–99) in the fresh mixed coniferous forest (study area No 5)



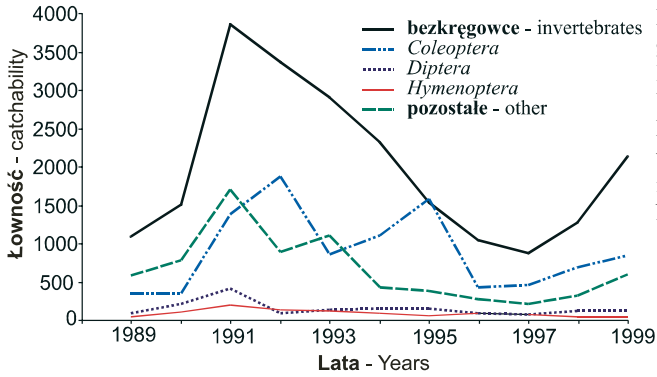
Ryc. 3. Łowność wybranych grup taksonomicznych bezkręgowców w pułapki Moericke'go na pow. 5 (lata 1988–99)

Fig. 3. Catchability of selected taxonomic invertebrate groups in Moericke traps in the study area No 5 (years 1988–99)



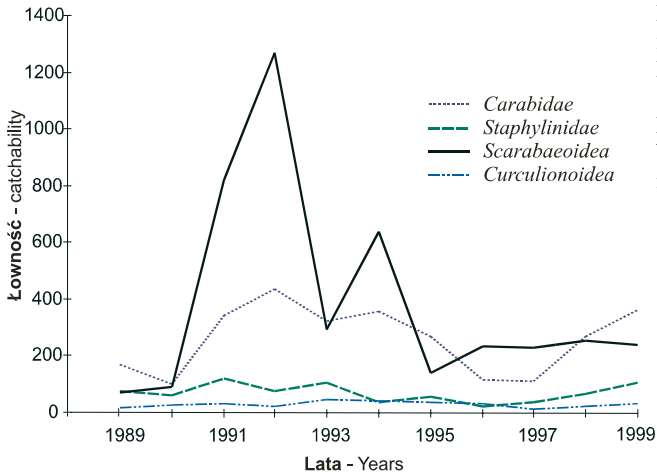
Ryc. 4. Łowność wybranych rodzin chrząszczy w pułapki Moericke'go na pow. 5 (lata 1988–99)

Fig. 4. Catchability of selected beetle families in Moericke traps in the study area No 5 (years 1988–99)



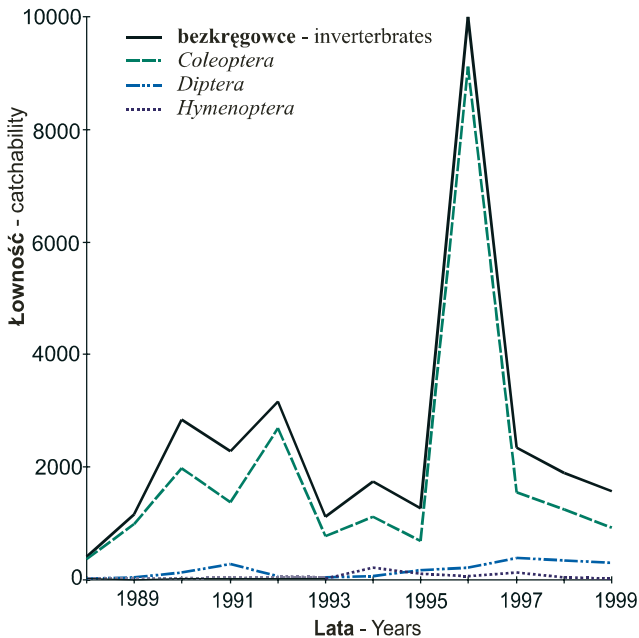
Ryc. 5. Łowność wybranych grup taksonomicznych bezkręgowców w pułapki Barbera na pow. 5 (lata 1989–99)

Fig. 5. Catchability of selected taxonomic invertebrate groups in Barber traps in the study area No 5 (years 1989–99)



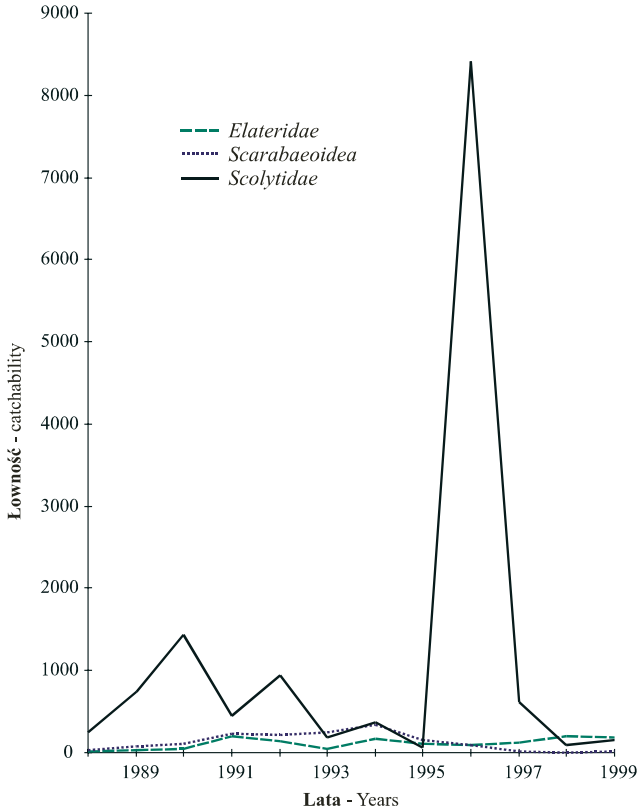
Ryc. 6. Łowność wybranych rodzin chrząszczy w pułapki Barbera na pow. 5 (lata 1989–99)

Fig. 6. Catchability of selected beetle families in Barber traps in the study area No 5 (years 1989–99)



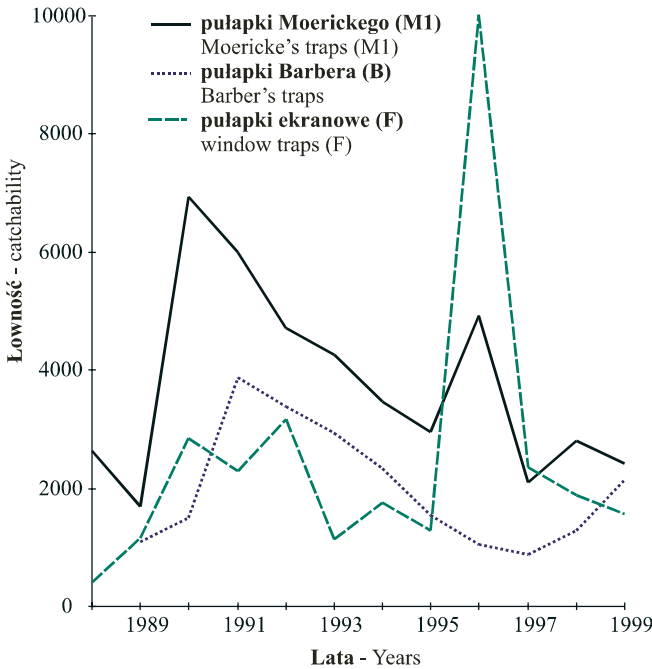
Ryc. 7. Łowność wybranych grup taksonomicznych bezkręgowców w pułapki ekranowe na pow. 5 (lata 1988–99)

Fig. 7. Catchability of selected taxonomic invertebrate groups in window (barrier) traps in the study area No 5 (years 1988–99)



Ryc. 8. Łowność wybranych rodzin chrząszczy w pułapki ekranowe na pow. 5 (lata 1988–99)

Fig. 8. Catchability of selected beetle families in window traps in the study area No 5 (years 1988–99)

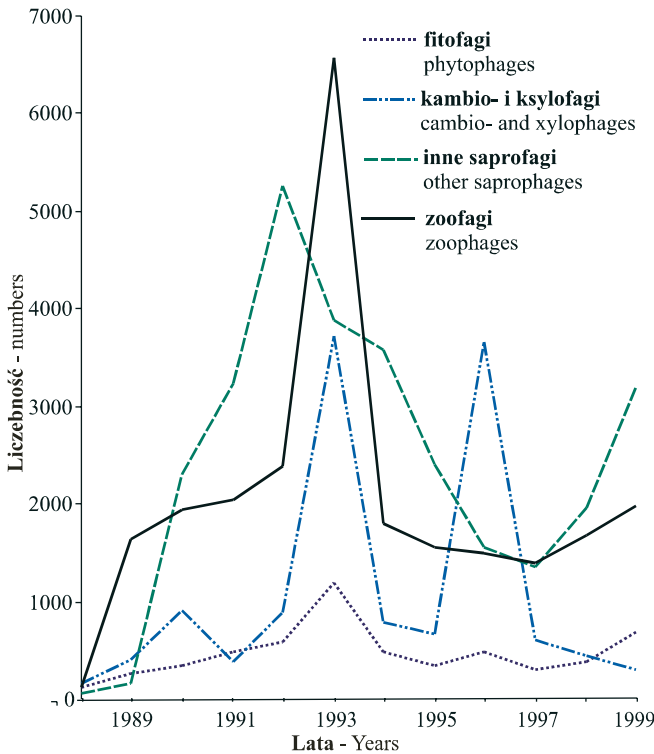


Ryc. 9. Łowność bezkręgowców ogółem w pułapki różnego typu na pow. 5 (lata 1988–99)

Fig. 9. Catchability of invertebrates on 5th study area in the Białowieża Primeval Forest (years 1988–99)

Udział poszczególnych grup systematycznych (% w całości materiału) w odłowach porównywanych pułapek dla całego okresu badań wykazuje wysoką dodatnią korelację (B i F: $r=0,903$; B i M: $r=0,849$; F i M: $r=0,797$; $p \leq 0,05$). Również łączność niektórych grup systematycznych do różnych pułapek jest istotnie skorelowana, np. M i B (*Opiliones*: 0,964; *Scarabaeoidea*: 0,888; *Lepidoptera*: 0,791; *Diptera*: 0,673; *Hymenoptera*: 0,685) oraz M i F (*Hemiptera*: 0,9; *Coleoptera*: 0,632; *Dasytidae*: 0,964; *Scolytidae*: 0,98).

Złowione okazy zostały podzielone na grupy funkcjonalne. Jednostki systematyczne, w których znajdują się przedstawiciele różnych grup funkcjonalnych (np. fitofagi i drapieżce) zostały w tej klasyfikacji pominięte. Do danej grupy funkcjonalnej zaliczono tylko te rodziny czy rzędy, które w całości charakteryzują się określonym sposobem odżywiania bądź u których dany sposób bezwzględnie dominuje. Do fitofagów zaliczono: *Homoptera*; *Attelabidae*, *Bruchidae*, *Byturidae*, *Chrysomelidae*, *Curculionoidea*; *Symphyta*; *Lepidoptera*. Wśród saprofagów wyróżniono kambio- i ksylofagi (*Anaspididae*, *Anobiidae*, *Anthribidae*, *Buprestidae*, *Cerambycidae*, *Lucanidae*, *Lycidae*, *Lymexylidae*, *Melandryidae*, *Mordellidae*, *Oedemeridae*, *Scolytidae*) oraz pozostałe (*Collembola*; *Psocoptera*; *Clambidae*, *Corylophidae*, *Cryptophagidae*, *Dermestidae*, *Hydrophilidae*, *Latriidiidae*, *Pselaphidae*, *Ptiliidae*, *Ptinidae*, *Pyrochroidae*, *Scarabaeoidea*, *Silphidae*, *Tenebrionidae*). Do zoofagów, spośród których uwzględniono drapieżce i parazytoidy, zaliczono: *Araneae*; *Pseudoscorpionida*; *Carabidae*, *Cerylidae*,



Ryc. 10. Liczebność różnych grup ekologicznych bezkręgowców w latach 1988–99 na pow. 5 (bór mieszany świeży)
Fig. 10. Numbers of various ecological groups of invertebrates in the years 1988–99 in the fresh mixed coniferous forest (study area No 5) in the Białowieża Primeval Forest

Cleridae, Coccinellidae, Colydiidae, Cucujidae, Dytiscidae, Histeridae, Lampyridae, Malachiidae, Peltidae, Pythidae, Rhizophagidae, Salpingidae, Staphylinidae; Neuroptera; Terebrantes, Formicidae. Na rycinie 10 przedstawiono zmiany liczebności różnych grup funkcjonalnych bezkręgowców odłowionych wszystkimi metodami na pow. 5. Zauważalny jest, wspólny dla zoofagów, kambio- i ksylofagów oraz fitofagów szczyt liczebności w roku 1993. Pozostałe saprofagi miały zwiększoną liczebność w roku 1992 oraz w 1999, a kambio- i ksylofagi – jeszcze drugi szczyt liczebności w roku 1996.

5.3. Łowność bezkręgowców a warunki meteorologiczne

Zależności między łownością a średnią temperaturą powietrza oraz sumą opadów w poszczególnych okresach odłowowych przeanalizowano we wstępnym etapie badań (Gutowski, Krzysztofiak 1995a; Melke, Gutowski 1995). Obecnie podjęto próbę takiej analizy w aspekcie wieloletnim, w odniesieniu do średniej temperatury, sumy opadów i współczynnika hydrotermicznego sezonu wegetacyjnego. Wartości tych parametrów zostały przedstawione w pracy Malzahn (2004).

Średnia temperatura sezonu wegetacyjnego w latach 1988–99 wahała się od 12,1°C (1997 r.) do 13,5°C (1989, 1999). Zmiany średniej temperatury mogą zachodzić dość gwałtownie, tzn. lata o wysokiej średniej temperaturze sezonu wegetacyjnego często następują po latach z bardzo niską temperaturą, i odwrotnie.

Suma opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym wahała się od 275,2 mm (1991 r.) do 555,4 mm (1998). Różnica ta jest stosunkowo duża, jednak zmiany w ilości opadów nie następowały tak skokowo, jak w przypadku temperatury. Na ogół wzrost ilości opadów, bądź spadek, odbywał się stopniowo przez kilka kolejnych lat. W badanym okresie wyróżnia się wyraźne obniżenie tego wskaźnika w latach 1991–93.

Współczynnik hydrotermiczny, który jest syntezą powyższych dwóch parametrów, jeszcze dobitniej pokazuje niekorzystne warunki meteorologiczne w latach 1991–93 (Malzahn 2004), co powinno mieć również wpływ na zmiany liczebności bezkręgowców. Aby to sprawdzić, obliczono współczynniki korelacji (dla $p \leq 0,05$) między zmianami powyższych trzech parametrów i zmianami łowności różnych grup systematycznych w poszczególne rodzaje pułapek na pow. 5.

W odniesieniu do pułapek Moericke'go stwierdzono istotną ujemną korelację między łownością: *Isopoda* i *Myriapoda* a średnią temperaturą ($r = -0,918$), sumą opadów ($r = -0,974$) i współczynnikiem hydrotermicznym ($r = -0,977$); *Hemiptera* a współczynnikiem hydrotermicznym ($r = -0,602$); *Throscidae* a sumą opadów ($r = -0,603$); *Carabidae* a współczynnikiem hydrotermicznym ($r = -0,841$); *Elateridae* a sumą opadów ($r = -0,633$) i współczynnikiem hydrotermicznym ($r = -0,659$).

W przypadku pułapek Barbera prawie nie zaobserwowano istotnych korelacji między ich łownością a warunkami meteorologicznymi. Korelacje takie stwierdzono jedynie między łownością *Opiliones* a sumą opadów ($r = -0,622$) i współczynnikiem hydrotermicznym ($r = -0,626$), a także między łownością *Hymenoptera* a sumą opadów ($r = -0,644$).

W odniesieniu do pułapek ekranowych stwierdzono istotną ujemną korelację między łownością: *Aranei* a opadami ($r = -0,683$) i współczynnikiem hydrotermicznym ($r = -0,627$); *Hemiptera* a opadami ($r = -0,578$) i współczynnikiem hydrotermicznym ($r = -0,596$); *Cantharidae* a temperaturą ($r = -0,706$). Korelację dodatnią odnotowano między liczebnością: *Collembola* a temperaturą ($r = 0,643$); *Anaspididae* a opadami ($r = 0,937$) i współczynnikiem hydrotermicznym ($r = 0,97$); *Dasytidae* a opadami ($r = 0,852$) i współczynnikiem hydrotermicznym ($r = 0,87$); *Formicidae* a temperaturą ($r = 0,671$).

Sprawdzono też czy nie ma korelacji między łownością a średnią temperaturą, sumą opadów i współczynnikiem hydrotermicznym dla sezonu poprzedzającego rok odłowów. Okazało się, że korelacje w tym przypadku rzadziej występują, a dla grup, których łowność była ujemnie skorelowana z danym wskaźnikiem w roku bieżącym, korelacja między łownością a tym samym wskaźnikiem dla roku poprzedzającego czasem jest dodatnia (np. *Isopoda* i *Myriapoda*, *Hemiptera*), lub odwrotnie (np. *Anaspididae*).

Dla całości bezkręgowców, jak również dla wielu grup systematycznych, istotnej korelacji między wymienionymi wskaźnikami i łownością nie stwierdzono. Nie wykazano też istotnej statystycznie korelacji między zmianami liczebności wyodrębnionych czterech grup funkcjonalnych bezkręgowców (fitofagi, kambio- i ksylofagi, inne saprofagi, zoofagi) (ryc. 10), a ww. wskaźnikami, chociaż w przebiegu krzywej opadów i współczynnika hydrotermicznego wyraźnie zaznacza się minimum w latach 1991–93, które mogło wpływać na obserwowaną liczebność wspomnianych grup bezkręgowców.

5.4. Liczebność wybranych grup bezkręgowców a zagęszczenie zwierzyny

W analizie uwzględniono najliczebniejsze na terenie PB gatunki ssaków – jelenia, sarnę i dziką. Pominięto żubra, który na terenie obszaru ochrony ścisłej BPN nie jest liczny. Wykorzystano dane dotyczące liczebności i zagęszczenia zwierzyny na terenie PB od 1991 r. (tab. 4). Spośród bezkręgowców wytypowano te grupy, które z uwagi na swoją biologię mogą być zależne od ilości odchodów na dnie lasu: *Collembola*, *Carabidae*, *Staphylinidae*, *Scarabaeoidea*, *Catopidae*, *Histeridae*, *Hydrophilidae*, *Silphidae*.

Okazało się, że nie ma żadnej korelacji między liczebnością *Catopidae* a zagęszczeniem zwierzyny, i pośrednio ilością odchodów rozpatrywanych ssaków, na pow. 5 (w borze mieszanym świeżym). W przypadku pozostałych grup stwierdzono istotną ($p \leq 0,05$), aczkolwiek niezbyt silną dodatnią korelację: *Collembola* – jelenie ($r = 0,761$), – sarny ($r = 0,626$); *Carabidae* – jelenie ($r = 0,759$), – sarny ($r = 0,811$), – dziki ($r = 0,601$); *Staphylinidae* – sarny ($r = 0,718$), – dziki ($r = 0,633$); *Scarabaeoidea* – jelenie ($r = 0,711$), – sarny ($r = 0,676$); *Histeridae* – sarny ($r = 0,594$); *Hydrophilidae* – sarny ($r = 0,544$), – dziki ($r = 0,609$); *Silphidae* – sarny ($r = 0,711$).

W odniesieniu do gądo (pow. 3) stwierdzono dość silną dodatnią korelację nasilenia występowania pewnych grup owadów i zagęszczenia dzików: *Staphylinidae* ($r = 0,872$), *Scarabaeoidea* ($r = 0,763$), *Catopidae* ($r = 0,835$), *Histeridae*

Tab. 4. Zagęszczenie zwierzyny [szt./1000 ha] w latach 1991–1999 w Puszczy Białowieskiej (wg Kossak 1997a,b, 1998, 1999)

Tab. 4. Density of game animals [number/1000 ha] in the years 1991–1999 in the Białowieża Primeval Forest (according to Kossak 1997a,b, 1998, 1999)

Lata Years	Gatunek – Species		
	jeleń – red deer <i>Cervus elaphus</i> L.	sarna – roe deer <i>Capreolus capreolus</i> (L.)	dzik – wild boar <i>Sus scrofa</i> L.
1991	57	45	36
1992	54	44	20
1993	52	29	20
1994	54	18	19
1995	43	35	18
1996	26	9	-
1997	25	11	15
1998	26	19	37
1999	31	25	28

($r=0,677$), *Hydrophilidae* ($r=0,886$). Na powierzchni tej, i w jej pobliżu, często można było obserwować ślady buchtowania dzików, a czasem nawet ich bezpośrednie bytowanie. Odnotowano też ujemną korelację między zagęszczeniem sarn a liczebnością *Silphidae* ($r=-0,625$). W przypadku jeleni oraz pozostałych grup rozpatrywanych tutaj bezkręgowców (*Collembola*, *Carabidae*) istotnych statystycznie korelacji nie stwierdzono.

5.5. Liczebność bezkręgowców a zagęszczenie ptaków lęgowych

Zmiany zagęszczenia ptaków lęgowych w BPN śledzone są od połowy lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku (Tomiałojć, Wesołowski 1994, 1996; Wesołowski i in. 2002). Opierając się na tych danych, próbowano sprawdzić, czy zmiana liczebności bezkręgowców wpływa na liczebność ptaków. Przeanalizowano zmiany liczebności zespołu 26 gatunków najbardziej licznych ptaków w latach 1988–99 na tle zmian liczebności bezkręgowców, oddzielnie dla pow. 3 i 5. Ponadto sprawdzono korelację między dynamiką liczebności wybranych grup bezkręgowców i pięciu gatunków ptaków dominujących w grądzie, na pow. 3 (*Coccothraustes coccothraustes* (L.), *Erithacus rubecula* (L.), *Ficedula albicollis* (Temm.), *Fringilla coelebs* L., *Turdus philomelos* Brehm) oraz czterech gatunków ptaków dominujących w borze mieszanym, na pow. 5 (*Erithacus rubecula*, *Fringilla coelebs*, *Phylloscopus sibilatrix* (Bechst.), *Regulus regulus* (L.)). Wspomniani wyżej autorzy nie stwierdzili zależności między zagęszczeniem ptaków w grądach i pojawiającymi się co pewien czas masowo gąsienicami *Geometridae*. W trakcie niniejszych badań odnotowano niezbyt liczne i zazwyczaj słabe korelacje między poszczególnymi grupami bezkręgowców a zgrupowaniami, lub gatunkami, ptaków. Nieco wyższą korelację ($p \leq 0,05$) odnotowano na pow. 3, m.in. między: liczebnością całego ugrupowania ptaków a *Anaspididae* ($r=0,786$), *Cantharidae* ($r=0,711$) i *Hymenoptera* ($r=0,717$); liczebnością pięciu dominujących gatunków a

Symphya ($r = -0,764$) i *Heteroptera* ($r = 0,877$); liczebnością *E. rubecula* a *Nitidulidae* ($r = -0,809$), *E. rubecula* a *Heteroptera* ($r = 0,746$), *Ficedula albicollis* a *Symphya* ($r = -0,898$), *F. albicollis* a *Homoptera* ($r = 0,774$), *F. albicollis* a *Heteroptera* ($r = 0,775$), *Fringilla coelebs* a *Symphya* ($r = -0,919$). Stwierdzono dość wysoką korelację między liczebnością całego ugrupowania ptaków a *Buprestidae* ($r = 0,739$) i *Symphya* ($r = 0,75$) na pow. 5. Jeszcze wyższą korelację odnotowano między łownością *Lepidoptera*, do których należy wspomniana wyżej rodzina *Geometridae*, a liczebnością całego ugrupowania ptaków ($r = 0,788$) i jednego z najliczniejszych gatunków – *T. philomelos* ($r = 0,71$) na pow. 3. Nie stwierdzono natomiast istotnej statystycznie korelacji między liczebnością ptaków i motyli na pow. 5.

5.6. Liczebność wybranych grup bezkręgowców a wahania poziomu wód gruntowych

Przeanalizowano związek między wahaniami poziomu wody gruntowej w poszczególnych latach a liczebnością wybranych grup bezkręgowców. Dysponowano danymi dotyczącymi poziomu wody gruntowej dla każdego miesiąca z lat 1988–99 (E. Pierzgałski, A. Boczoń, materiały npbl.). Analizy dokonano w trzech wariantach – (1) dla średniej rocznej, (2) średniej z miesięcy III–XI i (3) średniej z miesięcy III–VIII w poszczególnych latach. Wahania poziomu wody gruntowej w wariantach 1. i 2. były zbliżone, w wariantcie 3. – nieco odbiegały od poprzednich (tab. 5). Właśnie ten trzeci wariant wykorzystano w dalszych analizach korelacji z liczebnością bezkręgowców, bowiem zaobserwowane związki między tymi dwoma zmiennymi były najsilniejsze.

W kilku przypadkach stwierdzono istotną statystycznie ($p \leq 0,05$) korelację między liczebnością odłowionych grup bezkręgowców a średnim poziomem wody gruntowej w okresie od marca do sierpnia w poszczególnych latach na pow. 3, w grądzie: *Scolytidae* ($r = -0,814$), *Buprestidae* ($r = 0,749$), *Cerambycidae* ($r = 0,572$), *Curculionidae* ($r = 0,553$). W przypadku pow. 5, w borze mieszanym świeżym, przeanalizowano też zależności między liczebnością bezkręgowców a poziomem wody gruntowej w roku poprzedzającym odłowienie bezkręgowców, nie stwierdzono jednak żadnej istotnej korelacji. Słabą dodatnią korelację między liczebnością bezkręgowców a poziomem wody gruntowej w tym samym roku odnotowano jedynie w dwóch przypadkach: całość bezkręgowców ($r = 0,516$), *Coleoptera* ($r = 0,759$).

5.7. Wpływ obradzania wybranych gatunków drzew na wahania liczebności owadów

Prześledzono związek między obradzaniem niektórych gatunków drzew (*Picea abies* (L.) Karst., *Pinus sylvestris* L., *Carpinus betulus* L., *Quercus robur* L.) a liczebnością wybranych grup entomofauny, potencjalnie zależnych, w sposób pośredni bądź bezpośredni, od intensywności kwitnienia i obfitości nasion w danym roku. Szczegółowe informacje na ten temat obejmują lata 1992–1999 (tab. 6). Odnotowano dość ścisłą zależność między obradzaniem sosny, świerka i dębu (danych dotyczących grabu statystycznie nie analizowano) a łownością wielu grup

Tab. 5. Poziom wody gruntowej w oddz. 340D Białowieskiego Parku Narodowego w latach 1988-99 (wg Pierzgałski, Boczoń, dane npbl.)

Tab. 5. Ground water level in the Białowieża National Park (compartment 340D) in the years 1988-99 (according to Pierzgałski, Boczoń, unpubl.)

Rok Year	Woda gruntowa (średnia) [cm] Ground water (average) [cm]		
	z 12 miesięcy from 12 months	z miesięcy: marzec – listopad from months: March – November	z miesięcy: marzec – sierpień from months: March – August
1988	195	190	179
1989	238	246	231
1990	219	228	231
1991	242	249	226
1992	253	258	246
1993	240	244	225
1994	234	236	207
1995	224	222	205
1996	262	259	239
1997	265	261	230
1998	223	221	209
1999	231	234	202

owadów, zarówno na pow. 3, jak i 5. W przypadku pow. 5 stwierdzono istotną statystycznie ($p \leq 0,05$) dodatnią korelację m.in. między obradzeniem świerka a liczebnością odłowionych *Anobiidae* ($r=0,684$), *Mordellidae* ($r=0,661$) i *Homoptera* ($r=0,766$); a w przypadku pow. 3 – *Coccinellidae* ($r=0,785$), *Curculionidae* ($r=0,818$), *Symphyta* ($r=0,857$) i *Thysanoptera* ($r=0,775$). Również istotną statystycznie była korelacja między obradzeniem sosny a łownością *Anobiidae* ($r=0,644$), *Thysanoptera* ($r=0,67$) i *Heteroptera* ($r=0,76$) na pow. 5; oraz łownością *Curculionidae* ($r=0,674$), *Symphyta* ($r=0,932$) i *Thysanoptera* ($r=0,647$) na pow. 3.

Owocowanie dębu na pow. 5 było skorelowane z łownością: *Curculionidae* ($r=0,71$) i *Coleoptera* ($r=0,739$); a na pow. 3 – z łownością *Anaspididae* ($r=0,852$), *Cantharidae* ($r=0,67$), *Chrysomelidae* ($r=0,747$), *Curculionidae* ($r=0,709$), *Dasytidae* ($r=0,907$), *Dermestidae* ($r=0,735$), *Latridiidae* ($r=0,778$), *Mordellidae* ($r=0,82$) i *Hymenoptera* ($r=0,874$).

Niewielką ujemną korelację stwierdzono między obradzeniem sosny i liczebnością *Staphylinidae* ($r= -0,531$), *Anobiidae* ($r= -0,536$) i *Staphylinidae* ($r= -0,65$) na pow. 3.

Brak było istotnej statystycznie korelacji między obradzeniem drzew a łownością *Nitidulidae* i *Diptera*.

W analizowanym okresie, w latach 1982, 1989, 1996 i 2001, obradzenie dębu miało charakter masowy – tzw. lata nasienne dębu. Podobne lata nasienne grabu odnotowano w 1982, 1989 i 1995 r. W ślad za tym zarejestrowano zwiększoną liczebność gryzoni w latach 1983, 1990 i 1996–97 (Jędrzejewska, Jędrzejewski 2001). Wśród odławianych bezkręgowców również obserwuje się zwiększoną liczebność pewnych grup w latach 1990 i 1996 (ryc. 3, 7, 8), co mogłoby sugerować

Tab. 6. Obradzenie (%) wybranych gatunków drzew w latach 1992-1999 w Puszczy Białowiezkiej (wg Korczyka 2000, materiały npbl.)

Tab 6. Seed crop (%) of selected tree species in the years 1992-1999 in the Białowieża Primeval Forest (according to Korczyk 2000, unpubl.)

Lata Years	Gatunek – Species		
	Świerk pospolity Norway spruce	Sosna zwyczajna Scots pine	Dąb szypułkowy <i>Quercus robur</i> L.
1992	26,6	40	11,1
1993	26,7	29,1	20,6
1994	20	0,4	3,6
1995	12,9	16	5,6
1996	17,1	7,8	24,7
1997	19,1	0	0,8
1998	-	-	-
1999	33,2	1,5	11,2

istnienie związku przyczynowo-skutkowego. Jednak czas trwania badań jest zbyt krótki, by dla tak rzadko zachodzących zjawisk szukać matematycznych korelacji.

5.8. Liczebność bezkręgowców a zanieczyszczenia środowiska leśnego

Wyniki z początkowych lat badań tego problemu zawarte są w publikacji Gutowskiego i Krzysztofiaka (1995a). Tutaj uwzględniono dłuższy okres (1988–99), opierając się na danych Malzahn (2000, 2004) z BPN, oddzielnie dla pow. 3 i 5, biorąc pod uwagę następujące czynniki: depozycja całkowita S i N, opad pyłów, współczynnik sumy obciążenia zanieczyszczeniami gazowymi Wzg, pH opadów, kumulowanie się niektórych pierwiastków (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, Ni, S) w mchu *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.

W wielu przypadkach zauważalne są pewne niewielkie współzależności między wahaniami poziomu zanieczyszczeń a zmianami liczebności bezkręgowców z poszczególnych grup systematycznych czy ekologicznych (wartość współczynnika korelacji nieznacznie przekracza 0,5; $p \leq 0,05$). Nieco wyższą korelację odnotowano tylko między depozycją całkowitą: siarki a łożnością *Latridiidae* ($r = -0,716$) i azotu a *Scolytidae* ($r = 0,716$) na pow. 5, a także azotu a *Cerambycidae* ($r = 0,824$) i siarki a *Symphyta* ($r = 0,734$) na pow. 3. Współczynnik Wzg skorelowany jest ujemnie ze zmianami liczebności *Buprestidae* ($r = -0,802$) na pow. 5, a dodatkowo ze zmianami liczebności *Symphyta* ($r = 0,784$) na pow. 3.

Analiza zależności między zmianami pH i liczebności odłowionych bezkręgowców w poszczególnych latach ujawniła istotną statystycznie ujemną korelację m.in. w przypadku *Staphylinidae* ($r = -0,603$) i *Curculionidae* ($r = -0,693$) na pow. 5 oraz *Anaspididae* ($r = -0,716$), *Curculionidae* ($r = -0,653$), *Hymenoptera* ($r = -0,718$), *Homoptera* ($r = -0,736$) i *Diptera* ($r = -0,836$) na pow. 3.

W przypadku pierwiastków wiązanych przez *Pleurozium schreberi* istotną statystycznie korelację stwierdzono m.in. między ilością Fe a łożnością *Cerambycidae* ($r = -0,767$) na pow. 5, Fe i *Curculionidae* ($r = -0,795$) na pow. 3; Zn i *Nitidu-*

lidae ($r=-0,75$) na pow. 3; Pb i *Scolytidae* ($r=-0,757$) oraz Pb i *Symphyla* ($r=-0,668$) na pow. 3; Cd i *Staphylinidae* ($r=-0,826$) na pow. 5, Cd i *Nitidulidae* ($r=-0,71$) oraz Cd i *Curculionidae* ($r=-0,74$) na pow. 3; Mn i *Staphylinidae* oraz Mn i *Cantharidae* ($r=-0,67$) na pow. 5; Cr i *Staphylinidae* ($r=-0,704$), Cr i *Cantharidae* ($r=0,732$) oraz Cr i *Thysanoptera* ($r=0,824$) na pow. 5; Ni i *Thysanoptera* ($r=0,877$) oraz Ni a łownością saprofagów (poza kambio- i ksylofagami) ($r=0,684$) na pow. 5.

5.9. Inne zjawiska towarzyszące wahaniom liczebności bezkręgowców

W ostatnim ćwierćwieczu odnotowano na terenie PB kilka silniejszych huraganów (listopad 1981, marzec 1983, 1986, listopad 1988, styczeń 1990, grudzień 1999, kwiecień i sierpień 2000, zima 2001/02, marzec i lipiec 2002) oraz szkody od okiści (zimy 1978/79, 85/86, 95/96), co zazwyczaj skutkowało zwiększeniem liczebności kambio- i ksylofagów. Wartym odnotowania zjawiskiem jest też masowe występowanie grzybów kapeluszowych (w tym borowików, podgrzybków, maślaków) w roku 2001, oraz niemal zupełny ich brak w roku 2002. Na podstawie danych (od 1979 do 1997) z punktów skupu grzybów na terenie PB odnotowano też lata dużego urodzaju opieńki (*Armillaria* spp.): 1980–81, 1984, 1986, 1990, 1992, 1994. Lata ubogie w te grzyby to: 1982–83, 1987, 1991, 1993, 1996–97. Zarejestrowano też wzmożone wystąpienie niektórych gatunków czy grup owadów, np. w latach 1971–72, 1992–93, 2002–03 miernikowców *Geometridae* [wśród których *Operophtera brumata* (L.) stanowił ok. 60%, *O. fugata* (Scharf.) – ok. 20% i kilka innych – ok. 20% (det. J. Buszko)], mszyc *Aphidinea* (w latach 1986, 1989/90), biedronek *Coccinellidae* (1989/90), tęcznika mniejszego *Calosoma inquisitor* (L.) (1992, 2003), kornika drukarza *Ips typographus* (L.) (1983–88, 1994–97, 2001–03), pluskwiaka *Pentatoma rufipes* (L.) (det. Ju. Popov) (1992, 2001), roślinniarek świerkowych, a zwłaszcza *Cephalcia arvensis* Panz. (det. T. Huflejt) (1986, 1999) i os *Vespidae* (1996, 2000). Odnotowano też lata dość nietypowe, jeśli chodzi o liczebność komarów *Culicidae*: w 1989 – niemal brak komarów, w 1998 – masowy pojaw komarów. Wszystkie te zjawiska ściśle się z sobą wiążą, bezpośrednio lub pośrednio, jednak ze względu na rzadkość występowania wymagają dłuższego okresu obserwacji.

6. DYSKUSJA

Z przeprowadzonych porównań wynika (tab. 2; patrz też Gutowski, Krzyżtofiak 1995a,b), że do analizy trendów zmian liczebności, obliczania korelacji itp. w odniesieniu do większych grup taksonomicznych, np. gromady, rzędu, a nawet rodziny, nie jest konieczne wyliczanie wskaźnika łowności. W tego rodzaju analizach wystarczy operowanie liczebnością, bowiem zdarzające się czasem uszkodzenia pułapek są na tyle rzadkie, że nie wpływają na generalne zmiany obliczanych wartości. Obliczanie łowności zalecać należy przy analizie wąskich i

mniej liczebnych grup taksonomicznych (ekologicznych) oraz w tych przypadkach, gdy chcemy porównywać obiekty, w których zastosowano różną liczbę pułapek i różny czas ich eksponowania.

Zwiększenie liczebności różnych grup bezkręgowców obserwowane w latach 1990–92 mogło być następstwem łagodnych zim poprzedzających ten okres (w latach 1988/89 i 1989/90 zim prawie nie było) oraz ciepłych sezonów wegetacyjnych 1988, 1989 i 1992 r. Z kolei masowy pojaw kambiofagów świerka w latach 1994–97, z kornikiem drukarzem na czele, mógł zostać zainicjowany przez osłabienie świerków wskutek trwającej kilka lat suszy (rok 1994 był również bardzo ciepły). Jednak trudno jest wykazać takie zależności bez odpowiednio długich obserwacji wieloletnich.

Według Olszewskiego (1979), który prowadził badania na terenie BPN, nie ma związku między ilością i rozkładem opadów w danym roku i w roku poprzednim a liczbą *Carabidae* i *Scarabaeidae* odłowionych w pułapki Barbera. Niniejsze badania to potwierdzają.

Wyniki dotyczące istnienia korelacji między zagęszczeniem zwierzyny i liczebnością niektórych koprofagicznych bezkręgowców należy traktować z pewną ostrożnością. Cykl obserwacyjny powinien być znacznie dłuższy, aby wyeliminować możliwą przypadkową zbieżność. Zastanawiające są zwłaszcza stwierdzone dodatnie korelacje w odniesieniu do sarny, bowiem jest to gatunek o niskiej liczebności w PB, a jej odchody, z uwagi na wielkość i konsystencję, są stosunkowo mało przydatne jako środowisko życia i pokarm dla rozpatrywanych grup bezkręgowców.

Zmiany liczebności bezkręgowców raczej nie wpływają, lub tylko w niewielkim stopniu, na liczebność analizowanych ugrupowań i gatunków ptaków. Obliczone korelacje są niezbyt wysokie i, co zaskakujące, często ujemne. Związki między liczebnością bezkręgowców i ptaków na pow. 5, funkcjonującej co roku, wydają się nieco mniejsze niż między liczebnością tych grup na pow. 3, gdzie obserwacje terenowe prowadzono tylko w wybranych latach. Może to być zatem wynikiem dość przypadkowej zbieżności analizowanych parametrów, konieczne wydają się więc dalsze badania. Podobnie było w przypadku prób znalezienia związku między liczebnością gąsienic miernikowców i zagęszczeniem ptaków podejmowanych przez ornitologów. Po 15 latach badań w BPN sugerowano (Tomiałojć, Wesołowski 1996), że na wzrost liczebności ptaków w latach 1990. w stosunku do lat 1970. może mieć wpływ masowe wystąpienie *Geometridae*. Jednak dalsze badania wykazały, że to przypuszczenie nie jest słuszne (Wesołowski i in. 2002).

Wyniki dotyczące zbieżności wahań poziomu wody gruntowej i dynamiki liczebności bezkręgowców należy traktować jako wstępne. Problem ten wymaga dalszych pogłębionych studiów i dłuższego okresu badań.

Badania monitoringowe ze swej istoty powinny być badaniami wieloletnimi, najlepiej jeśli prowadzi się je stale. Dopiero wówczas zebrane dane pozwalają na uzyskanie bardzo cennych informacji dotyczących krótko- i długookresowej dynamiki liczebności poszczególnych grup bezkręgowców. Wieloletnie badania

umożliwiają odróżnienie przypadkowych zmian liczebności populacji od naturalnych oscylacji lub wieloletnich trendów w zmianach liczebności i jako takie nie mogą być zastąpione przez inny rodzaj badań czy eksperymentów ekologicznych (Faliński 1999a,b). W ramach prowadzonych badań monitoringowych wskazane byłoby zająć się szerszym spektrum problemów, jeszcze większą liczbą grup systematycznych oraz przeanalizowaniem innych aspektów na zebranych już materiale (np. analizy biometryczne i genetyczne).

7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Podsumowanie dotyczy I i II etapu badań (lata 1988–99). Zbadana została (w pewnym zakresie) entomofauna dwóch dominujących w PB zbiorowisk roślinnych: grądu (*Tilio-Carpinetum stachyetosum*) i boru mieszanego świeżego (*Calamagrostio-Piceetum*) (patrz też Gutowski 1995a, Gutowski, Krzysztofiak 1995b).

Z porównania struktury liczebności poszczególnych grup owadów w grądzie i w borze mieszanym świeżym wynika, że w obu tych środowiskach dominują owady z odmiennych jednostek systematycznych. W ramach badań grądów PB przedstawiono wyniki ukazujące wpływ gospodarki leśnej na entomofaunę (Gutowski 1995b,c).

Długi okres badań monitoringowych (15 lat; przeanalizowano 12 lat) pozwolił na zaobserwowanie pewnych prawidłowości dynamiki liczebności poszczególnych grup bezkręgowców w naturalnym środowisku leśnym. Dynamika ta kształtuje się różnie w zależności od grupy systematycznej czy ekologicznej, natomiast istnieją duże podobieństwa w jej przebiegu w grądzie i w borze mieszanym świeżym. Rozpatrując odłowy w pułapki Moericke’go, w latach 1988–99 zauważa się 2 szczyty zwiększonej łowności bezkręgowców, jako całości, i muchówek – najbardziej liczebnej grupy: lata 1990–91 oraz 1996 (ryc. 3). Chrząszcze i błonkówki mają nieco inną dynamikę łowności w badanym okresie – maksimum pojawu *Hymenoptera* przypada w latach 1990 i 1993, a *Coleoptera* w latach 1993 i 1996 (ryc. 3, 4). W ramach tej drugiej grupy obserwuje się zróżnicowaną dynamikę łowności w odniesieniu do poszczególnych rodzin. Również pewne różnice co do pojawiania się maksimum liczebności odnotowano w przypadku różnych funkcjonalnych jednostek ekologicznych (fitofagi, saprofagi, zoofagi) (ryc. 10).

Szczyty łowności dla różnego rodzaju pułapek nie zawsze się pokrywają w czasie (ryc. 9). Szczególną odrębnością charakteryzują się pułapki Barbera. Rozbieżności te wynikają z odławiania przez poszczególne pułapki różnych grup ekologicznych i częściowo systematycznych. Wszystkie rodzaje stosowanych w badaniach pułapek zarejestrowały maksimum pojawu w latach 1990–92, natomiast drugie maksimum, znacznie wyższe, przez pułapki Barbera w ogóle nie zostało odnotowane (ryc. 9). Dla całości bezkręgowców nie stwierdzono istotnych korelacji między łownością poszczególnych typów pułapek. Jednak porównanie udziału

poszczególnych grup systematycznych w odłowach rozpatrywanych pułapek dla całego okresu badań, wskazuje na wyraźny związek (wysoka dodatnia korelacja).

Zależności między łownością a średnią temperaturą powietrza oraz sumą opadów w trakcie sezonu wegetacyjnego przeanalizowano wcześniej (Gutowski, Krzysztofiak 1995a, Melke, Gutowski 1995). W wyniku analizy w aspekcie wieloletnim stwierdzono istotne korelacje (najczęściej ujemne) między średnią temperaturą, sumą opadów i współczynnikiem hydrotermicznym sezonu wegetacyjnego a łownością wielu grup systematycznych bezkręgowców, zwłaszcza w przypadku pułapek Moericke'go i ekranowych. Łowność pułapek Barbera była mniej uzależniona od warunków meteorologicznych.

Stwierdzono pewne zależności (korelacja dodatnia) między zagęszczeniem jeleni, sarn i dzików (tab. 4) a liczebnością niektórych koprofagicznych grup bezkręgowców, np. *Collembola*, *Carabidae*, *Histeridae*, *Scarabaeoidea*, *Staphylinidae*.

Zmiany liczebności bezkręgowców raczej nie wpływają, lub tylko w niewielkim stopniu, na liczebność analizowanych ugrupowań i gatunków ptaków. Obliczone korelacje są niezbyt wysokie i, co zaskakujące, często ujemne.

Wpływ wahań poziomu wody gruntowej (tab. 5) na liczebność bezkręgowców był niewielki – odnotowano zaledwie kilka przypadków istotnych statystycznie korelacji. Jedynie w odniesieniu do *Scolytidae* wpływ ten był stosunkowo wysoki ($r = -0,814$).

Stwierdzono dość silne i liczne korelacje, co może wskazywać na istnienie zależności między obradzaniem sosny, świerka i dębu (tab. 6) a liczebnością niektórych grup owadów, m.in. *Heteroptera*, *Anaspididae*, *Anobiidae*, *Chrysomelidae*, *Coccinellidae*, *Curculionidae*, *Dasytidae*, *Mordellidae*, *Symphyta*.

Odnotowano niezbyt liczne i przeważnie słabe korelacje między zmianami poziomu zanieczyszczeń środowiska (pozostającego w PB na niskim poziomie) i liczebności bezkręgowców z poszczególnych grup systematycznych czy ekologicznych. Można podejrzewać pewne zależności między liczebnością bezkręgowców a depozycją całkowitą siarki i azotu, kwasowością opadów (tu zależności uwidaczniają się najwyraźniej) oraz, być może, zawartością niektórych metali ciężkich w roślinach.

W ramach realizowanego programu badawczego, wykorzystując analizowany tutaj materiał bezkręgowców, wykonano też dokładniejsze analizy zmian liczebności oraz innych parametrów populacyjnych na poziomie gatunkowym dla wielu grup systematycznych, m.in.: *Araneae* (Stańska 2004), *Thysanoptera* (Kucharczyk w druku), kilkadziesiąt rodzin *Coleoptera* (Królik w druku; Kubisz 1995, w druku; Lasoń w druku; Majewski w druku; Melke, Gutowski 1995; Mokrzycki 1995a, w druku; Stachowiak 1995; Szwalko 1995; Wąsowska w druku). W odniesieniu do kilku wykazano ich przydatność do badań monitoringowych, a we wszystkich przypadkach badania te dostarczyły cennych danych faunistycznych. Informacje te były wykorzystywane w wielu publikacjach, m.in.: Borowski (1993, 1995); Burakowski i in. (2000); Gutowski, Jaroszewicz (2001); Gutowski, Karaś (1991); Królik (1992); Kubisz (2000); Kubisz, Melke (1993, 1994); Kubisz, Szwalko

(1991, 1994); Kucharczyk (1999); Kuśka (1994); Majewski (1993, 1995, 1996, 1997); Melke (1996, 1999); Mielicki i in. (2003); Mokrzycki (1995b). Przegląd uzyskanych wyników w trakcie badań monitoringowych w PB zostanie dokonany w późniejszym czasie, po zakończeniu cyklu publikacji opracowań szczegółowych dotyczących poszczególnych grup systematycznych bezkręgowców.

Wnioski:

1. Badania monitoringowe z wykorzystaniem bezkręgowców powinny być w PB kontynuowane, wnoszą bowiem wiele nowych informacji o procesach przyrodniczych w lasach naturalnych (unikatowe w skali światowej) oraz, przy okazji, dostarczają dużo cennych danych faunistycznych.

2. Dotychczas zrealizowany 15-letni cykl badań monitoringowych nie pozwala jeszcze na prześledzenie długookresowych trendów dynamiki liczebności populacji wielu gatunków, zwłaszcza tych o długich cyklach rozwojowych.

3. Wskazane byłoby założenie jeszcze co najmniej jednej porównawczej powierzchni badawczej w borze mieszanym świeżym w miejscu z większym udziałem starych drzew, bowiem dotychczasowa pow. 5 została częściowo pozbawiona starodrzewu wskutek huraganów i działalności kambiofagów.

4. Ze względu na specyficzne wymagania różnych grup systematycznych, najbardziej wartościowa i najpełniejsza jest analiza zmienności różnych parametrów populacyjnych i ich uwarunkowań dla jednostek systematycznych jak najniższego szczebla, najlepiej gatunków. Stąd też wskazany byłby sformalizowany udział (nie na zasadach wolontariatu, jak dotychczas) w dalszych badaniach monitoringowych kilku specjalistów od różnych grup owadów.

5. Wskazane byłoby prowadzenie podobnych badań porównawczych na terenach o różnym stopniu antropopresji, aby wyraźniej wyodrębnić zmiany wywołane działalnością człowieka od naturalnych zmian w populacjach bezkręgowców.

6. Z uwagi na znaczenie PB jako ostoi leśnej entomofauny, jej bogactwo gatunkowe oraz unikatowe, pierwotne struktury populacyjne, powinna ona stać się obiektem szeroko zakrojonych zespołowych badań entomologicznych. W przeciwieństwie bowiem do roślin czy zwierząt wyższych, wiele grup owadów wciąż jest bardzo słabo poznanych. Także ze względu na rangę PB, badania monitoringowe wybranych grup bezkręgowców na jej terenie powinny zostać włączone do systemu monitoringu państwowego.

Dziękuję wymienionym w tekście specjalistom za udostępnienie materiałów dotyczących charakterystyki gleby, zagęszczenia zwierzyny, obradzania drzew, wahań poziomu wody gruntowej oraz za oznaczenie 4 gatunków owadów. Jestem wdzięczny Krzysztofowi Sućko za wielki wkład pracy przy zbieraniu materiałów w terenie, segregacji okazów i pomoc w przygotowywaniu tabel oraz rycin. Dziękuję także dyrekcji BPN za udostępnienie terenu badań.

Praca została złożona 12.02.2003 r. i przyjęta przez Komitet Redakcyjny 20.09.2003 r.

INVERTEBRATES AS A BIOLOGICAL MONITORING OBJECT IN BIAŁOWIEŻA PRIMEVAL FOREST

Summary

The goals:

- To observe long term changes in the dynamics of species composition, community structure and numbers of selected invertebrate groups (with special emphasis on beetles) of lowland temperate forest and estimate the effect of environmental factors on populations of invertebrates,
- To choose potential bioindicatory taxa,
- To increase the knowledge of entomocenosis of dominant forest types of Białowieża Primeval Forest (oak-hornbeam forest *Tilio-carpinetum stachyetosum* and mixed coniferous forest *Calamagrostio-Piceetum*).

The research has been conducted in the area of Białowieża Primeval Forest in north-eastern Poland since 1988. Every year, from the end of March till October, invertebrates are collected in Moericke's traps (yellow pan), Barber's traps (pitfall) and barrier traps (phot. 1) which are controlled every 14 days. The detailed methods have been presented previously (Gutowski and Krzysztofiak 1995a).

The current paper contains the results from the years 1988-1999 (table 1, fig. 2).

The community structure of invertebrates in oak-hornbeam and mixed coniferous forest varies and dominating taxa in both forest types are different (Tables 1, 2, 3).

Dynamics of invertebrate population is similar in oak-hornbeam and mixed coniferous forest, but differs between forest types, depending on the particular taxonomical or ecological group. Based on the materials collected in yellow pan traps in the years 1988-99, all invertebrates (including the most numerous *Diptera*) showed two peaks of occurrence in the years 1990-91 and 1996 (fig. 3). For hymenopterans, the periods of highest abundance were in 1990 and 1993, and for the beetles in 1993 and 1996 (fig. 3). The population dynamics of the latter order of insects differed between particular families (fig. 4). There were also differences between the occurrence of some ecological groups, such as phytophages, saprophages and predators. Peak numbers of invertebrates were collected in different traps in different years. Pitfall traps were particularly different from other traps in this respect. Different traps collected different ecological and taxonomical groups of invertebrates.

In the case of yellow and barrier traps, a distinct negative correlation was found between average temperature, total precipitation, hydrothermal index and the number of collected individuals of many groups of invertebrates. The effectiveness of pitfall traps was less dependent on meteorological conditions. A correlation was found between the density of large herbivores (red deer, roe deer, wild boar) and collected numbers of some coprophages (*Collembola*, *Carabidae*, *Histeridae*, *Hydrophilidae*, *Scarabeoidea*, *Staphylinidae*). Changes in invertebrate numbers did not affect the analysed communities and species of birds, which was indicated by weak correlations that were often, surprisingly, negative.

The effect of ground water level balance (table 5) on invertebrate communities was indistinct and only in case of *Scolytidae* was the effect relatively strong.

The correlation between the high seed bearing years of trees (pine, spruce, oak) and the abundance of some insects (i.e. *Heteroptera*, *Coleoptera*, *Anaspididae*, *Anobiidae*, *Cantharidae*, *Coccinellidae*, *Curculionidae*, *Dasytidae*, *Latridiidae*, *Mordellidae*, *Hymenoptera*, *Symphyta*) was recorded. There was almost no correlation between pollution of the environment (which is

low in Białowieża Forest (Malzahn 2002)) and numbers of invertebrates. Only rains of lower pH were correlated with the numbers of various groups of invertebrates.

Detailed studies of particular families of invertebrates, have been published previously.

Conclusions:

– The 12 years of the monitoring project was inadequate to determine which factors are responsible for fluctuations in the most invertebrates groups,

– There is a need for continued monitoring of changes in the invertebrate communities of Białowieża Forest, in order to enhance our knowledge of ongoing natural processes in natural forests,

– Because of high diversity and specific requirements and adaptations of particular groups of invertebrates, the most suitable method of monitoring would be to carry on observations on lower taxonomical levels, preferably species level,

– It is necessary to conduct similar observations on the areas of different degrees of anthropogenic disturbance, in order to separate the effect of such disturbances from ongoing natural processes in invertebrate populations,

– Many groups of invertebrates in contrast to plants or higher animal taxa, are still very poorly known in the area of Białowieża Forest. Owing to its unique primeval environment and faunistic values, the forest should be the object of extensive entomological research. The importance of Białowieża Forest in environmental research, emphasise to include monitoring of invertebrates into State Environmental Monitoring System.

(transl. J.H.)

LITERATURA

- Borowski J. 1993: Nowe stanowiska i uwagi o niektórych polskich pustoszożowatych (*Coleoptera, Ptinidae*). Wiad. Entomol., 12, 1: 56.
- Borowski J. 1995: Podrodzaj *Coleostethus* Leconte (*Coleoptera: Anobiidae*) w Puszczy Białowieskiej. Prace Inst. Bad. Leśn., A, 798: 177–200.
- Burakowski B., Mroczkowski M., Stefańska J. 2000: Chrząszcze *Coleoptera*. Uzupełnienia tomów 2–21. Katalog fauny Polski, 23, 22: 1–252.
- Butovsky R. O., Gongalsky K. B. 1999: Morphometric analysis of ground beetles (*Coleoptera, Carabidae*) in anthropogenic impact bioindication. W: Pollution-induced changes in soil invertebrate food-webs. Volume 2 (ed. Butovsky R. O., Straalen N. M. van), Amsterdam and Moscow, 77–88.
- Chłodny J. 1987: Entomofauna leśna w warunkach długotrwałego oddziaływania silnych skażeń przemysłowych. W: Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe – red. R. Siwecki. II Krajowe Symp., Kórnik, 16–19 maja 1984. Poznań, 313–320.
- Dąbrowska-Prot E. 1996: Bioindykacyjne znaczenie *Diptera* do oceny stanu ekosystemów leśnych. Sylwan, 140, 2: 63–70.
- Faliński J. B. 1994: Concise geobotanical atlas of Białowieża Forest. Phytocoenosis, N. S., 6: 3–34.
- Faliński J. B. 1999a: Długoterminowe badania ekologiczne na stałych powierzchniach. I. Istota, cele i zastosowanie. Wiad. Ekol., 45, 3: 207–226.
- Faliński J. B. 1999b: Długoterminowe badania ekologiczne na stałych powierzchniach. II. Podstawy i warunki realizacji. Wiad. Ekol., 45, 3: 227–246.
- Głowaciński Z. 1997: Idea i niektóre zasady monitoringu biologicznego, ze szczególnym uwzględnieniem fauny. Roczniki Bieszczadzkie, 6: 269–276.

- Gongalsky K. B., Butovsky R. O. 1999: The impact of metallurgical plant on ground beetle (*Coleoptera*, *Carabidae*) communities. W: Pollution-induced changes in soil invertebrate food-webs. Volume 2 (ed. Butovsky R. O., Straalen N. M. van), Amsterdam and Moscow, 77–88.
- Gutowski J. M. 1995a: Changes in communities of longhorn and buprestid beetles (*Coleoptera*: *Cerambycidae*, *Buprestidae*) accompanying the secondary succession of pine forests of Puszcza Białowieńska. *Fragm. Faun.*, 38: 389–409.
- Gutowski J. M. 1995b: Skład gatunkowy, struktura i dynamika entomocenoz w naturalnych ekosystemach Puszczy Białowieckiej. Sprawozdanie z I etapu. Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Lasów Naturalnych, Białowieża. Maszynopis.
- Gutowski J. M. 1995c: The influence of forest management systems on selected groups of invertebrates in oak-hornbeam forest sites of the Białowieża Forest. W: Protection of forest ecosystems biodiversity of Białowieża Primeval Forest (eds: Paschalis P., Rykowski K., Zajączkowski S.). Warsaw, 143–152.
- Gutowski J. M., Jaroszewicz B. (eds.) 2001: Katalog fauny Puszczy Białowieckiej. Wyd. Inst. Bad. Leśn., Warszawa, 403 pp.
- Gutowski J. M., Karaś M. 1992: *Evodinus borealis* (Gyllenhal, 1827) (*Coleoptera*, *Cerambycidae*) w Polsce. *Wiad. Entomol.*, 1991, 10, 4: 221–226.
- Gutowski J. M., Krzysztofiak L. 1995a: Zmiany fauny bezkręgowców środowiska leśnego jako element monitoringu ekologicznego na terenie północno-wschodniej Polski. *Prace Inst. Bad. Leśn.*, A, 790: 7–44.
- Gutowski J. M., Krzysztofiak L. 1995b: Wstępna ocena wyników monitoringu ekologicznego z wykorzystaniem bezkręgowców na terenie północno-wschodniej Polski. *Prace Inst. Bad. Leśn.*, A, 800: 193–207.
- Hurley J. L. 1992: Forest pest monitoring systems in the Maritimes in the 1990's. *Can. J. Plant Sci.*, 72, 3: 976.
- Jermaczek A. 1998: Krótka wycieczka po bezdrożach monitoringu. *Przegląd Przyr.*, 9, 1/2: 3–11.
- Jędrzejewska B., Jędrzejewski W. 2001: Ekologia zwierząt drapieżnych Puszczy Białowieckiej. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 461 pp.
- Korczyk A. F. 2000: Kwitnienie, obradanie i jakość nasion sosny zwyczajnej [*Pinus sylvestris* L.] świerka pospolitego [*Picea abies* (L.) Karst] w Puszczy Białowieckiej. *Prace Inst. Bad. Leśn.*, A, 1(893): 45–73.
- Kossak S. 1997a: Gospodarka łowiecka i ochrona zwierzyny w Puszczy Białowieckiej w latach 1991–1997. *Sylvan*, 141, 9: 55–61.
- Kossak S. 1997b: Gospodarka łowiecka i ochrona zwierzyny w Puszczy Białowieckiej w latach 1991–1997 (część 2). *Sylvan*, 141, 11: 67–81.
- Kossak S. Monitorowanie i ocena zmian liczebności ssaków łownych i chronionych jako podstawa planowania gospodarki łowieckiej i strategii ochrony bioróżnorodności Leśnego Kompleksu Promocyjnego Puszcza Białowiecka. Raporty z lat 1998 i 1999. Zakład Lasów Naturalnych Inst. Bad. Leśn. w Białowieży. Maszynopis.
- Królik R. 1992: Nowe dane o występowaniu niektórych polskich *Cerylidae* (*Coleoptera*). *Wiad. Entomol.*, 11, 1: 61.
- Królik R. (w druku): Chrząszcze z wybranych rodzin (*Coleoptera*: *Sphaeritidae*, *Histeridae*, *Lymexylidae*, *Cerylidae*, *Colydiidae*) jako element monitoringu ekologicznego w Puszczy Białowieckiej. *Leś. Pr. Bad.*
- Kubisz D. 1995: Chrząszcze (*Coleoptera*) z wybranych rodzin jako element monitoringu ekologicznego w Puszczy Białowieckiej. *Prace Inst. Bad. Leśn.*, A, 797: 161–176.
- Kubisz D. 2000: *Mordellochroa milleri* Emery (*Mordellidae*), *Anaspis bohemica* Schilsky (*Scraptiidae*) i *Corticeus bicoloroides* (Roubal) (*Tenebrionidae*) – nowe dla fauny Polski gatunki chrząszczy (*Coleoptera*: *Tenebrionoidea*). *Wiad. Entomol.*, 19, 1: 9–14.
- Kubisz D. (w druku): Chrząszcze (*Coleoptera*) z wybranych rodzin jako element monitoringu ekologicznego w Puszczy Białowieckiej. II. Wyniki badań z lat 1993–1999. *Leś. Pr. Bad.*

- Kubisz D., Melke A. 1993: Rzadkie i nowe dla fauny Polski kusakowate (*Coleoptera, Staphylinidae*). Część I: *Piestinae, Phloebiinae, Proteininae, Omaliinae, Oxytelinae, Paederinae, Xantholiniinae*. Wiad. Entomol., 12, 4: 235–242.
- Kubisz D., Melke A. 1994: Rzadkie i nowe dla fauny Polski *Staphylinidae (Coleoptera)*. Część II: *Staphylininae*. Wiad. Entomol., 13, 1: 33–40.
- Kubisz D., Szwałko P. 1991: Nowe dla Podlasia i Puszczy Białowieskiej gatunki chrząszczy (*Coleoptera*). Wiad. Entomol., 10, 1: 5–14.
- Kubisz D., Szwałko P. 1994: Chrząszcze (*Coleoptera*) nowe dla fauny Polski. Wiad. Entomol., 13, 1: 13–19.
- Kucharczyk H. 1999: Materiały do poznania wciornastków (*Thysanoptera*) Puszczy Białowieskiej. Parki Nar. Rez. Przyr., 18, 1(supl.): 87–92.
- Kucharczyk H. (w druku): Wciornastki (*Thysanoptera*) w badaniach monitoringu ekologicznego w Puszczy Białowieskiej. Leś. Pr. Bad.
- Kula E. 1997: Biomonitoring stanowistnich zmen v náhradnich porostech břízy imisni oblasti – I. Střevlikoviti. Lesnictvi-Forestry, 43, 10: 453–463.
- Kuśka A. 1994: Materiały do znajomości omomiłków *Coleoptera, Cantharidae* Puszczy Białowieskiej. Parki Nar. Rez. Przyr., 13, 3: 51–55.
- Kwiatkowski W. 1994: Krajobrazy roślinne Puszczy Białowieskiej (mapa w skali 1 : 50 000 z tekstem objaśniającym). Phytocoenosis, N. S., 6: 35–87 + 1 mapa i 1 ryc.
- Lasoń A. (w druku): Zmiany składu gatunkowego i liczebności łyszczynkowatych (*Coleoptera: Kateretidae, Nitidulidae*) jako element monitoringu ekologicznego na terenie Puszczy Białowieskiej. Leś. Pr. Bad.
- Majewski T. 1993: *Caenoscelis fleischeri* Reitter, 1889 (*Coleoptera, Cryptophagidae*) – nowy dla fauny Polski przedstawiciel chrząszczy. Wiad. Entomol., 12, 3: 187–188.
- Majewski T. 1995: Nowy i rzadkie w Polsce chrząszcze z rodzaju *Micrambe* Thomson (*Coleoptera, Cryptophagidae*). Wiad. Entomol., 14, 4: 209–212.
- Majewski T. 1996: *Cryptophagidae (Coleoptera)* w Polsce. Wiad. Entomol., 15, 3: 147–159.
- Majewski T. 1997: Nowe dane o rozmieszczeniu *Latridiidae (Coleoptera)* w Polsce. Wiad. Entomol., 1996, 15, 4: 227–236.
- Majewski T. (w druku): Wybrane grupy chrząszczy (*Coleoptera*), z szerszym opracowaniem rodzin *Cryptophagidae* i *Latridiidae*, jako element monitoringu ekologicznego na terenie Puszczy Białowieskiej. Leś. Pr. Bad.
- Malinowski H. 1993: Ekologiczne konsekwencje oddziaływania zanieczyszczeń środowiska na owady. Prace Inst. Bad. Leśn., B, 17: 79–92.
- Malzahn E. 2000: Kwaśne deszcze w Puszczy Białowieskiej jako kryterium zagrożenia środowiska leśnego. Prace Inst. Bad. Leśn., A, 4(906): 53–72.
- Malzahn E. 2002: Monitoring zagrożeń i zanieczyszczenia środowiska leśnego Puszczy Białowieskiej. Kosmos, 51, 4: 9–15.
- Malzahn E. 2004: Analiza zanieczyszczeń powietrza i kwasowości opadów atmosferycznych w Puszczy Białowieskiej w latach 1988–1999. Leś. Pr. Bad., 2004, 1: 55–85.
- Malzahn E. Rachwald H. 1995a: Analiza zanieczyszczeń powietrza w makroregionie północno-wschodniej Polski w latach 1986–1992. Prace Inst. Bad. Leśn., A, 791: 45–66.
- Malzahn E. Rachwald H. 1995b: Analiza kwasowości opadów atmosferycznych w Puszczy Białowieskiej w latach 1986–1992. Prace Inst. Bad. Leśn., A, 792: 67–85.
- Markowski J., Sikorski M. D. 1987: Zastosowanie cech niemetrycznych w badaniach populacyjnych. Przegl. Zool., 31, 1: 7–23.
- Melke A. 1996: Nowe dla fauny Polski gatunki kusakowatych (*Coleoptera, Staphylinidae*). Wiad. Entomol., 15, 2: 81–84.
- Melke A. 1999: Nowe dane o rozmieszczeniu rodzaju *Omalius* Gravenhorst (*Coleoptera: Staphylinidae*) w Polsce. Wiad. Entomol., 18, 1: 5–7.
- Melke A., Gutowski J. M. 1995: Zmiany fauny kusakowatych (*Coleoptera: Staphylinidae*) środowiska leśnego jako element monitoringu ekologicznego w północno-wschodniej Polsce. Prace Inst. Bad. Leśn., A, 793: 87–105.

- Mietelski J. W., Szwalko P., Tomankiewicz E., Gaca P., Grabowska S. 2003: *Geotrupinae* beetles (*Coleoptera: Scarabaeoidea*) as bio-monitors of man-made radioactivity. *J. Environ. Monit.*, 5: 296–301.
- Mokrzycki T. 1995a: Zmiany fauny korników (*Coleoptera: Scolytidae*) jako element monitoringu ekologicznego na terenie północno-wschodniej Polski. *Prace Inst. Bad. Leśn.*, A, 796: 149–160.
- Mokrzycki T. 1995b: Nowe stanowiska chrząszczy z rodziny *Scolytidae* (*Coleoptera*) w Polsce. *Wiad. Entomol.*, 14, 2: 126.
- Mokrzycki T. (w druku): Kornikowate (*Coleoptera: Scolytidae*) jako element monitoringu ekologicznego w Puszczy Białowieskiej. *Leśn. Pr. Bad.*
- Mozolevskaja E. G., Galas'eva T. V., Sokolova Eh., S., Osipov I. N., Osipova A. S. 1990: Organizacja lesopatologicznego monitoringu w zapovednikakh. Metodicheskie rekomendacii. Nauchnyj centr biol. issled. AN SSSR, Pushhino, 29 pp.
- Nuorteva P., Witkowski Z., Nuorteva S. L. 1993: Czy zanieczyszczenie środowiska może być przyczyną wymierania niepylaka apollo *Parnassius apollo* L. w Europie. *Prądnik*, 7–8: 187–195.
- Olszewski J. L. 1979: Catches of *Carabidae* (*Coleoptera*) and *Geotrupes stercorosus* (Sc.) (*Scarabaeidae, Coleoptera*) in the Białowieża National Park, and the ecoclimatic parameters. *Ekol. Pol.*, 27, 3: 437–447.
- Pawlaczyk P. 1998: [Zasady monitoringu]. *Przegl. Przyr.*, 9, 1/2: 268–271.
- Pawłowski J., Klonowska-Olejnik M. 1997: Wybrane problemy ochrony zwierząt bezkręgowych w BdPN oraz program monitoringu. *Roczn. Bieszczadzkie*, 6: 281–291.
- Perliński S. 2001: Możliwość wykorzystania sprężykowatych (*Col. Elateridae*) jako bioindykatorów przekształceń w ekosystemach. *Sylwan*, 145, 5: 45–50.
- Ruzicka V., Bohac J. 1994: The utilization of epigeic invertebrate communities as bioindicators of terrestrial environmental quality. W: *Biological monitoring of the environment. A manual of methods* (eds: Salanki J., Jeffrey D., Hughes G. M.). CAB International, Wallingford, 79–86.
- Sierpiński Z. 1987: Szkodliwe owady leśne bioindykatorami zanieczyszczeń powietrza? W: *Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe* – red. R. Siwecki. II Krajowe Symp., Kórnik, 16–19 maja 1984. Poznań, 321–325.
- Smoleński M. 2001: The environmental evaluation by synecological zooindication – a proposal of the method based on epigeic invertebrate communities. *Fragm. Faun.*, 44, 2: 251–268.
- Sokołowski A. W. 1998: Naukowe walory Puszczy Białowieskiej. *Parki Nar. Rez. Przyr.*, 17, 3 (supl.): 5–15.
- Stachowiak P. 1995: Występowanie ryjkowców (*Coleoptera: Anthribidae, Rhinomaceridae, Apionidae, Curculionidae*) w różnych środowiskach leśnych jako element monitoringu ekologicznego w północno-wschodniej Polsce. *Prace Inst. Bad. Leśn.*, A, 795: 129–148.
- Stańska M. (w druku): Pająki (*Araneae*) wybranych środowisk leśnych Puszczy Białowieskiej. *Leśn. Pr. Bad.*
- Szwalko P. 1995: Chrząszcze żukowate (*Coleoptera: Scarabaeoidea*) Puszczy Białowieskiej w aspekcie dotychczasowych wyników badań monitoringowych na terenie północno-wschodniej Polski. *Prace Inst. Bad. Leśn.*, A, 794: 107–128.
- Tomiałojć L., Wesołowski T. 1994: Die Stabilität der Vogelmehrheit in einem Urwald der gemäßigten Zone: Ergebnisse einer 15jährigen Studie aus dem Nationalpark von Białowieża (Polen). *Der Ornithologische Beobachter*, 91, 2: 73–110.
- Tomiałojć L., Wesołowski T. 1996: Structure of a primaeval forest bird community during 1970s and 1990s (Białowieża National Park, Poland). *Acta Ornit.*, 31, 2: 133–154.
- Trofimov V. N. 1990: Ispol'zovanie razlichnykh grupp nasekomykh dla monitoringu lesnykh biogeocenov. W: *Ehkologija i zashhita lesa*. Lesotekhnicheskaja akad., Leningrad, 89–96 pp.
- Wąsowska M. (w druku): Stonkowate (*Coleoptera: Chrysomelidae*) jako element monitoringu ekologicznego w Puszczy Białowieskiej. *Leśn. Pr. Bad.*
- Wesołowski T., Tomiałojć, Mitrus C., Rowiński, Czeszczewik D. 2002: The breeding bird community of a primaeval temperate forest (Białowieża National Park, Poland) at the end of the 20th century. *Acta Ornit.*, 37, 1: 27–45.
- Wytwer J. 1992: *Diplopoda* of pine forest in Poland. *Fragm. Faun.*, 36: 109–126.