

KIELECKIE TOWARZYSTWO NAUKOWE
KATEDRA OCHRONY I KSZTAŁTOWANIA ŚRODOWISKA
UNIWERSYTETU JANA KOCHANOWSKIEGO W KIELCACH

Patronat POLSKA AKADEMIA NAUK
Oddział w Krakowie

KIELCE SCIENTIFIC SOCIETY
DEPARTMENT of ENVIRONMENT PROTECTION
and MODELLING
of the Jan Kochanowski University in Kielce

Patronage POLISH ACADEMY OF SCIENCES
Institution of Krakow

Rocznik Świętokrzyski
Seria B – Nauki Przyrodnicze

Journal of Świętokrzyskie Mountains Region
Series B – Natural Sciences

Vol. 32

Kielce 2011

Rada Naukowa

B. Dzięgielewski Southern Illinois University Carbondale (USA), B. Godzik Instytut Botaniki PAN (PL), M.A. Józwiak Uniwersytet Jana Kochanowskiego (PL), A. Lyubimov The Herzen State Pedagogical University of Russia (RUS), B.A. Muminov National University of Uzbekistan (UZ), E.M. Nesterov The Herzen State Pedagogical University of Russia (RUS), L. Tuszyńska Uniwersytet Warszawski (PL), B. Wiłkomirski Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Uniwersytet Warszawski (PL)

Redaktor naczelna

Małgorzata Anna Józwiak

Redaktorzy tematyczni

Elżbieta Bezak-Mazur dr hab. prof. PŚ
Politechnika Świętokrzyska, Polska
(ochrona wód, ochrona środowiska)

Danuta Cichy prof. dr hab.
Instytut Badań Edukacyjnych w Warszawie,
Polska
(ochrona środowiska, dydaktyka)

Wiesław Fałtynowicz prof. dr hab.
Uniwersytet Wrocławski, Polska
(biologia, lichenologia)

Katarzyna Sawicka-Kapusta, prof. dr hab.
Uniwersytet Jagielloński, Polska
(zoologia, monitoring środowiska)

Bożena Wójtowicz, dr hab. prof. UP
Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie
(geografia, dydaktyka)

Ryszard Świetlik, dr hab. prof. PR
Politechnika Radomska (Polska)
(chemia nieorganiczna, inżynieria
środowiska)

Maria Żygadło dr hab. prof. PŚ
Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Polska
(chemia nieorganiczna, inżynieria środowiska)

Redaktor językowy

Danuta Leszczyńska, prof. dr
Jackson State University (USA)

Redaktor statystyczny

Zbigniew Długosz prof. dr hab.
Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie, Polska

Publikacja wydana ze środków:

Alchem Grupa Sp. z o.o. w Toruniu, Polska

ISSN – 1427-5929

Copyright by KIELECKIE TOWARZYSTWO NAUKOWE

Adres redakcji:

Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska UJK, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce,
tel. +4841 349-64-34, fax. +4841 349-64-18, e-mail: maj@ujk.edu.pl

Scientific Committee

B. Dziągiewski Southern Illinois University Carbondale (USA), B. Godzik Institute of Botany PAS (PL), M.A. Jóźwiak The Jan Kochanowski University (PL), A. Lyubimov The Herzen State Pedagogical University of Russia (RUS), B.A. Muminov National University of Uzbekistan (UZ), E.M. Nesterov The Herzen State Pedagogical University of Russia (RUS), L. Tuszyńska University of Warsaw (PL), B. Wiłkomirski The Jan Kochanowski University, University of Warsaw (PL)

Editor in chief

Małgorzata Anna Jóźwiak

Associate Editor

Elżbieta Bezak-Mazur dr hab. prof. PŚ
Kielce University of Technology, Poland
(water protection, environment protection)

Danuta Cichy prof. dr hab.
Institute of Education Research in Warsaw,
Poland
(environment protection, education)

Wiesław Fałtynowicz prof. dr hab.
University of Wrocław, Poland
(biology, lichenology)

Katarzyna Sawicka-Kapusta, prof. dr hab.
Jagiellonian University in Krakow, Poland
(biology, environment monitoring)

Bożena Wójtowicz, dr hab. prof. UP
Pedagogical University in Krakow
(geography, education)

Ryszard Świetlik, dr hab. prof. PR
The Radom Technical University, Poland
(inorganic chemistry, environmental
engineering)

Maria Żygadło dr hab. prof. PŚ
Kielce University of Technology, Poland
(environmental engineering)

Language Editor

Danuta Leszczyńska, prof. dr
Jackson State University (USA)

Statistic Editor

Zbigniew Długosz prof. dr hab.
Pedagogical University in Krakow, Poland

Publication funded by:

Alchem Group in Toruń, Poland

ISSN – 1427-5929

Copyright by KIELCE SCIENTIFIC SOCIETY

Editorial office address:

Department of Environment Protection and Modelling, Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce, Poland, tel. +4841 349-64-34, fax. +4841 349-64-18, e-mail: maj@ujk.edu.pl

Spis treści

PRZEDMOWA	6
DANIEL GAŁEK, FRANCISZEK WOCH · Analiza zmian populacji bobra europejskiego (<i>Castor fiber</i>) na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego	9
ŁUKASZ GRZESZCZYK, FRANCISZEK WOCH · Analiza zmian udziału poszczególnych gatunków drzew w drzewostanie Świętokrzyskiego Parku Narodowego	27
JUSTYNA JAWORSKA · Chronione grzyby z rodzaju <i>Geastrum</i> w Górach Świętokrzyskich	41
B.A. MUMINOV · Analiza zoogeograficzna nocnych motyli Uzbekistanu	53
MONIKA PODGÓRSKA, PRZEMYSŁAW WÓJCIK · Barszcz Sosnowskiego (<i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden. <i>Apiaceae</i>) u podnóża Góry Zelejowej w gminie Chęciny (Wyżyna Małopolska)	67
JOANNA PYTEL · Ocena akumulacji wybranych metali w glebach zbiorowisk żyźnej buczyny z podzwiazku <i>Dentario glandulosae-Fagenion</i> na terenach chronionych o zróżnicowanej antropopresji	79
ANNA RABAJCZYK, ANNA GARBALA · Rola osadu czynnego w redukcji zanieczyszczeń nieorganicznych na przykładzie oczyszczalni ścieków w Suchedniowie	97
U.T. SHARAFUTDINOVA, B.A. SALAKHUTDINOV, A.K. TASHMUKHAMEDOVA, U.Z. MIRKHODJAEV · Oddziaływanie między błonoaktywnymi eterami koronowymi a multilamelarną dyspersją lipidową	113
LIGIA TUSZYŃSKA · Rola edukacji w zakresie zrównoważonego rozwoju realizowanej podczas studiów podyplomowych z Ochrony środowiska	119

Contents

PREFACE	7
DANIEL GAŁEK, FRANCISZEK WOCH · Analysis of changes in populations of European beaver (<i>Castor fiber</i>) in the Świętokrzyski National Park	9
ŁUKASZ GRZESZCZYK, FRANCISZEK WOCH · Analysis of changes in particular tree species volume in forests of Świętokrzyski National Park	27
JUSTYNA JAWORSKAA · Protected fungi of <i>Geastrum</i> genus in the Świętokrzyskie Mts	41
B.A. MUMINOV · A zoogeographic analysis of noctuid fauna in Uzbekistan	53
MONIKA PODGÓRSKA, PRZEMYSŁAW WÓJCIK · Sosnowski's hogweed (<i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden. <i>Apiaceae</i>) at the foot of Zelejowa Mountain in the Chęciny commune (Małopolska Upland)	67
JOANNA PYTEL · Estimate of cumulation of chosen metals in forb rich forest suballiances of <i>Dentario glandulosae-Fagenion</i> on the differential anthropogenic protected terrains	79
ANNA RABAJCZYK, ANNA GARBALA · Role of active sludge in the reduction of inorganic pollutants on the example of the sewage treatment plant in Suchedniów	97
U.T. SHARAFUTDINOVA, B.A. SALAKHUTDINOV, A.K. TASHMUKHAMEDOVA, U.Z. MIRKHODJAEV · Interaction between membrane-active crown-ethers and multilamellar lipid dispersion	113
LIGIA TUSZYŃSKA · The role of Education for Sustainable Development during the postgraduate studies in the field of Environment Protection	119

MAŁGORZATA WIDŁAK · Toksyczność glinu wyzwaniem środowiskowym (przegląd literatury)	131
Ryciny i fotografie w kolorze	141

MAŁGORZATA WIDŁAK · The toxicity of aluminium environmental challenge (review of literature)	131
Figures and photos in colour	141

Przedmowa

Rocznik Świętokrzyski Seria B – Nauki Przyrodnicze wydawane przez Kieleckie Towarzystwo Naukowe to publikacja ukazująca się od 49 lat. Do 2009 roku czasopismo miało charakter lokalny. Publikowali w nim pracownicy naukowci związani przede wszystkim z uczelniami kieleckimi, pokazując wyniki swoich badań i osiągnięcia naukowe. Dwa ostatnie lata (2009, 2010) to czas, w którym nawiązywano kontakty z uczelniami i instytucjami badawczymi spoza regionu (Politechnika Białostocka – Wydział Architektury, Uniwersytet Warszawski – Instytut Botaniki, Uniwersytet Pedagogiczny – Kraków – Zakład Dydaktyki Geografii, Uniwersytet Wrocławski – Wydział Biologiczny, Stacja Naukowo-Badawcza IGiPZ PAN – Szymbark, Instytut Przyrodniczy Falenty, JUNG – Puławy) Poszukiwano również wielu kontaktów z uczelniami zagranicznymi, zapraszając ich pracowników nauki do współpracy redakcyjnej i recenzenckiej (Stany Zjednoczone, Rosja, Uzbekistan). Dzięki temu proponowany Państwu Rocznik 2011 zawiera artykuły, których autorzy to naukowcy uczelni zagranicznych o niepodważalnym statusie. Sprawilo to, że nasze „kieleckie” do tej pory czasopismo nabrało zasięgu międzynarodowego. Spełniamy zatem najnowsze wymagania, pozwalające na aplikowanie do grupy czasopism punktowanych, o co z całą mocą zabiegamy. Nie zapominamy jednak o pracownikach naukowych Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego Uniwersytetu Jana Kochanowskiego, zapraszając ich do szerokiej współpracy, świadomi, że wyniki ich przedsięwzięć naukowych, ze względu na niezwykle bazę aparaturową, w którą wyposażony został Uniwersytet, mogą mieć charakter spektakularny.

Życząc wszystkim osiągnięć naukowych, wielu odkryć i doznań intelektualnych, zapraszam do współpracy wydawniczej.

Grudzień, 2011

Małgorzata Anna Jóźwiak

Preface

Journal of Świętokrzyskie Mountain Region Series B – Natural Sciences published by Kielce Scientific Society is a yearbook which has been published for more than thirty years. By 2009 it had been a local periodical. Only the workers from higher schools in Kielce published their articles, presenting results of their studies. During the last two years (2009, 2010) different contacts with other higher schools have been established (Białystok University of Technology – Faculty of Architecture, University of Warsaw – Institute of Botany, Pedagogical University in Krakow – Department of Geography Didactic, University of Wrocław – Department of Biology, Research Station of Institute Geography and Spatial Organization PAS in Szymbark, Falenty Natural Science Institute, Institute of Soil Science and Plant Cultivation – Puławy). We were successful in establishing contacts with foreign universities as well, inviting their researchers to editorial and reviewer cooperation (The USA, Russia, Uzbekistan). Thanks to it, Yearbook 2011 consists of articles whose authors are researchers from foreign higher schools of indisputable status. It makes our local periodical of international scale. Thanks to which, we fulfill the latest requirements making it possible to apply to ministry impact factor periodicals, which has been our main goal. We cannot forget about researchers from Jan Kochanowski University inviting them to wide cooperation, conscious that their scientific results, due to great equipment fitted at university, may have spectacular character.

We invite everybody to cooperation wishing a lot of scientific achievements.

December, 2011

Małgorzata Anna Józwiak

Analiza zmian populacji bobra europejskiego (*Castor fiber*) na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego

Analysis of changes in populations of European beaver
(*Castor fiber*) in the Świętokrzyski National Park

DANIEL GAŁEK, FRANCISZEK WOCH

Summary. This paper presents the evaluation of changes in populations of European beaver *Castor fiber* in the last 20-year period in the Świętokrzyski National Park. Beaver population inventory data from 1992 to 2009 were taken from the Chronicles of the Świętokrzyski National Park. However, in 2010, studies were performed independently by Daniel Gałek, a co-author of the study. Inventories were carried out in May 2010 on the Czarna Woda and Lubrzanka rivers flowing through the Park.

The number of families of beavers was established by locating the nesting burrows, winter storage, scent mounds, and the intensity of feeding. This was based on field observations and interviews with the employees of ŚNP. Precise localizations of the described positions were conducted with the use of the Garmin 12 GPS device. These places were indicated on the attached maps. For each of the described position, a photographic and a descriptive documentation were made.

The studies have shown 8 posts of beaver families on the Czarna Woda River and one on the Lubrzanka river. At Świętokrzyski National Park, a systematic increase in the number of European beaver since the introduction in 1992 to 32 individuals in 2010 has been found, and the abundance of its population in the last 4 years has been stable. Park area is filled with an adequate number of individuals to the habitat possibilities.

Key words: European beaver, Świętokrzyski National Park, the population of the European beaver.

Mgr inż. Daniel Gałek, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce, tel. kom. 604 236 693

dr hab. Franciszek Woch prof. nadzw., Zakład Gleboznawstwa, Erozji i Ochrony Gruntów IUNG-PIB, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy, tel. 81 886 34 21 w. 336, e-mail: franciszek.woch@iung.pulawy.pl

WSTĘP I CEL PRACY

Park narodowy to obszar chroniony ze względu na swoje walory przyrodnicze i krajobrazowe. Na mocy Ustawy o ochronie przyrody „obejmuje obszar wyróżniający się szczególnymi wartościami przyrodniczymi, naukowymi, społecznymi, kulturowymi i edukacyjnymi, o powierzchni nie mniejszej niż 1000 ha, na którym ochronie podlega cała przyroda oraz walory krajobrazowe. Park narodowy tworzy się w celu zachowania różnorodności biologicznej, zasobów, tworów i składników przyrody nieożywionej i walorów krajobrazowych, przywrócenia właściwego stanu zasobów i składników przyrody oraz odtworzenia zniekształconych siedlisk przyrodniczych, siedlisk roślin, siedlisk zwierząt lub siedlisk grzybów”. Zatem Świętokrzyski Park Narodowy stwarza wręcz idealne warunki do powiększania się populacji wielu gatunków roślin i zwierząt, w tym również bobra europejskiego *Castor fiber*.

Celem pracy jest ocena zmian populacji bobra europejskiego *Castor fiber* w ostatnim 20-leciu na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego.

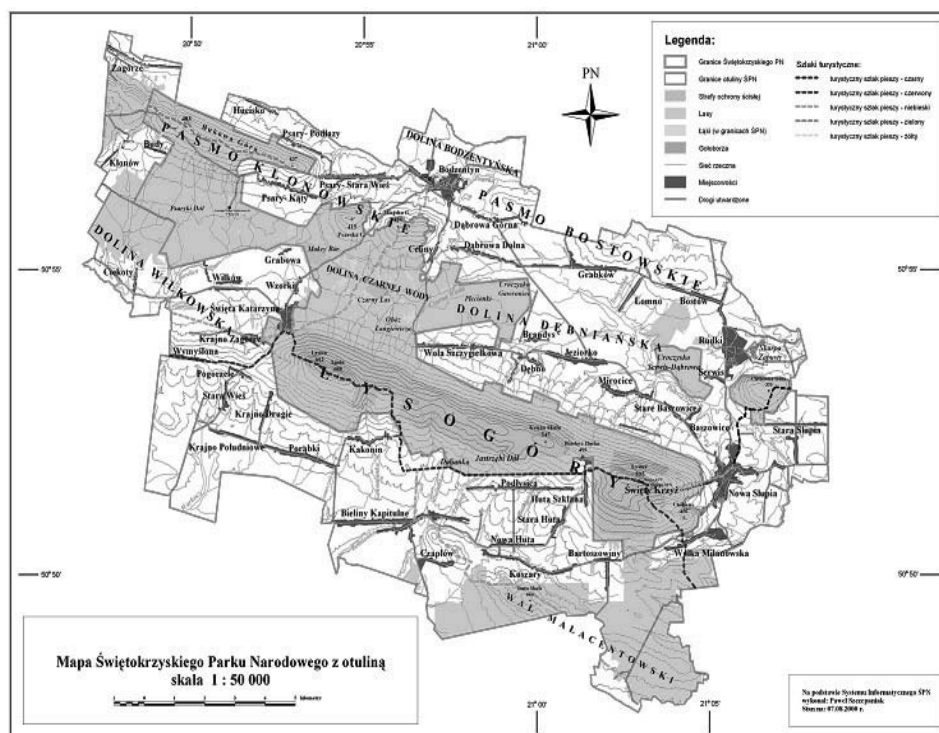
KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ – ŚWIĘTOKRZYSKIEGO PARKU NARODOWEGO

Świętokrzyski Park Narodowy (ryc. 1) utworzony został na podstawie Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 1 kwietnia 1950 roku. Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 3 stycznia 1996 roku powiększono jego obszar – włączono wschodnią część Pasma Klonowskiego oraz tzw. skarpe „Zapusty” w Paśmie Pokrzywiańskim. Obecnie zajmuje powierzchnię 7626,45 ha, a jego otulina 20 786,07 ha. Długość granicy wynosi 168 km (Huruk, Jastrzębski 2009).

Obszar województwa świętokrzyskiego, a więc także Świętokrzyski Park Narodowy, należy do dorzecza górnej i środkowej Wisły. Jest to rzeka I rzędu, z kolei sieć II rzędu stanowią jej lewobrzeżne dopływy: Pilica, Nida, Czarna Staszowska oraz Kamienna. Sieć rzeczna ma układ promienisty, rozbieżny, a rzeki z Gór Świętokrzyskich odpływają w różnych kierunkach, niezależnie

od przebiegu wzniesień, dzięki czemu tworzą malownicze przełomy (Sidło i in. 2000).

Grzbietem Łysogór, Doliną Wilkowską oraz Pasmem Klonowskim przebiega dział wodny między zlewnią Nidy oraz Kamiennej. Stoki południowe tych pasm odwadniane są przez dopływy Czarnej Nidy – Belniankę i Lubrzanekę. Z kolei stoki północne odwadnia Czarna Woda, Pokrzywianka ze Słupianką oraz Świślina wraz z Psarką (Operat ochrony ekosystemów wodnych ŚPN 1998).



Ryc. 1. Świętokrzyski Park Narodowy wraz z otuliną

Źródło: www.swietokrzyskipn.org.pl.

Fig. 1. Świętokrzyski National Park with the buffer zone

Source: www.swietokrzyskipn.org.pl.

Obszar Świętokrzyskiego Parku Narodowego wraz z otuliną jest podzielony przez działy wodne na 10 małych zlewni, które łącznie zajmują 282 km².

WYBRANE ELEMENTY BIOLOGII I EKOLOGII BOBRA

Bóbr (ryc. 2) to pomnik przyrody przedlodowcowej. Wyróżnia się kilkanaście gatunków bobrów kopalnych. Najstarszym z nich jest oligoceński z terenu Ameryki Północnej. Wiek wykopalisk ocenia się na 30 mln lat. Różne były rozmiary form kopalnych – od wielkości współczesnego bobra po niedźwiedzia. Rodzaj *Castor*, czyli bóbr, powstał w pliocenie i w tej formie dotrwał do naszych czasów (Wdowiński 1981). Typowym gatunkiem jest *Castor fiber*, czyli bóbr zwyczajny, zwany również wschodnim lub rzecznym (Żurowski 1989).



Ryc. 2. Bóbr europejski *Castor fiber*

Źródło: www.widuchowarepublika.pl.

Fig. 2. European beaver *Castor fiber*

Source: www.widuchowarepublika.pl.

Historia bobrów z rodzaju *Castor* na kontynencie europejskim liczy od 10 do 12 milionów lat (Wdowiński 1981).

Na terenie Polski, w okolicach Opola, znaleziono mioceńskie szczątki trzech gatunków bobrów (Kasperczyk 1987). Z kolei na Niżu Polskim, czyli na obszarze Wielkopolski, Kujaw i Mazowsza, odkryto szczątki kostne bobrów z okresu od brązu, poprzez kulturę łużycką aż do wczesnego średniowiecza. Najstarsze materiały z epoki brązu pochodzą z wykopalisk w Bruszczewie i są datowane na 1340 lat p.n.e. Inne szczątki, wydobyte z jeziora Gopło, pochodzą z okresu 1000–800 lat p.n.e. (Chmielewski 1975).

Drugim gatunkiem, obok *Castor fiber*, jest *Castor canadensis*, czyli bóbr północnoamerykański, zwany również kanadyjskim. Amerykańscy naukowcy oraz badacze tego gatunku wyodrębnili aż 24 podgatunki bobra północnoamerykańskiego (Hille, Nowakowski 1984).

Należy zaznaczyć, że zdecydowana większość badaczy uznaje istnienie tylko dwóch gatunków bobrów – europejskiego i kanadyjskiego. Gatunki te różnią się liczbą chromosomów i nie krzyżują się ze sobą (Żurowski 1983). Prócz tego występują wyraźne różnice w morfologii czaszki. Można stwierdzić, że rodzaj *Castor* zawiera współcześnie dwa gatunki, które różnią się między sobą kształtem ogona, umaszczeniem ciała, budową ciała oraz kariotypem. Ich odróżnienie jest możliwe na podstawie klucza do oznaczania ssaków Polski (Pucek 1984).

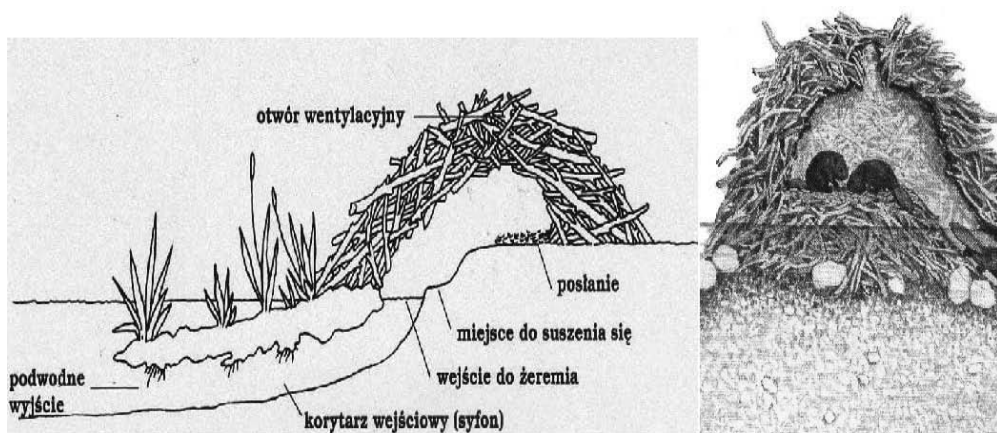
Bóbr europejski *Castor fiber* to największy gryzoń półkuli północnej. Charakteryzuje się masywną budową oraz krótkimi łapami. Palce w kończynach tylnych spięte są błoną pławną. Długość głowy i tułowia wynosi około 66–100 cm, tylnej stopy 16–18 cm, a ogona 22–34 cm. Jego średni ciężar wynosi około 30 kg (Tranda, Jaroniewski 1999).

Bobry europejskie przeżywają zwykle około 15–20 lat. Nie mają one naturalnych wrogów, jedyne zagrożenie stanowi dla nich człowiek. Bóbr żeruje przede wszystkim nocą, chociaż niekiedy można go spotkać w dzień, zwłaszcza w południe. Jest to zwierzę roślinożerne – spożywa prawie wszystkie gatunki roślin przybrzeżnych i wodnych. Jego jadłospis składa się z ponad 200 gatunków roślin zielnych i 100 drzewiastych (Czech 2001). Na ogół ta różnorodność jest ograniczona dostępnością pożywienia, gdyż bobry żerują w dość wąskiej, 20-metrowej strefie przybrzeżnej (Czech 2007).

Bóbr europejski jest zwierzęciem ziemnowodnym i swoją przestrzeń życiową organizuje w bezpośrednim sąsiedztwie wody (Tranda, Jaroniewski 1999). O miejscu osiedlenia się decyduje, poza głębokością zbiornika wodnego, obfitość przydatnego na zimę żeru drzewnego. Bobry najczęściej zajmują brzegi rzek i jezior, bagna, wyrobiska potorfowe i poźwirowe, jak również cieki z ledwo płynącą wodą, duże rzeki czy też potoki górskie.

Bóbr w wysokich brzegach wykopuje nory mieszkalne z otworem wejściowym pod wodą oraz dodatkowym otworem wentylacyjnym. Warunkiem ich powstania jest brak dużych wahań poziomu wody. Składają się z wyścielonej komory znajdującej się w pobliżu powierzchni gruntu. System nor może być piętrowy i składać się z kilku komór gniazdowych oraz otworów wentylacyjnych (Dzięciołowski 1996).

Z kolei na terenach płaskich otoczonych wodą bóbr buduje z gałęzi domki oblepione mułem i gliną. Niekiedy dochodzą one do 3 metrów wysokości (Panfil 1984). Na niewielkich wodach płynących spiętrza wodę poprzez budowę tam z drzew. Na wodzie buduje kopulaste żeremia (ryc. 3), które służą mu jako kryjówki oraz magazyny żywności.



Ryc. 3. Schemat żeremi bobra europejskiego

Źródło: Encyklopedia dzikich zwierząt. 2002.

Fig. 3. Scheme of the European beaver lodges

Source: Encyclopedia of wild animals. 2002.

Bóbr europejski jest jednym z niewielu gatunków zwierząt na świecie, który wywiera bardzo silny wpływ na środowisko. Wpływ ten może mieć zarówno pozytywne, jak i negatywne odniesienia dla gospodarki człowieka. Jednak najczęściej niezwykle trudno jest stwierdzić, czy dana działalność bobrów jest szkodliwa, czy też korzystna z punktu widzenia człowieka (Gałek 2008).

Bóbr wywiera istotny wpływ na ekosystemy wodne i błotne. Z reguły sięga on znacznie dalej niż wyznaczają to jego wymagania co do przestrzeni życiowej i zapotrzebowań pokarmowych. Zmiany, jakich dokonują w środowisku

przyrodniczym zależą od zagęszczenia i dynamiki populacji oraz czasu przebywania bobrów na danym terenie. Poprzez przekształcanie układu hydrologicznego zwiększają bioróżnorodność, inicjują naturalne procesy bagienne, a nawet wpływają na zmianę krajobrazu (Gałek 2008).

Bobry, poprzez kopanie nor i kanałów, transportowanie drewna z lądu oraz podwyższanie poziomu wody w wyniku budowy tam, diametralnie zmieniają charakter i kształt linii brzegowej cieków lub zbiorników wodnych. Nurt staje się łagodniejszy, woda wnika w kanały, pojawiają się wypłyenia i zagłębienia. Brzeg jest stabilizowany przez zarośla wierzb, które często wyrastają z gałązek pozostawianych przez bobry.

Ponadto działalność bobrów wpływa na zmniejszenie zagrożenia powodzią na terenach górskich i podgórskich. Fala wezbraniowa, przelewając się przez kolejne tamy i stawy bobrowe, wytraca swój impet oraz rozkłada się na większej powierzchni (Czech 2000).

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Dane inwentaryzacyjne populacji bobra od 1992 do 2009 roku zostały pobrane z Kronik Świętokrzyskiego Parku Narodowego, ponieważ pierwsze zliczanie liczby osobników oraz stanowisk bobra europejskiego miało miejsce w 1992 roku. Informacje z lat poprzednich dotyczą reintrodukcji gatunku *Castor fiber* na omawianym terenie oraz jej rezultatów. Inwentaryzacji dokonali wyznaczeni w tym celu pracownicy Parku. Jednak należy brać pod uwagę fakt, że gatunek *Castor fiber* jest aktywny przeważnie nocą, a dodatkowo prowadzi dość skryty tryb życia, stąd osoba przeprowadzająca badania nie jest w stanie podać dokładnej i wiarygodnej liczby. Z tego względu dane należy traktować jako szacunkowe.

W 2010 roku badania zostały wykonane samodzielnie przez Daniela Gałka, współautora tego opracowania.

W procesie opracowania uzyskanych w trakcie badań wyników, za innymi opracowaniami, przyjęto liczebność rodziny bobra europejskiego na poziomie 4 osobników na jednym stanowisku (Żurowski 1980). Jest to zabieg niezbędny przy szacowaniu liczebności oraz przeliczaniu zagęszczenia tych zwierząt, gdyż rodzina bobra składa się z 3–10 członków, z tym że w Polsce najczęściej spotyka się 3–4 osobniki (Żurowski 1989).

Inwentaryzacje przeprowadzono w maju 2010 roku. Liczbę rodzin bobrów ustalono, lokalizując nory lęgowe, magazyny zimowe, kopce zapachowe oraz

intensywność żerowania. Opierano się na obserwacjach terenowych oraz wywiadach z pracownikami ŚPN. W obserwacjach terenowych zwracano uwagę na dysjunkcję (przerwę) między stanowiskami, która pośrednio wskazywała na bytowanie niezależnych rodzin. Ustalając dysjunkcję, brano pod uwagę następujące cechy: suche koryto Czarnej Wody i Lubrzanki, brak tam na długich – od kilkudziesięciu- do kilkusetmetrowych – odcinkach potoku śladów żerowania na drzewach i krzewach, brak ścieżek błotnych prowadzących z potoku na łąki oraz niepogłębione koryto (płytką wodą uniemożliwia pływanie i ewentualnie szybką ucieczkę w razie niebezpieczeństwa).

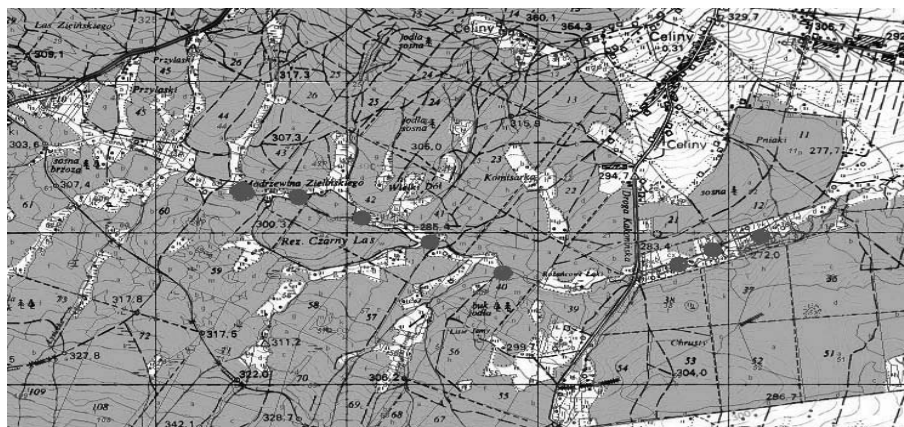
Precyzyjnej lokalizacji opisywanych stanowisk dokonano za pomocą urządzenia GPS Garmin 12. Miejsca te zaznaczono na dołączonych mapach, a do każdego opisywanego stanowiska sporządzono dokumentację fotograficzną.

Badania zostały przeprowadzone na rzekach Czarna Woda i Lubrzanka, przepływających przez teren Świętokrzyskiego Parku Narodowego.

WYNIKI BADAŃ

OCENA LICZBY I LOKALIZACJI STANOWISK

Badania pozwoliły stwierdzić 8 stanowisk rodzin bobrowych na rzece Czarna Woda (ryc. 4) oraz jedno na Lubrzance (ryc. 5). Ich przykładowe ilustracje zawierają ryciny 6–8.



● – Zlokalizowane stanowisko.

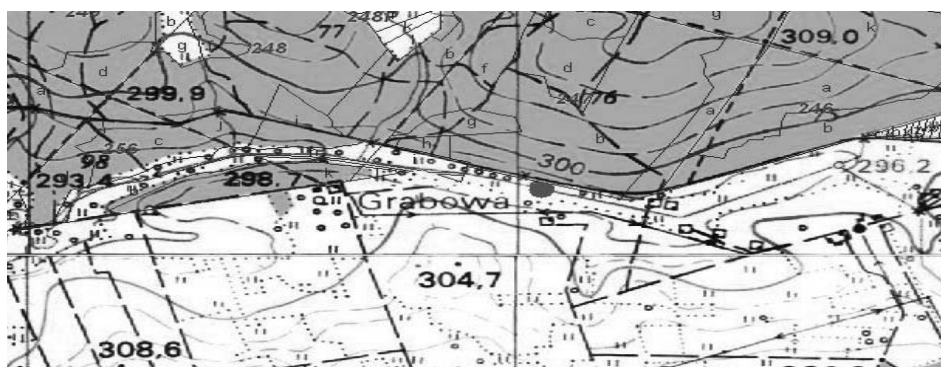
Ryc. 4. Lokalizacja stanowisk bobra na rzece Czarna Woda na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego

Źródło: Opracowanie własne.

● – Localized Position.

Fig. 4. Location of beaver posts on the Czarna Woda river in the Świętokrzyski National Park

Source: Own.



● – Zlokalizowane stanowisko.

Ryc. 5. Lokalizacja stanowiska bobrów na rzece Lubrzance w Świętokrzyskim Parku Narodowym

Źródło: Opracowanie własne.

● – Localized Position.

Fig. 5. Location of beaver posts on the Lubrzanka River in the Świętokrzyski National Park

Source: Own.

Tabela 1. Charakterystyka stanowisk bobrów zlokalizowanych na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego

Table 1. Characteristics of beaver posts located in the Świętokrzyski National Park

Nr No	Leśnictwo Forestry	Współrzędne geograficzne Geographical co-ordinates	Nazwa cieku Name of water- course	Oznaki bytowania bobrów, gatunki zgryzanych drzew Symptom of castor existence, trees of damage species	Występowanie bobrów Castor existatnce
1	Podgórze	50°54'53" N 50°55'01" E	Czarna Woda	Trzy tamy, pięć jam, świeże zgryzy na wierzbie, jodle, młodym grabie	Jedna rodzina, cztery osobniki
2	Podgórze	50°54'49" N 20°55'19" E	Czarna Woda	Dwie tamy, dwie jamy, świeże ślady zgryzu na młodych i starych olchach	Jedna rodzina, trzy osobniki
3	Podgórze	50°54'46" N 20°55'34" E	Czarna Woda	Dwie tamy, jedna jama, świeże, ale mało inten- sywne ślady zgryzu na młodej jodle	Jedna para
4	Podgórze	50°54'41" N 20°55'49" E	Czarna Woda	Cztery tamy, sześć jam, intensywna działalność, widoczne miejsca wślizgów, duża ilość świeżo zgryzionych olch	Jedna rodzina, cztery osobniki
5	Dąbrowa	50°54'35" N 20°56'10" E	Czarna Woda	pięć tam, dwie jamy, jedno żeremie, widoczne miejsca wślizgów, świeżo zgryzio- ne wierzby	Jedna rodzina, cztery osobniki
6	Dąbrowa	50°54'36" N 20°56'57" E	Czarna Woda	Cztery tamy, trzy jamy, jedno półżeremie, duża ilość powalonych olch	Jedna rodzina, cztery osobniki
7	Dąbrowa	50°54'39" N 20°57'04" E	Czarna Woda	Dwie tamy, cztery jamy, świeżo ponadgryzane jodły	Jedna rodzina, trzy osobniki
8	Dąbrowa	50°54'43" N 20°57'18" E	Czarna Woda	Trzy tamy, dwie jamy, świeże zgryzy na jodle i olszy	Jedna rodzina, trzy osobniki
9	Święta Katarzyna	50°55'23" N 20°52'03" E	Lubrzanka	Dwie tamy, trzy jamy, świeżo zgryzione wierzby i leszczyny	Jedno stanowis- ko, trzy osobniki

Źródło: Opracowanie własne. Source: Own.



Ryc. 6. Jedna z największych tam bobrowych napotkanych na rzece Czarna Woda. Fot. D. Gałek 2010
Fig. 6. One of the largest beaver dams encountered on Czarna Woda river. Photo by D. Gałek 2010



Ryc. 7. Jedyne żeremie napotkane na rzece Czarna Woda. Fot. D. Gałek 2010
Fig. 7. The only lodges encountered on the Czarna Woda river. Photo by D. Gałek 2010



Ryc. 8. Rozlewisko powstałe w wyniku żerowania bobrów. Fot. D. Gałek 2010

Fig. 8. Backwater resulting from foraging of beavers. Photo by D. Gałek 2010

OCENA LICZEBNOŚCI BOBRA NA TERENIE ŚWIĘTOKRZYSKIEGO PARKU NARODOWEGO

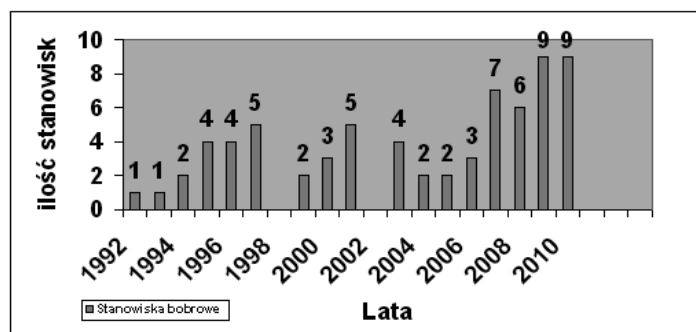
Po II wojnie światowej w Polsce pozostały jedynie niewielkie populacje bobrów na rzece Pasłęce, Czarnej Hańczy oraz Marysze. Sztuczne reintrodukcje oraz naturalne migracje z Litwy i Białorusi doprowadziły do pojawienia się bobra europejskiego na terenie Puszczy Białowieskiej, a następnie na Wyżynie Białostockiej. Prócz tego od 1962 roku zwierzęta te pojawiły się także na południowym skraju Niżu Pruskiego, w rejonie Kanału Mazurskiego, rzeki Świny, jeziora Oświn, Węgorapy i Gołdapi. Jednak liczebność bobrów pozostawała nadal niska i nie przekraczała kilkuset sztuk. Należy zaznaczyć, że zasięg występowania populacji ograniczony był tylko do północno-wschodniej części Polski.

Na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego stwierdzono dotychczas obecność 45 gatunków ssaków, które należą do sześciu rzędów i szesnastu rodzin. Przedstawicielem rodziny *Castoridae* jest bóbr europejski *Casto fiber* Lineaus (Huruk, Huruk 1998). Został on reintrodukowany na badany teren 6 listopada 1989 roku w liczbie 9 osobników – 4 samce i 5 samic, w tym jedna para z młodym, półrocznym osobnikiem. Zwierzęta zostały umieszczone w czterech przygotowanych uprzednio stanowiskach w cieku wodnym Czarna

Woda (Kronika ŚPN 1989). Niestety początkowa adaptacja bobrów przebiegała w sposób trudny i mało zadowalający. W 1990 roku z czterech siedlisk pozostało tylko jedno, które latem 1991 roku, po zniszczeniu tamy, zostało opuszczone. Gryzonie przeniosły się w górę potoku i tam założyły nowe domostwo, które także wkrótce opuściły. W 1993 roku, pięć lat po introdukcji, w Świętokrzyskim Parku Narodowym było tylko jedno stanowisko, jednak jego obserwacje świadczyły o tym, że zwierzęta się tam zaaklimatyzowały. Potwierdzały to liczne ślady intensywnego żerowania oraz zakres robót inżynieryjnych. Rok później odnotowano także obecność bobrów na rzece Pokrzywiane, koło uroczyska Serwis, na granicy Parku oraz łąk prywatnych. Ostatecznie reintrodukowane osobniki zaadaptowały się i rozmnożyły, dając już trwałą populację tego gatunku na obszarze Świętokrzyskiego Parku Narodowego (Huruk, Huruk 1998).

Zwieńczeniem badań inwentaryzacyjnych przeprowadzonych na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego było uzyskanie szacunkowej liczebności bobra europejskiego *Castor fiber* na tym terenie w latach 1992–2010.

Na podstawie inwentaryzacji stanowisk bobra europejskiego w Świętokrzyskim Parku Narodowym (ryc. 9) zauważono, że w latach 1992–1993 była to tylko pojedyncza siedziba, zlokalizowana w Leśnictwie Dąbrowa (Kronika ŚPN 1992–1993). Rok później na omawianym terenie pojawiło się jeszcze jedno siedlisko tego gryzonia – tym razem w Leśnictwie Podgórze (Kronika ŚPN 1994).



Ryc. 9. Wyniki inwentaryzacji stanowisk bobra europejskiego na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego w latach 1992–2010

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Kronik Świętokrzyskiego Parku Narodowego z lat 1992–2009 i badań własnych w 2010 roku.

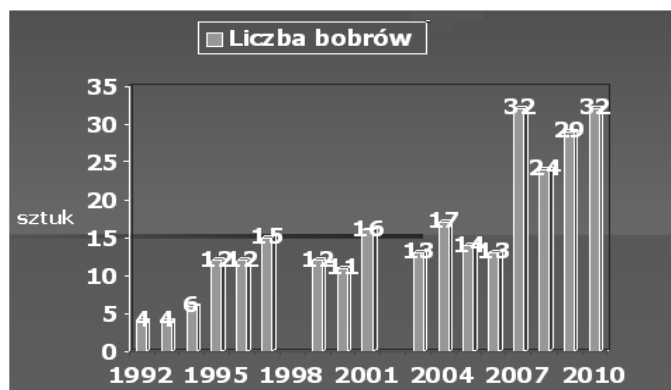
Fig. 9. The results of the inventory of European beaver posts in the Świętokrzyski National Park in the years 1992–2010

Source: Own work based on the Chronicles of Świętokrzyski National Park from 1992–2009 and own studies in 2010.

Przez kolejne dwa lata obserwowano dalszy wzrost liczby stanowisk – do czterech, trzy usytuowane w Leśnictwie Podgórze oraz jedno w Leśnictwie Chełmowa Góra (Kronika ŚPN 1995–1996). W roku 1997 było ich już pięć – jedno w Leśnictwie Chełmowa Góra i cztery w Leśnictwie Podgórze (Kronika ŚPN 1997). Niestety kolejne lata przyniosły spadek liczby domostw bobra europejskiego – w 1998 roku nie było ani jednego (najprawdopodobniej bobry osiedliły się w dolnym biegu rzeki poza granicami parku), rok później powróciły i stwierdzono dwa stanowiska w Leśnictwie Podgórze (Kronika ŚPN 1999), w 2000 roku trzy na obszarze tego samego leśnictwa (Kronika ŚPN 2000), by w roku następnym ponownie osiągnąć liczbę pięciu, przy czym dwa stanowiska zlokalizowane zostały w Leśnictwie Chełmowa Góra, a trzy w Leśnictwie Podgórze (Kronika ŚPN 2001). W roku kolejnym, a więc 2002, opisana powyżej sytuacja się powtórzyła – ponownie nie było żadnego siedliska omawianego ssaka, by w 2003 roku zaobserwować aż cztery, tym razem w Leśnictwie Dąbrowa (Kronika ŚPN 2003). W latach 2004–2006 ponownie spadła liczba stanowisk – było ich odpowiednio, dwa (Kronika ŚPN 2004), dwa (Kronika ŚPN 2005) i trzy (Kronika ŚPN 2006). Z kolei lata 2007–2010 to okres dynamicznego rozwoju populacji bobra europejskiego na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego – przez ostatnie dwa lata zanotowano aż dziewięć siedlisk (Kronika ŚPN 2007–2009 oraz badania własne w 2010 roku).

Zmiany w liczbie stanowisk bobra europejskiego na omawianym obszarze pokrywają się z wynikami inwentaryzacji liczebności populacji tego ssaka. W pierwszych dwóch latach badań na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego żyły tylko cztery osobniki (ryc. 10). Rok później ich liczba wzrosła do sześciu, następnie w latach 1995–1996 wynosiła dwanaście, przy czym warto zaznaczyć, że na stanowisku w Leśnictwie Chełmowa Góra żyły tylko dwa przedstawiciele gatunku, a na drugim stanowisku w Leśnictwie Podgórze aż dziesięć (Kronika ŚPN 1995–1996). W 1997 roku było 15 osobników, przy czym zdecydowana większość przebywała podobnie jak rok wcześniej w Leśnictwie Podgórze (Kronika ŚPN 1997). Rok później na obszarze badań nie zauważono tych gryzoni. W roku 1999 zaobserwowano 12 sztuk (Kronika ŚPN 1999), następnie 11 (Kronika ŚPN 2000) i 16 (Kronika ŚPN 2001). Z kolei w roku 2003 odnotowano obecność 13 sztuk (Kronika ŚPN 2003), a rok później 17 (Kronika ŚPN 2004). Kolejne dwa lata to delikatny spadek liczebności populacji, odpowiednio do 14 i 13 osobników. Przebywały one na terenie Leśnictwa Dąbrowa, Podgórze oraz Chełmowa Góra (Kronika ŚPN 2005–2006). Następnie miał miejsce dynamiczny wzrost liczebności bobra europejskiego – w roku 2007 oraz 2010 osiągnęła ona swoje maksimum w liczbie 32 osobników (Kronika ŚPN

2007–2009). Należy zaznaczyć, że liczebność tego największego gryzonia z roku na rok podlega dużym wahaniom. Najczęściej jest to związane z zasobnością bazy pokarmowej w danym roku.



Ryc. 10. Wyniki inwentaryzacji liczebności bobra europejskiego na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego w latach 1992–2010

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Kronik Świętokrzyskiego Parku Narodowego z lat 1992–2009 i badań własnych w 2010 roku.

Fig. 10. The results of the inventory of the abundance of beavers in the Świętokrzyski National Park in the years 1992–2010

Source: Own work based on the Chronicles of Świętokrzyski National Park from 1992–2009 and own studies in 2010.

Dane dotyczące zmian w liczbie stanowisk oraz liczebności populacji bobra europejskiego na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego ukazują, że zwierzę to potrafi w dość szybkim tempie przemieszczać się w poszukiwaniu nowych miejsc przeznaczonych do zasiedlenia. Jest to powodem trudności przeprowadzenia pomiarów w sposób wiarygodny i dokładny. Jednak wskazuje to również na fakt, że introdukcja gatunku *Castor fiber* na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego przyniosła oczekiwane rezultaty i bóbr na stałe zagościł na tym obszarze. Co więcej, liczebność jego populacji jest w fazie stabilizacji. Zapewne jest to także wynik sprzyjających warunków środowiskowych, gdyż rejon Świętokrzyskiego Parku Narodowego podlega ochronie ścisłej, a działalność inżynierska bobra nie ma negatywnego wpływu na gospodarkę człowieka. Jednak liczebność populacji należy stale monitorować, gdyż jej zbyt gwałtowny wzrost może skutkować zaburzeniami układu stosunków biologicznych, jak również całego kompleksu czynników siedliskowych w środowisku naturalnym Parku.

Na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego odnotowano zarówno bardzo liczne stanowiska bobrów, bo liczące po 10 sztuk, jak i zamieszkałe tylko przez parę. Prócz tego wraz ze wzrostem populacji stwierdzono również wzrost liczby stanowisk, ale ogólna liczebność jego populacji ma charakter stabilny.

W przypadku Świętokrzyskiego Parku Narodowego obecność bobra europejskiego była niezbędna dla poprawienia stosunków wodnych w dolinie cieku wodnego Czarna Woda. Uległy one pogorszeniu w wyniku spadku poziomu wody gruntowej. Przyczyną takiego zjawiska było obserwowane od wielu lat zmniejszanie się ilości opadów atmosferycznych, jak również uregulowanie biegu tej rzeki na odcinku poza Parkiem. Ta piękna dolina, niegdyś w wielu miejscach trudna do przebycia nawet w środku lata ze względu na dość podmokły teren, zrobiła się sucha jak zwykła, zagospodarowana łąka. Spowodowało to wiele niekorzystnych zjawisk, m.in. zmianę składu gatunkowego roślinności łąk oraz ich zarastanie. Na potrzebę poprawy stosunków wodnych w dolinie Czarnej Wody oraz spowolnienia przepływu wody w tej rzece zwrócono również uwagę podczas badań nad fauną Gór Świętokrzyskich, prowadzonych w latach osiemdziesiątych przez Instytut Zoologii PAN w Warszawie. Wynikiem tych zjawisk była decyzja o reintrodukcji bobra europejskiego na omawiany obszar. W chwili obecnej zwierzęta te spełniły swoje zadanie, a stosunki wodne w dolinie potoku Czarna Woda uległy poprawie. Jak więc widzimy, w tym konkretnym przypadku bóbr europejski wywiera pozytywny wpływ na środowisko przyrodnicze.

PLAN DZIAŁAŃ DOTYCZĄCY BOBRA EUROPEJSKIEGO NA TERENIE ŚWIĘTOKRZYSKIEGO PARKU NARODOWEGO

W Świętokrzyskim Parku Narodowym bobry mają idealne warunki do życia. Zamieszkują najbardziej niedostępne jego obszary, tj. rezerwat Mokry Bór oraz dolinę Czarnej Wody, gdzie dostęp mają jedynie pracownicy naukowci badający te zwierzęta.

Gwałtowny rozwój populacji bobrów obserwowany w ostatnich latach, w miarę wykorzystywania kolejnych terytoriów, zostaje zastąpiony stabilizacją liczebności. Świadczy o tym głównie duży przyrost liczby stanowisk przy jednoczesnym wzroście liczby osobników. Skutkuje to wzrostem liczebności pojedynczych rodzin. Młode osobniki nie mają trudności ze znajdowaniem nowych, wolnych terytoriów, gdyż poza terenem parku jest wiele miejsc do osiedlenia i założenia rodziny.

Na przeważającej powierzchni kraju zagęszczenie stanowisk bobrów jest niskie. Jedna rodzina bobrowa zajmuje od 1 km do 4 km cieku wodnego.

W Świętokrzyskim Parku Narodowym na 7 km Czarnej Wody i 1 km Lubrzanki zamieszkuje dziewięć rodzin, więc zagęszczenie wynosi 0,88 rodziny na kilometr. Wynik ten oznacza, że obszar Parku wypełniony jest odpowiednią liczbą osobników do możliwości siedliskowych. Obserwuje się również nadmiar liczebności populacji poza Parkiem, co świadczy o przemieszczaniu się młodych osobników poza granice badanego obszaru.

Uwzględniając powyższe, należy stwierdzić, że obecnie nie istnieje potrzeba jakiegokolwiek interwencji zewnętrznej.

WNIOSKI

Bóbr europejski *Castor fiber* to największy gryzoń Eurazji. Jego populacja została niemal całkowicie wytrzebiona w drugiej połowie XIX wieku. Powrócił na teren naszego kraju dzięki introdukcji gatunku. Została ona przeprowadzona także na obszarze Świętokrzyskiego Parku Narodowego i przyniosła pozytywne rezultaty. Bezpośrednią przyczyną takiego kroku był fakt, że bobry wywierają znaczny wpływ na ekosystemy wodne i błotne. Dzięki ich działalności został przywrócony bagienny charakter obszarów ochrony ścisłej Czarny Staw i Mokry Bór. Ratunkiem na postępujące osuszanie była działalność inżynierska bobrów na rzece Czarna Woda. Obecnie liczebność populacji bobra europejskiego na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego ma charakter stabilny. Roczny przyrost populacji do 2006 roku, po uwzględnieniu ubytków, wynosi od kilku do kilkunastu procent, w zależności zagęszczenia i struktury wiekowej populacji, warunków wodnych środowiska, dostępności karmy oraz liczby miejsc możliwych do kolonizacji. Kolejne lata pokazują stabilizację liczebności, co może oznaczać, że obszar Parku wypełniony jest odpowiednią liczbą osobników do możliwości siedliskowych.

Dodać należy, że nadal powinien być prowadzony stały monitoring tego gatunku na dwóch generalnych poziomach – populacji bobra europejskiego (liczba, zdrowotność i rozprzestrzenianie) oraz jakości siedliska i jego wpływu na środowisko przyrodnicze, jak również wpływu środowiska przyrodniczego na ten gatunek.

Literatura

Chmielewski K., 1975. Szczątki kostne bobra (*Castor fiber*) w wykopaliskach Nizżu Polskiego. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. 60.

- Czech A., 2001. Bóbr. Monografie przyrodnicze. Lubuski Klub Przyrodników. Świebodzin.
- Czech A., 2000. Gryzący problem? Towarzystwo na Rzecz Ziemi. Oświęcim.
- Czech A., 2007. Krajowy plan ochrony gatunku: Bóbr europejski (*Castor fiber*). Opracowanie planów renaturalizacji siedlisk przyrodniczych i siedlisk gatunków na obszarach Natura 2000 oraz planów zarządzania dla wybranych gatunków objętych Dyrektywą Ptasią i Dyrektywą Siedliskową. Kraków.
- Dzięciołowski R., 1996. Bóbr. Wydawnictwo Łowiec Polski. Warszawa.
- Encyklopedia dzikich zwierząt. Rzeki. 2002. Wydawnictwo Delta. Warszawa.
- Gałek D., 2008. Introdukcja bobra europejskiego *Castor fiber* na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego. Praca licencjacka. UJK Kielce.
- Hille E.P., Novakowski N.S., 1984. Beaver management and economies in North America. Acta Zool. Fennica.
- Huruk S., Huruk A., 1998. Ścieżka przyrodnicza Huta Szklana – Św. Krzyż. Świętokrzyski Park Narodowy. Bodzentyn – Kielce.
- Huruk S., Jastrzębski J., 2009. Wielowątkowa geneza Świętokrzyskiego Parku Narodowego. Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej. R. 11, z. 4(23).
- Kasprczyk B., 1987. Rozprzestrzenienie się bobra (*Castor fiber*) w Europie w XX wieku. Przegląd Zoologiczny. 31.
- Kroniki Świętokrzyskiego Parku Narodowego z lat 1989–2009.
- Operat ochrony ekosystemów wodnych Świętokrzyskiego Parku Narodowego. 1998.
- Panfil J., 1984. Ssaki Pojezierza Mazurskiego. Wydawnictwo Pojezierze. Olsztyn.
- Sidło P.O., Stachurski M., Wójtowicz B., 2000. Przyroda województwa świętokrzyskiego. Wydział Ochrony Środowiska i Rolnictwa Świętokrzyskiego Urzędu Wojewódzkiego w Kielcach. Kielce.
- Tranda E., Jaroniewski W., 1999. Zwierzęta chronione w Polsce. Multico Oficyna Wydawnicza. Warszawa.
- Wdowińscy J. i Z., 1981. Tropem bobra. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa.
- www.swietokrzyskipn.org.pl.
- www.widuchowarepublika.pl.
- Żurowski W., 1989. Bóbr europejski – *Castor fiber*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne. Warszawa.
- Żurowski W., 1980. Odbudowa populacji bobra europejskiego (*Castor fiber* L.) w Polsce drogą reintrodukcji. Sympozjum łowieckie z okazji 60-lecia Polskiego Związku Łowieckiego. Wydawnictwo Akademii Górniczo-Hutniczej. Kraków.
- Żurowski W., 1983. Rozmnażanie się bobrów europejskich w warunkach fermowych. Roczniki Nauk Rolniczych.

Analiza zmian udziału poszczególnych gatunków drzew w drzewostanie Świętokrzyskiego Parku Narodowego

Analysis of changes in particular tree species volume in forests of Świętokrzyski National Park

ŁUKASZ GRZESZCZYK, FRANCISZEK WOCH

Summary. This paper contains estimation of changes in tree species volume in forests of Świętokrzyski National Park, in the period of last 25 years.

For good comparison of results and estimation of trends, the investigations in 2010 have been made on the same areas as in 1985. The whole investigated area has been divided into 20 m x 20 m squares. Each square has been then divided into four 10 m x 10 m squares – for better work performance.

On the areas, detailed measurements of tree parameters – girth and height of trunk, for all standing trees (alive and dead ones) have been made and the volume of trunk has been calculated. The measurements and calculation have been made for year 2010 and 1985.

The results of investigations shows, that volume of particular species in forests of Świętokrzyski National Park have changed. Loss of fir is greater than loss of beech. The renewal of fir is decreasing, but the renewal of beech is increasing.

One should hope that in the future proportion fir to beech will decrease, because the natural conditions are more favorable for beech.

Key words: Świętokrzyski National Park, forest species composition, volume of fir and beech.

Mgr inż. Łukasz Grzeszczyk, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce, tel. kom. 514 813 533

Dr hab. Franciszek Woch prof. nadzw., Zakład Gleboznawstwa, Erozji i Ochrony Gruntów IUNG-PIB, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy, tel. 81 886 34 21 w. 336, e-mail: franciszek.woch@iung.pulawy.pl

WPROWADZENIE I CEL PRACY

Park narodowy jest to obszar o szczególnych wartościach przyrodniczych, naukowych i historyczno-kulturowych, stoi na czele najważniejszych form ochrony przyrody w Polsce. Jednym z głównych celów parku narodowego jest monitorowanie zachodzących zmian w przyrodzie, które dokonują się bez ingerencji człowieka. Obserwowanie zmian naturalnych zachodzących w przyrodzie wydaje się stosunkowo trudną czynnością, ponieważ procesy te dokonują się w dość odległym czasie i na ogromnych obszarach.

Istnieje konieczność znajomości dynamiki i możliwości rozwojowych różnych biocenoz, ponieważ zgromadzone wyniki pozwolą prawidłowo i efektywnie zagospodarować i chronić przyrodę parków narodowych. Współcześnie jednym z najważniejszych zagadnień badawczych jest obserwacja dynamiki struktury i składu gatunkowego biocenoz parków narodowych, w których dochodzi do naturalnej sukcesji i oddziaływania czynników zewnętrznych. W momencie, kiedy człowiek pozna lepiej rozwój biocenoz, będzie potrafił efektywnie i prawidłowo zagospodarować, a przede wszystkim ochronić przyrodnicze walory parków narodowych. Aby uzyskać oczekiwany efekt, konieczne jest zorganizowanie monitoringowego systemu całych biocenoz, których rolę będą spełniać stałe powierzchnie badawcze zakładane w najbardziej rozpowszechnionych w parku narodowym typach lasu. Obszary te będą służyć do obserwacji flory i fauny.

Wśród wielu ocen zmian zachodzących w Świętokrzyskim Parku Narodowym (ŚPN) niezbędną jest dotycząca udziału poszczególnych gatunków drzew. Ocena taka powinna dać odpowiedź na pytanie: czy i w jakim kierunku dokonują się zmiany w drzewostanie.

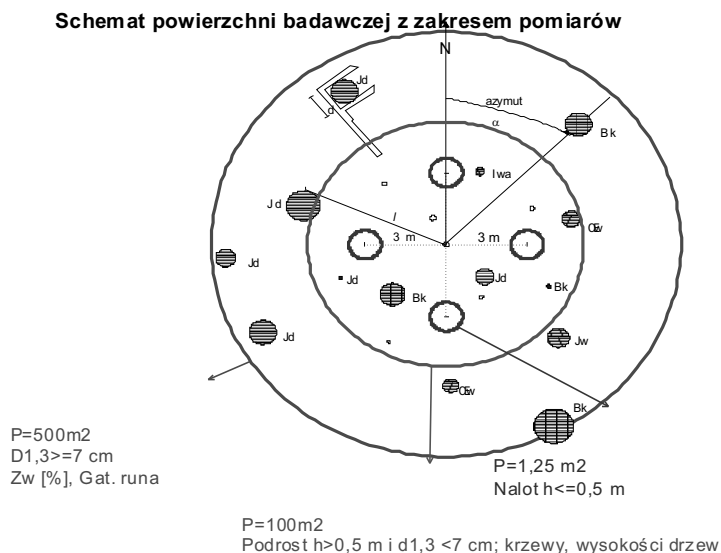
Celem niniejszej pracy jest analiza zmian stanu poszczególnych gatunków drzew w drzewostanie ŚPN w okresie ostatnich 25 lat.

STATYSTYCZNO-MATEMATYCZNE SYSTEMY INWENTARYZACJI I KONTROLI LASU W ŚWIĘTOKRZYSKIM PARKU NARODOWYM

Statystyczno-matematyczny system inwentaryzacji lasu został opracowany według metody Buchholza, zawartej w opracowaniu: Monitoring stanu ekosystemów lądowych ŚPN na monitoringowych powierzchniach kołowych (Buchholz 2008), a instrukcja inwentaryzacji wybranych elementów stałych powierzchni badawczych w ŚPN została opracowana przez R. Kapuścińskiego (1982). W Dyrekcji ŚPN opracowano również szczegółowe wytyczne dotyczące monitoringu stanu ekosystemów lądowych Parku z uwzględnieniem powierzchni kołowych. W przyszłości na podstawie tych danych będą prowadzone obserwacje w ŚPN. Według instrukcji na całym obszarze Parku będzie rozmieszczonych 1228 stałych powierzchni kołowych. Powstaną na bazie siatki w więźbie 250 x 250 m, natomiast środek koła wyznaczać będą punkty przecięcia linii siatki naniesionej na mapę.

Stała powierzchnia kołowa (ryc. 1) składać się będzie z dwóch kół o wspólnym środku. Pierwsze będzie miało promień 5,64 m, co daje powierzchnię 100 m², drugie, o promieniu 12,61 m, da powierzchnię 500 m². Dodatkowo za każdym razem wyznaczać się będzie cztery mniejsze koła o promieniach 63 cm i powierzchniach 1,25 m². Ich środki znajdować się będą 3 m od środka całej powierzchni w kierunku Pn, Wsch, Pd i Zach. Pomiary na wszystkich obserwowanych powierzchniach będą wykonywane co 5 lat. Szczegółowe dane dotyczące pomiarów na powierzchniach badawczych zostały opracowane na podstawie zmodyfikowanych metod K. Przybylskiej z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie (Przybylska 1993).

Powierzchnie badawcze powinny być zakładane w dominujących powierzchniowo siedliskowych typach lasu, zlokalizowane w głębi danego typu lasu, gdzie obszar ten wykazuje możliwie jednorodną strukturę i wiek drzewostanu, zwarcie i skład gatunkowy. Wskazane jest, aby drzewostan był dojrzały, w wieku powyżej 80 lat. Jeżeli na wybranej powierzchni występują różnice w wymienionych powyżej parametrach, to nie powinny przekraczać 5–15% omawianej powierzchni. Liczba powierzchni badawczych będzie zależała od zróżnicowania i powierzchni parku narodowego.



Ryc. 1. Schemat stałej powierzchni kołowej

Źródło: Chwistek, Przybylska, Loch 1998.

Fig. 1. Scheme of circle investigated area

Source: Chwistek, Przybylska, Loch 1998.

W niniejszej pracy badania oparto jednak na powierzchniach kwadratowych ze względu na konieczność porównania danych opartych na tych samych powierzchniach, ustalonych w kształcie kwadratów.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

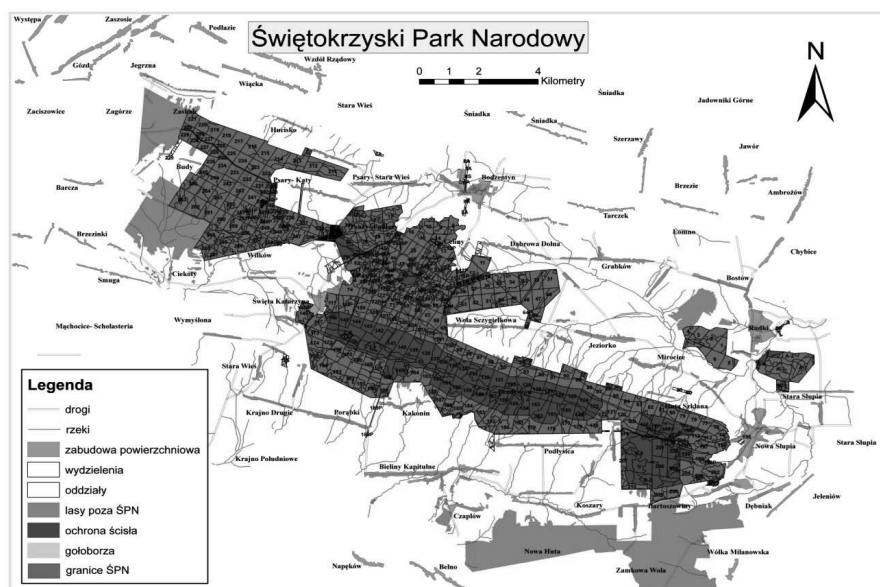
ŚWIĘTOKRZYSKI PARK NARODOWY

Badania terenowe zostały przeprowadzone na obszarze Świętokrzyskiego Parku Narodowego (ryc. 2), w rezerwacie ścisłym „Święty Krzyż” (ryc. 3). Leży on we wschodniej części Parku i charakteryzuje się występowaniem lasów jodłowo-bukowych oraz rumowisk skalnych zwanych gołoborzami.

Świętokrzyski Park Narodowy, utworzony 1 kwietnia 1950 roku na mocy rozporządzenia Rady Ministrów (DzU RP nr 14, poz. 133), był pierwszym parkiem narodowym, który powstał w Polsce po II wojnie światowej. Natomiast początki ochrony przyrody na obszarze Gór Świętokrzyskich sięgają jeszcze

okresu międzywojennego. W 1996 roku obszar Parku został powiększony o część wschodnią Góry Klonowskiej (15556,61 ha) i kompleks Zapusty (4,12 ha) u podnóża Chełmowej Góry na mocy rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 3 stycznia 1996 roku – DzU RP nr 4, poz. 29 (Grzejszczyk 2008).

Świętokrzyski Park Narodowy, leżący w centralnej części Gór Świętokrzyskich, zajmuje 0,65% powierzchni województwa świętokrzyskiego. Według podziału administracyjnego obejmuje obszar gmin: Bodzentyn, Bieliny, Górnio, Masłów, Łączna oraz Nowa Słupia. Jego powierzchnia wynosi obecnie 7626,45 ha. Park składa się z kilku obszarów: głównego, o łącznej powierzchni 7225,39 ha, w skład którego wchodzi: rozciągające się na długości 15 km pasmo górskie Łysogór, z najwyższymi wzniesieniami w Górach Świętokrzyskich – Łysicą (612 m n.p.m.) i Łysą Górą (595 m n.p.m.), następnie Dolina Wilkowska, Góra Stawiana (Psarka – 412 m n.p.m.), Góra Miejska (423 m n.p.m.), część Pasma Klonowskiego (masyw Bukowej Góry), a także uroczysko Chrusty, Plecionki i Wojciechów; Serwisu – Dąbrowa 167,81 ha; Chełmowa Góra o powierzchni 183,44 ha; uroczyska Zapusty, którego powierzchnia wynosi 4,12 ha; gruntów przy osadach leśnych o powierzchni 45,69 ha (Grzejszczyk 2008).



Ryc. 2. Świętokrzyski Park Narodowy

Źródło: Grzejszczyk, 2010, na podstawie mapy Dyrekcji ŚPN.

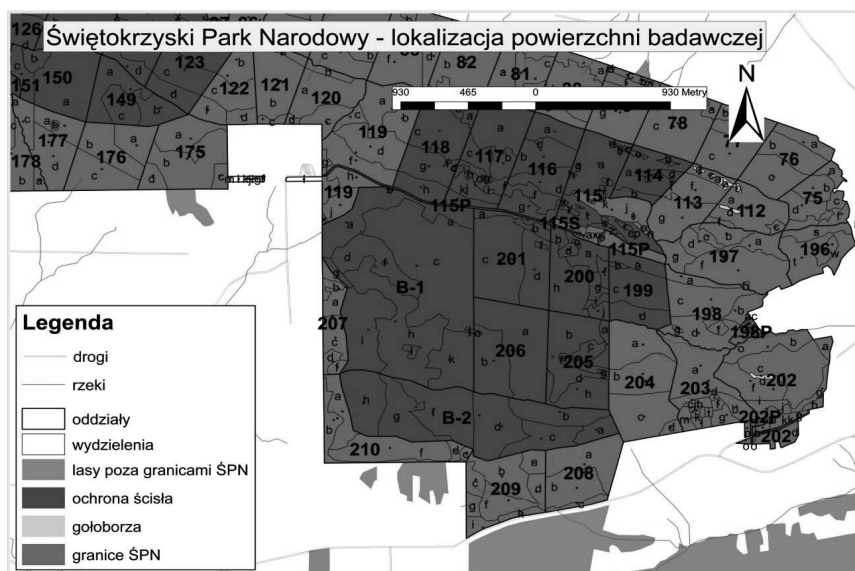
Fig. 2. Świętokrzyski National Park

Source: Grzejszczyk, 2010, basing on a map from National Park Management.

REZERWAT ŚCISŁY „ŚWIĘTY KRZYŻ”

Rezerwat „Święty Krzyż” (ryc. 3) został utworzony w 1924 roku jako obszar ochrony ścisłej lasów jodłowo-bukowych rozwijających się na południowych stokach Łysej Góry. Ówczesna powierzchnia tego obszaru wynosiła 196,5 ha. Rezerwat ten powstał jako drugi na obszarze Gór Świętokrzyskich. W 1920 roku utworzono pierwszy rezerwat „Chełmowa Góra”. W 1936 roku objęto ochroną częściową pas otaczający rezerwat „Święty Krzyż”, czego skutkiem było zwiększenie się łącznej powierzchni rezerwatów ścisłych i częściowych do 546,22 ha. Na początku lat siedemdziesiątych XX wieku, po masowym, gradacyjnym wystąpieniu zwójki jodłowej, powierzchnię rezerwatu zmniejszono do 465,26 ha.

Rezerwat ścisły „Święty Krzyż” leży we wschodniej części Świętokrzyskiego Parku Narodowego. Należą do niego obszary północnych i południowych stoków drugiego co do wysokości w Górach Świętokrzyskich grzbietu Łysej Góry (zwanej Łyscem), leżącej na wysokości 595 m n.p.m.



Ryc. 3. Rezerwat ścisły „Święty Krzyż”

Źródło: Grzeszczyk 2010, na podstawie mapy Dyrekcji ŚPN.

Fig. 3. Sanctuary „Święty Krzyż”

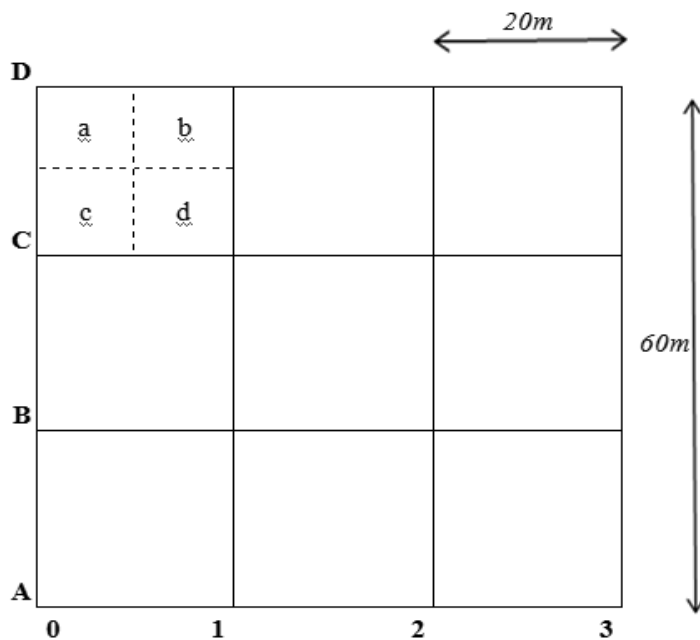
Source: Grzeszczyk 2010, basing on a map from National Park Management.

METODYKA BADAŃ

Badania zostały przeprowadzone w 2010 roku na podstawie zmodyfikowanej Instrukcji inwentaryzacji wybranych elementów stałych powierzchni badawczych w ŚPN, opracowanej przez R. Kapuścińskiego (1982). Wykonano je na tej samej powierzchni badawczej co w 1985 roku dla umożliwienia porównania wyników badań.

W pierwszej kolejności przeprowadzono prace terenowe. Rozpoczęto je od zlokalizowania obszaru badań w terenie. Do tego celu posłużono się mapą oddziałową ŚPN, kompasem i taśmą mierniczą. Opierając się na wytycznych zawartych w instrukcji, odnaleziono punkt graniczny ówczesnego fragmentu obszaru badań, według którego wyznaczono właściwy i identyczny obszar badań.

Całą powierzchnię badawczą podzielono na siatkę kwadratów o boku 20 m (ryc. 4), następnie każdy kwadrat, oznaczony jako obszar: AB₁, AB₂, AB₃, BC₁, BC₂, BC₃, CD₁, CD₂, CD₃, podzielono dodatkowo na mniejsze kwadraty a, b, c, d, o boku 10 m, w celu ułatwienia prac.



Ryc. 4. Schemat obszaru badań terenowych

Źródło: Grzejszczyk 2010.

Fig 4. Scheme of terrain investigation area

Source: Grzejszczyk 2010.

Kolejnym etapem prac było wykonanie pomiarów pierśnic drzew stojących na kwadratach a, b, c, d i wpisywanie wyników do odpowiedniej rubryki w specjalnym raptularzu. Pomiaru pierśnic (klupowania) dokonano na wysokości 1,3 m od ziemi, 2 razy na krzyż, podając wartość średnią i zaokrąglając w górę do pełnych cm przy liczbach nieparzystych, a w dół przy liczbach parzystych.

Przeprowadzono również pomiar wysokości niektórych drzew stojących w celu wykonania krzywej wysokości, według której dokonano pomiaru miąższości poszczególnych osobników. Do tego celu wykorzystano taśmę mierniczą i wysokościomierz Blume-Leissa. Wysokość drzew ustalono według reguły podanej przez Rutkowskiego (1989).

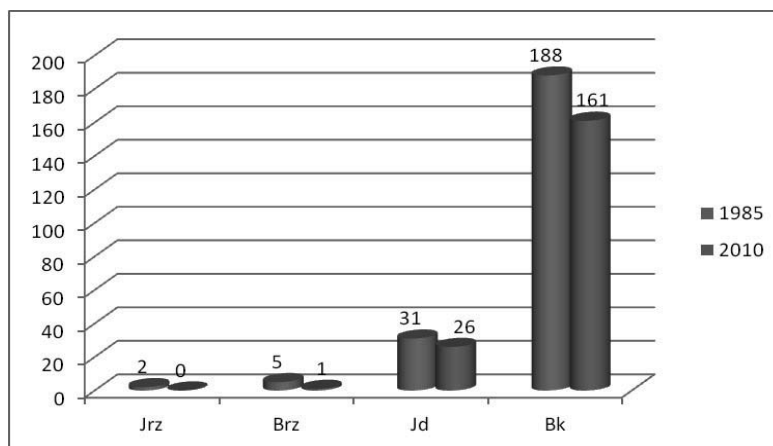
W ramach prac terenowych oznaczono – na planie siatki kwadratów – drzewa uznawane jako wiatrowały oraz suche. Drzewa leżące ścięte zaliczano do wiatrołomów.

Po szczegółowych badaniach terenowych i notowaniu wyników w specjalnym raptularzu dokonano niezbędnych obliczeń z wykorzystaniem programu Microsoft Office Excel. Mając dane pierśnic z każdej odrębnej powierzchni badawczej oraz krzywą wysokości, obliczano miąższość grubizny wszystkich drzew stojących zarówno żywych, jak i martwych, dla roku 2010 i 1985. Dla ustalenia miąższości posłużono się odpowiednimi tablicami, odrębnymi dla każdego gatunku (Grzejszczyk 2010).

Wyniki obliczeń przedstawiono w postaci odpowiednich tabel, wykresów i rysunków.

WYNIKI BADAŃ

Liczbę drzew stojących żywych, jak i martwych w badanych okresach przedstawiają ryciny 5 i 6.



Ryc. 5. Liczba drzew stojących żywych na badanych powierzchniach

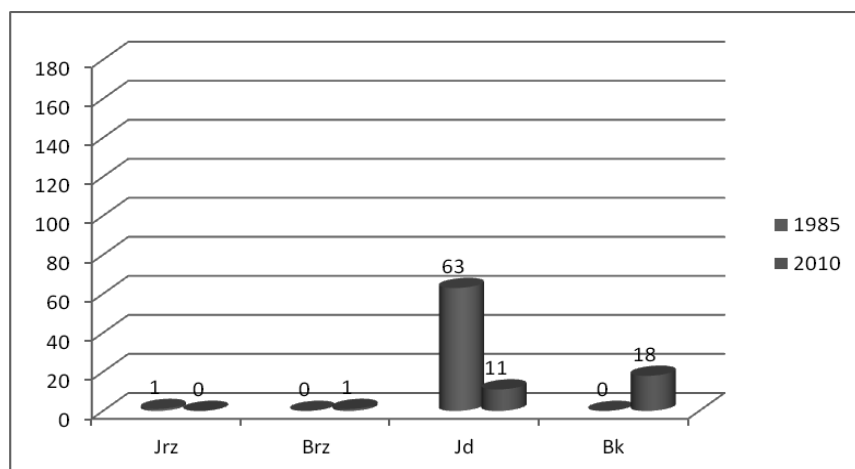
Źródło: Badania własne i Dyrekcji ŚPN.

Fig. 5. Number of standing trees (alive) on investigated areas

Source: Own investigations and data from National Park Management.

Na obszarze badawczym (ryc. 5) – zarówno w roku 1985, jak i 2010 – znacząco dominował buk, którego w roku 1985 było 188 sztuk, a w 2010 jego liczba zmalała do 161 osobników żywych. Najmniejszy udział w drzewostanie okazał jarzab, którego w roku 1985 było zaledwie 2 sztuki, a roku 2010 w ogóle nie wystąpił.

Zupełnie inaczej sytuacja przedstawia się na wykresie obrazującym liczbę drzew stojących martwych (ryc. 6). Najwięcej osobników martwych odnotowano w roku 1985 – łącznie 64 sztuki, w tym 63 jodły.



Ryc. 6. Liczba drzew stojących martwych na badanych powierzchniach

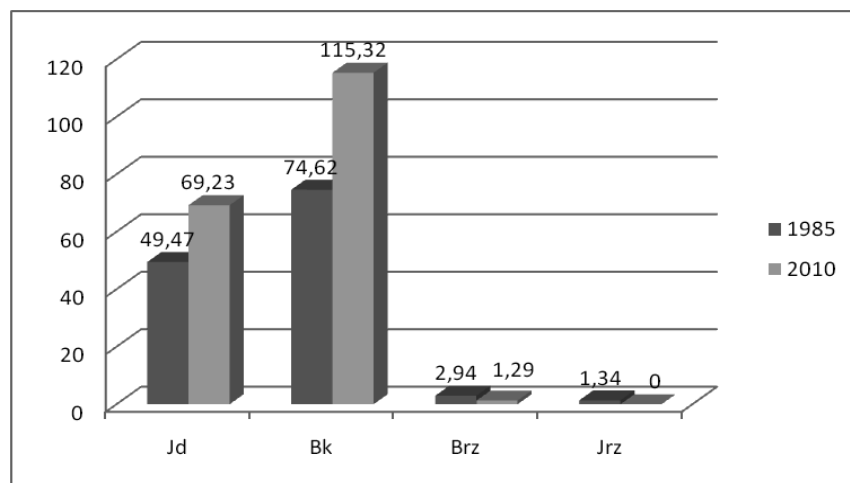
Źródło: Badania własne i Dyrekcji ŚPN.

Fig. 6. Number of standing trees (dead) on investigated areas

Source: Own investigations and data from National Park Management.

W 2010 roku nie stwierdzono obecności żadnego osobnika jarzęba; wszystkich drzew żywych było 188, natomiast martwych 30 sztuk.

Mięszszość grubizny badanych gatunków przedstawiono na rycinie 7 i 8.



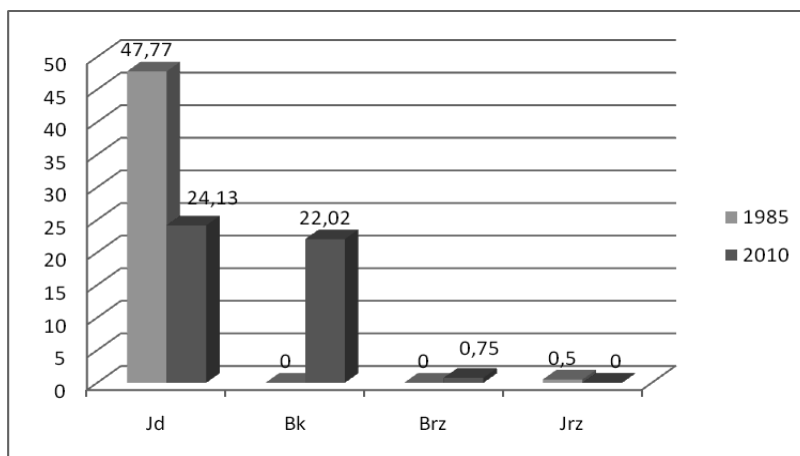
Ryc. 7. Suma miąższości grubizny drzew żywych w m³ na badanym obszarze

Źródło: Badania własne i Dyrekcji ŚPN.

Fig. 7. Total trunk volume of alive trees (in m³) on investigated area

Source: Own investigations and data from National Park Management.

Największą miąższość grubizny drzew żywych w roku 2010 wykazał buk, który w ciągu 25 lat zwiększył swoją masę o 40,7 m³ (53,5%), jodła także zwiększyła swoją masę, ale tylko o 19,76 m³ (39,9%).



Ryc. 8. Suma miąższości grubizny drzew martwych w m³ na badanym obszarze

Źródło: Badania własne i Dyrekcji ŚPN.

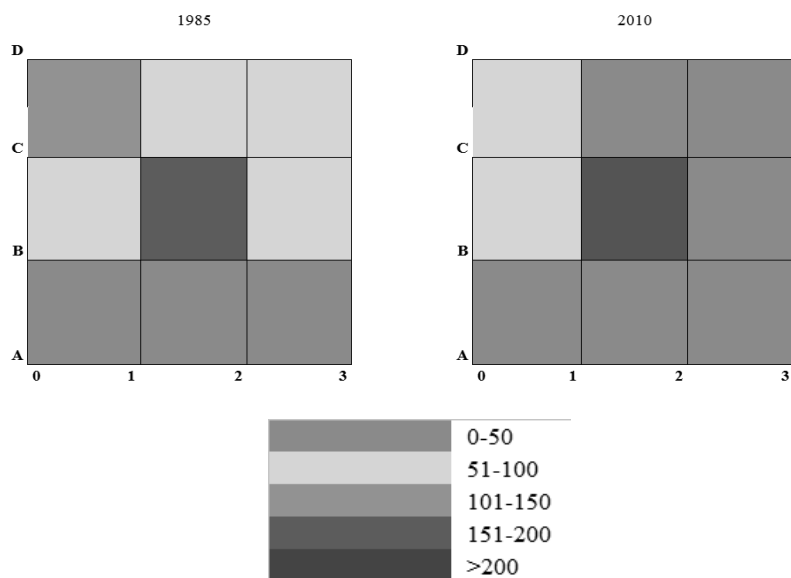
Fig. 8. Total trunk volume of dead trees (in m³) on investigated area

Source: Own investigations and data from National Park Management.

Analogicznie do dużej liczby osobników drzew martwych jodły w roku 1985 (63 sztuki) ma się miąższość grubizny. Wynosiła wówczas 47,77 m³, natomiast pozytywne jest to, że w roku 2010 zanotowano o połowę (49,5%) mniej m³ jodły stojącej martwej. W przypadku miąższości grubizny martwego buka sytuacja przedstawia się nieco gorzej, ponieważ w roku 1985 nie odnotowano w ogóle osobników martwych, a w roku 2010 było 22,02 m³. Należy zwrócić także uwagę na stosunek liczby martwych drzew buka i jodły w roku 2010 do miąższości grubizny tych gatunków. Okazuje się, że odnotowano 11 sztuk jodły stojącej martwej o łącznej miąższości 24,13 m³ i 18 sztuk buka stojącego martwego o miąższości 22,02 m³. Wynika stąd, że w okresie między rokiem 1985 a 2010 obumierało mniej osobników jodły, ale o większych rozmiarach niż osobników buka.

Dynamikę odnowień jodłowych i bukowych w poszczególnych latach zawierają ryciny 9 i 10. Rycina 9 przedstawia orientacyjną liczbę odnowień jodłowych (samosiewek) występujących na poszczególnych częściach obszaru badań, w roku 1985 i 2010. Ogólnie większe odnowienie jodłowe wystąpiło w roku 1985,

a najwięcej siewek młodej jodły stwierdzono w centralnej części powierzchni badawczej, zarówno w roku 1985, jak i 2010.



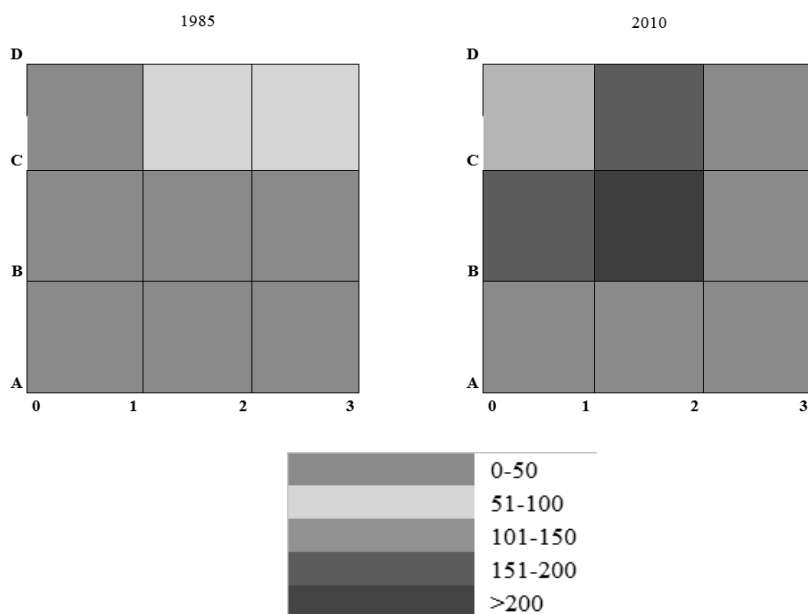
Ryc. 9. Odnowienie jodłowe w roku 1985 i 2010

Źródło: Badania własne i Dyrekcji ŚPN.

Fig. 9. Renewal of fir in year 1985 and 2010

Source: Own investigations and data from National Park Management.

Ocena odnowienia bukowego (ryc. 10) pozwala stwierdzić, że znikome ilości młodych siewek buka wystąpiły w roku 1985 oraz bardzo dużo osobników młodego pokolenia w roku 2010.



Ryc. 10. Odnowienie bukowe w roku 1985 i 2010

Źródło: Badania własne i Dyrekcji ŚPN.

Fig. 10. Renewal of beech in year 1985 and 2010

Source: Own investigations and data from National Park Management.

WNIOSKI

Wyniki badań własnych oraz Dyrekcji ŚPN pozwalają wyciągnąć następujące wnioski i uogólnienia:

1. Udział poszczególnych gatunków drzew w badanym drzewostanie Świętokrzyskiego Parku Narodowego uległ dużej zmianie. Najbardziej zauważalnymi wynikami między badaniami przeprowadzonymi przez pracowników Dyrekcji ŚPN w roku 1985 a badaniami autora była różnica między gatunkiem jodły i buka. W 1985 roku było 188 osobników buka żywego i 31 jodły żywej, natomiast w 2010 roku liczba tych osobników zmalała analogicznie do 161 i 26 sztuk. Największą masę grubizny posiadał buk, którego miąższość wyniosła 115,32 m³, w roku 1985 jego miąższość wynosiła 74,62 m³. Miąższość jodły stojącej żywej w roku 2010 wyniosła zaledwie 69,25 m³.

2. W roku 1985 wystąpiły 64 drzewa stojące martwe, o łącznej miąższości grubizny 48,27 m³, a w roku 2010 drzew tych odnotowano 30, o masie 46,9 m³. Suma miąższości grubizny jodły stojącej martwej w roku 2010 była prawie

o połowę mniejsza niż w roku 1985, stwierdzono natomiast 18 sztuk martwego buka o masie grubizny 22,02 m³, którego nie stwierdzono w 1985 roku.

3. W drzewostanie kontrolowanym w roku 2010 zaobserwowano znaczące zmniejszenie ilości nalotów jodłowych, a zwiększenie ilości odnowienia buka.

4. Obecnie na powierzchni badawczej nie odnaleziono gatunku jarząba – zarówno żywego, jak i martwego.

5. Należy oczekiwać, że w przyszłości relacje między bukiem a jodłą będą jeszcze wyraźniejsze, gdyż buk nadal w sposób bardzo powolny, ale systematyczny będzie wypierał jodłę, powracając być może na swoje pierwotne siedlisko.

6. Dokonując analizy przyczyn, przez które zmienił się udział gatunków w badanym drzewostanie ŚPN, można wywnioskować, że w ostatnim czasie dogodniejsze warunki przyrodnicze do rozwoju posiada buk, natomiast jodła nękana jest przez wiele negatywnych czynników, jak gradacja czy zacienianie młodnika jodły przez buka.

Literatura

- Buchholz L., 2008. Monitoring stanu ekosystemów lądowych Świętokrzyskiego Parku Narodowego na monitoringowych powierzchniach kołowych. Pracownia Naukowo-Badawcza Świętokrzyskiego Parku Narodowego, Bodzentyn.
- Chwistek K., Przybylska K., Loch J., 1998. Ocena wielkości i struktury zasobów leśnych Gorczańskiego Parku Narodowego w oparciu o statystyczno-matematyczny system inwentaryzacji i kontroli lasu. Plan Ochrony Gorczańskiego Parku Narodowego, Operat Ochrony Ekosystemów Leśnych, Poręba Wielka.
- Grzejszczyk Ł., 2010. Analiza zmian udziału poszczególnych gatunków drzew w drzewostanie Świętokrzyskiego Parku Narodowego. Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego, Kielce.
- Grzejszczyk Ł., 2008. Ekologiczne uwarunkowania wystąpienia szkodników jodły pospolitej *Abies alba* Mill. w Świętokrzyskim Parku Narodowym. Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego, Kielce.
- Kapuściński R., 1982. Instrukcja inwentaryzacji wybranych elementów stałych powierzchni badawczych w Świętokrzyskim Parku Narodowym, Bodzentyn.
- Przybylska K., 1993. Badanie dynamiki procesów lasotwórczych na podstawie stałych powierzchni próbnych statystyczno-matematycznego systemu inwentaryzacji i kontroli lasu. Rocznik Bieszczadzki 2, 95–108.
- Rutkowski B., 1989. Urządzanie lasu. Część I. Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja, Kraków.

Chronione grzyby z rodzaju *Geastrum* w Górach Świętokrzyskich

Protected fungi of *Geastrum* genus in the Świętokrzyskie Mts

JUSTYNA JAWORSKA

Summary. The genus of *Geastrum* in the Świętokrzyskie Mts is represented by 10 species, amongst which there are very rare species such as *Geastrum berkeleyi* and *G. elegans* so far known in Poland from the single localities. *Geastrum* fungi prefer the thermophilous localities, but they can also be found in the natural, anthropogenic, forest and open communities. In general they occur on the light soils, and often on the sandy calcareous soils.

Key words: *Geastrum*, Świętokrzyskie Mts, red list, endangered fungi, fungi species protection.

Justyna Jaworska, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Zakład Botaniki Instytut Biologii,
25-406 Kielce, ul. Świętokrzyska 15, j.jaworska.kielce@gmail.com

WSTĘP

Rodzaj *Geastrum* w Polsce reprezentowany jest przez 17 gatunków (Wojewoda 2003). Ze względu na charakterystyczną budowę morfologiczną owocników są one stosunkowo łatwe do rozpoznania. Różnice między poszczególnymi gatunkami dotyczą przede wszystkim wielkości owocników, kształtu egzoperydium, sposobu osadzenia endoperydium, budowy perystomu oraz cech mikroskopowych, takich jak budowa i wielkość zarodników itp. Rosną w różnych

zbiorowiskach roślinnych, w lasach, poza nimi, w zaroślach, na nieużytkach, w murawach kserotermicznych, a także na wydmach. Grzyby z tego rodzaju przez długi czas były uważane za saproby rosnące na szczątkach roślinnych, dopiero stosunkowo niedawno stwierdzono, że przynajmniej część z nich jest grzybami mikoryzowymi, np. *Geastrum fimbriatum* (Agerer, Beenken 1998).

Wszystkie gatunki z rodzaju *Geastrum* w Polsce należą do rzadkich lub bardzo rzadkich, tylko niektóre z nich, jak *Geastrum quadrifidum*, *Geastrum rufescens*, *Geastrum fimbriatum* czy *Geastrum minimum*, można uznać za relatywnie często występujące. Rodzaj *Geastrum* należy do najcenniejszych składników mikrobioty w Polsce. Od 2004 roku wszystkie gatunki z tego rodzaju objęte są ścisłą ochroną gatunkową (Rozporządzenie Ministra Środowiska 2004).

Opisywany rodzaj w Górach Świętokrzyskich reprezentowany jest przez 10 gatunków. Wśród nich znajdują się bardzo rzadkie gatunki, takie jak *Geastrum berkeleyi* i *G. elegant*, znane dotychczas w Polsce z pojedynczych stanowisk.

POZYCJA SYSTEMATYCZNA

Geastraceae, Geastrales, Phallomycetidae, Agaricomycetes, Basidiomycota, Fungi (Kirk 2008).

MORFOLOGIA

Gwiazdosze należą do grzybów gasteroidalnych (wnętrzników), których cechą charakterystyczną jest zamknięcie hymenium we wnętrzu owocnika do momentu aż zarodniki osiągną dojrzałość. Wytwarzają typowe dla *Geastraceae* owocniki. We wczesnym stadium rozwoju są zamknięte, kuliste lub prawie kuliste, ich średnica osiąga przeciętnie 0,5–3,5, niekiedy 5 cm; często są na półpodziemne. Powierzchnia niedojrzałych owocników pokryta jest warstwą różnie zabarwionej grzybni. U *Geastrum berkeleyi* zabarwienie to jest koloru jasnoochrowobrazowego, natomiast u *G. elegans* – białego. W spłotach grzybni czasami znajdują się cząsteczki podłoża. W trakcie rozwoju owocników zewnętrzna warstwa perydium, tj. egzoperydium, pęka promieniście od szczytu na kilka trójkątnych płatów, które niekiedy silnie odginają się pod spód owocnika. Liczba płatów egzoperydium jest różna u poszczególnych gatunków i waha się od 4–12 płatów, np. u *Geastrum triplex* 4–5(–8), natomiast u *G. fimbriatum* 5–8–12. Średnica dojrzałych owocników jest zróżnicowana u różnych

gatunków gwiazdoszy. Duże owocniki, np. u *Geastrum rufescens*, osiągają średnicę 5–10 cm, a u *G. coronatum* 6–12 cm, natomiast najmniejsze z tego rodzaju – *Geastrum minimum* – mają średnicę zaledwie 10 mm.

Płaty pękającego egzoperydium odchylają się i odsłaniają kuliste lub nieco spłaszczone endoperydium, które może być siedzące albo uniesione na szyjce. Cecha ta niekiedy staje się widoczna dopiero po wysuszeniu owocników. U podstawy endoperydium u niektórych gwiazdoszy wykształca się apofiza, czyli rodzaj kolistego zgrubienia, np. *Geastrum quadrifidum*, *G. berkeleyi*, *G. schmideli*, *G. minimum*, *G. coronatum*. Jego ściana jest cienka, pergaminowata. Powierzchnia może być gładka, jak również szorstko brodawkowata.

Na szczycie endoperydium wykształca się specjalny otwór, przez który uwalniają się zarodniki, tzw. perystom. Może on być płaski do stożkowatego, włókniisto-frędzlowaty lub karbowano-grzebieniasty. Wokół niego może znajdować się talerzyk, oddzielony wałeczkiem lub tylko różniący się od reszty endoperydium.

Wnętrze endoperydium wypełnia gleba, która w owocnikach dojrzałych jest w kolorach brązu. Glebę tworzy masa zarodników i płonnych, długich strzępek, czyli tzw. włośnia. Strzępki włośni wykazują budowę typową dla *Geastraceae* i są nierozgałęzione.

Zarodniki mają kształt kulisty, z wyraźnymi brodawkami na powierzchni. Wielkość spor waha się od 3 do 7,5 μm .

Wszystkie gatunki gwiazdoszy występujące w Górach Świętokrzyskich wytwarzają typowe dla rodzaju owocniki. Różnice dotyczą między innymi budowy i wyglądu owocników, kształtu perystomu oraz wielkości i morfologii zarodników, zajmowanych siedlisk. Opis niektórych cech poszczególnych gatunków zawarto w tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane cechy poszczególnych gatunków *Geastrum* występujących w Górach Świętokrzyskich

Table 1. Selected features of *Geastrum* genus fungi are found in the Świętokrzyskie Mts.

Gatunek <i>Species</i>	Cechy charakterystyczne <i>Characteristic feature</i>
<i>Geastrum berkeleyi</i> (gwiazdosz angielski)	Endoperydium uniesione na szyjce, u jego podstawy wykształcona apofiza. Powierzchnia endoperydium szorstko-brodawkowata. Perystom karbowano-grzebieniasty. Talerzyk oddzielony od reszty endoperydium wałeczkiem. Zarodniki 4,5–6 (–7,5) μm .
<i>Geastrum coronatum</i> (gwiazdosz uwieńczony)	Endoperydium uniesione na szyjce, u jego podstawy wykształcona apofiza. Perystom włóknisto-frędzlowaty. Zarodniki 4–7,5 μm .
<i>Geastrum elegans</i> (gwiazdosz bury)	Endoperydium siedzące. Perystom karbowano-grzebieniasty. Zarodniki 5–6,5 μm .
<i>Geastrum fimbriatum</i> (gwiazdosz frędzelkowaty)	Endoperydium siedzące. Perystom włóknisto-frędzlowaty. Zarodniki 3–4(–5) μm .
<i>Geastrum minimum</i> (gwiazdosz najmniejszy)	Endoperydium uniesione na szyjce, u jego podstawy wykształcona apofiza. Na powierzchni endoperydium warstewka kryształków szczawianu wapnia. Perystom włóknisto-frędzlowaty. Talerzyk wydzielony od reszty endoperydium wałeczkiem. Zarodniki 4,5–5,5 (–7) μm .
<i>Geastrum pectinatum</i> (gwiazdosz grzebieniasty)	Endoperydium uniesione na szyjce. Perystom karbowano-grzebieniasty bez talerzyka, ale oddzielony wałeczkiem. Zarodniki 6–7,5 μm .
<i>Geastrum quadrifidum</i> (gwiazdosz czteropromienny)	Endoperydium uniesione na szyjce, u jego podstawy wykształcona apofiza. Perystom włóknisto-frędzlowaty. Talerzyk wydzielony od reszty endoperydium wałeczkiem. Zarodniki 4,5–6 μm .
<i>Geastrum rufescens</i> (gwiazdosz rudawy)	Endoperydium siedzące. Perystom włóknisto-frędzlowaty. Zarodniki ok. 4,5 μm .
<i>Geastrum schmidelii</i> (gwiazdosz Schmidela)	Endoperydium uniesione na szyjce, u jego podstawy wykształcona apofiza. Perystom karbowano-grzebieniasty. Zarodniki (4,7–) 5–7 (–7,5) μm .
<i>Geastrum triplex</i> (gwiazdosz potrójny)	Endoperydium siedzące. Perystom włóknisto-frędzlowaty. Zarodniki 4,5–5,2 (–5,8) μm .

WYMAGANIA SIEDLISKOWE I ROZMIESZCZENIE

Grzyby z rodzaju *Geastrum* odznaczają się przywiązaniem do siedlisk suchych, ciepłych; preferują stanowiska termofilne, ciepłolubne murawy, lasy liściaste i iglaste, kserotermiczne zarośla, spotykane są na siedliskach piaszczystych, w zbiorowiskach naturalnych i pochodzenia antropogenicznego. Na ogół występują na glebach lekkich, często na piaszczystych glebach wapiennych (Kreisel 1987; Rudnicka-Jezierska 1991; Wojewoda 2003).

Obszar występowania rodzaju *Geastrum* obejmuje Europę, Azję, Amerykę Północną i Środkową, Austrię (Stanek 1958; Jülich 1984; Hansen, Knudsen 1997; Boletus Informaticus 2009).

Pierwsze dane dotyczące występowania gwiazdoszy w Górach Świętokrzyskich pochodzą z XIX wieku od Jastrzębowskiego (1829) i Błońskiego (1890), którzy z obszaru Łysych Gór pod nazwą *Geaster limbatus* Fr. wymieniali *Geastrum coronatum*. Następnie ze Świętokrzyskiego Parku Narodowego Lisiewska (1978; 1979) podała *Geastrum quadrifidum*. W kolejnych latach prowadzone były badania Łuszczyńskiego (1997, 1998, 2007, 2008) i przygodne obserwacje mikologów amatorów (Kujawa, Gierczyk 2010), w wyniku których stwierdzono łącznie występowanie 8 gatunków z tego rodzaju. Badania autorki niniejszego artykułu wniosły poznanie dalszych dwu gatunków na terenie omawianego regionu, co powoduje, że rodzaj *Geastrum* w Górach Świętokrzyskich reprezentowany jest przez 10 gatunków.

Wykaz stwierdzonych gatunków z rodzaju *Geastrum* w Górach Świętokrzyskich:

- *Geastrum berkeleyi* Masse (gwiazdosz angielski) (ryc. 1) – znaleziono na obrzeżu rezerwatu „Milechowy”, w młodym lesie sosnowym pochodzącym z nasadzenia. Występuje w grupie po kilka owocników.



Ryc. 1. Owocnik gwiazdosza angielskiego na stanowisku w rezerwacie „Milechowy” (07.09.2009; fot. J. Jaworska)

Fig. 1. Fruitbody of *Geastrum berkeleyi*: at locality in „Milechowy” reserve (07 September 2009; photo by J. Jaworska)

- *Geastrum coronatum* Pers. (gwiazdosz uwieńczony) – jego występowanie stwierdzono na leżącym odłogiem polu w Kielcach (Baranówek) – pojedynczo (Łuszczyński 2008). Podawany był w XIX wieku ogólnie z obszaru Łysych Gór (Jastrzębowski 1829, jako *Geaster limbatus* Fr.; Błoński 1890).
- *Geastrum elegans* Vittad. (gwiazdosz bury) (ryc. 2) – znaleziono w młodym lesie sosnowo-brzozowym w Kielcach (Białogon) – w grupach po kilka sztuk (Łuszczyński, Jaworska 2009).



Ryc. 2. Owocnik gwiazdosza burego na stanowisku w Kielcach (20.10.2004; fot. J. Jaworska)

Fig. 2. Fruitbody of *Geastrum elegans*: at locality in Kielce (20 October 2004; photo by J. Jaworska)

- ***Geastrum fimbriatum* Fr.** (gwiazdosz frędzelkowaty) (ryc. 3) – występuje w *Potentillo albae-Quercetum* i *Tilio cordatae-Carpinetum betuli*, w lasach jodłowo-sosnowym, sosnowym z domieszką modrzewia oraz jodłowo-świerkowym z domieszką sosny; w rezerwacie „Milechowy”, rezerwacie „Żakowa Góra”, Góra Malik, w Kielcach (góra Brusznia, góra Biesak), w Bilczy i Kowali – zwykle pojedynczo lub w małych grupach (Łuszczyński 2008; Kujawa, Gierczyk 2010). W roku 2007 notowany masowo na stanowiskach w miejscowościach Bilcza i Kowala.



Ryc. 3. Owocnik gwiazdosza frędzelkowatego na stanowisku w rezerwacie „Milechowy” (07.09.2009; fot. J. Jaworska)

Fig. 3. Fruitbody of *Geastrum fimbriatum*: at locality in „Milechowy” reserve (07 September 2009; photo by J. Jaworska)

- ***Geastrum minimum* Schwein.** (gwiazdosz najmniejszy) – występuje w *Potentillo albae-Quercetum* i *Peucedano-Pinetum* oraz w rzadkim młodym lesie sosnowym, w Kielcach (Białogon, Połowice), na Grzywach Korzeckowskich, w Mostach – zwykle pojedynczo (Łuszczyński 2008). Jednak na stanowisku w miejscowości Mosty (Grzywy Korzeckowskie) w 1999 roku występował masowo.
- ***Geastrum pectinatum* Pers.** (gwiazdosz grzebieniasty) – znaleziony został w *Peucedano-Pinetum*, w Kielcach (Pietraszki) – pojedynczo (Łuszczyński 2008).

- ***Geastrum quadrifidum* DC. ex Pers.** (gwiazdosz czteropromienny) – występuje w *Potentillo albae-Quercetum*, *Tilio cordatae-Carpinetum betuli*, *Peucedano-Pinetum* oraz w *Serratulo-Pinetum*; w rezerwacie „Milechowy”, Kielcach (Brusznia, Stadion), na Grzywach Korzeckowskich – pojedynczo na ściółce (Łuszczynski 2008). Podawany był również ze Świętokrzyskiego Parku Narodowego (góra Agata) (Lisiewska 1978; 1979).
- ***Geastrum rufescens* Pers.** (gwiazdosz rudawy) (ryc. 4) – jego występowanie stwierdzono w *Serratulo-Pinetum*, w lasach mieszanym i jodłowym; w rezerwacie „Milechowy”, w Mostach, Bilczy – pojedynczo i w małych grupach (Łuszczynski 2008; Kujawa, Gierczyk 2010).



Ryc. 4. Owocnik gwiazdosza rudawego na stanowisku w rezerwacie „Milechowy” (08.10.2005; fot. J. Jaworska)

Fig. 4. Fruitbody of *Geastrum rufescens*: at locality in „Milechowy” reserve (08 October 2005; photo by J. Jaworska)

- ***Geastrum schmidelii* Vittad.** (gwiazdosz Schmidela) (ryc. 5) – znaleziony został w młodym lesie sosnowo-brzozowym w Kielcach (Białogon) – pojedyncze owocniki.



Ryc. 5. Owocniki gwiazdosza Schmidela na stanowisku w Kielcach (01.09.2009; fot. J. Jaworska)

Fig. 5. Fruitbodies of *Geastrum schmidelii*: at locality in Kielce (01 September 2009; photo by J. Jaworska)

- ***Geastrum triplex* Jungh.** (gwiazdosz potrójny) – występuje w *Tilio cordatae-Carpinetum betuli*, w lesie sosnowo-jodłowym z domieszką drzew liściastych; w Kielcach (góra Biesak, góra Pierścienica, Stadion), Bilczy – miejscami pojedynczo, miejscami w dużych skupiskach (Łuszczyński 2008; Kujawa, Gierczyk 2010).

ZAGROŻENIA I OCHRONA

Wszystkie gatunki z rodzaju *Geastrum* należą do rzadkich lub bardzo rzadkich, tylko niektóre z nich, jak *G. quadrifidum* i *G. fimbriatum* można uznać za relatywnie często występujące. W Polsce znajdują się na ogólnopolskiej czerwonej liście gatunków zagrożonych (Wojewoda, Ławrynowicz 2006), umieszczono je w następujących kategoriach:

- Ex (wymarłe lub zaginione): *G. berkeleyi*;
- E (wymierające): *G. elegans*, *G. minimum*, *G. rufescens*, *G. schmidelii*, *G. triplex*;
- V (narażone): *G. coronatum*, *G. pectinatum*;
- R (rzadkie): *G. fimbriatum*, *G. quadrifidum*.

W roku 2002 sporządzona została wstępna czerwona lista Basidiomycetes w Górach Świętokrzyskich (Łuszczyński 2002), w której następujące gatunki zalicza się do kategorii:

- E (wymierające): *G. coronatum*, *G. rufescens*;

- V (narażone): *G. pectinatum*, *G. quadrifidum*;
- R (rzadkie): *G. fimbriatum*, *G. minimum*.

W większości krajów europejskich gwiazdosze znajdują się na czerwonej liście gatunków zagrożonych.

Na przykład *Geastrum berkeleyi* w Wielkiej Brytanii umieszczono w kategorii Ex (wymarłe lub zaginione), w Danii w kategorii E (wymierające), w Austrii w kat. 1 (zagrożone wymarciem), w Estonii V (narażone), w Szwecji i Słowacji w VU (narażone), natomiast w Niemczech w kategorii R (rzadkie). Natomiast *G. elegans* w Austrii i Holandii umieszczono w kategorii 3 (gatunki zagrożone), w Niemczech w kat. 2 (silnie zagrożone), w Danii, Estonii, Wielkiej Brytanii w kat. V, Szwecji – kat. VU, a w Finlandii i Norwegii w kat. E (Wojewoda 2003; Wojewoda, Ławrynowicz 1992, 2006).

Do głównych czynników zagrażających temu rodzajowi należą między innymi: intensywna, często niewłaściwa gospodarka człowieka i zachodzące w związku z tym zmiany w naturalnych siedliskach czy wręcz całkowita ich utrata, a ponadto kwaśne deszcze, nadmierne wzbogacanie gleb w związki azotowe i inne.

W Górach Świętokrzyskich główne czynniki zagrażające tej grupie grzybów są podobne do zagrożeń występujących w innych regionach Polski. Należą do nich zanikanie i dewastacja siedlisk naturalnych; zanieczyszczenie powietrza, wody, gleby oraz niszczenie i zbieranie owocników. Owocniki gwiazdoszy zbierane są przypadkowo lub ze względu na ich atrakcyjny wygląd. Nadmierne zbieractwo powoduje również niszczenie siedlisk poprzez wydeptywanie lasów, zarośli.

W Polsce w roku 2004 wszystkie gatunki z tego rodzaju objęto ścisłą ochroną gatunkową (Rozporządzenie Ministra Środowiska 2004). Skuteczna ochrona tych ciekawych i rzadkich grzybów możliwa jest głównie dzięki zachowaniu naturalnych siedlisk, na których one występują.

Literatura

- Agerer R., Beenken L., 1998. *Geastrum fimbriatum* Fr. + *Fagus sylvatica* L. Descriptions of Ectomycorrhizae 3: 13–18.
- Błoński F., 1890. Wyniki poszukiwań florystycznych skrytokwiatowych dokonanych w ciągu lata r. 1889 w obrębie 5-ciu powiatów Królestwa Polskiego. Pam. Fizyogr. 10(3): 129–190.
- Boletus Informaticus, 2009. <http://data.gbif.org/species/14386078>.

- Hansen L., Knudsen H. (red.), 1997. Heterobasidioid, aphyllorphoroid and gastromycetoid Basidiomycetes. Nordic macromycetes. Nordsvamp, Copenhagen. 3: 341–345.
- Jastrzębowski W., 1829. Rośliny ciekawsze znalezione w Królestwie Polskiem. Pam. Warszaw. Umiejęt. Czyst. i Stosow. 4: 183–194.
- Jülich W., 1984. Die Nichtblätterpilze, Gallertpilze und Bauchpilze. Aphyllorphorales, Heterobasidiomycetes, Gasteromycetes. Kleine Kryptogamenflora. VEB G. Fischer Verl., Jena.
- Kirk P.M., 2008. Index Fungorum [<http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>].
- Kreisel H. (ed.), 1987. Pilzflora der Deutschen Demokratischen Republik. Basidiomycetes (Gallert-, Hut- und Bauchpilze). VEB G. Fischer Verl. Jena: 281.
- Kujawa A., Gierczyk B., 2010. Rejestr gatunków grzybów chronionych i zagrożonych w Polsce. Część III. Wykaz gatunków przyjętych do rejestru w roku 2007. Przegląd Przyrodniczy XXI (1): 8–53.
- Lisiewska M., 1978. Macromycetes na tle zespołów leśnych Świętokrzyskiego Parku Narodowego. Acta Mycol. 14(1–2): 163–191.
- Lisiewska M., 1979. Flora macromycetes Świętokrzyskiego Parku Narodowego. Acta Mycol. 15(1): 21–43.
- Łuszczynski J., 1997. Interesting macromycetes found in the Kielce town (Central Poland). Acta Mycol. 32(2): 207–228.
- Łuszczynski J., 1998. Macromycetes of the *Potentillo albae*–*Quercetum* in the Świętokrzyskie Mts – monitoring studies. Acta Mycol. 33(2): 231–245.
- Łuszczynski J., 2002. Preliminary red list of Basidiomycetes in the Góry Świętokrzyskie Mts (Poland). Polish Bot. Jour. 47(2): 183–193.
- Łuszczynski J., 2007. Diversity of Basidiomycetes in various ecosystems in the Góry Świętokrzyskie Mts. Monogr. Bot. 97: 218.
- Łuszczynski J., 2008. Basidiomycetes of the Góry Świętokrzyskie Mts. a checklist. Wyd. Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego Jana Kochanowskiego: 95–96.
- Łuszczynski J., Jaworska J., 2009. Gwiazdosz bury *Geastrum elegans* Vittad. – drugie stwierdzenie w Polsce. *Geastrum elegans* Vittad. – the second locality in Poland. Chronimy Przyr. Ojcz. 65 (3): 209–212.
- Rozporządzenie 2004. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 lipca 2004 r. w sprawie gatunków dziko występujących grzybów objętych ochroną. DzU nr 168 (2004), poz. 1765.
- Rudnicka-Jezińska W., 1991. Purchawkowate (Lycoperdales), Tęguskórowe (Sclerodermales), Pałeczkowate (Tulostomatales), Gniazdnicowate (Nidulariales), Sromotnikowate (Phallales), Osiakowe (Podaxales). W: A. Skirgiełło (red.). Grzyby (Mycota) 23. PWN, Kraków.

- Stanek V.J., 1958. Čeled Geastraceae – Hvězdovhovitě. Rod *Geastrum* Pers. ex Pers. – Hvězdovka. In: A. Pilát (ed.) Gasteromycetes houby – břichatky. Flora ČSR B. 1. Nakl. Československé Akademie Věd. Praha: 863.
- Wojewoda W., 2003. Checklist of Polish larger Basidiomycetes. Krytyczna lista wielkoowocnikowych grzybów podstawkowych Polski. In: Z. Mirek (ed.), Biodiversity of Poland. Bioróżnorodność biologiczna Polski. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences. Kraków. 7: 1–812.
- Wojewoda W., Ławrynowicz M., 1992. Czerwona lista grzybów wielkoowocnikowych zagrożonych w Polsce. Red list of threatened macrofungi in Poland. In: Zarzycki K., Wojewoda W., Heinrich Z. (red.). Lista roślin zagrożonych w Polsce (wyd. 2). List of threatened plants in Poland (2nd ed.). W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków: 27–56.
- Wojewoda W., Ławrynowicz M., 2006. Red list of the macrofungi in Poland. Czerwona lista grzybów wielkoowocnikowych w Polsce. In: Mirek Z., Zarzycki K., Wojewoda W., Szeląg Z. (red.). Red list of plants and fungi in Poland. Czerwona lista roślin i grzybów w Polsce. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków: 53–70.

A zoogeographic analysis of noctuid fauna in Uzbekistan

Analiza zoogeograficzna nocnych motyli Uzbekistanu

B.A. MUMINOV

Streszczenie. Praca przedstawia opis i analizę fauny nocnych motyli Uzbekistanu. Fauna nocnych motyli tego kraju jest bardzo zróżnicowana pod względem pochodzenia zoogeograficznego. Analiza taksonomiczna tej grupy owadów została przeprowadzona na podstawie podziału na sześć głównych grup, tj.: endemity Azji Środkowej, motyle należące do grup Setinus, Tethys, Palearktycznej i Holarktycznej oraz gatunki poliregionalne. W pracy przedstawiono listy gatunków należących do tych sześciu grup, ich udział procentowy oraz liczbę gatunków w podrodzinach nocnych motyli.

Słowa kluczowe: motyle nocne, ekologiczna właściwość, regiony zoograficzne.

B.A. Muminov, National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Faculty of Biology and Soil Science, Uzbekistan, 700174, Tashkent, VUZ Gorodok

INTRODUCTION

Noctuid is any of numerous, usually dull-colored night-flying moths of the family *Noctuidae*, having a well-developed proboscis for sucking nectar and larvae such as the cutworms and armyworms that are destructive to young trees and other crops (Krzhyzhanovsky 1965). Noctuids are one of the chief threats to cotton, which is probably the most important crop in the region (The National Strategy 1998). Noctuids are also called *owlet moths*. The faunistic composition

of noctuids in Uzbekistan varies extremely in its zoogeographic origin (Insects of Uzbekistan 1993). Quite common species occupy a significant place in the formation of fauna together with a large part of endemics of autochthonic origin. The ranges of these species cover the territories of large zoogeographic regions. In Uzbekistan, the origin and ecological peculiarities are equally reflected in the distribution of these species (Petrov 2001; Bekhanov 2007). The aim of the review is to present the zoogeographic analysis of noctuid fauna in Uzbekistan.

GROUPS OF NOCTUID SPECIES

In grouping of the noctuids by range types we primarily based on the available data on geographic distribution and trophic links of separate species. Uzbekistan stretches from the east to the west for more than 1000 km and in zoogeographic respect, is situated in the center of Tethys (ancient Mediterranean). Territorially, it is included into the Iran-Turanian subregion of Setinus (Sahara-Gobi) desert region of the Palaearctic part of the Holarctic (Emelyanov 1974). As it was mentioned above, the noctuid fauna in our region was formed by the species of autochthonic origin and allochthonic species widespread throughout the entire Tethys area or even the Palaearctic and beyond this region.

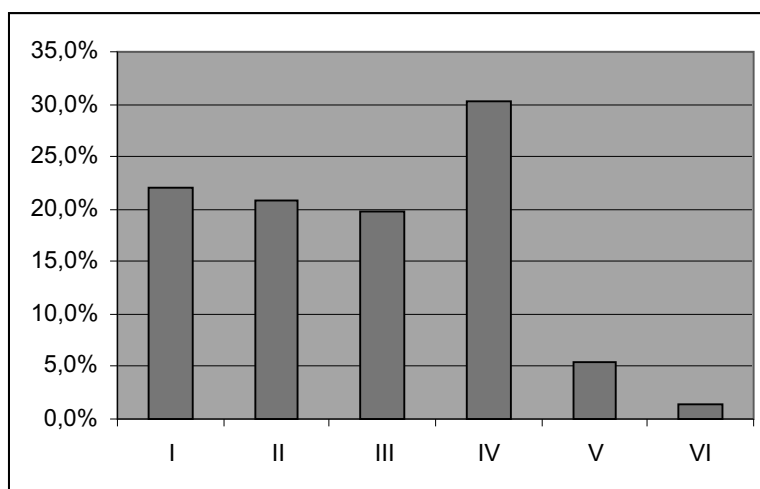
Proceeding from a significant biodiversity of ranges we united the revealed noctuid species into six groups:

1. **Endemics** of Central Asia (in zoogeographic perception) – species with ranges within the South-Turanian and North-Turanian flatland provinces, as well as the Turkestan mountain province with adjoining transitional territories.
2. **Setinus** (Sahara-Gobi) species inhabiting in the deserts and steppes of Northern Africa and arid zones of Asia.
3. **Tethys** species with ranges covering the territory of Ancient Mediterranean.
4. **Palaearctic** species, which are characterized with wide ranges of distribution in arid and damp parts of the Palaearctic.
5. **Holarctic** species – their ranges cover vast territories of the Palaearctic and Nearctic.
6. **Polyregional** species – their ranges cover, at least, two zoogeographic regions.

Quantitative and percentage ratios of noctuid species included into these groups are given in the graph below (fig. 1) and (table 1).

GROUP I – ENDEMICS OF CENTRAL ASIA

This is the second largest group comprising 78 species or 21,1% of the total number of revealed noctuid species. It includes the species whose ranges are situated in the territory, the borders of which stretch in the west through the Lower Povolzhie (the Lower Volga) and the eastern coast of the Caspian Sea; in the south, along Kopetdag, the north of Khurasan and along the beds of the Amudarya and Vakhsh rivers; in the east, along the alpine Pamirs, central Tien-Shan and Zailiysky Ala Tau; in the north, along northern part of Lake Balkhash, central Kazakhstan, Ural steppes to the Lower Povolzhie. The endemics in this region have been developing for a long time under the influence of similar arid nature-climatic conditions. The flora in the region has a common historic evolutionary way, which is characterized by adaptation to arid conditions.



I – Endemics; II – Setinus (Sahara-Gobi) species; III – Tethys species; IV – Palearctic species; V – Holarctic species; VI – Polyregional species.

I – Endemity; II – gatunki Setinus (Sahara-Gobi); III – gatunki Tethys; IV – gatunki Palearktyczne; V – gatunki Holarktyczne; VI – gatunki poliregionalne.

Fig 1. Percentage ratio of the number of species of separate zoogeographic noctuid groups in the fauna of Uzbekistan

Rys. 1. Udział procentowy liczby gatunków poszczególnych grup zoogeograficznych nocnych motyli w faunie Uzbekistanu

Detailed analysis of the species composition by individual groups is presented below. The following species are attributed to endemics of Central Asia:

- Subfamily *Pantheinae*
Raphia approximata Alph., *R. corax* Drt.
- Subfamily *Stirinae*
Paraegle ochracea Ersh., *Turacina ceratopyga* Pungl.
- Subfamily *Heliothinae*
Erythrophaia suavis Strg., *Heliothis feildi* Earsh.
- Subfamily *Cuculliinae*
Cucullia naruenensis Strg., *Metopoceras erschoffi*
- Subfamily *Noctuinae*
Euxoa mollis Strg., *E. leaena* Pungl., *E. acuminifera* Ev., *E. cognita* Strg., *E. nomas* Ersh., *Dichagyryrus melanuroides* Kzn., *D. kirghisa* Ev., *D. jacobsoni* Kzn., *D. argentea* Kzn., *D. improba* Strg., *D. turbans* Strg., *D. petersi* Christ., *D. lasciva* Strg., *Parexarnis violetta* Strg., *R. ignobilis* Strg., *R. subbecora* Strg., *R. hamptoni* B.-H., *Eugnorisma tamerlana* Hmp., *Eugraphe funkei* Pungl., *Eicomorpha antique* Strg., *Xestia erschoffi* Strg.
- Subfamily *Hadeninae*
Odontelia sitiens Pungl., *O. arbusculae* Skhr., *O. arenicola* Stshr., *Hadena dealbata* Strg., *O. fissilis* Christ., *H. thecaphaga* Drt.
- Subfamily *Ipimorphinae*
Mervia kuznetzovi Dart., *Cteipolia isotima* Pungl., *Hypsophila jugorum* Ersh., *Lithophane ledereri* Strg., *Bryoxena centralasiae* Strg., *Auchmis deterrentis* Strg., *Pseudohadena indigna* Christ., *Pseudopseustis elinguis* Pungl., *P. striolata* Flpv., *Diadochia saca* Pungl., *Heterographa zelleri* Christ., *H. fabrilis* Pungl., *Marsipophora christophi* Ersh., *Pseudoligia simililaria* Mntr., *Pinacoplus didymogramma* Ersh., *Chortodes abrupta* Ev., *Coenagria nana* Strg., *Eremodrina vicina* Strg., *Rhabinopleryx turanica* Ersh.
- Subfamily *Catocalinae*
Anydrophila imitatrix Christ., *A. simiola* Pungl., *A. mirifica* Ersh., *Drasteria langi* Ersh., *D. obscurata* Strg., *D. baigakumensis* Jn., *D. sesquistria* Ev., *Anumeta palpingularis* Pungl., *A. fricta* Christ., *Metoponrhis karakumensis* Grm., *Epharmottomena nana* Strg., *Drasteriodes kisilkumensis* Ersh., *Iranada secunda* Ersh., *Armada clio* Strg., *Apopestes centralasiae* Wrr., *Autophila maculifera* Strg., *A. glebicolor* Ersh., *Zethes monotonus* Wltr.
- Subfamily *Plusiinae*
Syngrapha alaica Glvg.

- Subfamily *Sarrothripinae*
Characoma musculana Ersh.
- Subfamily *Acontiinae*
Eublemma gratiosa Ev. Totally 78 species.

The above list shows that the subfamily *Noctuinae* contains the highest number of species (23), followed by *Ipimorphinae* and *Catocalinae* (19 and 18 species, respectively). At the level of the genus many endemics from the subfamily *Noctuinae* have the following genera *Euxoa* (5 spp.), *Dichagyris* (8 spp.) and *Rhiacia* (4 spp.). In *Hadeninae*, the genus *Odontelia* has 4 out of 6 species; in *Catocalinae*, the genus *Drasteria* is comprised of 4 species.

Most species are encountered in plain lands and foothill areas of Central Asia. Of endemics, whose biology has been studied, about 40 species are monovoltine, adapted to dry hot conditions and having a diapause at one of the development stages. By trophic links, the most representatives from this group are monophages feeding on such plants as the saxaul, glasswort, wormwood and other plants typical for deserts.

GROUP II – SETINUS (SAHARA-GOBI) SPECIES

The ranges of species included into this group cover a significant territory situated from the west part of North Africa to the Gobi desert in the east. This territory is characterized with a dry and hot climate. The northern border passes along the black-sea coast of Turkey, eastern part of Transcaucasia, Lower Povolzhie and northern Kazakhstan. The southern border passes through the center of Arabia, Iran-Pakistan coast of the Indian Ocean, to the east of the River Indus and the watershed of Hindu Kush and the Himalaya. The main territory lies in such great deserts as Sahara, Arabian Desert, Kara Kum, Kyzyl Kum, Taklamakan and Gobi. The climate is damp only in the south-east and north. Group II is comprised of 73 species, i.e. 20,9% of the total number of revealed species.

The species composition is following:

- Subfamily *Acronictinae*
Acronicta centralis Ersh., *A. elaeagni* Alph.
- Subfamily *Bryophilinae*
Cryphia maeonis Ld.
- Subfamily *Cuculliinae*
Cucullia improba Christ., *C. maracandica* Stgr., *C. hemidiophana* Grr., *C. khorossana* Brdt., *Lophoterges centralasiae* Stgr.

- Subfamily **Noctuinae**

Euxoa mustelina Christ., *E. parnassiphila* Stgr., *Trichosilia plumba* Alph., *Dichagyris melanura* Kol., *D. eremicola* Stgr., *D. tyrannus* B.-H., *D. umbrifera* Alph., *D. amoena* Stgr., *D. truculenta* Ld., *D. glaucescens* Christ., *D. juldussi* Alph., *Parexarnis obumbrata* Stgr., *P. sellers* Christ., *P. ala* Stdr., *Spaelotis degeniata* Christ., *Eugnorisma trigonica* Alph., *Eugraphe marcida* Christ., *Ammogrotis suavis* Stgr., *Xestia senescens* Stgr.

- Subfamily **Hadeninae**

Thargelia discincta Christ., *Hadultt ptotchica* Pungl., *H. sabulorum* Alph.

- Subfamily **Ipimorphinae**

Polymixis apoteinae Brd., *Pseudohadena laciniosa* Christ., *P. armata* Alph., *P. siri* Ersh., *Anamecia maltiosa* Alph., *Scythocentropus scripturosa* Ev., *Margelana versicolor* Stgr., *Eremodrina expansa* Alph., *E. fergana* Stgr., *Chilodes distracta* H.-S.

- Subfamily **Hypeninae**

Phynchodontodes ravalis H.-S., *R. ravulalis* Stgr., *R. separata* Wr., *L. revolutalis* Zll., *R. soricalis* Pungl.

- Subfamily **Catocalinae**

Catocala deducta Ev., *C. lupina* H.-S., *C. optima* Stgr., *C. remissa* Stgr., *Dysgonia rogenhoferi* Bht., *Gonospileia munita* Hon., *Drasteria sinuosa* Stgr., *D. tenera* Stgr., *D. catocalis* Stgr., *D. saisani* Stgr., *D. cailino* Ld., *D. sesquilina* Stgr., *D. sesquistra* Ev., *D. rada* Bsd., *D. aberrans* Stgr., *Anumeta spilota* Ersh., *A. henkei* Stgr., *A. fractistrigata* Alph., *A. dentistrigata* Stgr., *A. cestina* Stgr., *Drasterioides limata* Christ., *Armada dentata* Stgr., *A. panaceorum* Men., *Tarachephia hueberi* Erch., *Pandesma robnsta* Wlk., *Autophi'in gracilis* Stgr.

- Subfamily **Acontiinae**

Eublemma pallidula H.-S., *E. uniformis* Stgr. Totally 73 species.

In this group the highest number of species in the subfamily *Catocalinae* (26 spp.) followed by *Noctuinae* and *Ipimorphinae* (19 and 10 species, respectively).

Table 1. The numbers of species in some noctuid subfamilies in zoogeographic groups (I–VI – zoogeographic groups)

Tabela 1. Liczba gatunków w podrodzinach nocnych motyli w grupach zoogeograficznych (I–VI – grupy zoogeograficzne)

No Nr	Subfamilies Podrodzina	I	II	III	IV	V	VI
1	<i>Pantheinae</i>	2	–	–	–	–	–
2	<i>Acronictinae</i>	–	2	–	4	–	–
3	<i>Bryophilinae</i>	–	1	–	2	–	–
4	<i>Stirinae</i>	2	–	2	–	–	–
5	<i>Heliothinae</i>	2	–	4	3	1	1
6	<i>Cuculliinae</i>	3	5	7	8	1	–
7	<i>Noctuinae</i>	23	19	19	32	1	3
8	<i>Hadeninae</i>	6	4	8	29	6	–
9	<i>Ipimorphinae</i>	19	10	5	18	7	–
10	<i>Hypeninae</i>	–	5	–	–	–	–
11	<i>Catocalinae</i>	18,	26	16	4	1	–
12	<i>Chloephorinae</i>	–	–	–	2	–	–
13	<i>Plusiinae</i>	1	–	3	3	2	1
14	<i>Eutelinae</i>	–	–	1	–	–	–
15	<i>Sarrothripinae</i>	1	–	–	–	–	–
16	<i>Acontiinae</i>	1	2	5	2	–	–
	Total	78	74	70	107	19	5

There are genera comprised of several species, e.g.: *Dichagyris*, 8 spp., *Catocala*, 4; *Drasteria*, 9; *Anumeta*, 5. Of interest is the fact that all five representatives of the subfamily *Hypeninae* encountered in Uzbekistan are *Setinus* species. Perhaps their belonging to one genus *Rhynchodontodes* was reflected on their ranges. Trophically, they are related to the camel's thorn, *Alhagi maurorum*, which is a xerophyte of desert and semi-desert biocenoses. There are polyphages in this group (*Noctuinae*, *Hadeninae* and *Ipimorphinae*), which feed on ephemers and ephemeroids typical of arid climatic conditions. The species of this group are mainly monocyclic developing in Uzbekistan in one generation with a summer diapause at one of the development stages. In general, the representatives of the *Setinus* group, as well as the endemics of Central Asia, are noted for a high

adaptation to arid conditions, albeit with wider ranges of distribution covering partially subtropics and mountain areas as high as 3 200 m above sea level.

GROUP III – TETHYS SPECIES (ANCIENT MEDITERRANEAN)

The borders of the ranges of distribution of this group are expanded northwards to the line passing along the north of Pyrenees, southern France, central Alps, north of Balkans, south Carpathians, central Ukraine, Mid-Povolzhie, south Pre-Ural region, South Siberia, Altai and to the south of Primorye province. The eastern border lies along the line of Khingan-Qinglin, eastern Tibet and eastern Himalayas; the western across Madeira, Azores and Canary Islands. The south borders of Ancient Mediterranean coincide with the borders of Setinus region. The territory of Tethys includes Hisperian, Orthrian, Scythian and Setinus regions, forming the southern arid part of the Palaearctic. The species composition of the Tethys group including 70 species (19.8%) is the following:

- Subfamily ***Stirinae***

Aegle subclava Ersh., *Mycteroplus puniceago* Bsdv.

- Subfamily ***Heliothinae***

Periphanes delphinii L., *Heliothis peltigera* Den. et Schiff., // *nubigera* H.-S., *H. incarnata* Frr.

- Subfamily ***Cuculliinae***

Cucidlia spectabilis Hbn., *C. splendida* Cr., *C. boryphora* F.-W., *C. biornata* F.-W., *C. scrohpulariae* Den. et Schiff., *Omphalophana anatolica* Ld., *Amphipyra tragopoginis* Col.

- Subfamily ***Ipimorphinae***

Lithophane lapidea Hbn., *Apamea leucodon* Ev., *Pseudohadena chenopodiphaga* Rmbr., *Oria musculosa* Hbn., *Eremodrinae clara* Schw.

- Subfamily ***Noctuinae***

Euxoa conspicua Hbn., *E. fallax* Ev., *E. cos* Hbn., *E. deserta* Stgr., *K. foeda* Ld., *E. hilaris* Frr., *Agrotis obesa* Bsdv., *A. lasserrei* Obrt., *Dichagyris squalorum* Ev., *D. candelisequa* Den. et Schiff., *D. forficula* Ev., *D. euretteocles* Bours., *D. multispis* Ev., *Chersotis vicina* Corti., *Ch. hahni* Chr., *Ch. larixia* Gn., *Rhyacia musculus* Stgr., *Eugnorisma chaldaica* Bsdv., *Eugrapheminiago* Trr.

- Subfamily ***Plusiinae***

Euchalcia herrichi Stgr., *Macdunnoughia confusa* Stph., *Cornutiplusia circumflexa* L.

- Subfamily *Hadeninae*

Discestra dianthi Tsr., *D. sociabilis* Grsl., *Saragossa siccanorum* Stgr., *Conisania leineri* Frr., *Laconobia blenna* Hbn., *L. praedita* Hbn., *Leucania zae* Dupn., *L. loreyi* Dapn.

- Subfamily *Acontiinae*

Glossodice polygramma Dupn., *Eublemma ostrina* Hbn., *E. rosea* Hbn., *E. purpurina* Den. et Schiff., *Acontia lucida* Hfh.

- Subfamily *Eutelinae*

Eutelia adulatrix Hbn.

- Subfamily *Catocalinae*

Catocala puerpera Grn., *C. neonympha* Esp., *Prodotis stolidus* F., *Dysgonia algira* L., *Clyde syriaca* Bgn., *C. illunaris* Hbn., *Percyima albidentaria* Frr., *Drasteria caucasica* Kol., *D. picta* Christ., *D. flexuosa* Mentr., *Anumenta cestis* Mentr., *Apopestes spectrum* Esp., *Autophila cataphanes* Hbn., *A. dilucida* Hbn., *A. asiatica* Stgr., *Acantholipes regularis* Hbn. Totally 70 species.

The above list shows that the highest number of species is represented by the family *Noctuinae* (19 species) and *Catocalinae* (16 species). At the genus level they belong to *Cucullia*, *Euxoa*, *Dichagyris*, *Chersotis*, *Heliothis*, *Drasteria*, *Autophila* and *Eublemma*. Although the general territory of distribution of species of this group occupies a vast area from Japan to Azores, for some species the ranges are quite limited. About 40 species are not encountered beyond the eastern border of Turkestan (mountain) province. Such species as *Mycteroplus puniceago*, *Cucullia foeda*, *C. splendida*, *C. boryphora*, *C. maracandica*, *Amphipyra tragopigonis*, *Euxoa conspicua*, *E. foeda*, *Dichagyris eureteocles*, *Chersotis hahni*, *Ch. larixia*, *Conisania leineri*, *Laconobia blenna*, *L. praedita*, *Litophane lapidea*, *Apamea leucodon*, *Catocala puerpera*, *C. neonympha*, *Autophila cataphanes*, *A. dilucida*, *Acantholipes regularis*, *Macdunnoughia confusa*, and *Glossodice polygramma* are encountered only in the central part of this territory.

By trophic links of the larvae, most representatives of this group are oligo- or polyphages. The expansion of the range of fodder plants occurred owing to mesophytes, which are the main vegetation in the north and marine regions of Tethys. By the cycles of development the number of monocyclic and polycyclic species is almost similar.

GROUP IV – PALAEARCTIC SPECIES

This is the largest group comprising 107 species of 11 subfamilies and 54 genera, which constitutes 30,3% of the total number of noctuids in Uzbekistan. The ranges of distribution of the species cover vast territories of Tethys and Giadiya with transitional areas with the exception of circumpolar region and joining territory of Extreme North of the Palaearctic. The Palaearctic species are characterized with their adaptation to arid-damp conditions, polyvoltine nature and polyphagy.

The following species are included into Group IV:

- Subfamily *Acrionictinae*

Acrionicta tridens Den.et Schiff., *A. psi* L., *A. rumicis* L., *Simyra nervosa* Den.et Schiff.

- Subfamily *Bryophilinae*

Cryphia algae F., *C. raptricula* Den.et Schiff.

- Subfamily *Heliothinae*

Schinia scutosa Den.et Schiff., *Heliothis virescens* Hfn., *H. maritima*

- Subfamily *Cuculliinae*

As the above list shows, in this group there are many species, which are potential pests of *Cucullia magnifica* Frr., *C. argentea* Hfn., *C. argentina* F., *C. xeranthemi* Bdw., *C. dracunculi* Hbn., *C. elongata*., *Oncocnemis strioligera* Ld., *Amphipyra tetra* F.

- Subfamily *Noctuinae*

Euxoa ochrogaster Gn., *E. cursoria* Hfn., *E. obelisca* Den.et Schiff., *J. tritici* L., *E. nigricans* L., *E. basigramma* Stdr., *E. aquilina* Den.et Schiff., *Agrotis segetum* Den.et Schiff., *A. exclamationis* L., *A. ripae* Hbn., *A. crassa* Hbn., *Dichagyris signifera* Den.et Schiff., *D. musiva* Hbn., *D. stenzi* Ld., *D. flammata* Den.et Schiff., *Parexarnis fugas* Trtk., *Chersotis rectangula* Den.et Schiff., *Ch. sordescens* Stgr., *Ch. ocellina* Den.et Schiff., *Ch. alpestris* Bsd., *Ch. multangula* Hbn., *Ch. elegans* Ev., *Epipsilia grisescens* F., *Rhyacia simulans* Hfn., *Noctua pronuba* L., *N. orbona* Hfn., *Opigena polygona* Den.et Schiff., *Eugnorisma insignata* Ld., *E. depuncta* L., *Diarsia rubi* Vwg., *Xestia xanthographa* Den.et Schiff., *Spaelotis ravida* Den.et Schiff.

- Subfamily *Hadeninae*

Discestra marmorosa Brkh., *D. furca* Ev., *D. stigmata* Christ., *D. sodae* Bsd., *Polia nebulosa* Hfn., *Sideridis reticulata* Gz., *Hadena bicruris* Hfn., *H. literata* F.-W., *H. luteago* Den.et Schiff., *H. compta* Den.et Schiff., *H. albimacula* Brkh., *H. magnolia* Bsd., *H. luteocincta* Rmb., *H. perplexa* Den.et Schiff., *Hecaptera*

biolorata Hfh., *H. dysodea* Den.et Schiff., *Ceramia pisi* L., *Laconobia splendens* Hbn., *L. oleracea* L., *L. thalassina* Hfn., *Lasionycta proximo* Hbn., *Cerapterix graminis* L., *Egira conspicillaris* L., *Orthosia gracilis* Den.et Schiff., *Mythimna conigera* Den.et Schiff., *M. vitellina* Hbn., *M. ferrago* F., *M. l-album* L., *Leucania comma* L.

- Subfamily ***Ipimorphinae***

Xylena exsoleta L., *Xanthia fulvago* L., *X. gilvago* Den.et Schiff., *Apamea crenata* Hfn., *A. furva* Den.et Schiff., *A. oblonga* Hfwr., *A. ferrago* Ev., *Pseudohadena immunda* Ev., *Amphipoea fucosa* Frr., *A. lucens* Frr., *Arenostola semicana* Esp., *Chortodes extrema* Hbn., *Argyrospila succinea* Esp., *Hoplodrina octogenaria* Gz., *H. blanda* Den.et Schiff., *H. ambigua* Den.et Schiff., *Platyperigea albina* Ev., *Paradrina clavipalpis* Scop.

- Subfamily ***Catocalinae***

Catocala nupta L., *C. elocata* Esp., *Lygephila cracca* Den.et Schiff., *Tyta luctuosa* Den.et Schiff.

- Subfamily ***Chloephorinae***

Earias clorana L.

- Subfamily ***Acontiinae***

Eublemmaparva Hbn., *Emmelia trabealis* Scop.

- Subfamily ***Plusiinae***

Panchrysia deaurata Esp., *Plusia festucae* L., *Syngrapha hohenwarthi* Hwr.

Many species of this group are potential pests of different agricultural crops. Due to their polyphagous nature at the larval stage, ecological plasticity and polyvoltine nature, these species show a constant tendency of expansion of their ranges. In the investigations carried out in agroecosystems during the peak of activity of the moth flights by means of light traps, some species, namely, *Schinia scutosa*, *Heliothis virescens*, *Agrotis segetum*, *Aconobia oleracea*, *L. thalassina*, *Mythimna vitellina*, *Hoplodrina blanda*, *Tyta luctuosa*, *Dichagyris flammatra* and *Emmelia trabealis* constituted the major part of these moths.

A taxonomic analysis showed that the largest number of species were found in the subfamilies *Noctuinae* (32 spp.) and *Hadeninae* (29 spp.). More than the half of species from the subfamily *Hadeninae* recorded in Uzbekistan are included into the group of palaearctic species, which is attributed to the polyvoltine nature of development and a wide choice of fodder plants for these species. There are relatively many species in the subfamily *Ipimorphinae* (18 species). At the genus level widespread are *Hadena* (8 spp.), *Euxoa* (7 spp.), *Chersotis* and *ucullia* (6 species each), *Agrotis*, *Apamea*, *Dichagyris*, *Discerta* and *Mythimna* (4 species each).

GROUP V – HOLARCTIC SPECIES

The ranges of the species from this group cover a vast geographical territory from the Palaearctic and Nearctic. This group is comprised of 19 species constituting 5.4% of the total number of noctuid species of Uzbekistan. The species composition is the following:

- Subfamily *Heliothinae*
Pyrrhia umbra Hfn.
- Subfamily *Cuculliinae*
Cucullia lunnula Hfn.
- Subfamily *Noctuinae*
Laconobia w-latinum Hfn., *L. suasa* Den.et Schiff., *Orthosia incerta* Hfn.
- Subfamily *Hadeninae*
Discerta trifolii Hfh., *Polia bombycina* Hfh.,
Mamestra brassicae L.
- Subfamily *Ipimorphinae*
Episema glaucina Esp., *Xanthia ocellaris* Brks.,
Parastichtis suspecta Hbn., *Apamea lateritia* Hfn.,
A. remissa Hbn., *A.sordens* Hfh., *Spodoptera exiqua* Hbn.
- Subfamily *Catocalinae*
Scoliopteryx libatrix L.
- Subfamily *Plusiinae*
Trichoplusia ni Hbn., *Autographa gamma* L., *Xestia c-nigrum* L.

The largest number of holarctic species are found in the subfamilies *Hadeninae* (6 spp.) and *Ipimorphinae* (7 spp.). The genus *Apamea* of the latter subfamily is comprised of three species out of eight recorded in Uzbekistan. This fact is of interest as the genus *Apamea* are not wide polyphages; rather, they feed on the stems of cereals being inside them. In our view, a large-scale distribution of cereals all over the world has a crucial role in the expansion of the range of *Apamea*.

In general, all the holarctic species being mesophylous by their trophic links are polyphages preferring the herbal mesophytous vegetation. In their distribution holarctic species are not homogenous. Such species are *Autographa gamma* L., *Discerta trifolii* Hfn., *Mamestra brassicae* L. and *Laconobia suasa* Den.et Schiff. are more boreal while *Spodoptera exiqua* Hbn. is not distributed to the north of south Kazakhstan, Mongolia, south Europe and Central part of North America, and *Xestia c-nigrum* L. is recorded throughout the Holarctic being a cosmopolite in this zoogeographic dominion. By feeding links all holarctic

species are polyphages and serious pests of agricultural crops. Except the representatives of the genus *Apamea*, all the holarctic noctuids are polyvoltine. Such species as *Discerta trifolii* Hfn., *Laconobia w-latinum* Hfh., *Autographa gamma* L. and *Spodoptera exiqua* Hbn. develop in more than four generations in a year.

GROUP VI – POLYREGIONAL SPECIES

This group includes noctuids, the ranges of which cover more than two zoogeographic dominions or are distributed in the entire world. According to our data, five species from this group are reported from Uzbekistan, which constitutes 1.4% of the total number. They include the following species:

- Subfamily *Heliothinae*
Helicoverpa armigera Hfn.
- Subfamily *Noctuinae*
Agrotis ipsilon Hfh., *Ochropleura plecta* L., *Peridroma saucia* Hbn.
- Subfamily *Plusiinae*
Chrysoideixis chalcites Ev.

The range of *C. chalcites* is situated in three zoogeographic dominions – Palaearctic, Oriental (Indo-Malayan) and Australia. Originating from the Indo-Malayan dominion, it also spread along the south part of the Palaearctic northwards to the south of Europe and Kazakhstan, northern China; in the west, throughout Africa; in the south, throughout Australia. One of the most important agricultural pests, *H. armigera* is distributed practically throughout the eastern hemisphere, except boreal territories. Although this species is a polyphage by its trophic links, the favorite food for the larvae are the plants from the family *Fabaceae*, many species of which are widespread as cultural plants.

The noctuid *H. armigera* is a warm-loving species; it is not recorded farther to the north of the south Europe and Central Asia. *A. ipsilon* from the *Noctuinae* family is dangerous as a pest of agricultural crops and is recorded in the entire Holarctic, as well as in the Ethiopian, Indo-Malayan and Australian dominions. Two other *Noctuinae* species, *Peridroma saucia*, more known as *P. margaritosa*, and *Ochropleura plecta*, are eurytopic organisms widespread in both hemispheres, except the Extremer North. A zoogeographic analysis of revealed noctuid species, which was conducted on the basis of distribution and trophic links, enabled the separation of them into six groups:

I – Endemics of Central Asia (in zoogeographic perception) – 78 species (22.1% of the total number of species).

II – Setinus (Sahara-Gobi) species – 73 species (20.6%).

III – Tethys (Ancient Mediterranean) species – 70 species (19.7%).

IV – Palaearctic species – 107 species (30.3%).

V – Holarctic species – 19 species (5.4%).

VI – Polyregional species – 5 species (1.4%).

Mesophilous species trophically related to plants typical of the Ancient Mediterranean played a crucial role in the formation of noctuid fauna in Uzbekistan. They comprise more than 60% of the species composition and are not distributed beyond the southern arid part of the Palaearctic.

References

- Bekhanov H.U., 2007. The fauna of lepidopterans in Badai-Tugai state nature reserve of the Republic of Uzbekistan. Moscow: Sputnik Publishers: 94.
- The National Strategy and Action Plan of the protection of biological diversity. 1998. Tashkent: 134.
- Emelianov A.F., 1974. Proposals on the classification and nomenclature of ranges. Entomological Review, vol. LIII, No 3: 497–522.
- Krzhyzhanovsky O.L., 1965. The composition and origin of the terrestrial fauna in Central Asia. Moscow – Leningrad: Nauka Publishers: 356.
- Insects of Uzbekistan. 1993. Ed.: Acad. D.A. Azimov. Tashkent, Publishing House of Uzbek Academy of Sciences: 420.
- Petrov V.B., 2001. Biogeography with the basics of biosphere protection. St. Petersburg: 376.

Barszcz Sosnowskiego (*Heracleum sosnowskyi* Manden., *Apiaceae*) u podnóża Góry Zelejowej w gminie Chęciny (Wyżyna Małopolska)

Sosnowski's hogweed (*Heracleum sosnowskyi* Manden., *Apiaceae*)
at the foot of Zelejowa Mountain in the Chęciny commune
(Małopolska Upland)

MONIKA PODGÓRSKA, PRZEMYSŁAW WÓJCIK

Summary. *Heracleum sosnowskyi* Manden. (Sosnowski's hogweed) is an invasive alien species, which is native to flora of Caucasus. It was brought into Poland in the mid-Fifties of the 20th century and it was cultivated as pasturage for cattle in holding of whole country. Unfortunately, a negative impact of the species on environment has been observed. Although its tillage was stopped, the species still spontaneously appeared on new locations. Nowadays this phenomenon is still up to date.

In course of floristic studies conducted in year 2009 detailed siting of Sosnowski's hogweed on new location was fixed. Population was divided into respective aggregations. Number of individuals in every cluster was counted. On selection area phytosociological record (relevé) using Braun-Blanquet's method were completed for presenting type of community with *H. sosnowskyi* at the station.

New locality is situated at the foot of Zelejowa Mountain in the Chęciny commune (Małopolska Upland), (fig. 1a). Within confines of population of Sosnowski's hogweed 8 aggregations along a road to an inactive quarry have been distinguished (fig. 1b). There are around 500 individuals of the species. The least numerous cluster counts 3 individuals (cluster number 7), the most numerous aggregation counts around 400 individuals (aggregation number 5), (fig. 2). In the whole the population contains 300 generative and 200 vegetative forms (fig. 3). On the investigated area *H. sosnowskyi* grows in synanthropic communities of class *Artemisietea vulgaris* and in seminatural communities of the class *Trifolio-Geranieta sanguinei*. Dynamism of population of the species threaten to natural

and economic environment of the Chęciny commune. Thus, there is a requirement to top off a right performance to eliminate or cut down an abundance of Sosnowski's hogweed in this area.

Key words: invasive species, *Heracleum sosnowskyi* Manden., new location, Zelejowa Mountain, Świętokrzyskie Mountains, Małopolska Upland.

Dr Monika Podgórska, Przemysław Wójcik, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce, Polska; e-mail: iris@ujk.edu.pl

WSTĘP

Zjawisko inwazji, szeroko dyskutowane zarówno w literaturze polskiej (m.in. Guzikowa, Maycock 1986; Tokarska-Guzik 2003; Faliński 2004; Urbisz, Urbisz 2009), jak i światowej (m.in. Elton 1967; Pyšek i in. 2002; Genovesi, Shine 2004; Wolfe, Blair 2009; Rutkovska i in. 2009), polega na gwałtownej kolonizacji zupełnie nowych terenów, której towarzyszy bardzo szybki wzrost liczebności populacji danego gatunku obcego, powodujący na zajętych obszarach większe bądź mniejsze zmiany w ekosystemach i przynoszący przy tym szkody w gospodarce. Skutkiem inwazji jest ciągła kolonizacja prowadząca do wymierania lokalnych gatunków (Faliński 2004).

Jednym z rozpowszechnionych (w Polsce i na świecie) gatunków inwazyjnych jest *Heracleum sosnowskyi* Manden. (barszcz Sosnowskiego). Zamieszczony jest on m.in. na liście gatunków obcych, zagrażających bezpośrednio gatunkom rodzimym bądź siedliskom przyrodniczym terenu Polski (Rozporządzenie 2010), czy liście gatunków inwazyjnych Europy – NOBANIS – *European Network on Invasive Alien Species* (Nobanis 2007). Jest definiowany jako „obcy gatunek inwazyjny” (IAS – *Invasive Alien Species*), którego zawleczenie czy wprowadzenie wywołuje poważne zagrożenia przede wszystkim dla lokalnej różnorodności biologicznej lub gospodarki człowieka (Weidema 2000).

Barszcz Sosnowskiego jest gatunkiem rodzimym dla flory Kaukazu, z której został opisany przez Mandenową (1951). W latach pięćdziesiątych ubiegłego stulecia w byłym ZSRR był uprawiany na paszę dla zwierząt hodowlanych. Do Polski trafił z Wszechzwiązkowego Instytutu Uprawy Roślin w Leningradzie pod koniec lat pięćdziesiątych XX wieku i – dzięki swoim doskonałym właściwościom odżywczym (Lutyńska 1980; Pasieka 1984) – uprawiany był jako gatunek paszowy w Państwowych Gospodarstwach Rolnych (PGR) całego kraju. W niedługim czasie praktyki tej zaniechano ze względu na jego negatywne

oddziaływania na środowisko przyrodnicze (Sajdok, Pawlaczyk 2009). Pomimo że jego uprawa została zahamowana, w latach osiemdziesiątych XX wieku w Polsce wciąż spontanicznie pojawiał się na nowych stanowiskach, głównie w miejscach dawnych upraw oraz blisko porzuconych plantacji (Korniak, Środa 2003). Tendencje dynamiczne gatunku obserwowane w ostatnich dziesięcioleciach (Zarzycki i in. 2002; Tokarska-Guzik 2005) wskazują na znaczny wzrost liczby nowych stanowisk *H. sosnowskyi* na terenie naszego kraju, a także na wzrost liczby osobników na istniejących stanowiskach, co świadczy o dużej sile inwazyjnej tego gatunku.

Stanowisko barszczu Sosnowskiego położone u podnóża Góry Zelejowej, pomimo że znane jest już od co najmniej 10 lat (E. Bróz inf. ustna), nie było dotychczas publikowane.

Do głównych celów niniejszej pracy należy: 1) przedstawienie szczegółowej charakterystyki stanowiska *Heracleum sosnowskyi* stwierdzonego u podnóża Góry Zelejowej (podanie dokładnej lokalizacji, liczebności populacji i jej warunków siedliskowych); 2) próba określenia perspektyw trwania stanowiska i ewentualnych zagrożeń wynikających z jego istnienia.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA GATUNKU

Nazwa „barszcz Sosnowskiego” pochodzi od nazwiska badacza i uczonego obszaru Kaukazu – prof. D.I. Sosnowskiego (Wojtkowiak i in. 2008). *Heracleum sosnowskyi* Manden. jest przedstawicielem rodziny *Apiaceae*. To jeden z czterech gatunków z rodzaju *Heracleum* występujących na terenie Polski (Mirek i in. 2002) i jednocześnie jeden z dwóch gatunków inwazyjnych barszczu notowanych w naszym kraju (oprócz niego w Polsce rośnie także *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier – barszcz Mantegazziego). Oba gatunki mają podobną budowę morfologiczną. Różnią się między sobą kształtem liści, wysokością łodygi, wielkością baldachów (Rutkowski 2004), a także – jak donoszą ostatnio przeprowadzone badania (Pyšek i in. 2007; Moravcova 2007) – budową szypuła baldachów (u *H. sosnowskyi* są one krótko owłosione, a u *H. mantegazzianum* pokryte wąskimi, przejrzystymi, błyszczącymi brodawkami) oraz owoców (przewody olejkowe na grzbietowej stronie niełupki u barszczu Sosnowskiego sięgają tylko do 3/4 ich długości, a u barszczu Mantegazziego do końca owoców).

Barszcz Sosnowskiego ma działanie toksyczne i alergizujące. Jego łodygi i liście zawierają parzącą substancję, a skład której wchodzi furanokumaryny, powodujące uczulenia skóry, szczególnie ujawniające się przy wysokiej temperaturze powietrza i przy dużej jego wilgotności. Wpływa on także negatywnie na

rośliny zajmujące z nim wspólną niszę ekologiczną (Altman 1993). *H. sosnowskyi* może być entomogamiczny lub autogamiczny. Jego diaspory rozprzestrzeniają się epizoochorycznie, anemochorycznie oraz antropochorycznie (Urbisz, Urbisz 2009).

To gatunek o zasięgu dysjunktywnym – najwięcej jego stanowisk znajduje się na północy i w południowej części kraju. Środkowa część Polski charakteryzuje się rozproszonym i przypadkowym występowaniem stanowisk (Zajac, Zajac 2001). Najliczniej występuje m.in. w Krakowskim, Bielskim, Kieleckim, Tarnowskim oraz na Podhalu (zwłaszcza nad Dunajcem i w Kotlinie Zakopiańskiej) (Mirek 1993). Na Wyżynie Małopolskiej gatunek ten notowano głównie w Górach Świętokrzyskich, na Płaskowyżu Suchedniowskim i Płaskowyżu Jędrzejowskim (Piwowarski, Maciejczak 2010).

METODYKA I TEREN BADAŃ

W trakcie badań terenowych przeprowadzonych w 2009 roku określono szczegółową lokalizację oraz zasięg występowania badanego gatunku u podnóża Góry Zelejowej.

Wzgórze to położone jest na terenie gminy Chęciny (powiat kielecki, województwo świętokrzyskie). Według regionalizacji fizycznogeograficznej Kondrackiego (2000) teren ten leży w mezoregionie Góry Świętokrzyskie (podprovincja Wyżyna Małopolska).

Na badanym terenie zanotowano dokładne dane na temat rozmieszczenia poszczególnych osobników *Heracleum sosnowskyi* w obrębie stanowiska (naniesiono je na mapę topograficzną terenu w skali 1 : 10 000). Populację gatunku podzielono na poszczególne skupienia, które wyróżnione były wtedy, gdy w odległości nie większej niż 5 m od siebie występowały co najmniej dwa osobniki barszczu Sosnowskiego. Określono także liczebność *H. sosnowskyi* w każdym skupieniu (z podziałem na pędy wegetatywne i generatywne).

Na wybranej powierzchni 100 m² wykonano zdjęcie fitosocjologiczne metodą Braun-Blanqueta (Pawłowski 1977). Do zdjęcia wyznaczono powierzchnię niecałkowicie zajęłą przez osobniki barszczu, tak aby umożliwić jej szczegółową penetrację.

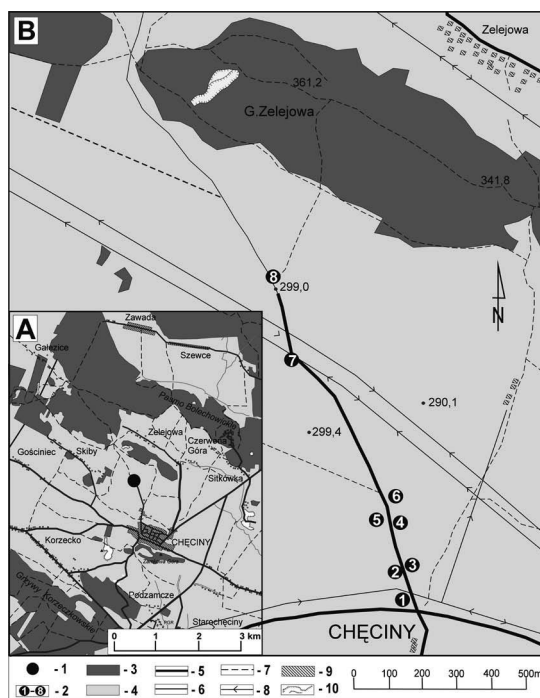
W terenie badań sporządzono także dokumentację fotograficzną.

Nazwy gatunków podano za Mirkiem i in. (2002), syntaksonów za Matuszkiewiczem (2001). Zebrany materiał zielnikowy złożono w zielniku UJK Kielce.

WYNIKI

LOKALIZACJA STANOWISKA

Stanowisko *Heracleum sosnowskyi* położone jest u podnóża Góry Zelejowej (kwadrat ATPOL EE 83) i rozciąga się w kierunku północno-zachodnim (począwszy od skrzyżowania drogi nr 762 z ulicą Partyzantów miasta Chęciny), aż do samego wzniesienia (ryc. 1A). W obrębie nowego stanowiska wyróżniono 8 skupień barszczu Sosnowskiego rozmieszczonych wzdłuż drogi prowadzącej do nieczynnego kamieniołomu, na długości około 1,5 km. Skupienia 1–6 zlokalizowane są dość blisko siebie (odległości między nimi nie przekraczają 100 m) i są znacznie oddalone (około 0,5 km) od skupienia 7 i 8 (ryc. 1B).

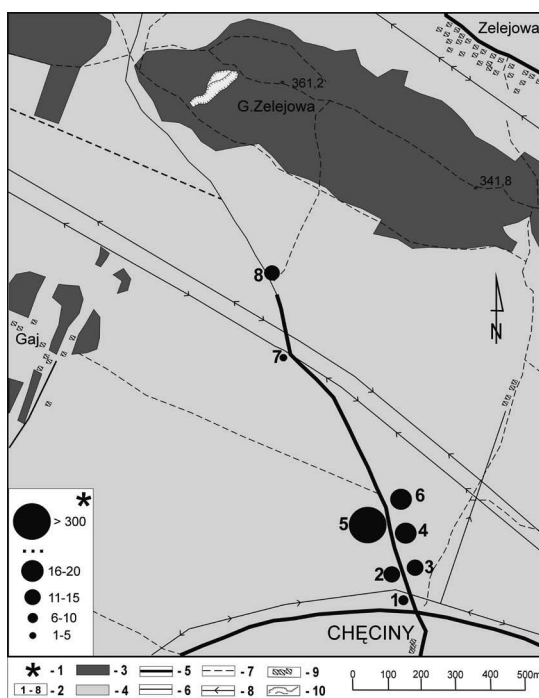


Ryc. 1. Lokalizacja nowego stanowiska *Heracleum sosnowskyi* Manden. u podnóża Góry Zelejowej (A) i rozmieszczenie poszczególnych skupień gatunku na nowym stanowisku (B); 1 – nowe stanowisko, 2 – poszczególne skupienia, 3 – lasy, 4 – tereny bezleśne, 5 – drogi główne, 6 – drogi drugorzędne, 7 – ścieżki, 8 – linie energetyczne, 9 – zabudowania, 10 – wyrobiska

Fig. 1. Location of new station of *Heracleum sosnowskyi* Manden. at the foot of Zelejowa Mountain (A) and distribution of individual aggregations of species on new locality (B); 1 – new locality, 2 – individual aggregations, 3 – forests, 4 – deforested area, 5 – main roads, 6 – secondary roads, 7 – paths, 8 – energy lines, 9 – buildings, 10 – quarries

LICZEBNOŚĆ POPULACJI

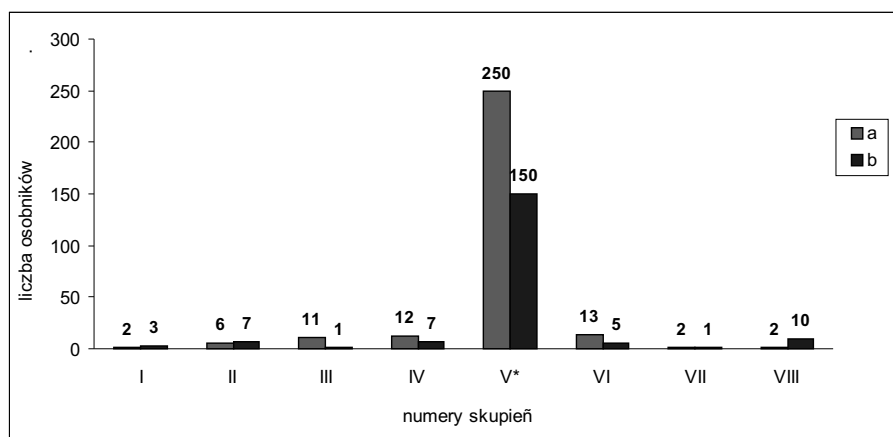
Na badanym stanowisku *Heracleum sosnowskyi* występuje w liczbie około 500 osobników. Większość wszystkich przedstawicieli całej populacji gatunku znajduje się w skupieniu 5 (około 400 osobników – liczba osobników w tym skupieniu została podana w przybliżeniu, ponieważ ich znaczny udział i właściwości toksyczne gatunku uniemożliwiły dokładną inwentaryzację). Najmniej liczne jest skupienie 7 (3 osobniki). Pozostałe charakteryzują się podobną liczebnością wahającą się od 10 do 20 osobników (ryc. 2).



Ryc. 2. Liczba osobników *Heracleum sosnowskyi* Manden. w każdym skupieniu na nowym stanowisku; 1 – liczba osobników w każdym skupieniu, 2 – numery skupień, 3 – lasy, 4 – tereny bezleśne, 5 – drogi główne, 6 – drogi drugorzędne, 7 – ścieżki, 8 – linie energetyczne, 9 – zabudowania, 10 – wyrobiska

Fig. 2. Number of individuals of *Heracleum sosnowskyi* Manden. in every aggregation on new locality; 1 – number of individuals in every cluster, 2 – numbers of clusters, 3 – forests, 4 – deforested area, 5 – main roads, 6 – secondary roads, 7 – paths, 8 – energy lines, 9 – buildings, 10 – quarries

W populacji barszczu Sosnowskiego stwierdzono występowanie około 300 osobników wegetatywnych i około 200 osobników generatywnych. W pięciu skupieniach osobniki wegetatywne przeważają nad generatywnymi (ryc. 3). Zależność ta bardzo wyraźnie zaznacza się na stanowisku 5, gdzie różnica między poszczególnymi formami sięga około 100 osobników. W pozostałych skupieniach (1, 2, 8) licznie przeważają osobniki generatywne (ryc. 3).



Ryc. 3. Liczba wegetatywnych i generatywnych osobników *Heracleum sosnowskyi* Manden. w poszczególnych skupieniach na stanowisku u podnóża Góry Zelejowej

* – liczba osobników podana w przybliżeniu

Fig. 3. Number of vegetative and generative individuals of *Heracleum sosnowskyi* Manden. in every cluster on the station at the foot of Zelejowa Mountain

* – approx. number of individuals

CHARAKTERYSTYKA SIEDLISKA

Na nowym stanowisku barszcz Sosnowskiego rośnie po obu stronach kamienistej drogi prowadzącej do rezerwatu „Góra Zelejowa” (dawny kamieniołom). Najczęściej, bo aż w pięciu przypadkach (skupienia 1, 2, 3, 7, 8 – ryc. 1), notowano go wyłącznie w zbiorowiskach synantropijnych (głównie z klasy *Artemisietea vulgaris* Lohm., PRSG et R.Tx. in R.Tx. 1950). W obrębie pozostałych, liczniejszych skupień (skupienia 4, 5, 6), gatunek wkraczał także w fitocenozy oddalone o kilkadziesiąt metrów od drogi, zbliżone do półnaturalnych, ciepłolubnych okrajków z klasy *Trifolio-Geranieta sanguinei* Müll. 1962.

DYSKUSJA

W 2004 roku u podnóża Góry Zelejowej można było wyróżnić kilkadziesiąt osobników *Heracleum sosnowskyi* (E. Bróz inf. ustna), które rosły tylko w jednym skupieniu (obecne skupienie 5). Po 6 latach stwierdzono kilkukrotny wzrost liczby osobników na badanym stanowisku i wyróżniono 7 dodatkowych skupień. Prawdopodobnie pierwszy osobnik w tej populacji pojawił się właśnie w granicach obecnego skupienia 5 i dał początek wszystkim innym na badanym terenie. Tak szybki wzrost liczebności barszczu Sosnowskiego na przestrzeni tych kilku lat potwierdza jego inwazyjny charakter.

Barszcz Sosnowskiego znalazł na badanym terenie bardzo dobre warunki siedliskowe, które sprzyjają jego inwazji – gatunek ten rozprzestrzenia się w sposób liniowy – wzdłuż dawnej drogi prowadzącej do starego kamieniołomu. Ten sposób rozmieszczenia jest charakterystyczny również dla innych obszarów. Zanotowano go np. w szczegółowym raporcie dotyczącym występowania *H. sosnowskyi* w województwie małopolskim (www.mir.krakow.pl), w którym przedstawione są 2 zasadnicze sposoby jego rozprzestrzeniania: 1) skupiskowe – obejmujące najczęściej tereny w bezpośrednim sąsiedztwie dawnych farm, na których gatunek ten był niegdyś uprawiany; 2) liniowe – wzdłuż potoków i rzek oraz poboczy i rowów wzdłuż dróg (Żurek 2002).

Z uwagi na niekorzystne oddziaływania barszczu Sosnowskiego na środowisko przyrodnicze, a także coraz częstsze przypadki oparzeń wywołanych przez ten gatunek, zostały opracowane metody jego zwalczania (www.mir.krakow.pl). Do najpopularniejszych należy metoda mechaniczna, która obejmuje następujące działania: wykopywanie i spalanie całych osobników barszczu, koszenie roślin przed ich kwitnieniem, ogławianie, czyli usuwanie baldachów barszczu na krótko przed dojrzewaniem nasion i ich spalanie, wymianę gleby na głębokości 10–20 cm w celu eliminacji nasion w niej zalegających, głęboką orkę (niszczenie podziemnych części barszczu) czy workowanie baldachów zabezpieczające przed zapyleniem i wydaniem nasion (Żurek 2002). Metodę mechaniczną dobrze jest połączyć z zastosowaniem środków chemicznych, które zwiększają efektywność zwalczania *Heracleum sosnowskyi*. Słabo rozpowszechniona jest metoda biologiczna z wykorzystaniem pluskwiaków (*Hemiptera*), które są fitofagami. Zasiedlają one barszcz Sosnowskiego, powodując przy tym jego uszkodzenia, do których należą: żółknięcie i sztywnienie liści, czernienie i zasychanie baldaszków (Nielsen i in. 2005). Jest to metoda nieingerująca znacznie w środowisko naturalne, dlatego można ją wykorzystywać np. na terenach chronionych.

W 2008 roku podjęto próbę zwalczania *Heracleum sosnowskyi* u podnóża Góry Zelejowej (E. Jokisz inf. ustna). Niestety barszcz Sosnowskiego został jedynie skoszony (prawdopodobnie już po wykształceniu dojrzałych owoców), co spowodowało rozsiew nasion i – w rezultacie – zabieg koszenia doprowadził do powiększenia się liczebności gatunku na badanym terenie. Wobec tego należałoby podjąć próbę dodatkowych, tym razem prawidłowych działań na polu mechanicznym, a jeśli nie przyniosą oczekiwanych skutków – w ostateczności zastosować metodę chemiczną.

Zwiększenie liczby osobników w populacjach barszczu Sosnowskiego po zastosowaniu wykaszania zaobserwowano także w innych regionach, m.in. na położonym niedaleko od mezoregionu Gór Świętokrzyskich Płaskowyżu Jędrzejowskim (Piwowarski, Maciejczak 2010). Na terenie tym omawiany gatunek posiada 15 stanowisk, na których (w większości przypadków) był zwalczany przez wykaszanie, a także spryskiwanie środkami chemicznymi, niestety bezskutecznie (prawdopodobnie i w tym przypadku metody zwalczania barszczu Sosnowskiego zastosowano w niewłaściwy sposób).

PERSPEKTYWY TRWANIA STANOWISKA I ZAGROŻENIA WYNIKAJĄCE Z JEGO ISTNIENIA

Dynamika populacji *Heracleum sosnowskyi* obserwowana na badanym stanowisku, przejawiająca się znacznym wzrostem liczby osobników oraz powiększeniem areału całej populacji na przestrzeni zaledwie kilku lat, daje bardzo duże możliwości do szybkiego rozwoju i rozprzestrzenienia się tego gatunku na sąsiednie tereny (m.in. na szlaki turystyczne i teren rezerwatu „Góra Zelejowa”).

Biorąc pod uwagę fakt, że u podnóża Góry Zelejowej nie stosuje się obecnie żadnych metod zwalczania barszczu Sosnowskiego, istnieje obawa, że gatunek ten stanie się w najbliższym czasie poważnym problemem dla środowiska przyrodniczego i gospodarczego gminy. Wobec takiej sytuacji gmina Chęciny powinna jak najszybciej podjąć odpowiednie działania zapobiegające i mające na celu zlikwidowanie bądź zasadnicze ograniczenie liczebności *H. sosnowskyi* na opisanym stanowisku, przy zastosowaniu właściwych metod jego zwalczania. Istnieją bowiem odpowiednie uregulowania prawne dotyczące obowiązku zwalczania roślin inwazyjnych (Rozporządzenie 2010), które powinny być respektowane.

Podziękowania: Pani Prof. dr hab. Marii Zajac za krytyczne uwagi udzielone w trakcie pisania niniejszej pracy, a także Panu dr. Edwardowi Brózowi za informacje o stanowisku autorzy serdecznie dziękują.

Literatura

- Altman H., 1993. Rośliny trujące i zwierzęta jadowite. Oficyna Wydawnicza Mulico. Warszawa: 145.
- Dajdok Z., Pawlaczyk P., 2009. Inwazyjne gatunki roślin ekosystemów mokradłowych Polski. Wydawnictwo Klubu Przyrodników. Świebodzin: 168.
- Elton Ch.S., 1967. Ekologia inwazji zwierząt i roślin. Państwowe Wyd. Rolnicze i Leśne. Warszawa.
- Faliński J.B., 2004. Inwazje w świecie roślin. Phytocoenosis. 16(10): 1–31.
- Genovesi P., Shine C., 2004. European strategy on invasive alien species. Convention on the Conservation of European Wildlife and Habitat (Bern Convention). Nature and Environment. 137: 1–67.
- Guzikowa M., Maycock P.F., 1986. The invasion and expansion of three North American species of goldenrod in Poland. Acta Soc. Bot. Poloniae. 55(3): 367–384.
- Kondracki J., 2000. Geografia fizyczna Polski. PWN. Warszawa: 441.
- Korniak T., Środa M., 2003. Plant communities with *Heracleum sosnowskyi* Manden. in North-Eastern Poland. W: A. Zajac, M. Zajac, B. Zemanek (red.). Phytogeographical problems of synanthropic plants. Institute of Botany. Jagiellonian University, Cracow: 239–243.
- Lutyńska M., 1980. Badania nad aklimatyzacją i wykorzystaniem barszczu Sosnowskiego (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) jako rośliny pastewnej. Biuletyn IHAR. 139: 1–37.
- Mandenova I.P., 1951. Rod borshchevik – *Heracleum*. – Genus: Hogwed – *Heracleum*. W: Shishkin B. K. (red.). Flora SSSR – Flora of the USSR. Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR. Moscow-Leningrad. 17: 223–259.
- Matuszkiewicz W., 2001. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Vademecum Geobotanicum. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa. 3: 537.
- Mirek Z., 1993. Rośliny naczyniowe. W: Z. Mirek, H. Piękoś-Mirkowa (red.). Przyroda Kotliny Zakopiańskiej: poznanie, przemiany, zagrożenie i ochrona. Tatry i Podtatrze. Tatrzański Park Narodowy, Kraków – Zakopane. 2: 418.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zajac A., Zajac M., 2002. Flowering plants and pteridophytes of Poland – a checklist. W: Z. Mirek (red.). Biodiversity of Poland W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków. 1: 442.
- Moravcová L., Gudžinskas Z., Pyšek P., Pergl J., Perglová I., 2007. Seed Ecology of *Heracleum mantegazzianum* and *H. sosnowskyi*. Two Invasive Species with Different

- Distributions in Europe. W: P. Pyšek, M.J.W. Cock, W. Nentwig, H.P. Ravn (red.). Ecology and Management of Giant Hogweed (*Heracleum mantegazzianum*). CAB International (dostęp 2010-07-24).
- Nielsen Ch., Ravn H.P., Nentwig W., Wade M. (red.). 2005. The Giant Hogweed Best Practice Manual. Guidelines for the management and control of an invasive weed in Europe. Forest & Landscape Denmark. Hørsholm: 44 (dostęp 2010-07-24).
- Nobanis 2007. The North European and Baltic Network on Invasive Alien Species Homepage, <http://www.nobanis.org> (dostęp 2010-07-24).
- Pasięka E., 1984. Wyniki badań nad *Heracleum sosnowskyi* Manden. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 257: 257–271.
- Pawłowski B., 1977. Skład i budowa zbiorowisk roślinnych oraz metody ich badania. W: W. Szafer & K. Zarzycki (red.). Szata roślinna Polski 1. PWN. Warszawa: 237–269.
- Piowowski B. & Maciejczak B., 2010. Rozmieszczenie i tendencje rozprzestrzeniania się *Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier [*H. sosnowskyi* Manden.] na Płaskowyżu Jędrzejowskim i terenach przyległych (Wyżyna Małopolska). W: A. Szczepkowski, A. Obidziński (red.). Planta in vivo, in vitro et in silico. LV Zjazd PTB. Oddział Warszawski Polskiego Towarzystwa Botanicznego. Warszawa: 61.
- Pyšek P., Sádlo J., Mandák B., 2002. Catalogue of alien plants of the Czech Republic. Preslia. 74: 97–186.
- Pyšek P., Cock M.J.W., Nentwig W., Ravn H.P. (red.). 2007. Ecology and management of Giant Hogweed (*Heracleum mantegazzianum*). CABI, UK: 313.
- Rozporządzenie 2010. Rozporządzenie Ministra Środowiska – Projekt z dnia 26 kwietnia 2010 r. w sprawie roślin i zwierząt gatunków obcych, które w przypadku uwolnienia do środowiska przyrodniczego mogą zagrozić gatunkom rodzimym lub siedliskom przyrodniczym (DzU 2009, nr 151, poz. 1220, nr 157, poz. 1241 i nr 215, poz. 1664).
- Rutkowska S., Jurševska G., Everts-Bunders P., 2009. Invasive woody species of Rosaceae in Daugavpils (Latvia). W: P. Pyšek & J. Pergl (red.). Biological invasions: Towards a Synthesis. Neobiota. 8: 161–167.
- Rutkowski L., 2004. Przewodnik do oznaczania roślin Polski niżowej. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa: 345.
- Tokarska-Guzik B., 2003. Habitat preferences of some alien plants (kenophytes) occurring in Poland. W: A. Zając, M. Zając, B. Zemanek (red.). Phytogeographical problems of synanthropic plants. Institute of Botany. Jagiellonian University. Cracow: 75–83.
- Tokarska-Guzik B., 2005. The Establishment and Spread of Alien Plant Species (Kenophytes) in the Flora of Poland. Wyd. Uniwersytetu Śląskiego. Katowice: 1–192.
- Urbisz A., Urbisz A., 2009. Invasive vascular plant species in the Kraków-Częstochowa Uplands (southern Poland). W: P. Pyšek, J. Pergl (red.). Biological invasions: Towards a Synthesis. Neobiota. 8: 153–160.

- Weidema I.R., 2000. Introduced species in the Nordic countries. *Nord Environment*. 13: 1–242.
- Wojtkowiak R., Kawalec H., Dubowski A.P., 2008. Barszcz Sosnowskiego Mandel L. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 53(4): 137–142 (dostęp 2010-07-19).
- Wolfe L.M., Blair A.C., 2009. A tale of two continents: the role of ecology and evolution in a biological invasion. W: P. Pyšek, J. Pergl (red.). *Biological invasions: Towards a Synthesis*. *Neobiota*. 8: 29–41.
- www.mir.krakow.pl/zalaczniki/.../Informacja_wiorin_b_sosnkowskiego.doc (dostęp 2011-04-05).
- Zajac A., Zajac M. (red.). 2001. *Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce*. Instytut Botaniki UJ. Kraków: I–XII + 1–715.
- Zarzycki K., Trzcińska-Tacik H., Różański W., Szelaż Z., Wołek J., Korzeniak U., 2002. Ecological indicator values of vascular plants of Poland. W: Z. Mirek (red.). *Biodiversity of Poland*. W. Szafer Institute of Botany. Polish Academy of Science. Kraków. 2: 183.
- Żurek H., 2002. *Metoda i technika zwalczania barszczu Sosnowskiego*. Instytut Melioracji i Użytków Zielonych. Falenty.

Ocena akumulacji wybranych metali w glebach zbiorowisk żyznej buczyny z podzwiazku *Dentario glandulosae-Fagenion* na terenach chronionych o zróżnicowanej antropopresji

Estimate of cumulation of chosen metals in forb rich forest
subaliances of *Dentario glandulosae-Fagenion* on the
differential anthropogenic protected terrains

JOANNA PYTEL

Summary. The aim of the research was to present the cumulation of metals (Cu, Pb, Zn, Ni, Cd, Fe, Mn, Cr) in a forest stand of a forb-rich beechwood and evaluation of danger for researched ecosystems caused by metalize dust. The researches were taken in 10 differential anthropogenic areas: 9 nature reserves („Segiet”, „Parkowe”, „Smoleń”, „Cisów”, „Wykus”, „Świnia Góra”, „Perzowa Góra”, „Zamczysko”, „Pazurek”) and 1 nature-landscape complex “Repty Park and Drama Valley”.

The metals were marked by Atomic Absorption Spectrometry method. The results from the 0–10 cm surface soil samples were shown.

The results of the researches show that the elements contents in researched areas from Świętokrzyskie Mountains do accumulate analyzed elements in extent that are suitable for plants. It can be accounted as a model for similar researches and confirmed metals concentrations could be concerned as natural and consequent of physiological trees' requests.

Key words: accumulation, metals, soil, human impact.

Dr Joanna Pytel, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce, Polska; e-mail: askapytel@op.pl

WSTĘP

Lasy stanowią niezbędny czynnik równowagi ekologicznej, ciągłości życia, różnorodności krajobrazu, a także przyczyniają się do neutralizacji zanieczyszczeń, przez co przeciwdziałają degradacji środowiska. Zachowanie ekosystemów leśnych jest nieodzownym warunkiem ograniczenia procesów erozji gleb, zachowania zasobów i regulacji stosunków wodnych oraz ochrony krajobrazu (Kawałko i in. 2007). Aby lasy mogły skutecznie i bezpiecznie pełnić wymienione funkcje, niezbędne jest dokładne zbadanie skutków wywieranych przez różnorakie zanieczyszczenia, które nagromadziły się w nich przez dziesiątki lat industrializacji i urbanizacji. Badanie pokrywy glebowej parków krajobrazowych, jako obszarów chronionych, jest sposobem poznania zasad funkcjonowania całego środowiska przyrodniczego na danym terenie, ponieważ gleba stanowi ogniwo łączące elementy biotyczne z przyrodą nieożywioną (Klimowicz i in. 2004). Spośród wszystkich elementów środowiska gleba jest uznawana za najbardziej istotny receptor metali ciężkich. W glebie zanieczyszczenia pozostają przez wiele lat i mogą stanowić tzw. bombę ekologiczną, która po długim okresie „uśpienia”, przy nagłej zmianie warunków środowiskowych, może doprowadzić do katastrofy ekologicznej. W większej mierze dotyczy to gleb leśnych, które zazwyczaj charakteryzują się kwaśnym odczynem, a zabiegi agrotechniczne są prawie niemożliwe (Strzyszcz, Magiera 2003/2004). W odróżnieniu od gleb uprawnych są one stosunkowo mało zmieniane przez człowieka. Ich właściwości (w tym odczyn i zdolności buforowe) ukształtowane w ciągu wieków w ścisłym powiązaniu ze wszystkimi elementami środowiska przyrodniczego tylko lokalnie uległy głębokim zmianom spowodowanym antropogeniczną chemizacją (Pokojska 1998). Dlatego gleby leśne mogą stanowić punkt odniesienia („tło”) w porównawczych badaniach ekologicznych i monitoringowych (Kalembasa i in. 2007). Ilość metali ciężkich pochodzących z naturalnego źródła, jakimi są skały macierzyste, na ogół nie zagraża żyzności gleby. Nie pogarsza więc warunków wzrostu roślin i ich jakości. Inaczej sytuacja wygląda, gdy gleba wzbogacana jest w metale ciężkie, niekiedy w ilości wielokrotnie wyższej od ich naturalnej zawartości. Wówczas mogą one wpływać szkodliwie na właściwości biologiczne gleby, działać toksycznie na rośliny oraz powodować skażenie wód gruntowych (Gorlach 1995). Całkowita zawartość pierwiastków śladowych w glebie jest nie tylko pochodną zasobności skały macierzystej. Odzwierciedla również procesy zachodzące w glebie oraz zewnętrzne zjawiska na nią oddziałujące, np. zanieczyszczenia powietrza i zmiany składu opadu atmosferycznych. Procesy te znajdują swoje odbicie w zróżnicowaniu form, w jakich pierwiastki występują w glebie (Kabała i in. 1998). Koncentracje pierwiastków śladowych

w poziomach glebowych są wypadkową składu litologiczno-petrograficznego podłoża skalnego (skał inwitu lub allochtonicznych, pochodzenia wodnolodowcowego), czynników edaficznych oraz zasięgu i składu zanieczyszczeń atmosferycznych (Dunn 1986, 1989; Migaszewski, Gałuszka 1998; Migaszewski i in. 2001). Z zaopatrywania się korzeni roślin w pierwiastki biogenne z roztworu glebowego wynika decydująca rola jego składu chemicznego w kształtowaniu stanów zbiorowisk roślinnych oraz całych ekosystemów leśnych (Kowalkowski 2002). Metale dostające się do gleb mogą ulegać przeróżnym transformacjom. Od odkładania się nierozpuszczalnych związków o stosunkowo nikłym oddziaływaniu na rośliny i mikroorganizmy, do występowania w bardzo aktywnej zjonizowanej formie. Metale mogą tworzyć połączenia chelatowe z substancjami humusowymi, które stanowią ochronę przed toksycznym oddziaływaniem jonów metali (Kabata-Pendias, Pendias 1999). Bioprzyswajalność metali ciężkich oraz ich migracja w łańcuchu troficznym są uwarunkowane wieloma czynnikami, w tym m.in.: koncentracją i specjacją chemiczną, pH gleby, warunkami redoks występującymi w glebach, zawartością próchnicy, minerałów ilastych oraz tlenków żelaza, glinu, manganu, a także interakcjami z innymi pierwiastkami (Basta i in. 2005). W środowisku kwaśnym, czy w niekorzystnych warunkach redoks, zwiększa się biodostępność wielu metali ciężkich. Nawet w środowisku uznanym za czyste chemicznie (tj. w warunkach naturalnej fizjologicznej zawartości metali w glebie) rośliny mogą je gromadzić w nadmiarze (Leyral i in. 1997; Niesiobędzka i Krajewska 2007; Jamnická i in. 2007; Gorlach 1995; Kabata-Pendias, Pendias 1999; Laureysens i in. 2004; Basta i in. 2005).

Celem niniejszego opracowania było ustalenie poziomu akumulacji wybranych metali (Cu, Pb, Zn, Ni, Cd, Fe, Mn, Cr) w glebach drzewostanu żyźnej buczyny oraz ocena zagrożenia badanych ekosystemów przez emisje zawierające pyły metalonośne.

CHARAKTERYSTYKA TERENÓW BADAŃ ORAZ OBIEKT BADAŃ

Tereny badawcze zostały wyznaczone w obrębie trzech województw: śląskiego, małopolskiego i świętokrzyskiego, na obszarach objętych ochroną prawną. Wybrano obszary chronione ze względu na najlepsze w dzisiejszych warunkach możliwości utrzymania samoregulacji procesów przyrodniczych. Badania przeprowadzono na 10 obszarach chronionych, w tym w dziewięciu rezerwatach przyrody: „Segiet”, „Parkowe”, „Smoleń”, „Cisów”, „Wykus”, „Świnia Góra”, „Perzowa Góra”, „Zamczysko”, „Pazurek” oraz w Zespole Przyrodniczo-Krajobrazowym „Park w Reptach i Dolina Dramy”.

Obiektem badań były gleby buczyny karpackiej *Dentario glandulosae-Fagenion*. Według Matuszkiewicza (2006) podzwiązek *Dentario glandulosae-Fagenion* Oberg. et Müller 1984, zaliczany do związku *Fagion sylvaticae* Luquet 1926. Reprezentantami tego podzwiązku są dwa zespoły żyznych buczyn: karpackiej *Dentario glandulosae-Fagetum* i sudeckiej *Dentario enneaphyllidis-Fagetum*.



Ryc. 1. Lokalizacja stanowisk badawczych. Kolejnymi cyframi arabskimi zaznaczono: Świnia Góra (1), Perzowa Góra (2), Zamczysko (3), Cisów (4), Wykus (5) – województwo świętokrzyskie, Repty (6), Parkowe (7), Segiet (8), Smoleń (9) – województwo śląskie, Pazurek (10) – województwo małopolskie.

Źródło: <http://maps.google.com/>.

Fig. 1. Location of the researching positions

Source: <http://maps.google.com/>.

DANE MONITORINGOWE O ZANIECZYSZCZENIACH POWIERZCHNI BADAWCZYCH

Badane tereny są narażone na działanie zanieczyszczeń emitowanych przez zlokalizowane w ich pobliżu zakłady przemysłowe. Dane zawarte w tabeli 1 jednoznacznie wskazują, że oprócz lokalnych emitatorów wpływ na stan środowiska mają też zanieczyszczenia pochodzące z ościennych województw. Z takim przypadkiem mamy do czynienia na terenie województwa świętokrzyskiego, gdzie nie ma zakładów produkujących pyły zawierające metale ciężkie, zwłaszcza kadm i cynk. Pomimo to jest obecna emisja zanieczyszczeń zawierająca te pierwiastki.

Tabela 1. Całkowita emisja metali ciężkich z uwzględnieniem zakładów szczególnie uciążliwych w województwach: śląskim, świętokrzyskim i małopolskim wyrażone w kg – w 2002 roku

Table 1. All-out emission of heavy metal with taking into consideration plant (bet) in provinces oppressive particularly Silesian, Świętokrzyskie and in (to) of Lesser Poland Voivodeship express kg in 2002 year

Województwo <i>Province</i>	Całkowita emisja metali ciężkich, kg <i>All-out emission of heavy metal, kg</i>	Chrom <i>Chromium</i>	Cynk <i>Zinc</i>	Kadm <i>Cadmium</i>	Mangan <i>Manganese</i>	Nikiel <i>Nickel</i>	Ołów <i>Lead</i>
śląskie	w danym województwie	22843	341242	8488	40888	37958	156777
	z zakładów szczególnie uciążliwych	4037	51699	1577	1416	198	60960
świętokrzyskie	w danym województwie	2517	25330	1207	5587	7456	9951
	z zakładów szczególnie uciążliwych	7	nw	nw	9	1	3
małopolskie	w danym województwie	7193	114021	3737	16370	18742	55629
	z zakładów szczególnie uciążliwych	1208	5293	110	4865	108	2021

Skróty w tabelach oznaczają: nw – nie wykryto.

In the table shortcut is appoint: nw – now detection.

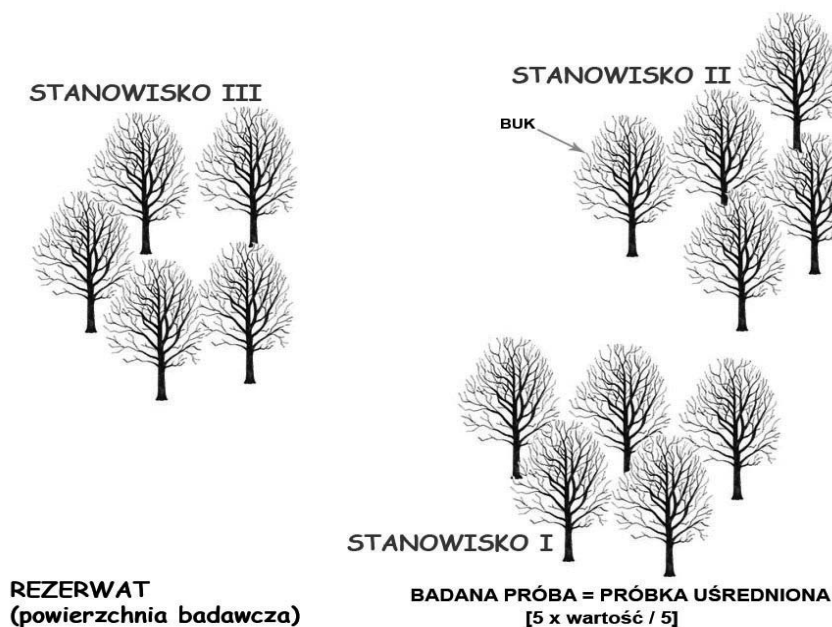
Dane wg: Ochrona środowiska. 2004. Informacje i opracowania statystyczne. Warszawa 2004.

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

W każdym z terenów badawczych („Zamczysko”, „Świnia Góra”, „Perzowa Góra”, „Wykus”, „Cisów”, „Pazurek”, „Smoleń”, „Parkowe”, „Segiet”, „Repty”)

wyznaczono powierzchnię 50 x 50 m (2500 m²). Materiał roślinny i glebowy zebrano z każdego kwadratu na przełomie sierpnia i września 2004 roku.

Najwyższa koncentracja metali, głównie ołowiu i manganu gleb ekosystemów leśnych, następuje w poziomie organicznym gleb, co wiąże się m.in. z przyswajaniem tych pierwiastków przez mikroorganizmy, a także przez mezofaunę (Niemyska-Łukaszuk 1992; Ciepał 1999). W związku z tym próbki do badań pobierano z wierzchniej warstwy glebowej (0–10 cm). Próbki gleby do analiz pobierano z trzech punktów w każdym rezerwacie z poziomu 0–10 cm za pomocą laski glebowej o średnicy 5 cm. Na jedną próbkę średnią składało się 5 pobrań podróbek pochodzących z otoczenia drzew, z którego pobierano materiał roślinny.



Ryc. 2. Schemat poboru próbek gleby (rysunek autorki)

Fig. 2. Soil samples collection diagram (drawing of the author)

Glebę pobierano bez ściółki, a także bez nierozłożonej substancji organicznej (Ostrowska i in. 1991). Każda z próbek glebowych miała wagę około 1 kg, została pobrana do płóciennych worków, a następnie suszona w temperaturze pokojowej (od 20 do 27°C).

Po wysuszeniu usunięto zanieczyszczenia (liście, gałązki) i przesiano glebę przez sito o średnicy oczek 1 mm. Z każdej próbki sporządzono po trzy naważki 10-gramowe, które umieszczono w kolbach stożkowych. Próbkę zalano 100 ml 10-procentowego kwasu azotowego, a następnie wytrząsano przez 1 godzinę. Zawartość kolb sączono przez sączek gęsty. W przesączu oznaczano zawartość metali metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej, metodą płomieniową (Ostrowska i in. 1991; Gworek i in. 1999) na aparacie SOLAR M firmy Thermo. Każdą próbkę oznaczaną w kierunku metali wykonano w trzech powtórzeniach. Jakość procesu analizy próbek sprawdzano za pomocą: badania ślepej próbki, badania prób kontrolnych (wzorców), fortyfikowanych próbek ślepych z dodatkiem wzorca, przy granicy wykrywalności na poziomie: Pb – 0,02 mg/dm³, Cd – 0,005 mg/dm³, Cu – 0,05 mg/dm³, Zn – 0,03 mg/dm³, Cr – 0,010 mg/dm³, Fe – 0,1 mg/dm³, Mn – 0,005 mg/dm³, Ni – 0,1 mg/dm³ oraz materiału certyfikowanego: RTC – CRm 051 – GLEBA (o zawartości pierwiastków w materiale: Pb – 44,0 mg/kg, Cd – 42,20 mg/kg, Cu – 58,50 mg/kg, Zn – 44,00 mg/kg, Cr – 246,00 mg/kg, Fe – 4520,0 mg/kg, Mn – 757,0 mg/kg, Ni – 96,8 mg/kg) oraz kontaminowanych materiałów certyfikowanych: RTC – CRm 051 – GLEBA. Przewodność wody używanej do analiz nie przekraczała 25 µS/cm.

REZULTATY BADAŃ I DYSKUSJA

Zachowanie się metali ciężkich w glebach jest wypadkową ich właściwości oraz wielu czynników zewnętrznych: klimatycznych, biologicznych i antropogenicznych. Oceniając stopień obciążenia gleby metalami, należy wziąć pod uwagę: pochodzenie, właściwości geochemiczne oraz naturalną zawartość poszczególnych metali w glebach.

Wartości graniczne podane w tabeli 2 mogą stanowić odniesienie do stopnia zanieczyszczenia gleb na badanych powierzchniach (Kabata-Pendias, Piotrowska i in. 1995).

Tabela 2. Naturalne zawartości metali i ich wartości graniczne w powierzchniowych warstwach różnych rodzajów gleb

Table 2. Natural contents of metals and in surface different coats of kind of soils values boundary

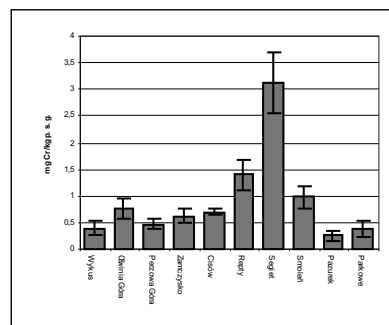
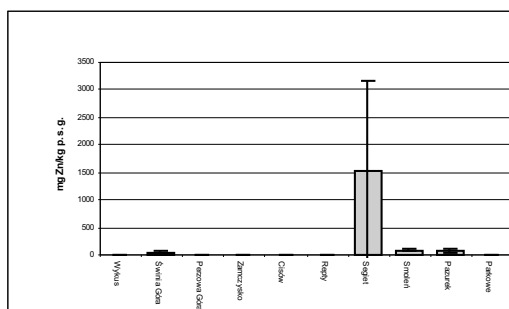
Metal <i>Metal</i>	Naturalna zawartość metali [mg/kg suchej masy] <i>Natural contents of metal</i> [mg of metal/kg of air-dry soil]	Wartości graniczne w glebie dla naturalnych zawartości metali w powierzchniowych warstwach różnych gatunków gleb [mg/kg suchej masy] <i>Boundary values in soil for natural contents of metal</i> <i>in surface different coats of</i> <i>(layers of) sorts of soils [mg of metal/kg of air-dry soil]</i>
Zn	6,6–79,6	59–101
Cr	1,6–30,0	20–43
Ni	1,0–24,0	9,6–33,9
Cu	1,0–19,4	10,2–21,7
Pb	3,1–30,0	22,3–38,9
Mn	30,0–645	412–771
Fe*	0,11–2,24	0,93–3,62
Cd	0,04–0,5	0,42–0,71

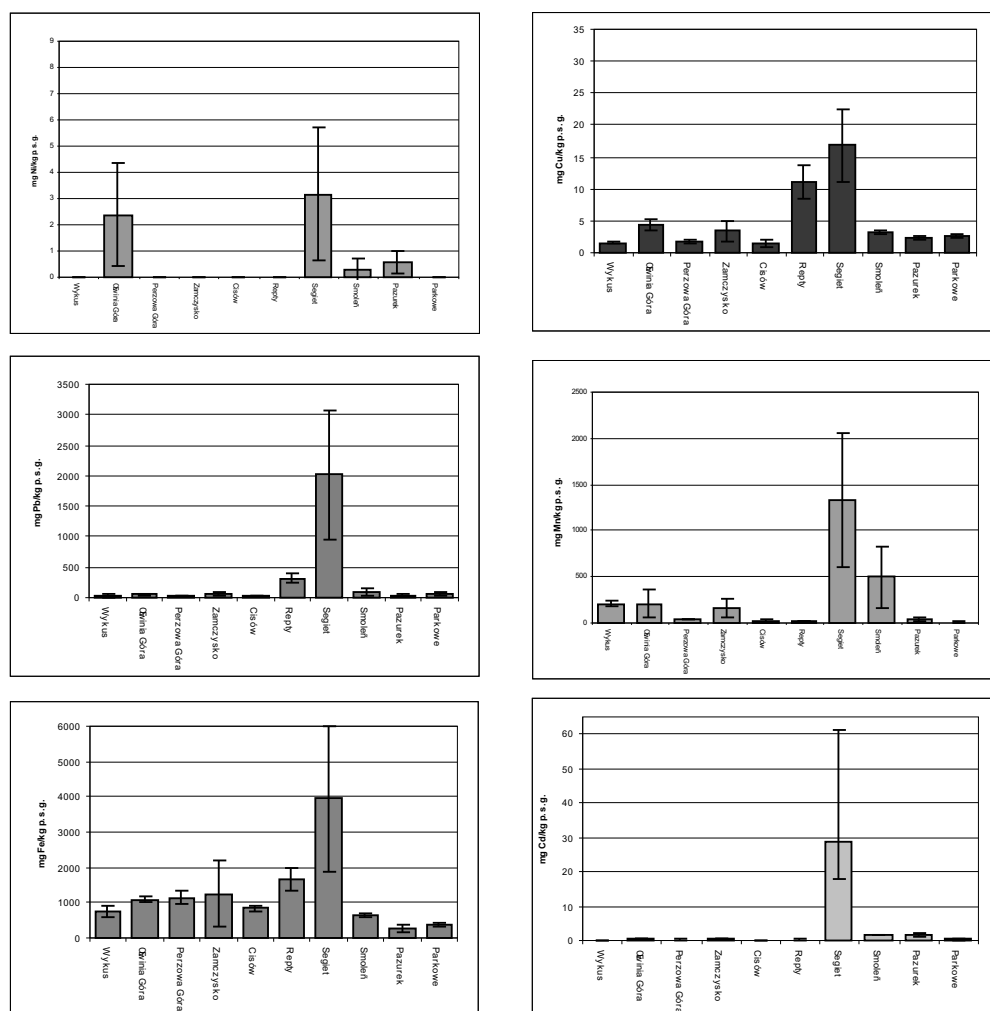
* Wartości dla żelaza podano w procentach.

* The Fe value pass of percent.

Źródło: Kabata-Pendias, Piotrowska i in. 1995.

Średnie stężenia ($\bar{X}$) analizowanych metali w glebie oraz wartości odchylenia standardowego (SD) przedstawia rycina 3.





Ryc. 3. Zawartość badanych metali w wierzchniej warstwie (0–10 cm) gleby w badanych rezerwach [mg metalu/kg powietrznie suchej gleby]

Fig. 3. Researched metals cumulation in chosen reserves surface soil (0–10 cm) [mg of metal/kg of air-dry soil]

Cynk należy do grupy pierwiastków niosących ze sobą duże ryzyko zachwiania równowagi chemicznej w biosferze, ponieważ posiada dużą zdolność kumulacji w środowisku. Jest jednym z najbardziej ruchliwych metali w glebie. Wpływają na to zarówno jego formy wymienne, jak i związki z substancją orga-

niczną. Pierwiastek ten występuje w glebach w formach łatwo rozpuszczalnych (Dmuchowski, Sołtykiewicz 2007).

Naturalna zawartość cynku w glebie waha się od 6,6 do 79,6 mg/kg, przy czym maksymalna wartość graniczna naturalnej zawartości to 101 mg/kg. Koncentracja cynku na dwóch powierzchniach badawczych „Segiet” i „Smoleń” przekracza naturalną zawartość w glebie, przy czym stężenie w rezerwacie „Smoleń” (89,333 mg/kg) mieści się poniżej wartości granicznej. Natomiast obciążenie cynkiem gleby na powierzchni badawczej „Segiet” (1533,333 mg/kg) klasyfikuje ją do III klasy zanieczyszczeń tym pierwiastkiem. Jeśli chodzi o pozostałe stanowiska badawcze, to zawartość cynku mieści się w granicach naturalnej koncentracji tego metalu w glebie. Pod względem zanieczyszczenia cynkiem uzyskane wyniki są niższe od koncentracji tego metalu przedstawionych przez Łukasik (2006): w rezerwacie „Segiet” (156 mg/kg), w rezerwacie „Parkowe” (36 mg/kg), w rezerwacie „Pazurek” (103 mg/kg) oraz „Repty” (112 mg/kg). Uzyskane wyniki (podane w analogicznej kolejności) wynosiły: „Segiet” (1533,333 mg/kg), „Parkowe” (11,811 mg/kg), „Pazurek” (66,666 mg/kg) oraz „Repty” (15,822 mg/kg). Dziesięciokrotnie wyższa koncentracja cynku w rezerwacie „Segiet” uzyskana w niniejszej pracy w porównaniu z badaniami prowadzonymi przez Łukasik (2006) może wynikać z tego, że analizowane próbki gleb pochodziły ze stanowisk wyznaczonych na terenach, na których pozyskiwano od średniowiecza rudy srebra, ołowiu i cynku, czego pozostałością są liczne leje, zapadliska po szybach i hałdy. Za wyjątkiem koncentracji cynku oznaczonego na powierzchni „Segiet” uzyskane wyniki były kilkakrotnie niższe od uzyskanych przez Łukasik (2006) w roku 2002 i 2003. Z kolei Ciepał (1999) podaje, że w glebach rezerwatu „Smoleń” zawartość cynku wynosiła od 30 do 120 mg/kg suchej masy, co wskazuje na podobny poziom zanieczyszczenia gleb dla tego obszaru jak w niniejszym opracowaniu. Wysoką zawartość cynku w glebach stwierdzono w rejonach uprzemysłowionych („Segiet” – 1533,333 mg/kg), natomiast w rejonach, gdzie brak jest hutnictwa metali oraz przemysłu energetycznego jego ilość mieściła się w zakresie naturalnej zawartości. Spełniała również wymagania wyznaczone dla gleb z obszarów chronionych, zawartych w Dzienniku Ustaw 02.165.1359.2002.

Chrom w glebie w warunkach naturalnych łatwo przechodzi w formy trudno dostępne dla roślin, dzięki czemu ograniczony jest jego toksyczny wpływ na zbiorowiska roślinne. Na ogół obecność chromu w glebach jest pochodną zawartości tego pierwiastka w skałach macierzystych. Oprócz pierwotnego źródła chromu, jakim są minerały, może on być pochodzenia antropogenicznego – źródło chromu stanowi przede wszystkim przemysł metalurgiczny, farbiarski

i garbarski oraz składowanie odpadów przemysłowych (Kabata-Pendias 1999). Naturalna zawartość chromu (Kabata-Pendias i wsp. 1995) wynosi od 1,6 mg/kg do 30 mg/kg, a wartość maksymalna dla terenów chronionych to 50 mg/kg. Pozwala to zakwalifikować wszystkie wyniki analizowanych próbek (od 0,388 mg/kg do 3,111 mg/kg) do wartości naturalnych dla tego pierwiastka.

Za główne źródło zanieczyszczeń **niklem** uważa się przede wszystkim przemysł hutniczy oraz spalanie węgla i paliw płynnych (Szatanik-Kloc 2004). Zawartość niklu ogólnego w badanych glebach nie przekraczała jego wartości naturalnej wynoszącej od 1,0 do 24 mg/kg. Zawartość tego pierwiastka w badanych próbkach glebowych spełniała również standardy określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (DzU 02.165.1359). W sześciu przypadkach („Wykus”, „Perzowa Góra”, „Zamczysko”, „Cisów” – województwo świętokrzyskie, „Repty” i „Parkowe” – województwo śląskie) nie wykryto obecności tego pierwiastka w analizowanych próbkach. Wyniki te są podobne do otrzymanych przez Malinowskiego (2007) badającego zawartość niklu w glebach Parku Narodowego „Ujście Warty”. Autor ten podał w swojej pracy wielkości stężeń niklu nieprzekraczające wartości naturalnych, czyli 1,0–24,0 mg/kg.

Zawartość **miedzi** w glebach zależy ściśle od rodzaju i składu granulometrycznego gleby (Kabata-Pendias i in. 1995). Podstawowym źródłem zanieczyszczenia gleb tym pierwiastkiem jest hutnictwo miedzi, a także nieumiejętne stosowanie mikronawozów (Kawałko i in. 2007). Obecność miedzi w analizowanych glebach zawiera się w przedziale od 1,466 mg/kg do 16,822 mg/kg. Wszystkie wyniki uzyskane w niniejszej pracy mieszczą się w zakresie naturalnej koncentracji (1,0–19,4 mg/kg) miedzi w wierzchnich warstwach gleb Polski (Kabata-Pendias i in. 1995). W badaniach Łukasik (2006), która badała rezerваты na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej, uzyskano podobne wyniki. Ta autorka również nie stwierdziła przekroczenia naturalnej ilości miedzi w badanych próbkach. Uzyskała wyniki od 4,5 mg/kg do 14 mg/kg na obszarach rezerwatów „Pazurek”, „Repty”, „Segiet” i „Parkowe”.

Ze względu na słabą migrację **ołowiu** jego naturalne rozmieszczenie w profilu glebowym odzwierciedla zawartość w skałach macierzystych i służy często jako wskaźnik prospekcji geochemicznej. Jego występowanie w powierzchniowych warstwach gleb jest związane w dużym stopniu z wpływem czynników antropogenicznych, a ilość ta jest przeważnie wyższa od zawartości naturalnej (Kawałko i in. 2007) określonej przez Kabatę-Pendias i in. (1995) na poziomie od 3,1 do 30 mg/kg, przy wartości granicznej 38,9 mg/kg. W zakresie naturalnej zawartości ołowiu badania przeprowadzone w tej pracy wykazały, że

zakresu maksymalnej naturalnej zawartości nie przekroczyły gleby rezerwatów „Cisów” (19,988 mg/kg) i „Perzowa Góra” (25,333 mg/kg). Podanej wartości granicznej nie przekraczały również gleby rezerwatu „Wykus” (37,200 mg/kg), nieznaczne przekroczenie odnotowano w rezerwacie „Świnia Góra” (49,111 mg/kg) i „Zamczysko” (56,000 mg/kg). Gleby z tych trzech obszarów mieściły się w standardach wytyczonych w rozporządzeniu dotyczącym standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi z 2002 roku (DzU 02.165.1359), w którym określono maksymalną zawartość ołowiu dla terenów chronionych na poziomie 50 mg/kg. Wartości stężeń uzyskane na terenach Wyżyny Śląskiej od 38,666 mg/kg do 2016 mg/kg, tylko w wypadku najniższej ilości, tzn. 38,666 mg/kg („Pazurek”), nie przekraczają przytoczonych wskaźników. Pozostałe otrzymane wyniki z województw śląskiego i małopolskiego (od 89,000 do 2016,667 mg/kg) są znacznie wyższe. Można przypuszczać, że na podwyższoną koncentrację ołowiu w glebach tych dwóch województw istotny wpływ mają czynniki antropogeniczne, a w przypadku „Segietu” trwająca przez blisko 800 lat działalność górnicza – wydobywanie rudy srebra, cynku i ołowiu. Zbliżone wyniki dla gleb rezerwatu „Repty” (161–203 mg/kg) otrzymała Łukasik (2006). Natomiast dane pochodzące z rezerwatu „Pazurek”, „Segiet” oraz „Parkowe” były niższe od uzyskanych w niniejszej pracy. Ciepał (1992) podaje, że zawartość ołowiu w górnym poziomie gleb będących pod presją przemysłu (województwo śląskie) waha się w przedziale od 110 do 1600 mg/kg, a w rejonach hut cynku i ołowiu może sięgać 5000 mg/kg (Lorek 1993). Uzyskane wyniki mieszczą się w granicach stężeń podawanych przez cytowanych wyżej autorów. Dotyczy to zwłaszcza powierzchni rezerwatów „Repty”, „Smoleń” i „Segiet”, gdzie analizy wykazały od 89,000 do 2016,667 mg/kg. Z kolei wyniki uzyskane na terenach niepoddanych antropopresji, są wielokrotnie niższe od otrzymywanych na terenach przemysłowych. Palowski (1987) odnotował w Puszczy Białowieskiej stężenie ołowiu na poziomie od 19 do 22 mg/kg, a Ciepał i Rycman (1996) na terenie Roztoczańskiego Parku Narodowego określili ilość ołowiu na 5 mg/kg. Również wyniki uzyskane przez Biernacką i Małuszyńskiego (2007) z obszarów dawnego województwa łomżyńskiego zawierały się w przedziale od 3,59 do 185 mg/kg, co potwierdza zależność między stopniem uprzemysłowienia a obecnością ołowiu w glebach. Także wyniki Terelaka i wsp. (1995, 1997) oraz Skwarzyło-Bednarz (2006) z Roztoczańskiego Parku Narodowego uzasadniają tę tezę. Większość autorów uważa, że ważną rolę w nagromadzeniu ołowiu w glebach odgrywa czynnik antropogeniczny związany głównie z działalnością hutniczo-wydobywczą (Terelak i in. 1995, 1997). Wykonane badania zawartości ołowiu w glebie przedstawione w niniejszej pracy (województwa: śląskie i małopolskie od 17,6 do 288 mg/kg

oraz teren kontrolny: województwo świętokrzyskie od 19,988 do 56 mg/kg) potwierdzają rezultaty uzyskiwane przez innych autorów badań prowadzonych na terenach przemysłowych oraz niepoddanych presji przemysłu.

Mangan według 6-stopniowej klasyfikacji Kabaty-Pendias i in. (1995) nie jest traktowany jako pierwiastek stanowiący zagrożenie. Jednak według Maiza i in. (1997) o toksycznym oddziaływaniu można mówić po przekroczeniu 1500 mg/kg. Na terenach chronionych według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (DzU 02.165.1359) mangan do 600 mg/kg stanowi wartość dopuszczalną dla gleb objętych różnymi formami ochrony.

W niniejszej pracy w jednym punkcie odnotowano wartość zbliżoną do stężenia toksycznego. Dotyczy to rezerwatu „Segiet” (1334,444 mg/kg). Pozostałe wyniki mieściły się w granicach naturalnej zawartości manganu w glebie (od 30,0 do 645,0 mg/kg według danych Kabaty-Pendias i wsp. (1995)). Wynik uzyskany dla rezerwatu „Segiet” popiera tezę Kabaty-Pendias i Pendias (1993), że większe ilości tego pierwiastka mogą się gromadzić w rejonach przemysłowych. Otrzymana dla „Segietu” ilość manganu w glebie była zbliżona do wyniku otrzymanego przez Ciepała (1996) – 980 mg/kg i wyższa (381 mg/kg) od uzyskanych przez Łukasik (2006).

Podobnie jak mangan również **żelazo** według Maiza i wsp. (1997) nie jest traktowane jako pierwiastek stanowiący zagrożenie. Tlenki żelaza stanowią istotny składnik glebowego kompleksu sorpcyjnego i absorbują toksyczne jony metali na powierzchni cząstek, a siła ich wiązania rośnie wraz ze wzrostem odczynu gleby (Gambuś 1998; Łukasik 2006). Wszystkie związki żelaza są mało stabilne (Ciepał 1996). Według Kabaty-Pendias (1993, 1999) oraz Kabaty-Pendias i wsp. (1995) naturalna zawartość żelaza w glebie wynosi około 470 mg/kg.

W próbkach pochodzących z rezerwatów województwa świętokrzyskiego stwierdzono od 737,967 do 1788,788 mg/kg, tak więc poziom ten przekraczał 2-3-krotnie wartości naturalne, ale mimo to wyniki nie były wyższe od dopuszczalnego stężenia tego pierwiastka na terenach chronionych (DzU 02.165.1359), czyli 3000 mg/kg. Tę krytyczną wartość przekroczyły jedynie próbki z rezerwatu „Segiet” (3938,889 mg/kg). Obciążenie w dwóch rezerwach Wyżyny Śląskiej: „Pazurek” (251,111 mg/kg) oraz „Parkowe” (374,0 mg/kg), mieściły się w granicach naturalnej zawartości tego pierwiastka. Wydaje się, że wyższa zawartość żelaza na terenach niepoddanych antropopresji (Góry Świętokrzyskie) w porównaniu z rezerwatami „Pazurek” i „Parkowe” (Wyżyna Śląska) jest spowodowana naturalną, większą zawartością tego pierwiastka w Górach Świętokrzyskich, które były „kolebką” hutnictwa i wydobywania rud żelaza w Polsce.

Naturalna zawartość **kadm**u w glebach wynosi od 0,04 do 0,50 mg/kg suchej masy. Wartość graniczna naturalnej zawartości kadmu stanowi przedział od 0,42 do 0,71 mg/kg suchej masy (Kabata-Pendias i in. 1995). Wartość dopuszczalna według Rozporządzenia Ministra Środowiska (2002) dla terenów chronionych to 1,0 mg/kg suchej masy. Wyniki uzyskane w niniejszej pracy pozwalają zakwalifikować 9 spośród 10 badanych rezerwatów (za wyjątkiem rezerwatu „Segiet”) do gleb charakteryzujących się zawartością kadmu poniżej granicy akceptowalnej dla gleb z regionów objętych ochroną. Obciążenie kadmem rezerwatu „Segiet” (12,200 mg/kg) dwunastokrotnie przekroczyło dopuszczalny próg ilości kadmu na terenach chronionych. Uzyskane wyniki były wyższe od uzyskanych przez Łukasik (2006) na tym obszarze. Podane przez wymienioną autorkę dane wynosiły od 3,2 do 4,8 mg/kg na różnych głębokościach profilu glebowego. Otrzymane w niniejszej pracy wyniki są zbliżone do podawanych przez Pomierny (2007) z gleb wokół „Huty Katowice”, położonych w bezpośrednim sąsiedztwie emitora. Odnotowała ona 11,03 mg/kg. Podobne wyniki uzyskane przez tę autorkę z okolic o tak silnej presji przemysłu są niewątpliwym dowodem na to, że gleby rezerwatu „Segiet” poddawane są równie silnej presji. Podobne maksymalne stężenie kadmu (11,67 mg/kg) odnotowali Biernacka i Małuszyński (2007) w odległości około 5 km od „Huty Katowice”, natomiast na terenach niepoddanych antropopresji, około 5 km od Łomży, zanotowali oni wartości od 0,10 mg/kg do 1,67 mg/kg.

WNIOSKI

1. Na stanowiskach badawczych będących w zasięgu wieloletnich imisji antropogenicznych (rezerwaty położone w województwie małopolskim oraz śląskim) stwierdzono gromadzenie się metali ciężkich w wierzchnich (0–10 cm) warstwach gleb. Dotyczy to zwłaszcza kumulacji cynku, kadmu i ołowiu w rezerwacie „Segiet”, chromu oraz ołowiu w rezerwacie „Smoleń”. W przypadku rezerwatu „Segiet” zawartość ołowiu i cynku jest wynikiem prowadzenia do końca XIX wieku wydobycia rud wymienionych pierwiastków.
2. Zawartości badanych pierwiastków w glebach położonych w Górach Świętokrzyskich nie przekraczały wartości uznawanych za naturalne i spełniały standardy dla gleb na obszarach chronionych.
3. Powierzchnie badawcze położone w Górach Świętokrzyskich gromadziły ilość analizowanych pierwiastków nieprzekraczającą wartości dopuszczalnych dla roślin. Dlatego można je traktować jako obszary kontrolne dla tego typu ba-

dań, a stwierdzone koncentracje metali można uznać za naturalne i wynikające z zapotrzebowania fizjologicznego drzew.

Literatura

- Basta N.T., Ryan J.A., Chaney R.L., 2005. Trace element chemistry in residual treated soil: key concepts and metal bioavailability. *J. Environ. Qual.* 34: 49–63.
- Biernacka E., Małuszyński M.J., 2007. Formy ołowiu i kadmu w wierzchnich warstwach gleb dwóch wybranych obszarów o różnym stopniu zanieczyszczenia środowiska. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych. Instytut Ochrony Środowiska. Warszawa.* 31: 101–105.
- Ciepał R., 1992. Przenikanie S, Pb, Cd, Zn, Cu i Fe do biomasy oraz gleby ekosystemu leśnego (na przykładzie wschodniej części województwa katowickiego). Znaczenie bioindykacyjne. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego. *Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.* Katowice. 1319: 1–106.
- Ciepał R., 1999. Kumulacja metali ciężkich i siarki w roślinach wybranych gatunków oraz glebie jako wskaźnik stanu skażenia środowiska terenów chronionych województw śląskiego i małopolskiego. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego. *Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.* Katowice. 1774: 1–161.
- Ciepał R., Rycman E., 1996. Ocena zagrożenia metalami ciężkimi i siarką Roztoczańskiego Parku Narodowego na podstawie analizy chemicznej liści i szpilek wybranych gatunków roślin. *Acta Biol. Sil.* 28(45): 26–35.
- Dmuchowski W., Sołtykiewicz E., 2007. Hiperakumulacja cynku w liściach brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth). *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 31: 209–214.
- Gambuś F., 1998. The influence of soil reaction on solubility of heavy metals in soil and their availability to plants. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 456: 71–81.
- Gorlach E., 1995. Metale ciężkie jako czynnik zagrażający żyzności gleby. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 421a: 113–122.
- Główny Urząd statystyczny. 2005. *Ochrona Środowiska 2004.* Warszawa.
- Gworek B., Maciaszek D., Pieńkowska U., 1999. Zastosowanie techniki mikrofalowej do oznaczania pierwiastków w materiale glebowym – badania porównawcze. *Rocz. Gleb.* 50(1/2): 127–134.
- Jamnická G., Bučinová K., Havranová I., Urban A., 2007. Current state of mineral nutrition and risk elements in a beech ecosystem situated near the aluminium smelter in Ždiar nad Hronom. Central Slovakia. *Forest Ecology and Management.* 248: 26–35.

- Kabała C., Karczewska A., Szerszeń L., 1998. Formy pierwiastków śladowych w glebach leśnych Sudetów Zachodnich. *Geologiczne Problemy Karkonoszy*. Wyd. Acarus. Poznań: 213–216.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN. Warszawa: 1–400.
- Kabata-Pendias A., Piotrowska A., Motowicka-Terelak T., Maliszewska-Kordybach B., Filipiak K., Krakowiak A., Pietruch C., 1995. Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa: 1–41.
- Kalembasa D., Becher M., Pakuła K., 2007. Profilowe zróżnicowanie zawartości ołowiu, chromu i kadmu w leśnych glebach bielcowoziemnych na Nizinie Południowopodlaskiej. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 520: 465–472.
- Kawałko D., Kaszubkiewicz J., Woźniczka P., 2007. Zawartość metali ciężkich w glebach wybranych siedlisk leśnych na terenie Parku Krajobrazowego „Dolina Jezierzycy” 2007. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych Instytut Ochrony Środowiska*. Warszawa. 31: 23–27.
- Klimowicz Z., Dębicki R., Pyl A., 2004. Wybrane właściwości gleb bielcowych na terenie Parku Krajobrazowego „Podlaski Przełom Bugu”. *Annales UMCS. Sec. B. LIX*: 181–191.
- Kowalkowski A., 2002. Wskaźniki ekochemicznego stanu gleb leśnych zagrożonych przez zakwaszenie. *Regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Kieleckie Towarzystwo Naukowe*. Kielce. 3: 31–43.
- Laureysens I., Blust R., De Temmerman L., Lemmens C., Ceulemans R., 2004. Clonal variation in heavy metal accumulation and biomass production in a popular coppice culture: i seasonal variation in leaf, wood and bark cocentration. *Environ. Pollut.* 131: 485–494.
- Leyral C., Turnau K., Haselwandter K., 1997. Effect of heavy metal pollution on mycorrhizal colonization and function: physiological, ecological and applied aspects. *Mycorrhiza*. 7(3): 139–153.
- Lorek E., 1993. Kierunek i dynamika zmian procesów degradacji środowiska pod wpływem antropopresji w rejonie Górnego Śląska. *Akademia Ekonomiczna w Katowicach*. Katowice: 1–106.
- Łukasik I., 2006. Degradacja starodrzewów bukowych *Luzulo pilosae-Fagetum* w warunkach zróżnicowanej antropopresji na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej. *Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach*. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego. Katowice. 2414: 1–145.
- Maiz I., Esnada V., Millan E., 1997. Evaluation of heavy metal availability in contaminated soils by short sequential extraction procedure. *Science of the Total Environment*. 2006: 107–115.

- Malinowski R., 2007. Zawartość metali ciężkich w glebach Parku Narodowego „Ujście Warty”. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych. 31: 40–45.
- Matuszkiewicz W., 2006. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- Migaszewski Z., Gałuszka A., Świercz A., Kucharzyk J., 2001a. Element concentrations in soil land, plant bioindicators in selected habitats of the Holy Cross Mountains, Poland. Water, Air, Soil Pollut. 129(1–4): 369–386.
- Migaszewski Z.M., Gałuszka A., 1998. Biogeochemical Studies – the present state of knowledge. Przegląd Geologiczny. 46: 932–937.
- Niemyska-Łukaszuk J., 1992. Skład frakcyjny próchnicy i zawartość metali ciężkich w górnoregłowych bielicach boru świerkowego Babiej Góry. Acta Agraria et Silvestria Series Silvestris. 30: 53–61.
- Niesiobędzka K., Krajewska E., 2007. Akumulacja metali ciężkich w glebach i roślinności trawiastej przy trasach szybkiego ruchu. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych Instytut Ochrony Środowiska. Warszawa. 31: 278–283.
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z., 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Katalog. Instytut Ochrony Środowiska. Warszawa.
- Palowski B., 1987. Wpływ emisji przemysłowych huty „Katowice” na organy generatywne *Pinus sylvestris* L. Acta Biol. Sil. Katowice. 4(21): 58–68.
- Pokojska U., 1998. Zakwaszenie gleb leśnych, stan wiedzy i perspektywy badawcze. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 456: 63–70.
- Pomierny S., 2007. Ocena wybranych wskaźników ekologicznych w świeżych borach sosnowych zlokalizowanych wokół „Huty Katowice”. Rozprawa doktorska. Uniwersytet Śląski. Katowice: 1–176.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 roku, w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (DzU 02.165.1359).
- Skwaryło-Bednarz B., 2006. Ogólna zawartość wybranych metali ciężkich w glebach leśnych Roztoczańskiego Parku Narodowego (RPN). Acta Agrophysica. 8(3): 727–733.
- Strzyszczyński Z., Magiera T., 2003/2004. Ocena zanieczyszczeń gleb leśnych na podstawie podatności magnetycznej na przykładzie Nadleśnictwa Katowice. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa. Seria A. 961: 19–31.
- Szatanik-Kloc A., 2004. Wpływ pH i stężenia wybranych metali ciężkich w glebie na ich zawartość w roślinach. Acta Agrophysica. 4(1): 177–183.
- Terelak H., Piotrowska M., Motowicka-Terelak T., Stuczyński T., Budzyńska K., 1995. Zawartość metali ciężkich i siarki w glebach użytków rolnych Polski oraz ich zanieczyszczenie tymi składnikami. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 418: 45–60.

Terelak H., Stuczyński T., Motowicka-Terelak T., Piotrowska M., 1997. Zawartość Cd, Cu, Ni, Pb, Zn i S w glebach województwa katowickiego i Polski. *Archiwum Ochrony Środowiska*. 23, 3–4: 167–180.

<http://maps.google.com/>.

Rola osadu czynnego w redukcji zanieczyszczeń nieorganicznych na przykładzie oczyszczalni ścieków w Suchedniowie

Role of active sludge in the reduction of inorganic pollutants
on the example of the sewage treatment plant in Suchedniów

ANNA RABAJCZYK, ANNA GARBALA

Summary. Poland acceding to the European Union has been obliged to perform directive requirements of Council Decision of 91/271/EEC from 21 May 1991 concerning the urban waste water treatment (Dz. Urz. WE L 135 from 30.05.1991, p. 40–52, with further amendment; Official Journal, Polish special edition, chapter 15, volume 002, p. 26) according to terms set out in negotiations and written in the accession treaty and interim periods. Therefore a National Program of the Urban Waste Water Treatment was created (KPOŚK) according to modernizations and reconstructions of old buildings or construction of new sewage treatment plants are being led. It put emphasis for removing biodesintegrated associations in amount 95% of cargo of pollutants supplied to the sewage treatment plant what extorting applying biological processes as the fundamental element of the technological arrangement. With one of solutions constitutes active sludge which building different micro-organisms, adapted for the environment and the kind of removed substances. In mechanically-biological sewage treatment plant reactors of active sludge adapted to increased degree of removing from sewage compound of carbons, nitrogen and phosphorus are applied in Suchedniów, what the reduction in such parameters of the quality of sewages is taking place as BOD₅, nitrates and phosphates thanks to.

Keywords: mechanical-biological wastewater treatment plant, municipal sewage, inorganic contaminants, activated sludge.

Anna Rabajczyk, Anna Garbala, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Kielce.

WPROWADZENIE

Woda zajmuje ponad 3/4 powierzchni Ziemi, z czego około 97% znajduje się w zasolonych morzach i oceanach. Zgodnie z Ramową Dyrektywą Wodną (RDW) Unii Europejskiej, uchwaloną przez Parlament Europejski i Radę Wspólnoty Europejskiej 23 X 2000 roku: „woda nie jest tylko towarem komercyjnym, jak inne dobra, lecz w większym stopniu dziedzictwem, które musi być chronione, bronię i traktowane podmiotowo” (Ramowa Dyrektywa Wodna 2000).

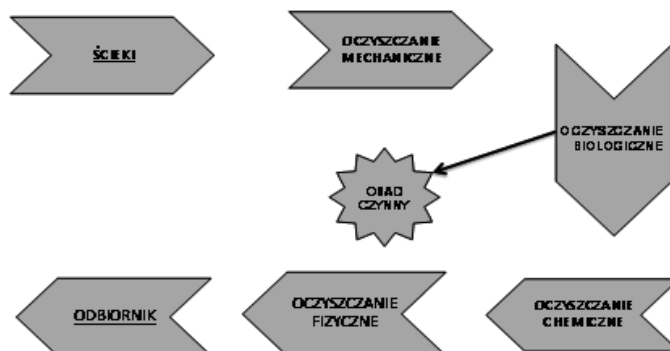
W celu ochrony istniejących zasobów niezbędne są badania stanu jakości wód. Główne zagrożenie ich stanu stanowią ścieki. Konieczna jest zatem stała kontrola składu odprowadzanych do odbiorników zanieczyszczeń ciekłych.

Z uwagi na różne pochodzenie oraz skład zanieczyszczeń ciekłych, na przykład z gospodarstw domowych i fabryk, opracowano wiele metod ich oczyszczania. Stosuje się zarówno metody mechaniczne, chemiczne, biologiczne, jak i mieszane. W zależności od rodzaju ścieków proces oczyszczania powinien być tak pomyślany, aby przy minimalnym nakładzie kosztów uzyskać najwyższy możliwy stopień ich redukcji.

Oczyszczanie ścieków składa się z zespołu procesów przebiegających po sobie. Pierwszy z nich to oczyszczanie mechaniczne, polegające na rozdrabnianiu, cedzeniu, sedymentacji i flotacji osadów. Następny etap to oczyszczanie chemiczne, które polega na przeprowadzeniu różnego typu reakcji chemicznych, na przykład utleniania, oraz procesów fizyko-chemicznych, na przykład koagulacji (Henze i in. 2002).

Końcowym etapem jest oczyszczanie biologiczne, czyli rozkład zanieczyszczeń o charakterze organicznym z wykorzystaniem mikroorganizmów w postaci na przykład tak zwanego osadu czynnego czy złożu biologicznych (Hartman 1996; Kowal, Świdarska-Bróz 2007).

Oczyszczanie biologiczne stanowi zazwyczaj kolejny stopień oczyszczania pozostałych w ściekach, po oczyszczeniu mechanicznym, rozpuszczonych związków organicznych i zawieszin nieopadających (ryc. 1). Na proces oczyszczania ścieków składa się wiele reakcji biochemicznych zachodzących przy udziale mikroorganizmów stanowiących osad. Osad czynny, inaczej aktywny, to sztucznie utrzymywany ekosystem składający się z nieożywionych elementów środowiska i biocenozy stanowiącej zespół mikroorganizmów, na który mogą składać się bakterie, grzyby mikroskopowe i pierwotniaki.



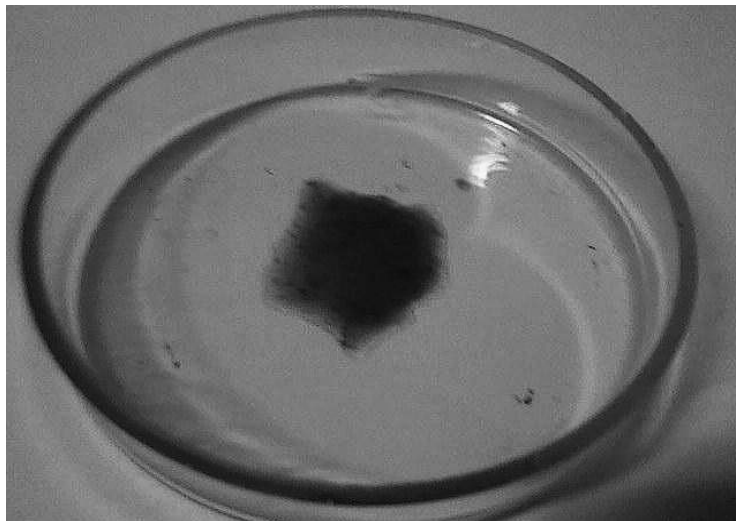
Ryc. 1. Umieszczenie biologicznego oczyszczania ścieków w procesie usuwania zanieczyszczeń z zanieczyszczeń ciekłych (opracowanie własne)

Fig. 1. Location of biological cleaning sewages in the process of scavenging of liquid pollutants (own work)

Oczyszczanie ścieków za pomocą osadu czynnego polega na wytworzeniu w objętości ścieków kłaczek o wymiarze 50–100 mm o bardzo silnie rozwiniętej powierzchni. Kłaczki zbudowane są z mineralnego jądra koloru brązowego lub beżowego, a na powierzchni w śluzowej otoczce zawierają liczne bakterie z grupy heterotrofów, np. *Acinetobacterium*, *Achromobacter*, *Aeromonas*, *Enterobacteriaceae*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* i *Zoogloea*. Na powierzchni kłaczek są absorbowane, a następnie mineralizowane w wyniku procesów metabolizmu zachodzących w mikroorganizmach zanieczyszczenia organiczne. Aby zapewnić prawidłowy przebieg procesu, kłaczki powinny być równomiernie unoszone w masie ścieków przepływającej przez komorę napowietrzania. Ze względu na charakter organizmów tworzących osad czynny metoda ta wymaga doprowadzenia tlenu jako substratu bioutleniania zanieczyszczeń organicznych. Aby zagwarantować bakteriom warunki tlenowe, stężenie tlenu rozpuszczonego w ściekach powinno wynosić $> 0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Hartmann 1996).

Należy jednak pamiętać, że biocenoza i abiotyczne czynniki środowiska są ze sobą nierozzerwalnie związane (Bazeli 2006; Buraczewski 1994). Czynniki oddziałujące na osad czynny są bardzo zmienne, dlatego skład organizmów aktywnego osadu nie jest stały. Ponadto zmienność osadu aktywnego często wynika z silnego współzawodnictwa między organizmami, w skutek czego w osadzie pozostają tylko gatunki silniejsze. Skład gatunkowy osadu odzwierciedla zatem warunki panujące w świecie mikroorganizmów (Salyers, Whitt 2003; Bever 1997).

Makroskopowo osad czynny ma postać zawiesiny łatwoopadającej, w której jednostką strukturalno-fizjologiczną jest kłaczek (fot. 1).



Fot. 1. Kłaczek osadu czynnego (Fot. A. Garbala, 16.01.2009)

Photo 1. Fluff of active sludge (Photo by A. Garbala, 16.01.2009)

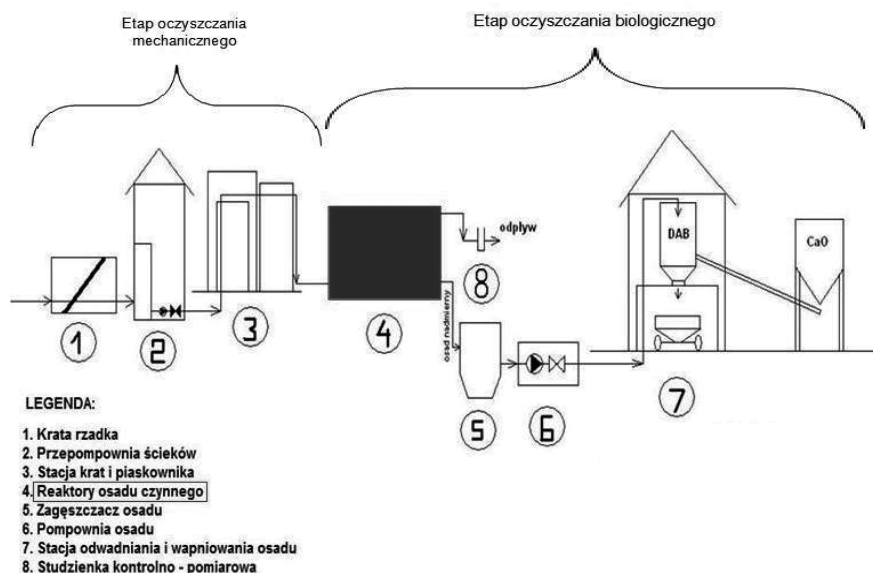
W skład kłaczka wchodzi:

- żywe drobnoustroje, głównie bakterie,
- martwe komórki,
- nierozłożone wielkie cząstki organiczne,
- części nieorganiczne (Bazeli 2006).

Mikroflora osadu (głównie bakterie) rozkłada na substancje proste (dwutlenek węgla, wodę i amoniak) związki organiczne występujące w ściekach, mikrofauna zaś, odżywiając się bakteriami, reguluje ich ilość w biocenozie. Proces oczyszczania ścieków osadem czynnym polega na wykorzystaniu przemian metabolicznych mikroorganizmów aerobowych swobodnie pływających w napowietrzonych ściekach. Oczyszczanie ścieków osadem czynnym prowadzone jest w zbiornikach zaopatrzonych w urządzenia napowietrzające i mieszające osad ze ściekami (Henze i in. 2002).

OBSZAR BADAŃ

Oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna w Suchedniowie funkcjonuje od 1970 roku. Służy do oczyszczania ścieków dopływających do niej siecią kanalizacyjną oraz dowożonych taborem asenizacyjnym z terenu gminy. Zlokalizowana jest w granicach administracyjnych miasta, w północno-wschodniej jego części, w sporym oddaleniu od zabudowy mieszkaniowej. Usytuowano ją na prawym brzegu rzeki Kamionki, która jest odbiornikiem oczyszczonych ścieków (Świątek 1997).



Ryc. 2. Schemat oczyszczalni ścieków w Suchedniowie (opracowanie własne)

Fig. 2. Sewage treatment plant scheme in Suchedniów (own work)

W 2000 roku, po trzyletnim okresie przebudowy, oddano do eksploatacji zmodernizowaną, mechaniczno-biologiczną oczyszczalnię ścieków o przepustowości $3020 \text{ m}^3 \cdot \text{dm}^{-3}$. W ramach modernizacji wymieniono bądź zlikwidowano szereg obiektów i urządzeń. Złoże biologiczne zastąpiono dwoma reaktorami

osadu czynnego przystosowanymi do podwyższonego stopnia usuwania ze ścieków związków węgla, azotu i fosforu (Świątek 1997).

METODYKA BADAŃ

Próbki ścieków pobierano dwukrotnie w kwietniu 2009 roku (pierwszy 02.04.09 r., drugi 23.04.09 r.). Każdorazowo próbki ścieków pobierane były do wcześniej przygotowanych zgodnie z normą PN-ISO 5667-10:1997, sterylnych pojemników. Pobór odbywał się w dwóch miejscach układu oczyszczalni – „na wejściu” i „na wyjściu”, tj. przed pierwszym oraz po ostatnim etapie oczyszczania ścieków. Próbki pobierano w seriach pomiarowych składających się z trzech próbek dla każdego punktu pomiarowego.

Pobrany materiał był transportowany do laboratorium Samodzielnego Zakładu Ochrony i Kształtowania Środowiska, gdzie oznaczano takie parametry, jak: pH, przewodność, zawiesina, twardość węglanowa, BZT₅ oraz stężenie siarczanów i azotanów. Wybrane wskaźniki jakości ścieków mają istotne znaczenie ze względu na charakter ścieków, jakie przyjmuje oczyszczalnia, a także ze względu na jakość odbiornika, do którego podczyszczone ścieki są odprowadzane. W celu oznaczenia poszczególnych parametrów jakości ścieków zastosowano następujące normy oraz metody:

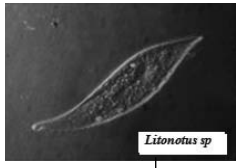
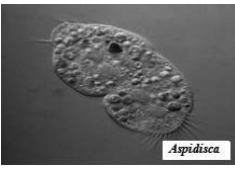
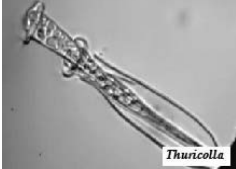
- pH – PN-90/C-0454/01,
- przewodnictwo – PN-EN 27888:1999,
- zawiesiny – PN-EN 872:2002,
- twardość – PN-91/C-04551/01,
- biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT₅) w ściekach metodą manometryczną na podstawie procedury firmy WTW (z wykorzystaniem 6-stanowiskowego systemu OxiTop®),
- siarczany w zakresie 5–250 [mg•dm⁻³] w ściekach na podstawie procedury firmy HACH-LANGE,
- azot azotanowy w zakresie 0,1–25 [mg•dm⁻³] w wodzie i ściekach na podstawie procedury firmy HACH-LANGE.

Skład mikroorganizmów osadu czynnego oznaczany był w laboratorium mechaniczno-biologicznej oczyszczalni w Suchedniowie.

WYNIKI

Tabela 1. Skład mikroorganizmów osadu czynnego z oczyszczalni ścieków w Suchedniowie (Miejska Oczyszczalnia Ścieków w Suchedniowie) (fot. A. Garbala)

Table. 1. Composition of micro-organisms of active sludge from the sewage treatment plant in Suchedniów (Municipal Sewage Treatment Plant in Suchedniowie) (Photo by A. Garbala)

Data Date	Reaktor I Reactor I	Reaktor II Reactor II	Mikroorganizmy Micro-organisms	
02.04.2009	<i>Vorticella</i> , <i>Arcella</i> , <i>Aspidisca</i> , <i>Euglypha</i> , <i>Colpidium</i> , <i>Thuricola</i> <i>folliculoma</i>	<i>Arcella</i> , <i>Aspidisca</i> , <i>Euglypha</i> , <i>Thuricola</i> <i>folliculomta</i>		
23.04.2009	<i>Arcella</i> , <i>Aspidisca</i> , <i>Rotaria roto-</i> <i>toria</i> , <i>Euglypha</i> , <i>Vorticella</i> , <i>Cephalodella</i> , <i>Thuricola</i> <i>folliculoma</i> , <i>Nitki</i>	<i>Aspidisca</i> , <i>Arcelle</i> , <i>Thuricola fol-</i> <i>liculoma</i> , <i>Litonotus</i> , <i>Cuylyphe</i> , <i>Vorticella</i> , <i>Cephalodella</i> , <i>Nitki</i>		

Skład mikroorganizmów osadu czynnego, ze względu na swoją zmienność, jest stale monitorowany przez laboratorium oczyszczalni w Suchedniowie. Sprawdzane są takie elementy, jak skład gatunkowy organizmów oraz kondycja osadu. Skład osadu czynnego, w którym znajdują się np. *Nitki*, może świadczyć o zmęczeniu osadu aktywnego, gdyż organizmy te tworzą się wówczas, gdy organizmy tworzące osad czynny nie radzą sobie z ilością zanieczyszczeń zawartych w ściekach. Jak wynikało jednak z wyników badań przeprowadzonych przez suchedniowskie laboratorium, ilość *Nitek* nie była duża i nie miała wpływu na efektywność oczyszczania ścieków.

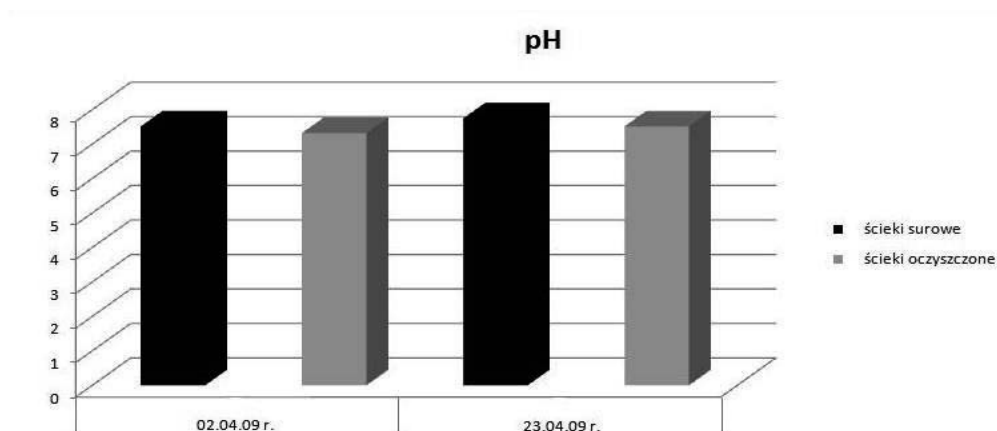
Tabela 2. Wyniki badań próbek ścieków pobranych z oczyszczalni ścieków w Suchedniowie
 Table 2. Results of samples of sewages taken from the sewage treatment plant in Suchedniów

Analizowane wskaźniki <i>Analysed index</i>	Jednostka <i>Unit</i>	02.04.2009		23.04.2009	
		Ścieki surowe <i>Raw sewages</i>	Ścieki oczyszczone <i>Cleaned sewages</i>	Ścieki surowe <i>Raw sewages</i>	Ścieki oczyszczone <i>Cleaned sewages</i>
pH	–	7,51	7,32	7,74	7,51
Przewodność <i>Conduction</i>	[$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	940	788,5	770,3	681,5
Zawiesina <i>Suspensions</i>	[$\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$]	0,1594	0,055	0,2832	0,1826
Węglany <i>Carbonates</i>	[°n]	16,4	11,1	15,0	10,0
Siarczany <i>Sulphates</i>	[$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]	41,6	35,2	43,7	34,8
Azotany <i>Nitrates</i>	[$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]	2,49	0,50	8,31	1,02
BZT ₅ <i>BOD₅</i>	[mg $\text{O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$]	540,0	77,0	480,0	32,0

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Monitorowanie wskaźników jakości ścieków ma istotne znaczenie ze względu na jakość wód odbiornika. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 roku w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (DzU 2006, nr 713, poz. 984) jakość wprowadzanych ścieków do odbiornika nie może powodować w wodach takich zmian fizycznych, chemicznych i biologicznych, które uniemożliwiałyby prawidłowe funkcjonowanie ekosystemów wodnych i spełnienie przez wody określonych dla nich wymagań jakościowych, związanych z ich użytkowaniem wynikającym z warunków korzystania z wód regionu wodnego.

Istotnym w analizie jakości ścieków parametrem jest wskaźnik kwasowo-zasadowy, czyli pH. Wyniki analiz pobranych próbek ścieków pod względem wartości pH wskazały na lekko zasadowy odczyn roztworu (ryc. 3).

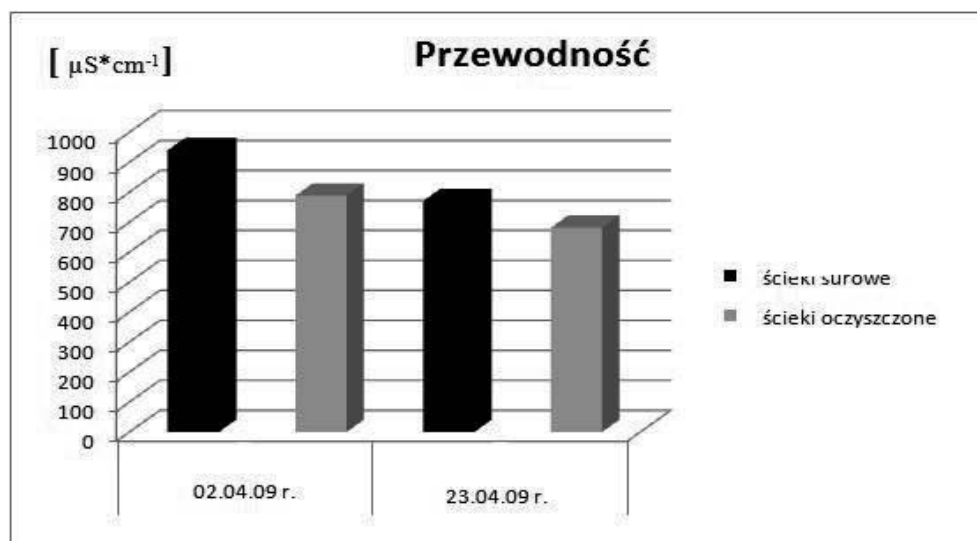


Ryc. 3. Zmiany wartości pH w próbkach ścieków surowych i po procesie oczyszczenia w poszczególnych dniach poboru

Fig. 3. Changes of the pH value in samples of raw sewages and after the cleaning process on individual conscription days

Proces oczyszczenia w niewielkim stopniu wpływa na redukcję pH. Jednak wskaźnik ten nawet bez ingerencji osadu zachowuje wartość dopuszczalną dla ścieków zrzucanych do odbiornika, która znajduje się w granicach 6,5 do 8,5.

Równie istotnym parametrem dla określenia jakości ścieków co pH jest przewodność elektrolityczna, czyli konduktywność. Parametr ten jest wyrażany w $[\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}]$ i stanowi miarę zdolności roztworu do przewodzenia prądu elektrycznego, czyli jest miarą ilości substancji rozpuszczonych, występujących w postaci jonowej, w roztworze. Wyniki analiz pobranych próbek ścieków surowych i po procesie oczyszczania wykazały nieznaczną różnicę w oznaczonych wartościach (ryc. 4).

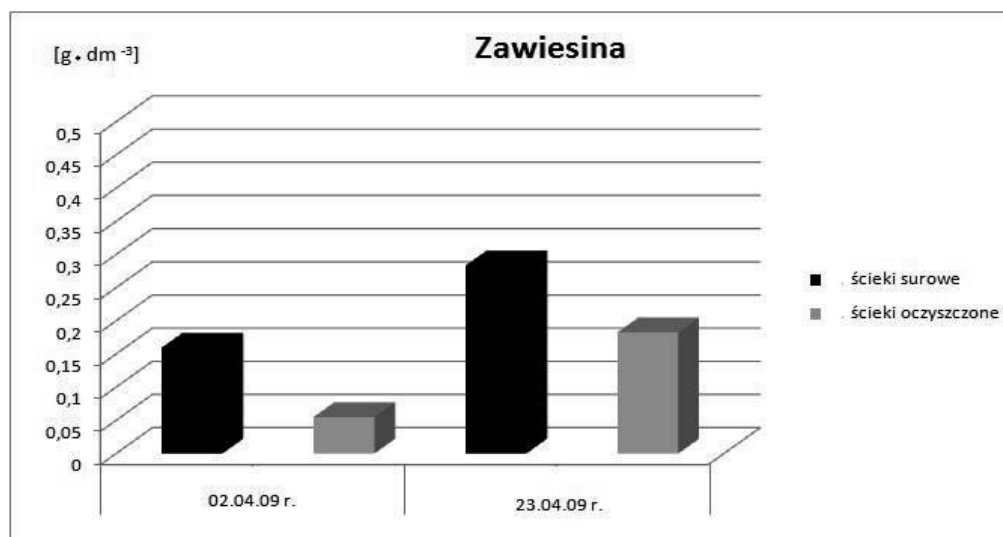


Ryc. 4. Zmiany wartości przewodności w próbkach ścieków surowych i po oczyszczeniu w poszczególnych dniach poboru

Fig. 4. Changes of the conduction value in samples of raw sewages and after the cleaning process on individual days

Zmniejszenie się ilości substancji jonowych w oczyszczanym układzie świadczy o mniejszym stopniu zanieczyszczenia roztworu substancjami łatwo przyswajalnymi przez organizmy. Redukcja związków rozpuszczonych wyniosła średnio 14%, a zatem podobnie jak w przypadku pH, osad czynny nie wpływa w znaczący sposób na zmniejszenie ilości substancji rozpuszczonych w ściekach. Jednak zarówno ścieki oczyszczone, jak i surowe mieszczą się pod względem wymagań w stosunku do przewodności elektrolitycznej w wymaganej normie, która dla ścieków oczyszczonych wynosi $1000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

W ściekach, obok substancji rozpuszczonych wykazujących zdolność do przewodzenia prądu, występują również cząstki stałe, tworzące tak zwaną zawiesinę. Ścieki komunalne niosą dużą zawartość zawiesiny, która może powstawać przy pracach domowych lub być wynikiem egzystowania człowieka. Dopuszczalny poziom zawiesiny w odprowadzanych do odbiornika ściekach wynosi $35 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$. W badanych próbkach ścieków parametr ten nie przekroczył dopuszczalnej wartości (ryc. 5).

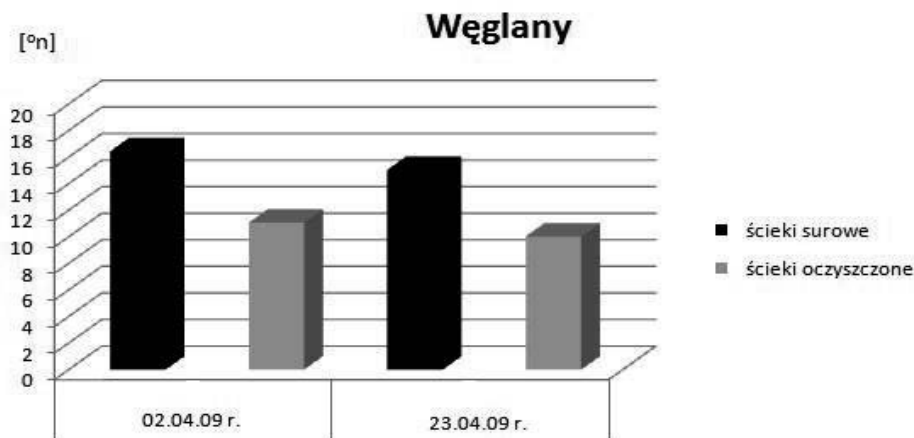


Ryc. 5. Zmiany wartości zawiesiny w próbkach ścieków surowych i po oczyszczeniu w poszczególnych dniach poboru

Fig. 5. Changes of the suspensions value in samples of raw sewages and after the cleaning process on individual days

Średni procentowy stopień redukcji zawiesiny w ściekach podczas procesu oczyszczania wynosi ok. 51%. Jednakże znaczna część cząstek zawieszonych została zatrzymana na etapie mechanicznego oczyszczania, gdzie mają zastosowanie kraty rzadkie.

Substancje zawieszone mogą pochodzić m.in. od związków trudno rozpuszczalnych, pochodzących od wapnia, żelaza oraz innych pierwiastków. Wodorowęglany wapnia $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ oraz magnezu $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, tworzące twardość węglanową, zwaną inaczej przemijającą, przy ogrzewaniu wody rozkładają się do nierozpuszczalnych węglanów tworzących kamień kotłowy. Występują one w wodzie do picia i przekazywane są później do ścieków. Twardość wyrażana jest głównie w stopniach niemieckich. Najwyższą wartość zanotowano pierwszego dnia poboru prób, to jest 02.04.2009 roku, kiedy wynosiła 16,4 °n, czyli oczyszczana woda była średnio twarda. W wyniku procesu oczyszczania z wykorzystaniem osadu czynnego nastąpiła redukcja wartości do poziomu 11,1 °n, co oznacza, że oczyszczony roztwór można określić jako 'miękki' (ryc. 6).

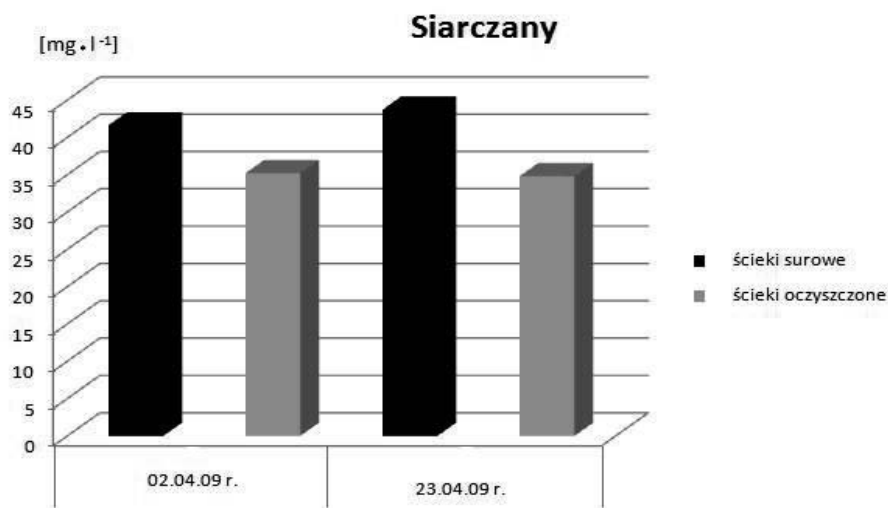


Ryc. 6. Zmiany wartości twardości węglanowej w próbkach ścieków surowych i po procesie oczyszczenia w poszczególnych dniach poboru

Fig. 6. Changes of the carbonates value in samples of raw sewages and after the cleaning process on individual days

Na podstawie otrzymanych wyników można zauważyć, że zarówno w ściekach surowych, jak i po procesie oczyszczania jakość roztworu nie odbiega od dopuszczalnych norm. Wskaźnik ten utrzymuje się w normie nawet bez udziału osadu czynnego.

Kolejnym analizowanym parametrem były siarczany(VI), których obecność może być efektem wprowadzenia do oczyszczalni, obok ścieków komunalnych, zanieczyszczeń pochodzenia przemysłowego. Dopuszczalne stężenie jonów siarczanowych wynosi $150 \text{ mg SO}_4^{2-} \cdot \text{dm}^{-3}$ (DzU nr 115, poz. 1229, z późn. zm.), co znaczy, że zarówno ścieki surowe, jak i oczyszczone spełniają określone wymagania (ryc. 7).

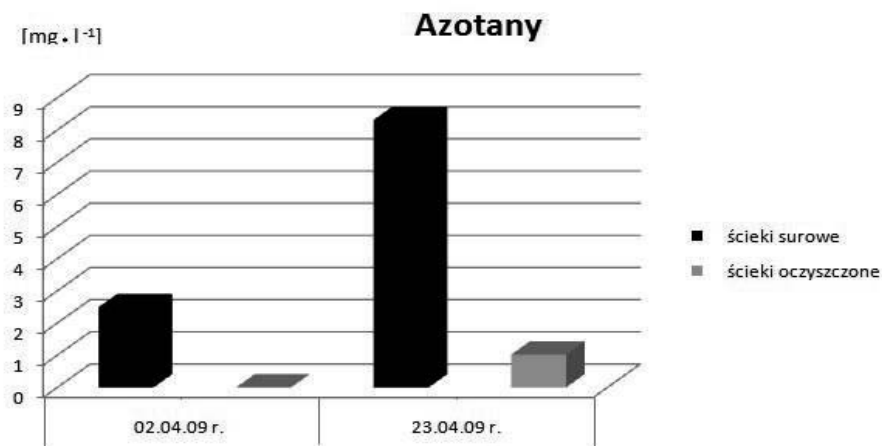


Ryc. 7. Zmiany wartości siarczanów w próbkach ścieków surowych i po oczyszczeniu w poszczególnych dniach poboru

Fig. 7. Changes of the sulphates value in samples of raw sewage and after the cleaning process on individual days

Średni stopień redukcji jonów siarczanowych w procesie oczyszczania ścieków wynosił 17,9%. Z tego wynika, że podobnie jak w przypadku twardości węglanowej, konduktywności oraz pH, proces mechaniczno-biologicznego oczyszczania charakteryzuje się niewielkim stopniem redukcji zanieczyszczeń.

Inaczej natomiast przebiega redukcja azotanów. Przeprowadzone badania wykazały bardzo duży stopień redukcji związków azotu w efekcie mechaniczno-biologicznego procesu oczyszczania (ryc. 8). Głównym źródłem azotanów są ścieki komunalne. Fekalia oraz ścieki pochodzące np. z pralni niosą ogromny ich ładunek.

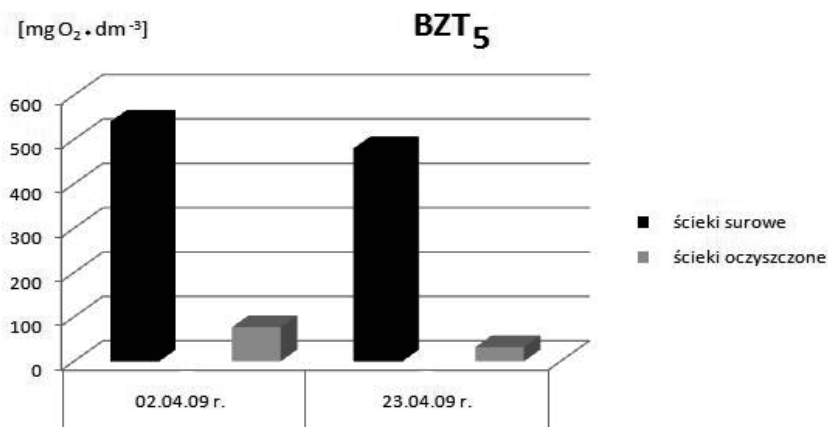


Ryc. 8. Zmiany wartości azotanów w próbkach ścieków surowych i po oczyszczeniu w poszczególnych dniach poboru

Fig. 8. Changes of the nitrates value in samples of raw sewages and after the cleaning process on individual days

Ogólny stopień redukcji tego wskaźnika wyniósł 87%. Azotany są jednym z głównych powodów eutrofizacji zbiorników wodnych, gdyż dostarczają roślinom niezbędnych substancji do szybkiego wzrostu. Dlatego ważne jest, aby ścieki oczyszczone zawierały jak najmniejszą zawartość tych jonów.

Podobny stopień redukcji jak w przypadku azotanów zanotowano dla biochemicznego zapotrzebowania na tlen oznaczanego po pięciu dobach (BZT_5) (ryc. 9).



Ryc. 9. Zmiany wartości BZT₅ w próbkach ścieków surowych i po oczyszczeniu w poszczególnych dniach poboru

Fig. 9. Changes of the BOD₅ value in samples of raw sewages and after the cleaning process on individual days

W wyniku zastosowania biologicznego oczyszczania z wykorzystaniem osadu czynnego otrzymano redukcję wskaźnika BZT₅ o średnio 90%. BZT₅ to ilość tlenu wymagana do utlenienia związków organicznych przez bakterie aerobowe. Wartość tę uzyskuje się w wyniku pomiaru zużycia O_2 przez badaną próbkę wody lub ścieków po 5 dobach. Podobnie jak w przypadku azotanów, również i ten wskaźnik jest bardzo ważnym parametrem określającym jakość oczyszczonych ścieków. Zgodnie z Rozporządzeniem MŚ z 2006 roku jego zawartość nie może przekroczyć $30 \text{ mg O}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ w ściekach odprowadzanych do odbiornika.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że:

1. W wyniku procesu oczyszczania wszystkie analizowane parametry uległy redukcji.
2. Największy stopień redukcji odnotowano dla azotanów(V) oraz wskaźnika BZT₅, średnio o wartość, odpowiednio, 88,7% oraz 89,5%.
3. Najmniejszy stopień redukcji odnotowano dla pH i przewodności, średnio o wartości, odpowiednio, 2,7% oraz 13,8%.
4. Osad czynny usuwa w znaczny sposób substancje biogenne z oczyszczanych ścieków.

5. Konieczne jest prowadzenie przez oczyszczalnię stałego monitoringu osadu czynnego zarówno pod względem składu gatunkowego, jak i jego kondycji.
6. Mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia w Suchedniowie zapewnia bardzo dobrą redukcję zanieczyszczeń, co uwarunkowane jest to prawidłową kondycją osadu czynnego.
7. Wymagania Ramowej Dyrektywy Wodnej dotyczące stopnia redukcji zanieczyszczeń ze ścieków wprowadzanych do odbiornika zostały spełnione.

Literatura

- Bazeli M., 2006. Ekologia osady czynnego. Gdańska Fundacja Wody. Gdańsk.
- Bever J., 1997. Zaawansowane metody oczyszczania ścieków: eliminacja azotu i fosforu, sedymentacja i filtracja. Oficyna Wydawnicza Projprzem-EKO. Bydgoszcz.
- Bezak-Mazur E., 1995. Metody analizy fizyczno-chemicznych zanieczyszczeń wód. Wydawnictwo WSP. Kielce.
- Buraczewski G., 1994. Biotechnologia osadu czynnego. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- DzU 2001, nr 115, poz. 1229.
- DzU 2006, nr 713, poz. 984.
- Hartman L., 1996. Biologiczne oczyszczanie ścieków. Wydawnictwo Instalator Polski. Warszawa.
- Henze M., Harremoës P., la Cour Jansen J., Arvin E., 2002. Oczyszczanie ścieków – procesy biologiczne i chemiczne, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce.
- Kowal A.L., Świdorska-Bróz M., 2007. Oczyszczanie wody. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- PN-ISO 5667-10:1997.
- PN-90/C-0454/01.
- PN-EN 27888:1999.
- PN-EN 872:2002.
- PN-91/C-04551/01.
- Szcześniak M., 2005. Skuteczność oczyszczania ścieków w zmodernizowanej oczyszczalni dla miasta Suchedniów. Kraków.
- Ramowa Dyrektywa Wodna, 2000. Bruksela.
- Salysers A.A., Whitt D.D., 2003. Mikrobiologia. Arkady. Warszawa.
- Świątek A.M., 1997. Ocena oddziaływania na środowisko modernizacji i rozbudowy miejskiej oczyszczalni ścieków w Suchedniowie. Referat Ochrony Środowiska Miasta Krakowa. Kraków.

Interaction between membrane-active crown-ethers and multilamellar lipid dispersion

Oddziaływanie między błonoaktywnymi eterami koronowymi a multilamelarną dyspersją lipidową

U.T. SHARAFUTDINOVA, B.A. SALAKHUTDINOV,
A.K. TASHMUKHAMEDOVA, U.Z. MIRKHODJAEV

Streszczenie. Badania eterów koronowych, różniących się strukturą i mechanizmem aktywności błonowej, pozwalają na określenie różnic wpływu tych związków na strukturę dwuwarstwy lipidowej. Niniejsza praca przedstawia wyniki badań nad określeniem zasad funkcjonowania otrzymanych przez autorów związków makrocyklicznych (Diacylopo-chodnych DB18C6, sulfopochodnych DB18C6, 4',4''(5'')-dimetyloetanolamino-DB18C6 oraz ich pseudocyklicznych analogów) w dwuwarstwach lipidowych. Badania były pro-wadzone za pomocą metody DSC, która pozwala na określenie zmian strukturalnych po-wodowanych przez cząsteczki błonoaktywne w dwuwarstwie lipidowej. Określono zmiany entalpii przejść fazowych oraz zmiany parametru σ .

Słowa kluczowe: błona aktywna, związki makrocykliczne, podwójna warstwa lipidu.

*U.T. Sharafutdinova, B.A. Salakhutdinov, A.K. Tashmukhamedova, U.Z. Mirkhodjaev,
Department of Biophysics, National University of Uzbekistan, 700174 Tashkent, VUZ Goro-dok Uzbekistan, uktamnur@mail.ru*

INTRODUCTION

Crown-ethers are the important group of compounds which reveals complex, ionophoric and channel forming activity. Transmembrane ion transfer can be realized by crown ethers due to appearance of ionophoric activities and formation of ionic channels by them. Ionophoric and channel-forming properties of crown ethers depend on their affinity to the high-organized lipid systems, one of them is bilayer lipid membrane. Crown ethers functioning as ionophores due to their embody into bilayer, in contrast to compounds forming ionic channels in bilayers, must influence absolutely differently on structural-dynamic properties of lipid bilayers. Furthermore, crown ethers with a low lipophilic features and with a high polarity, accordingly, can interact only with the polar part of lipid bilayer without appreciable penetration deep into hydrophobic region. Therefore, a revealing of the difference in structural reorganizations in lipid matrix, which can be induced by these crown ethers, is very important.

Study of interaction of crown ethers differing in structure and membrane action mechanisms with the multilamellar lipid dispersion enables to establish the difference in their influences on change of the initial structure of lipid bilayers. In this regard, the comparative study of influence of the series of DB18C6 derivatives and its pseudocyclic analogues differing in membrane action mechanisms on multilamellar dispersion was carried out to determine of the principles of their function in lipid bilayers.

MATERIALS AND METHODS

Diacylderivatives of DB18C6, sulfoderivatives of DB18C6, 4',4''(5'')-dimethylethanolamin-DB18C6 and pseudocyclic analogues of DB18C6 or *bis-o*-methoxy-phenoxy-diethyl ether (fig. 1) were synthesized in Laboratory of Macrocyclic Compounds of the Chemical Faculty of the National University of Uzbekistan (Grebenyuk et al. 2001).

Action of crown ethers on a phase transition process of the multilamellar dispersions for DPPC and DMPC was studied by DSC method, because this method is effective and allows us to reveal features of the structural reorganizations in lipid bilayers induced by the membrane-active molecules (Gennis 1997). The multilamellar dispersions using DPPC and DMPC were prepared in 10 mmol *tris*-HCl buffer solution (pH 7.5) at the concentration of lipids 3×10^{-4} mol. The samples of the multilamellar lipid dispersions combined with the pure crown ethers were prepared by mixing of appropriate concentration of lipids

with adding crown ether solutions in ethanol. After drying of these samples, the buffer solution was added to them and shaken for 5 minutes at temperature 25-30°C. The obtained dispersion was put into camera of differential adiabatic scanning microcalorimeter DASM-4 (Russia). Estimation of the thermodynamic parameters of a phase transition of the multilamellar lipid dispersions was carried out at the recording speed 1°C/min. The obtained experimental curves were digitized and data were transferred into computer to analysis and mathematical treatment using of application package of statistical analysis computing probability of error (P). The level of data validity $P < 0.05$ has been taken for the statistically significant change.

RESULTS AND DISCUSSION

The interaction of DB18C6-sulfoderivatives with multilamellar dispersions formed from DMPC (dimiristoylphosphatidylcholine) and DPPC (dipalmitoylphosphatidylcholine) was investigated by us previously (Sharafutdinova et al. 2007). The investigation of how crown-ethers of different membrane activity interact with multilamellar dispersions allows us to establish their unique effect on reorganization of initial membrane packing.

On the basis of heating thermograms of phospholipid multilamellar dispersions it was established that Ca^{2+} complexones (4',4''(5'')-Diacetyl-DB18C6; 4',4''(5'')-Dipropanoyl-DB18C6; 4',4''(5'')-Diocanoyl-DB18C6) increase the total enthalpy (H) of lipid phase transition to 54,94%, 36,65% and 36,9%, and increase the σ parameter to 77,77%, 44,44% and 44,44%, respectively.

When crown-ether/lipid ratio increases the width of peak at half-height increases as well while the temperature of main transition (T_m) doesn't change significantly for long-chain complexones, but decreases for short-chain complexones for 1,42%.

In experiments with long-chain complexones (4',4''(5'')-Diocanoyl-DB18C6; 4',4''(5'')-Dipropanoyl-DB18C6) slight shift of (T_m) towards high temperatures region was observed. It testifies that long-chain complexones are capable to penetrate into a short depth of interchain area. 4',4''(5'')-Diacetyl-DB18C6 perturbs the surface of lipid bilayer causing the decrease of T_m and the increase of the total enthalpy of phase transition (fig. 2a).

Ca^{2+} -ionophores (4',4''(5'')-Dibutyryl-DB18C6; 4',4''(5'')-Divaleryl-DB18C6) decrease the total enthalpy (fig. 2a) of phase transition to 26,2% and 17,5%, decreasing at the same time σ parameter to 13,88% and 11,11% correspondingly. When

crown-ether/lipid ratio increases, the width of peak at half-height increases, while the temperature of T_m decreases to 0,94%.

Ca^{2+} -ionophores localize entirely into bilayer space, disrupt rigid package of hydrocarbon chains at the temperature lower than the temperature of main phase transition, also disturb inter-chain hydrophobic interactions between phospholipid molecules. In this case the certain number of phospholipids excludes from the process of phase transition that leads to decrease of intensity of melting peak and consequently leads to decrease of total enthalpy of phase transition. Cooperativity also decreases to more than 10%. Ca^{2+} -ionophores cause slight perturbations of bilayer surface that leads to decrease of T_m to 0,94%.

Ca^{2+} -channel formers 4',4''(5'')-Dimethylethanolamine-DB18C6 and Bis-O-methoxy-phenoxy-diethyl ether decrease total enthalpy (fig. 2a) of phase transition to 39,91% and 15,92%, respectively. At the same time decreasing σ parameter to 38,88%, and 16,66% respectively. At crown-ether/lipid ratio increase the width of peak at half-height and the temperature of main phase transition T_m remain unchangeable.

Ca^{2+} -channel formers form channel-like structures that incorporate into membrane bilayer space and disrupt the rigid packing of phospholipids' hydrocarbon chains. In this case the disturbances of membrane's surface are not observed. ($T_m - \text{const}$). It leads to decreasing of the total enthalpy of phase transition and cooperativity decreases to more than 10%.

K^+ -channel formers (4''-tert-butyl-4''(5'')-DB18C6-sulfoacid; 4'-acetyl-4''(5'')-DB18C6-sulfoacid; 4'-DB18C6-sulfoacid; 4',4''(5'')-DB18C6-disulfoacid) decrease the total enthalpy (Fig. 2 b) of phase transition to 17,7%; 17,7%; 6,25% and 2,59%, increasing σ parameter to 25,71%; 25,71%; 5,7% and 2,85% correspondingly. When crown-ether/lipid ratio increases the width of peak at half-height increases 50%; 50,7; 5% and 2,5% respectively while the temperature of main phase transition T_m remain unchangeable.

K^+ -channel formers form channel structures that embed into membrane bilayer and disrupt the rigid package of hydrocarbon chains that is manifested in decrease of total enthalpy of phase transition. Apparently there are no any remarkable perturbations caused by these compounds ($T_m - \text{const}$).

In contrast to Ca^{2+} -ionophores and Ca^{2+} -channel formers, the cooperativity of melting process increased both in case of Ca^{2+} -complexones and the most active K^+ -channel former (4''-tert-butyl-4''(5'')-DB18C6-sulfoacid) and the cooperativity decreased to 26%.

When crown-ether/lipid ratio increases, the width of peak at half-height increases also for all the studied crown-ethers, only one exception was observed in

experiments with Ca^{2+} -channel formers, when the width of peak at half-height remained unchangeable, though the cooperativity of melting decreased.

CONCLUSIONS

On the basis of crown-ethers structure, the classification of interactions of Ca^{2+} -complexones, Ca^{2+} -ionophores, Ca^{2+} -channel formers and K^{+} -channel formers with multilamellar dispersions, as well as definition the thermo dynamical characteristics of the interaction process were established.

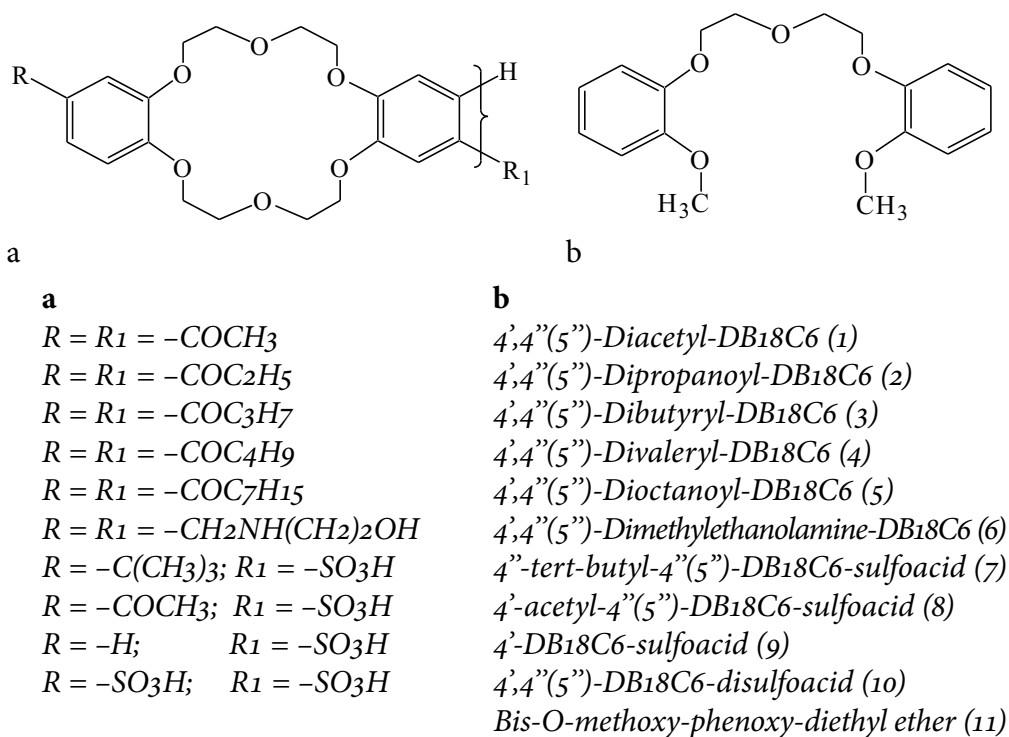


Fig. 1. Chemical structures of studied macrocyclic (a) and pseudocyclic (b) crown ethers

Rys. 1. Struktura chemiczna badanych makrocyklicznych (a) i pseudocyklicznych (b) eterów koronowych

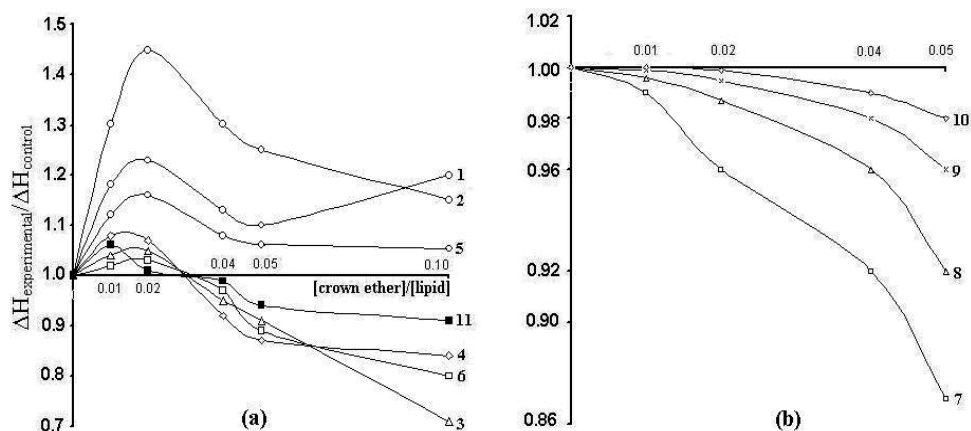


Fig. 2. Changes of the relative enthalpy of melting process of the multilamellar dispersions for DMPC and DPPC at increasing of the ratio of concentrations of crown ether to lipid: a) 1, 2, 5 (Ca²⁺-complexons); 3, 4 (Ca²⁺-ionophores); 6, 11 (Ca²⁺-channel formers); b) 7, 8, 9, 10 (K⁺-channel formers)

Rys. 2. Zmiany względnej entalpii procesu topnienia multilamellarnej dyspersji dla DMPC i DPCC przy wzrastającym stosunku stężenia eteru do lipidu: a) 1, 2, 5 (Ca²⁺-kompleksy); 3, 4 (Ca²⁺-jonofory); 6, 11 (związki tworzące kanały Ca²⁺); (związki tworzące kanały K⁺)

References

- Gennis R., 1997. Biomembranes: molecular structure and functions//Mir. Moscow: 624-627.
- Grebenyuk A.D., Zotova L.V., Tashmukhamedova A.K. 2001.//Khim. Geterots. Soed. V. 7: 894-899.
- Sharafutdinova U.T., Kosymbetov P.G., Salakhutdinov B.A., Mirkhodjaev U.Z., 2007. Deystvie sulfoproizvodnih DB18C6 na termotropnie svoystva lipidnih dispersiy. // Uzbekskiy biologicheskij jurnal. No. 4: 34-39.

The role of Education for Sustainable Development during the postgraduate studies in the field of Environment Protection

Rola edukacji w zakresie zrównoważonego rozwoju realizowanej
podczas studiów podyplomowych z Ochrony środowiska

LIGIA TUSZYŃSKA

Streszczenie. Publikacja przedstawia próbę oceny poziomu świadomości ekologicznej dorosłych osób, podejmujących studia podyplomowe w zakresie ochrony środowiska. Interesujące jest, czy osoby te posiadają już ugruntowane postawy i zachowania w tej dziedzinie, czy też liczą na ich ukształtowanie w czasie kształcenia podyplomowego. Wśród słuchaczy przeprowadzono anonimową ankietę sprawdzającą wiadomości, umiejętności i kompetencje społeczne w zakresie ochrony środowiska. Drugim narzędziem badawczym był arkusz analizy prac dyplomowych złożonych przez słuchaczy przed zakończeniem studiów. Z porównania wyników badań własnych dotyczących słuchaczy studiów podyplomowych i danych przedstawionych w raporcie INE wynika, że osoby podejmujące studia w zakresie ochrony środowiska mają niski poziom świadomości ekologicznej, porównywalny, a czasem niższy od przeciętnego Polaka. Co ciekawe, nie widzą potrzeby prowadzenia edukacji ekologicznej na swoim stanowisku pracy. Z analizy prac dyplomowych wynika, że pewne doświadczenia zawodowe wspierane poprzez aktualizację i poszerzenie wiedzy słuchaczy kształtują ich świadomość ekologiczną, rozwijają aktywność zawodową, ukierunkowując ją na działania edukacyjne na rzecz ochrony środowiska i zrównoważony rozwój. Kształcenie dorosłych na podyplomowych studiach ochrony środowiska wpisuje się w ogólnoeuropejski program sieci EURYDICE – „Uczenie się przez całe życie” (Uczenie się przez całe życie 2002). Powyższa konkluzja uzasadnia potrzebę i sens aktualizacji wiedzy.

Słowa kluczowe: zrównoważony rozwój, ochrona środowiska, świadomość ekologiczna.

*Ligia Tuszyńska, University of Warsaw, Faculty of Biology, Warsaw, Poland,
The Maria Grzegorzewska Academy of Special Education, Warsaw, Poland*

INTRODUCTION

Social circumstances for Environment Protection are tightly connected with the strategy of Sustainable Development that has become even more important after the accession of Poland to the UE. The public discussion about ecology started in 1962 when “Silent spring”, the book by Rachel Carson, an American biologist, was published. This book indicated the relationship between the intensive use of mercury-polluted seeds and the extinction of the local population of birds belonging to yellow-hammers family (*Emberizidae*). Rachel Carson drew people’s attention to the issues concerning ecology and Environment Protection, contributing to the development of global ecological movements. In 1992, during the Earth Summit in Rio de Janeiro, the document called Agenda 21 was developed and signed by the representatives of 179 countries. Agenda 21 contained the program of social actions designed for 21st century as well as the strategy of Sustainable Development, connecting environmental, social, and economic aspects. By definition, Sustainable Development means the social and economic progress that fulfills the needs of the current generation in the way that does not limit the chances of next generations. Such definition, which is widely used nowadays, was formulated for the first time in 1987, in the Report of the World Commission of Environment and Development. Such idea of development links thinking about humankind, animals and plants, ecosystems, and natural resources, such as: water, air or carbon. Moreover, it also points to the most important challenges of the modern world, such as: poverty, social parity, human rights and safety, education available for everybody, health issues, and interactions between different cultures (www.unesco.pl/edukacja). The Chapter 36 of Agenda 21 concerns the Education for Sustainable Development and indicates the necessity of its implementation in schools. Education for Sustainable Development is already obligatory in schools in many countries, however it is not always commonly accepted. Reports elaborated 10 years after the Summit in Rio indicated that Sustainable Development does not proceed sufficiently in many countries, including Poland.

As a result of this insufficiency education was pointed as the priority during the Earth Summit in Johannesburg in 2002. The UN General Assembly proclaimed 2005–2014 as the Decade for Education for Sustainable Development. The

main aim of this international project, directed by UNESCO, is the introduction of Education for Sustainable Development into all steps of education within all disciplines.

Education for Sustainable Development is focused on the gathering of the knowledge and skills necessary for Environment Protection, the development of the society awareness, interest in environmental, social and economic issues, and pro-environmental attitude (Statement regarding Education for Sustainable Development). Currently, education is much more often included into the UE projects concerning Sustainable Development, and in many cases it can be the crucial factor during the allocation of the funds for such projects. A new approach towards the policy of the country shows that there is a great need for the education of instructors who could transfer the knowledge on Sustainable Development to the local governments, administration and schools.

This article presents the results of analysis focused on the assessment of the ecological awareness level among students beginning the postgraduate studies in the field of Environment Protection. It was interesting to verify whether such students had already established attitudes and outlooks, or whether they expected that their ideas and views consolidate during postgraduate studies.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE SOCIAL EDUCATION

The representatives of social and life sciences indicate that in Poland there is no discipline focused on both social and natural development. The Strategy of Education for Sustainable Development was accepted by the Polish government in 2005 in Vilnius. This raised several questions regarding such issues as: who should educate the instructors, and how Education for Sustainable Development should be introduced into the educational basis, if none of the instructors were properly educated.

There is a great need for elaborating and implementing the classes devoted to Sustainable Development into the universities, especially during studies in life sciences, pedagogy and social sciences, as the graduates often work as teachers or civil servants, therefore are responsible for the introduction of Education for Sustainable Development. The scientific discipline devoted to such issues should be created by the universities and proper ministries.

2010 was announced by the United Nations as the year of biological diversity. The idea of biodiversity protection was widely promoted in high schools and universities. The last research conducted by *Eurobarometr* for the European Commission revealed that although the term “biodiversity” is familiar for 60%

of Europeans, only 30% know its exact meaning, and no more than 5% can indicate the results of biodiversity loss.

The Article 13th of the Convention on Biological Diversity postulates that the media should be engaged into the popularization of the issues concerning biodiversity. According to the Convention, biodiversity means the variation among populations of the same or different species. It is crucial to protect the whole natural environment on the all levels of its organization, including both diverse (rich) and limited (poor) ecosystems, and all their elements that have been underestimated or even destroyed so far. Ecosystems that are especially useful for economy, industry or agriculture, containing traditional breeds and strains of animals and plants, should be protected with their whole variety and abundance. The Convention underlines that protection of biodiversity requires both in situ and ex situ actions. It is also necessary for other economic sectors to join and support the actions concerning the biodiversity protection and development of ecological awareness among the people living all over the world (The Convention on Biological Diversity). The IUCN announced the global initiative for the communications, education and social awareness – CEPA. The plan for implementation of this initiative into the countries and regions encompasses:

- elaboration and implementation of national strategies of education, communication and the social awareness development,
- reinforcement of the potential of national institutions, especially those devoted to social education,
- introduction of the biodiversity into the so-called mainstream programs and policy.

The promotion of the Convention should be carried out via the exchange of the experience and knowledge leading to the development of educational programs, elaboration and implementation of effective actions, and international trainings that will become a source of model solutions and best practice.

ECOLOGICAL AWARENESS AND INTERESTS OF POSTGRADUATE STUDENTS IN ENVIRONMENT PROTECTION

The main aim of presented research was the assessment of the level of knowledge and ecological awareness among students beginning the postgraduate studies in the field of Environment Protection. To this end the following questions were asked:

- what was the reason of choosing the studies in Environment Protection field?
Is it linked to the profession and the current place of work of the student?

- what is the level of the knowledge about Education for Environment Protection?
- do students have an opportunity to introduce Education for Sustainable Development to the current place of their work? Do they do it?
- what methods and forms of education are used by them?
- what is the subject of their diploma projects during studies?
- what conclusions were drawn from these projects?

The research was conducted among 55 students living in the Mazovia district who started in 2009 the postgraduate studies in Environment Protection at the Faculty of Biology, the University of Warsaw. These students graduated from both life sciences and humanities. More than half of all students (55%) worked in the National Sanitary Inspection in Warsaw and the Mazovia district. Their studies were supported by the POKL program. Other students undertook the studies on their own. It was interesting to conduct the research focused on the assessment of the expectations, interests and activity of such students in the field of Environmental Education.

It was assumed that students will get and extend their knowledge about life sciences, ecology, Environment Protection, Sustainable Development as well as microbiology, hydrology, and toxicology. Moreover, they should be educated how to put this knowledge into practice, i.e. by making the right decisions concerning the protection of the natural, social and economic environment. The students prepared the diploma projects regarding any specialty they chose, and connected with the professional experience of the graduate. As the diploma project should be based on the latest research in the selected area, this should result in extending the knowledge of students and improvement of their professional skills. Knowledge and skills gained during their studies should focus on the interest of students in Environment Protection and Sustainable Development in the selected area¹. In order to answer the key questions, anonymous survey was carried out among students during the first classes. The report summarizing the analysis of students' diploma projects served as a second research tool.

¹ See: the profile of graduate of postgraduate studies in environment protection.

ANALYSIS OF STUDENTS' DIPLOMA PROJECTS IN THE FIELD
OF ENVIRONMENT PROTECTION AT THE FACULTY
OF BIOLOGY, THE UNIVERSITY OF WARSAW

To determine the level of ecological awareness among students, diagnostics tool and analysis of the students' diploma projects were performed. The survey designed to assess the level of students' knowledge about Sustainable Development, their interests and opportunities for implementation of Environmental Education at their current place of work was carried out at the beginning of the studies. After the first semester of studies students chose the subject of their diploma project, that should have been connected with their own interests. This report presents the analysis of the students' diploma projects, including the selected subject matter, obtained results and conclusions, with special emphasis on those concerning the education of the local communities for Sustainable Development.

ANALYSIS OF RESULTS

Women constituted to 80% of students. Most of students dealt with Environment Protection issue due to professional duties, but only few of them implemented Environmental Education. At the beginning of studies, 40% of students knew the definition of Sustainable Development, while only 30% declared pro-ecological behavior, such as: waste segregation. One half of the respondents used ecological bags while shopping. The main reasons for undertaking the postgraduate studies were: the development of professional skills in the environment management area and the improvement of the professional value. None of the respondents pointed out the need for implementing Education for Sustainable Development at the place of work or among the local community (Tuszyńska, Kral 2010).

Table 1. The individual actions undertaken for the environment by Polish people and postgraduate students

Tabela 1. Indywidualne działania na rzecz środowiska przeciętnego Polaka i Słuchacza PSOŚ

The type of action <i>Rodzaj działalności</i>	Polish people that undertake such action * <i>Przeciętny Polak</i> %	Postgraduate students that undertake such action <i>Słuchacze Podyplomowych Studiów Ochrony Środowiska</i> %
Separating the waste <i>Segreguje odpady</i>	60,2	50
Using the ecological bags during shopping <i>Stosuje torby wielokrotnego użytku robiąc zakupy</i>	48	50
Being familiar with Sustainable Development term <i>Zna definicję zrównoważonego rozwoju</i>	Not determined <i>Brak danych</i>	40

* A. Bołtmiuk, 2009. The ecological awareness of Polish people – Sustainable Development, IRWiR PAN, Warsaw.

* A. Bołtmiuk, 2009. Świadomość ekologiczna Polaków – Zrównoważony rozwój, IRWiR PAN, Warszawa.

The comparison of the results presented in Table 1 indicates that the level of ecological awareness among students beginning postgraduate studies in the field of Environment Protection is low. Despite the fact that such people are engaged into Environment Protection issue because of their profession, they do not realize the importance of the implementation of Environmental Education at their place of work.

The subject of the diploma projects, analyzed at the end of the studies, are presented in Table 2. Themes selected by students were diverse, although there was a correlation between titles of the projects, and the current place of work of the students. Over 60% of the employees of the National Sanitary Inspection chose the issues concerning the water pollution and the water protection.

Table 2. The issues discussed in the students' diploma projects in Environment Protection at the Faculty of Biology, the University of Warsaw in 2009/2010

Tabela 2. Tematyka podejmowanych prac własnych słuchaczy Podyplomowych Studiów Ochrony Środowiska na Wydziale Biologii UW w roku akademickim 2009/2010

Lp.	The subject of project <i>Tematyka prac</i>	Group I <i>Grupa I</i> %	Group II <i>Grupa II</i> %	Total <i>Razem</i> %
1	Water protection (the projects concerned such issues, as: the methods of refining the eutrophicated water, the assessment of the level of water environment modifications, the influence of water conditioning on its quality, the assessment of microbiological and chemical parameters of water, the usage of the quality monitoring systems for the microbiological analysis of drinking water, the water supply system) <i>Ochrona środowiska wodnego (prace dotyczyły np.: sposobów odtwarzania zeutrofizowanych zbiorników wodnych, oceny stanu i przekształceń środowiska wodnego, wpływu uzdatniania wody na jej jakość, oceny parametrów fizyko-chemicznych i mikrobiologicznych wód lokalnych, zastosowania systemów jakości w mikrobiologicznych pracowniach badania wody, systemów nadzoru nad jakością wody przeznaczonej do spożycia, zaopatrzenia ludności w wodę itp.)</i>	34,5	1,8	36,36
2	Waste management (the selective waste collection, the electronics utilization, the vehicle recycling, the system of the waste management in the commune, the influence of the dumping grounds on the environment, the analysis of the selective waste collection, the community waste management in the local production plants, the waste in the medical institutions, the possibility of the waste paper usage in Poland) <i>Gospodarka odpadami (selektywna zbiórka odpadów, gospodarka odpadami zużytego sprzętu, recykling pojazdów wycofanych z eksploatacji, system gospodarki odpadami w gminie, oddziaływanie składowiska odpadów na środowisko, analiza selektywnej zbiórki odpadów komunalnych, gospodarka odpadami komunalnymi w małych zakładach usługowych, odpady medyczne w zakładach opieki zdrowotnej, możliwości zastosowania makulatury w Polsce)</i>	7,2	14,5	21,81

3	Biodiversity protection (the characteristics of the natural environment in the selected area, the history and nature of the Kampinos National Park, the forms of Environment Protection in the selected district, the Nature 2000 Network in Poland, biodiversity protection in the environmental programs, selective settlement of the niche by selected species of animals) <i>Ochrona różnorodności biologicznej (charakterystyka środowiska przyrodniczego na wybranym terenie, Kampinoski Park Narodowy w ujęciu historycznym i przyrodniczym, formy ochrony przyrody w powiecie, sieć Natura 2000 w Polsce, wybiórczość siedliskowa niektórych gatunków zwierząt, ochrona różnorodności biologicznej w programach rolnośrodowiskowych)</i>	1,8	10,9	12,75
4	The duties of the local governments in the area of Environment Protection (the procedures of environment monitoring by law, the waste management in the communes, the duties of the local governments in the field of controlling the influence of the transactors on the environment) <i>Zarządzanie środowiskiem (procedury ocen środowiskowych w świetle prawa, gospodarka odpadami na terenie gmin, zadania kontrolne samorządów w zakresie korzystania ze środowiska przez podmioty gospodarcze)</i>	0	14,54	14,54
5	Natural resources (the influence of water farms on the environment, the influence of the production and usage of biofuels on the environment) <i>Naturalne źródła energii (oddziaływanie farm wiatrowych na środowisko przyrodnicze, wpływ produkcji i wykorzystania biopaliw na środowisko, wykorzystanie w codziennym życiu człowieka)</i>	5,45	3,64	9,09
6	Air protection (the influence of dumping grounds on the environment, the risk and the prevention in the waste management) <i>Ochrona powietrza przed zanieczyszczeniami (oddziaływanie składowiska odpadów na środowisko, zagrożenia i rozwiązania zapobiegające w obszarze gospodarki odpadami)</i>	5,45	0	5,45

Group I – graduates, the employees of the National Sanitary Inspection

Group II – the other graduates

During presentation of their projects these students revealed great knowledge about the methods of removing excessive elements from the groundwater conditioned for consumption and industrial usage. The quality of groundwater is regulated by the proper regulations. The diploma projects described relationship between community and industrial development, and the progressive loss of quality of water provided by water supply systems. It was stated that this process should be prevented as much as possible. Moreover, the National Sanitary Inspection should react every time when the quality of water does not meet the criteria. The pivotal part of the projects concerning the water pollution and protection issues was the description of different methods of the waste treatment that are commonly used due to their efficiency. The relevance of water quality monitoring was also underlined in such reports. However, it was stated that more attention should be paid to the education of the society that could lead to the prevention the water from the pollution and sewage. The assessment of physical, chemical and microbiological parameters of water was another important part of the projects elaborated by the students working in the National Sanitary Inspection. Three common conclusions were drawn from such analysis:

- “the most controversial parameters of water are too high levels of iron and manganese compounds, and their relationship with the turbidity and the loss of water colour;
- an above-average occurrence of microorganisms incubated at 22 and 36°C was often found during the assessment of microbiological parameters of water;
- it is better to use water coming from water supply system than separate water uptakes”.

The waste management was also popular (22%) the subject matter of analyzed diploma projects. These projects were mostly elaborated by students from the second group, that did not work in the National Sanitary Inspection. Conclusions concerning the importance of Sustainable Development issue for the electronics utilization, the role of Environmental Education of the local community and proper law regulations, as well as the relationship between the lack of financial support, low ecological awareness, and the irregularity in the waste management were presented in such reports.

The authors indicated that Environmental Education should be directed not only towards children and youth, but also towards adults, who produce the community and industrial waste. “Due to the constant increase in the society awareness and the more precisely defined sources of financial support, the system of electronic waste management develops in Poland. Every year more and more electronics are gathered and utilized. The companies competes each other

by encouraging the users to leave the electronics in numerous collection points” – as written in one of the reports. The analysis of these reports revealed that although waste management develops in Poland, it should be more supported by the institutions such as schools, the media, and communes, that are responsible for education and development of ecological awareness in the society. The report of the Institute for Ecodevelopment indicates that 83% of managers are enthusiastic about the new technological solutions to the problems of recycling. This may confirm the interest of the students (people with higher education), participants of presented research, in the waste management issues. Although civil activity of Polish people is low, they start to recognize the importance of citizens’ participation in making decisions concerning their own lives as well as the environment they live in (Bołtromiuk 2009b). Such idea was discussed in the other group of projects (15%), that were focused on the duties of the local governments in the field of Environment Protection. These reports described the possible solutions to the problems connected with the natural environment, the forms of the nature protection, and Sustainable Development in the selected communes. The methods of the systemic management of the environment, regional planning and ecological policy of Poland integrated with the UE was also presented. Sustainable Development was described as a reasonable and necessary solution for the further progress of the civilization. It was also noticed that Sustainable Development should be used by the scientists and politicians as the basis for Environment Protection, while Environmental Education should be one of the most important issues in the ecological policy of the country. Such education should lead to the development of the system of information and knowledge about the environment, available through all stages of education as well as to the local communities. The development of commune centers of Environmental Education as well as the promotion of outdoor classes in the vicinity of the school were indicated as the two major factors in Environmental Education progress.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

The graduates of the postgraduate studies in Environment Protection can work as specialists and consultants in the field of Environment Protection in both companies and institutions dealing with the environment management. They are properly educated to cooperate with the local and central governments, or environment conservators, so they could be employed for example in the departments of Environment Protection of the commune offices. Apart

from the activity focused on the assessment of the environment conditions and risks, they should be very active and important propagators of Environment Protection idea among the local communities. In order to efficiently collaborate with lawyers, economists, journalist or politicians the graduates of the described studies should understand the issues concerning Environment Protection. Such collaboration is crucial for the development of the new approach towards the functionality of the community as well as the social and natural environment. Professional experience supported by the extension of knowledge develops ecological awareness of students and promotes their professional activity in the field of Environment Protection and Sustainable Development. Education of adults during the postgraduate studies stays in agreement with the European program of the Eurydice Network – “Education through the whole life” (Education through the whole life 2002). Results and conclusions presented in the current report underline the need and necessity for such education and constant the knowledge updating. This also follows the guidelines of the Strategy of Education for Sustainable Development (Strategy of Education for Sustainable Development 2008) by the improvement of the society awareness via formal, non-formal and informal education. During the studies, students had a chance to realize the importance of the ecological awareness and education not only for the environment management, but also for their own professional development.

References

- Statement regarding Education for Sustainable Development, V Conference of the Ministry: Environment for Europe. 2003. Kiev.
- The Convention on Biological Diversity, Rio de Janeiro, 5th June 1992, ratified by Poland in 1996 (DzU 2002, No 184, position 1532).
- Tuszyńska L., Kral E., 2010. Environment protection in the education of European society during globalisation era (in:) T. Noch, A. Wesołowska (ed.) Globalisation and environment protection issue. Gdańsk.
- Bołtromiuk A., 2009a. The ecological awareness of Polish people – Sustainable Development, IRWiR PAN, Warsaw.
- Bołtromiuk A., 2009b. Ecological awareness of Polish people – Sustainable development. INE, www.ine-isd.org.pl/index_ekohercules
- Education through the whole life: the role of education systems in member countries of UE. 2002. EURYDICE, Foundation of Education System Development, Warsaw.
- Strategy of Education for Sustainable Development. 2008. EKG, ME, Warsaw. www.unesco.pl/edukacja (downloaded 05.04.2011).

Toksyczność glinu wyzwaniem środowiskowym (przegląd literatury)

The toxicity of aluminium environmental challenge (review of literature)

MAŁGORZATA WIDŁAK

Summary. This work covers a brief description of aluminium, its presence in minerals and the contents in lithosphere and the soil on the background of other elements. Here are presented the elements of environment (atmospheric, aquatic, soil, biosphere and organism of a human) taking into consideration the presence of aluminium and its toxic influence. There is a need of carrying on research in the field of the presence of aluminium in environment in relation to the universality of usage in many areas of life.

Key words: aluminium, the toxic forms of aluminium, the natural environment, the universality of aluminium usage.

Małgorzata Widlak, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, e-mail: m.widlak@tu.kielce.pl

WPROWADZENIE

Glin należy do najbardziej rozpowszechnionych pierwiastków na Ziemi, występuje w glebie, wodzie i powietrzu. Jego zawartość w skorupie ziemskiej wynosi ok. 8% ogólnej masy pierwiastków. Nie występuje w postaci rodzimej. Jest pierwiastkiem występującym na +3 stopniu utlenienia, bardzo rzadko +1 i +2, wykazującym właściwości amfoteryczne. Jego związki występują prawie we wszystkich skałach, wodach powierzchniowych i organizmach żywych. Wysoka zawartość glinu wiąże się z występowaniem w postaci licznych, na ogół,

trudno rozpuszczalnych minerałów – krzemianów i glinokrzemianów wchodzących w skład skał magmowych, osadowych i metamorficznych (Kotowski 1994; Gromysz-Kałowska, Szubartowska 1999). Glinokrzemiany, do których zaliczamy skalenie: ortoklaz KAlSi_3O_8 , albit $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, anortyt $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, leucyt KAlSi_2O_6 oraz różne rodzaje mik (łyszczków), np: biotyt $\text{K}_2\text{O}(6\text{MgFe})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, muskowit $\text{KAl}_2(\text{OHF})_2 \cdot \text{AlSi}_3\text{O}_{10}$, zawierają największe ilości glinu. Występujące również krzemiany glinowe, np.: cjanit, sillimanit i andaluzyt, wszystkie o składzie Al_2SiO_5 , różni jedynie budowa krystaliczna (Frankowski i in. 2008). Produktami wietrzenia glinokrzemianów w środowisku są minerały ilaste, zaliczamy do nich np. kaolinit $\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$, illit i montmorylonit $\text{Al}_2(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10} \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Szacuje się ich liczbę na około 300. Bogate w glin skały magmowe zawierają 8,1% glinu, gliny łupkowe aż 8,2%, uboższe w glin skały osadowe 0,4–2,5%. Zawartość glinu w skorupie ziemskiej i glebie różnicuje procentowy udział masy objętościowej wszystkich skał. Skały krystaliczne i zmetamorfizowane stanowią 95%, skały osadowe 5%, natomiast na powierzchni litosfery proporcje zostały odwrócone, to skały osadowe stanowią 75% (Gworek 2006).

Tabela 1. Zawartość wybranych pierwiastków w litosferze i glebach (Graczyk i in., 1992)

Table 1. The contents of chosen elements in lithosphere and soils

Pierwiastek <i>Element</i>	Zawartość w litosferze [ppm] <i>The contents in lithosphere [ppm]</i>	Zakres zawartości w glebach [ppm] <i>The range of contents in soils [ppm]</i>
Tlen	465 000	–
Krzem	276 000	230 000–350 000
Glin	81 000	10 000–300 000
Żelazo	51 000	7 000–550 000
Wapń	36 000	7 000–500 000

Rozwój cywilizacji i urbanizacji, postępujące uprzemysłowienie sprawiają, że wzrasta zagrożenie środowiska przyrodniczego (gleby, wody i powietrza) poprzez występowanie form glinu o działaniu toksycznym.

GLIN W EKOSYSTEMIE

W związku z procesami zachodzącymi w przyrodzie w sposób naturalny bądź antropogeniczny zmieniają się parametry fizykochemiczne podstawowych

elementów ekosystemów. Zmiana społeczeństw tradycyjnych w przemysłowe, dzięki mechanizacji produkcji oraz urbanizacji, doprowadziła do zwiększenia się w powietrzu ilości tlenków kwaśnych. Występowanie „kwaśnych deszczów” powoduje obniżenie pH wody i gleby, czyli przyczynia się do występowania toksycznych form glinu, które negatywnie oddziałują na rośliny i inne organizmy żywe. Zachodzą zmiany w łańcuchu pokarmowym gleba – roślina – zwierzę – człowiek (Dziadek, Waclawek 2005; Wyszowska, Kucharski 2003).

Glin znajduje się we wszystkich wodach naturalnych i wodociągowych. Może występować w formie rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej, w związkach organicznych i związkach nieorganicznych. Jego ilość jest zróżnicowana od 0,0001 do 1 mg/dm³, w wodach kwaśnych (pH < 5) stężenie Al może przekroczyć wartość 100 mg/dm³. W Polsce, według Rozporządzenia Ministra Zdrowia, dopuszczalny zakres wartości Al w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi wynosi 200 µg/l (DzU 07.61.417; Langauer-Lewowicka 2005; Szteke 1993). Związki glinu w środowisku wodnym wykazują zróżnicowany stopień toksyczności, zależny od odczynu wody. Małą rozpuszczalność wykazują związki glinu w zakresie pH = 6–8, dlatego w wodach powierzchniowych i podskórnych stężenia glinu są bardzo niskie i klasyfikują się w przedziale 60–300 µg/l (Gromysz-Kałowska, Szubartowska 1999).

W zakresie pH 5,1–5,5 dominują monomeryczne toksyczne hydroksokompleksy $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, $\text{Al}(\text{OH})_3^+$, które stanowią zagrożenie dla organizmów wodnych: fitoplanktonu, raków, ślimaków i ryb. Działanie form toksycznych glinu polega na wnikaniu do organizmu, kumulacji i zaburzeniu równowagi osmoregulacyjnej u ryb. Przy wzroście odczynu pH powyżej 6 i wysokim stężeniu glinu efekt śnięcia jest wynikiem zatykania skrzelu ryb (Playe, Wood 1990; Bezak-Mazur 2004; Zioła i in. 2008). Duże stężenie glinu i niskie pH (4,0–4,5) jest jednym z czynników powodującym śnięcie ryb (Nalewajko, Paul 1985; Kotowski i in. 1995; Frankowski i in. 2008).

Zawartość glinu w powietrzu atmosferycznym zależy od procesów wietrzenia glinokrzemianów występujących w skałach i glebach oraz od czynników antropogenicznych.

W zależności od pory roku, pogody i wiatru zawartość glinu ulega znacznym zmianom. Dodatkowo wpływ na jego zawartość w powietrzu mają spaliny samochodowe, emisja dymów z hut żelaza, aluminium i cementowni oraz spaliny emitowane przez ciepłownie i elektrociepłownie. Stężenie glinu w powietrzu oceniane jest na 0,0003 do 0,0012 mg/m³ w rejonach wielkich miast i na

ok. 0,0125 mg/m³ na obszarach silnie przemysłowych (Nguyen Phu Lich 1984; Sawicka 1996; Langauer-Lewowicka 2005; Ciba i in. 2005).

W glebach glin jest podstawowym składnikiem większości minerałów pierwotnych i wtórnych, które w środowisku kwaśnym ulegają rozkładowi, uwalniając go do profilu glebowego, najaktywniejsze procesy zachodzą przy pH 4,0–4,5. Zawartość glinu w glebie jest zmienna i zależy od rodzaju skały macierzystej oraz od typu gleby. Uwzględniając reaktywność glinu i sposób wiązania, możemy wyróżnić w glebie następujące formy (Bezak-Mazur 2004; Ziola, Sobczyński 2004):

- glin krystaliczny związany w minerałach pierwotnych i wtórnych,
- glin niekrystaliczny w postaci amfoterycznych tlenków i wodorotlenków,
- glin związany organicznie w kompleksach glinowo-próchnicowych,
- glin międzywarstwowy i monomeryczny,
- glin wymienny zaadsorbowany specyficznie i niespecyficznie.

Konsekwencją migracji glinu w profilu glebowym jest bielicowanie gleb, proces polegający na wiązaniu kwasów organicznych wymywanych z materii roślinnej i tworzeniu z glinem kompleksów organicznych (Gworek 2006).

W czasie przemieszczania przez kolejne warstwy gleby rozpuszczalne i nierozpuszczalne nieorganiczne związki glinu znacznie zwiększają koncentrację na głębokości do 50 cm w stosunku do poziomu powierzchniowego, dotyczy to gleb o dużej przepuszczalności (Porębska 1996). Duża koncentracja glinu w profilu glebowym na znacznej głębokości hamuje rozwój roślin, powodując ich płytkie ukorzenienie (Kabata-Pendias 1993).

Glin jest powszechnym składnikiem roślin, a jego zawartość zależy od zakwaszenia gleby. Uprawy rolne, mające na celu stworzenie optymalnych warunków wzrostu i plonowania roślin uprawnych, powodują zakwaszenie gleby, co w konsekwencji prowadzi do uwalniania jonów glinu z minerałów i przechodzenia ich do roztworu glebowego. Nadmiar glinu w roślinach konsumpcyjnych może stanowić zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt (Langauer-Lewowicka 2005). Zagrożenie związane jest ze wzrostem ilości form monomerycznych, przyswajalnych, toksycznych (Gworek 2006). Zawartość glinu w roślinach zależy od gatunku, odmiany, etapu rozwoju i części rośliny wykazującej skłonność do kumulacji, występuje w przedziale 7–140 mg/kg s.m. Toksyczne działanie glinu polega na zahamowaniu wzrostu i zniekształcaniu korzeni roślin, zaburzeniu pobierania i transportu składników pokarmowych, zmniejszeniu przyrostu masy oraz może doprowadzić do zmian w genotypach. Proces zakwaszania gleby prowadzi do obumierania drzew i żyjących z nimi w symbiozie grzybów mikoryzowych, które chronią je przed zwiększoną podatnością

na choroby oraz wzmacniają odporność drzew na czynniki abiotyczne (Zioła i in. 2008; Ciba i in. 2005; Sawicka 1996).

Wrażliwymi na glin gatunkami roślin są: sałata, buraki, jęczmień i tymotka, jest on również obecny w naturalnych produktach spożywczych: majeranek, bazylia, czarny pieprz, herbata (Gromysz-Kałowska, Szubartowska 1999; Langauer-Lewowicka 2005).

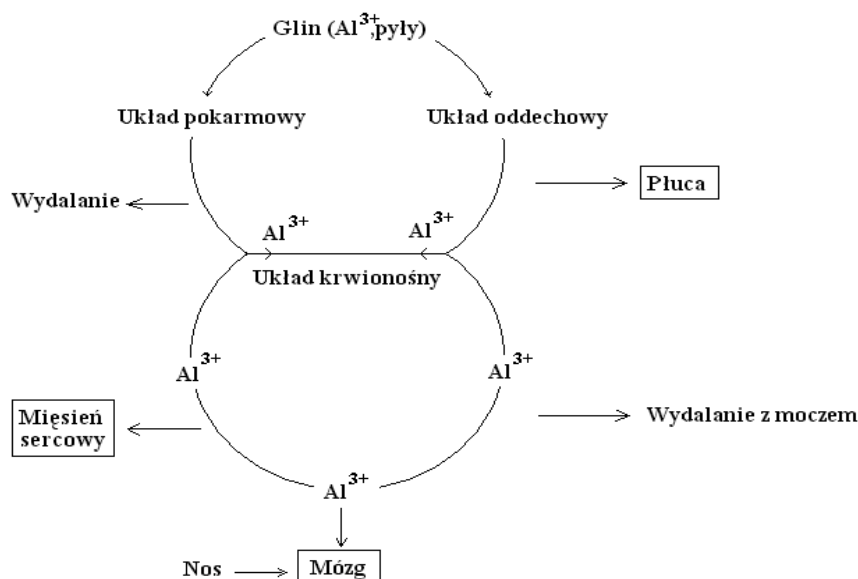
Największe ilości glinu kumulują się w roślinach pastewnych, ziarnie zbóż, w liściach i korzeniach bulwiastych spożywanych roślin (tab. 2).

Tabela 2. Glin w ziarnach zbóż, owocach, warzywach, roślinach (Kabata-Pendias 1993)

Table 2. Aluminium in the grains of cereals, fruit, vegetables and plants

Roślina <i>Plant</i>	Zawartość Al [ppm s.m.] <i>The Al contents [ppm s.m.]</i>	Roślina <i>Plant</i>	Zawartość Al [ppm s.m.] <i>The Al contents [ppm s.m.]</i>
Kukurydza	2,6	Cebula	63
Pszenica	31	Ziemniaki – bulwy	76
Jęczmień	38	Pomidory – owoce	20
Żyto	70	Jabłka – owoce	7,2
Owies	47	Pomarańcze – owoce	15
Kapusta – liście	8,8	Rośliny motylkowe	85–3470
Szpinak – liście	104	Trawy	7–3410
Sałata – liście	73	Grzyby	25–130
Marchew – korzeń	7,8		

W organizmie ludzkim glin występuje w śladowych ilościach. Znajduje się w kościach, w płucach i w tkankach miękkich w ilości od 50 do 500 ppm, z czego 1/2 tego pierwiastka zlokalizowana jest w kościach, 1/4 w płucach, a 1/4 w pozostałych narządach. Dostarczany jest do organizmu człowieka z żywnością, wodą pitną, w lekach, kosmetykach oraz w wyniku działań gospodarczo-antropogenicznych.



Rys. 1. Metabolizm glinu w organizmie człowieka (Gromysz-Kałowska, Szubartowska 1999)

Fig. 1. Aluminium metabolism in an organism of a human

Glin do organizmu dostaje się drogą pokarmową, przez układ oddechowy, a także przez układ krwionośny w przypadku osób dializowanych (Zioła i in. 2008; Sigel 1998). Niewielkie dawki glinu w 90% usuwane są z organizmu z moczem, akumulacja u zdrowego człowieka jest zatem niewielka (rys. 1). Obecność glinu w organizmie zaburza procesy metaboliczne przebiegające w organellach komórkowych (Gworek 2006). Wpływ na metabolizm komórkowy polega, między innymi, na (Mansour i in. 1983):

1. blokowaniu enzymów aktywowanych przez jony wapnia i magnezu,
2. utrudnianiu podziału komórkowego,
3. degradacji włókien nerwowych.

Związki przekazujące bodźce nerwowe (neurotransmitery) również ulegają blokującej roli glinu (Lai i in. 1980).

Naturalne źródła glinu nie stanowią zagrożenia dla zdrowia i życia ludzi, ale zakwaszenie środowiska powstające w wyniku działań antropogenicznych zwiększa występowanie form toksycznych glinu. Źródłem glinu są artykuły spożywcze: mleczne, mięsne, roślinne oraz woda pitna. Dodatkowo leki stosowane przy nadkwasocie żołądka, przeciwzapalne i przeciwbólowe, łagodzące stany zapalne skóry, płyny dializujące oraz produkty żywnościowe przechowywane

w naczyniach i foliach aluminiowych, np. piwo, soki (Langauer-Lewowicka 2005).

Efekty działania glinu na organizm ludzki to encefalopatia dializacyjna, zapadalność na stwardnienie rozsiane, chorobę Parkinsona i Alzheimera. Glin w organizmie człowieka oddziałuje toksycznie na układ nerwowy, kostny i krwiotwórczy (Sieńczuk 1994; Michałek 1997).

CHEMICZNE FORMY GLINU

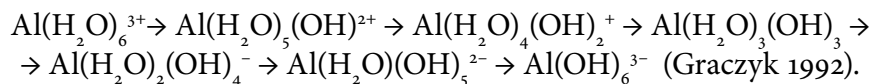
Glin jest metalem amfoterycznym, leżącym w 13 grupie układu okresowego. Ze względu na małą gęstość $2,7 \text{ g/cm}^3$, mały promień jonowy (0,50 pm) oraz duży ładunek (3+) i dużą reaktywność (standardowy potencjał redoks dla $\text{Al}^{3+} \text{E}^\circ = -1,662 \text{ V}$) występuje wyłącznie w stanie związanym (Graczyk 1992; Bielański 2004; Ziola-Frankowska i in. 2008).

Stężenie glinu w środowisku zależy między innymi od ilości i rodzaju minerałów pierwotnych i wtórnych zawierających ten pierwiastek, nieorganicznych i organicznych ligandów, temperatury i czasu oddziaływania. Istotnym czynnikiem, który wpływa na formę występowania glinu (forma mineralno-organiczna, rozpuszczalna, nierozpuszczalna, koloid, jon), jest wartość pH (Ziola i in. 2008).

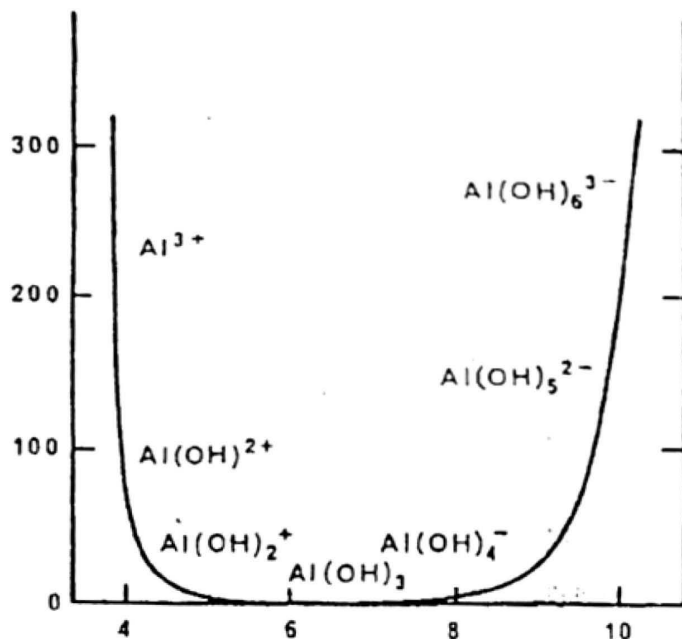
W roztworze glebowym glin stanowi mieszaninę **monomerycznych** kompleksów mineralnych, tj. jonów hydroksoglinowych $[\text{Al}(\text{OH})_2^{2+}, \text{Al}(\text{OH})_3^+, \text{Al}(\text{OH})_4^-]$ w zakresie $\text{pH} < 4,7$; fluoroglinowych $[\text{AlF}_2^+, \text{AlF}_3, \text{AlF}_6^{3-}]$, siarczanoglinowych $[\text{AlSO}_4^+, \text{Al}(\text{SO}_4)_2^-]$, fosforanoglinowych $[\text{AlH}_2\text{PO}_4^{2+}, \text{AlHPO}_4^+]$ i krzemianoglinowych $[\text{AlH}_3\text{SiO}_4^{2+}]$ oraz kompleksów organicznych, które występują w górnych warstwach gleby przy dużej zawartości substancji organicznej. Zawartość kwasów organicznych w profilu glebowym odnotowuje się w szerokim spektrum, od ułamka mikromola do kilku milimoli w dm^3 , posiadają zróżnicowaną zdolność kompleksowania glinu. Trwałość kompleksów zmienia się następująco: kwas mrówkowy, mlekowy, bursztynowy < salicylowy, malonowy, jabłkowy < cytrynowy, szczawiowy, winowy.

Wiązanie glinu z substancją organiczną zależne jest o rodzaju substancji humusowej zawierającej grupy karboksylowe (Gworek 2006).

Zmiana odczynu gleby uruchamia uwalnianie glinu ze struktur mineralnych i przechodzenia w aktywny kompleks $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$, zdolny do uwalniania jonu H^+ w miarę zakwaszania środowiska (praca dok.), reakcje przebiegają według mechanizmu:



Toksyczny glin w postaci monomerycznych połączeń Al^{3+} , $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ uczestniczy w procesach kształtujących podstawowe właściwości środowiska glebowego.



Rys. 2. Wpływ pH na rozpuszczalność glinu (Gworek 2006)

Fig. 2. The influence of pH on aluminium solubility

Jak wynika z rysunku 2 kationowe i anionowe formy glinu dla $\text{pH} < 4,7$ oraz > 8 wykazują dobrą rozpuszczalność. W glebach o odczynie $\text{pH} 6-8$ występuje w postaci związków trudno rozpuszczalnych, czyli niebiorących udziału w cyklach biochemicznych. Aktywność chemiczna glinu w środowisku prowadzi do bielcowania gleby, co powoduje pogarszanie jej właściwości fizycznych spowodowanych wymywaniem składników pokarmowych oraz powoduje wzrost zakwaszenia.

PODSUMOWANIE

Glin w środowisku przyrodniczym występuje w różnych formach, które zależą od pH, potencjału Eh oraz nieorganicznych i organicznych ligandów.

Powszechność występowania oraz duża różnorodność związków i form chemicznych glinu budzi zainteresowanie w zakresie wielu dziedzin życia: leki, kosmetyki, nawozy i opakowania. Czynniki naturalne i antropogeniczne przyczyniają się do występowania chorób cywilizacyjnych związanych między innymi z toksycznym oddziaływaniem na organizmy żywe (Nalewajko i in. 1985; Langauer-Lewowicka 2005; Ziola i in. 2008). Zastosowanie odpowiednich technologii może zmniejszyć stężenie tego pierwiastka w środowisku. Zobowiązuje to do prowadzenia badań mających na celu kontrolę i możliwą eliminację glinu ze środowiska (Szafraniak 2005).

Literatura

- Bezak-Mazur E., 2004. Specjacja w ochronie i inżynierii środowiska. PAN. Kielce.
- Biełański A., 2004. Chemia ogólna i nieorganiczna. PWN. Warszawa.
- Ciba J., Trojanowska J., Złotajkin M., 2005. Prawie wszystko o pierwiastkach. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice.
- Dziadek K., Waclawek W., 2005. Metale w środowisku. Metale ciężkie w środowisku glebowym. *Metrologia*. 1–2: 33–44.
- Frankowski M., Ziola A., Siepak J., 2008. Źródło i formy występowania glinu w środowisku. *Ochrona Środowiska*. 7–8: 62–66.
- Gromysz-Kałowska K., Szubartowska E., 1999. Glin. Występowanie w przyrodzie oraz wpływ na organizmy roślin, zwierząt i człowieka. UMCS. Lublin.
- Graczyk A., Konarski J., Radomska K., Długoszek J., Sobczyńska J., 1992. Glin nowa trucizna środowiska. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa.
- Gworek B., 2001. Obieg pierwiastków w przyrodzie. Monografia. Warszawa.
- Gworek B., 2006. Glin w środowisku przyrodniczym a jego toksyczność. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*. 29: 27–38.
- Kabata-Pendias A. (red.). 1993. Chrom, nikiel i glin w środowisku. Problemy Ekologiczne i Metodyczne. PAN. Warszawa.
- Kotowski M. (red.). 1994. Charakterystyka występowania różnych form glinu w wybranych elementach środowiska w Polsce. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa.
- Kotowski M., Pawłowski L., Zhu X., 1995. Glin w środowisku. Komitet Badań Naukowych. Lublin.

- Lai J.C.K. et al., 1980. The effects cadmium, manganese and aluminium on sodium-potassium activated and magnesium – activated adenosine triphosphatase activity and choline uptake in rat brain synaptosomes. *Biochem. Pharmacol.* 29: 141–146.
- Langauer-Lewowicka H., 2005. Glin – zagrożenia środowiskowe. *Medycyna Środowiska*. 1: 59–64.
- Mansour J.M., Ehrlich A., Mansour T.E., 1983. The dual effect of aluminium as activator and inhibitor of adenylate cyclase in the liver fluke *Fasciola*. *Biochem. Biophys. Acta*. 744: 36–45.
- Michałek W.J., 1997. *Ekotoksykologia. Wybrane aspekty dotyczące toksyczności glinu. Ekoinżynieria*. 34.
- Nalewajko C., 1985. Paul B., *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 42.
- Nguyen Phu Lich, 1984. Etude de l'aluminium. *Ann Fals Exp Chim Tox.* 829: 357–358.
- Playe R.C., Wood C.M., 1990. Is precipitation of aluminum fast enough to explain aluminum deposition on fish gills? *Can. J. Fish. Aqu. Sci.* 47: 1558–1561.
- Porębska G., 1996. Zakwaszenie gleb i rola glinu w tym procesie – przegląd literatury. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*. 9: 105–123.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (DzU 07.61.417).
- Sawicka B., 1996. Toksyczność ostra jonów glinu (Al) dla przedstawicieli fauny słodkowodnej na przykładzie kielża (*Gammarus* sp.). Zakład Biologii Środowiskowej Politechniki Koszalińskiej. Koszalin.
- Sieńczuk W., 1994. *Toksykologia. Państwowe Zakłady Wydawnictw Lekarskich*. Warszawa.
- Sigel S. (red.). 1988. *Aluminium and its Role in Biology*. New York.
- Szafraniak J., 2005. Toksyczne oddziaływanie glinu. *Przegląd Komunalny*. 8.
- Szteke B., 1993. Glin w żywności. Chrom, nikiel i glin w środowisku. *Problemy ekologiczne i metodyczne*. PAN „Człowiek i środowisko”. Zeszyty Naukowe. Ossolineum. 5: 197–203.
- Wyszkowska J., Kucharski J., 2003. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 492: 435–442.
- Zioła A., Frankowski M., Siepak J., 2008. Toksyczność glinu – fakt czy mit?. *Ochrona Środowiska*. 3: 56–59.
- Zioła A., Sobczyński T., 2004. Chemiczna i geochemiczna charakterystyka różnych form glinu w glebie. *Ekologia i Technika*. 1: 11–14.
- Zioła-Frankowska A., Frankowski M., Siepak J., 2008. Analiza specjacyjna w oznaczeniach glinu. *Ochrona Środowiska*. 9: 58–62.

Ryciny i fotografie w kolorze

Figures and photos in colour

