

Wykorzystanie Red Hybryd of California [*Eisenia faetida* (Sav.)] do procesów bioremediacji piasków morskich zanieczyszczonych związkami ropopochodnymi

The use of Red Hybryd of California [*Eisenia faetida* (Sav.)] in bioremediation of sea sand polluted with oil and its derivatives

MAŁGORZATA ANNA JÓŹWIAK, PRZEMYSŁAW RYBIŃSKI

Summary. The biggest danger to sea waters and coastal areas are the disasters of tankers and drilling rigs. These sea disasters and oil spills in areas of transmission stations and petrol stations have got a big range and their number is still not fully known.

The worst disaster, of this type, in the XXI was the explosion in Mexican Bay on the 20th of April 2010. Oil spill can lead to exhaustion of oxygen supply at great depths, and it endangers ecosystem and the animals, plants and microorganisms living there.

Beach pollution with oil leads almost all life forms connected with the ekoton of the coastal areas to destruction. Oil covering the sand prevents biological functioning in this zone.

Oil and its derivatives form isolation layer which changes the sorption properties of the substrate, limit the water access, inhibit or completely eliminate numerous species of organisms living in sand, especially soil-feeding organisms.

Remediation of such polluted sand should center around biological reconstruction and restoring all the original functions. Experiments on remediation with the use of microorganisms do not bring expected results (Zabłocka-Godlewska, Przysaś, 2005). The authors' of this article main research assumption is bioremediation of the sand taken from the sea beach which is polluted with oil with the use of macro invertebrate, Red Hybryd of California (*Eisenia faetida*).

Key words: bioremediation, oil and its derivatives, ecological disasters, beach pollution.

Małgorzata Anna Józwiak, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, ul. Świętokrzyska 15, malgorzata.jozwiak@vp.pl

Przemysław Rybiński, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, ul. Świętokrzyska 15, przemyslaw.rybinski@ujk

STRESZCZENIE

Największym zagrożeniem wód morskich i wybrzeża są katastrofy tankowców i wież wiertniczych. Katastrofy morskie, wycieki w obszarach rafinerii, stacji przesyłowych i benzynowych mają bardzo duży zasięg, a ich liczba i skala nie jest w pełni poznana. Największą katastrofą tego typu w XXI wieku był wybuch na platformie wiertniczej BP w Zatoce Meksykańskiej 20 kwietnia 2010 r. Wyciek ropy naftowej może doprowadzić do wyczerpania zapasów tlenu na dużych głębokościach wód, zagraża ekosystemowi, zasiedlającym go zwierzętom, roślinom i mikroorganizmom. Zanieczyszczenia plaż ropą powodują, że niemal wszystkie formy życia związane z ekotonem brzegów morskich ulegają zagładzie. Ropa zalegająca na piaskach uniemożliwia biologiczne funkcjonowanie tej strefy. Wspólnie z jej pochodnymi tworzy na podłożu warstwę izolacyjną, która zmienia jego własności sorpcyjne, hamuje lub uniemożliwia rozwój licznych gatunków geobiontów, a w szczególności geotrofów. Remediacja w ten sposób zanieczyszczonych obszarów powinna polegać na odbudowie biologicznej i przywróceniu mu wszystkich pierwotnych funkcji. Podejmowane próby przywracania zanieczyszczonych obszarów do stanu równowagi ekologicznej z wykorzystaniem mikroorganizmów nie przynoszą oczekiwanych rezultatów (Zabłocka-Godlewska, Przysaś, 2005). Autorzy niniejszego artykułu podjęli próbę bioremediacji podłoża zanieczyszczonego olejem silnikowym przy użyciu makrozoofauny – czerwonej hybrydy kalifornijskiej Red Hybryd of California (*Eisenia faetida*).

WSTĘP

Specyfika i charakter środowiska pasów wybrzeży oraz plaż morskich (ziarnista, morficzna struktura podłoża, obecność słonej wody i gazów, rozrastająca się roślinność namorzynowa, słone bagna) powoduje, że zanieczyszczenia naturalne bądź wynikające z antropopresji mogą być kumulowane w tych obszarach w dużych ilościach i zalegać przez wiele lat. Ponieważ jest to biotop atrakcyjny

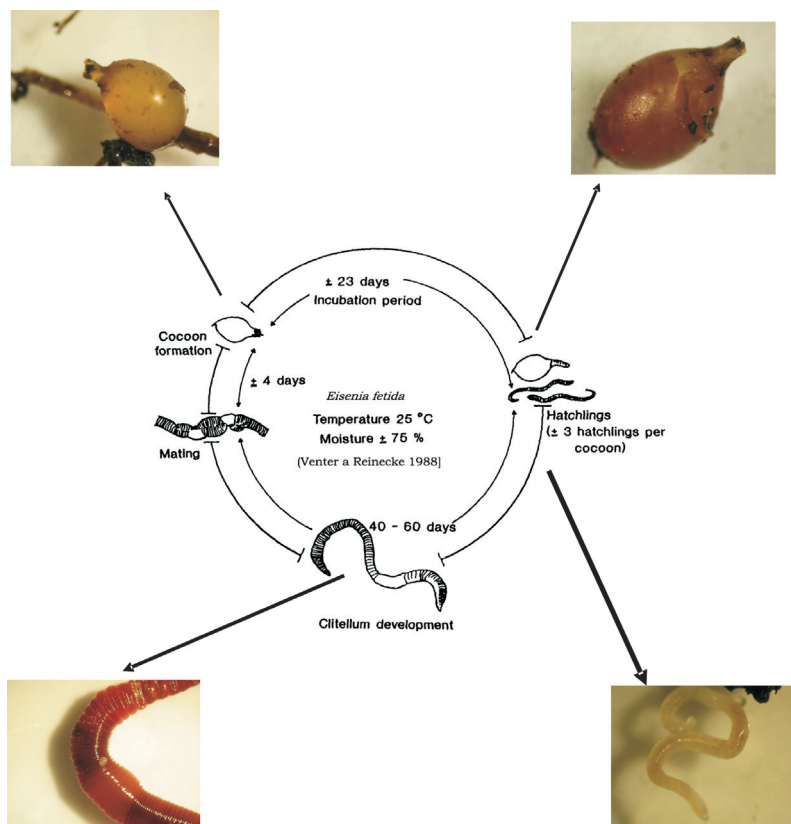
dla wielu mikroorganizmów, pedofauny, jak również dla wielu gatunków roślin, kumulacja i zaleganie zanieczyszczeń w sposób istotny wpływa na listę gatunkową organizmów z nią związanych. Skutkiem ubożenia składu gatunkowego jest zakłócenie cykli biogeochemicznych oraz kierunku zmian w procesach glebowych, takich jak: mineralizacja, humifikacja materii organicznej, nitryfikacja i denitryfikacja. Następują również zaburzenia cykli rozwojowych roślin oraz zakłócenia w rozrodzie i rozwoju mikro-, makro- i mezofauny (Przedwojski i wsp., 1980; Róžański, 1999). Jedną z najczęściej notowanych przyczyn zanieczyszczeń stref nadmorskich są wycieki ropy naftowej lub produktów jej przeróbki. Katastrofy morskie, wycieki w obszarach rafinerii, stacji przesyłowych i benzynowych mają bardzo duży zasięg, a ich liczba i skala nie jest w pełni poznana. Według danych UNDP uzyskanych z raportów firm naftowych między 1976 a 2001 rokiem zdarzyło się około 6800 poważnych wycieków ropy, co spowodowało, że 3 miliony baryłek trafiło do wody lub gleby. Grupy eksperckie zajmujące się problemami ochrony środowiska związanymi z przemysłem naftowym oszacowały, że w samej delcie Nigru na przełomie ostatnich 50 lat (do roku 2006) wyciekło do środowiska 13 milionów baryłek, natomiast katastrofa meksykańska wprowadziła do środowiska 240 milionów baryłek ropy. Skutki tych kataklizmów to tysiące kilometrów linii brzegowej skażonych ropą naftową.

Zalegające w podłożu składniki ropy pokrywają powierzchnię cząstek, tworząc szczelną warstwę izolacyjną. Efektem są zaburzenie właściwości fizycznych podłoża, zmiana jego lepkości, plastyczności, zwężłości, jak również zaburzenie stosunków wodnych, cyrkulacji powietrza i ciepła (Kołwzan i wsp., 2002). Bezkęgowce lądowe żyjące w glebie (pedofauna) i wodne oddychają całą powierzchnią ciała, przetchlinkami, układem tchawkowym lub płucotchawkami. W bezpośrednim kontakcie z ropą narządy oddechowe są nią zatykane, wypełniane i powlekane. Ropa naftowa wpływa także na skrzela, których blaszki zostają posklejane. W ten sposób giną dżdżownice, nicienie, pająki, roztocza, skorupiaki i owady (Róžański, 1999). Dlatego remediacja gleb zanieczyszczonych ropą powinna polegać przede wszystkim na odbudowie biologicznej, przywróceniu glebie edafonu, jej geoksenów, geofili i geotrofów.

Celem badań jest określenie możliwości wykorzystywania naturalnych zdolności czerwonej hybrydy kalifornijskiej Red Hybryd of California (*Eisenia faetida*) do bioakumulacji i rozkładu węglowodorów wchodzących w skład olejów mineralnych.

OBIEKT BADAŃ

Kompostowiec różowy (*Eisenia foetida*) – gatunek skąposzczeta z rodziny dżdżownicowatych (*Lumbricidae*). Długość wynosi 10–12 cm. Masa ciała osobników dorosłych żyjących w warunkach naturalnych wynosi przeciętnie 0,30–0,40 g. W warunkach laboratoryjnych może sięgać 1,6 g. Tempo wzrostu i osiągnięte rozmiary są zależne od temperatury otoczenia. Jest hermafrodytem zależnym. Jej rozrodczość może przekraczać do dwunastu razy rozrodczość dżdżownicy ziemnej (Monroy, 2006). Jedna kapsuła kokonu zawiera od 2–21 zapłodnionych jaj. Inkubacja trwa do 21 dni, po której kapsułę opuszczają niewybarwione osobniki młodociane. Wymianę gazową dokonuje przez powłoki ciała, na powierzchni których znajdują się liczne komórki receptorowe odbierające bodźce świetlne. Pobiera półpłynny pokarm, mieszając go w przewodzie pokarmowym z węglanami wapnia – wydzieliną gruczołów Morena, neutralizującą kwasy humusowe (Błaszak, 2009). Jeśli w składzie wermikompostowanego, zanieczyszczonego podłoża znajdują się metale ciężkie, to tempo ich koncentracji w ciele dżdżownicy zależy od chemicznej formy metalu, pojemności wymiennej jonów (*cation exchange capacity* – CEC), pH podłoża i ilości metali w środowisku (Lofs-Holmin, 1985). Przy spadku pH lub CEC kumulacja metali ciężkich w ciałach badanych dżdżownic rośnie, co wykazały badania prowadzone przez Ma (1982) na gatunku *Lumbricus rubellus*. Kompostowiec różowy (*Eisenia foetida*) żyje ok. 15 lat, co w pełni predysponuje ten organizm do badań bioindykacyjnych dzięki możliwości wieloletnich analiz i obserwacji (Dominguez i wsp., 2005).



Ryc. 1. Schemat cyklu rozwojowego *Eisenia faetida* (Venter, Reinecke, 1988, zmienione)
 Fig. 1. Diagram of development cycle of *Eisenia faetida* (Venter, Reinecke, 1988, modified)

METODYKA BADAŃ

Materiał poddany badaniom to czerwona hybryda kalifornijska Red Hybryd of California (*Eisenia faetida*), pierścienica o wykazanej doświadczalnie zwiększonej odporności na zanieczyszczenia (Jóźwiak, Rybiński, 2009). Obiektem doświadczalnym jest podłoże składające się w przypadku próby kontrolnej z:

- 2 kg droбноziarnistego piasku z plaży morskiej,
- 2 kg w pełni wytworzonego wermikompostu,
- ½ kg trocin drzewnych,
- ½ kg nierozłożonej materii organicznej pozyskanej z ogrodu przydomowego (nie stosowano środków ochrony roślin).

Materiał umieszczono w pojemnikach PCV o pojemności 5 l w czterech kombinacjach: próba kontrolna (skład jw.), próby badawcze zawierające skład próby kontrolnej, oraz zróżnicowaną ilość oleju mineralnego, tzn. 100 ml, 200 ml i 300 ml.

Do olejów mineralnych zaliczane są węglowodory alifatyczne, naftenowe i aromatyczne, zawierające w cząsteczce od 12 do 35 węgli i więcej z uwzględnieniem wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych. W odniesieniu do całości olejów używanych na świecie ponad 50% stanowią oleje silnikowe, z czego znaczna część to oleje mineralne (Merkisz i wsp., 2002).

Wermikompost użyty do zasilania podłoża doświadczalnych wyprodukowano przy udziale *Eisenia faetida* (Sav.) z przekompostowanej materii organicznej, opierając się na założeniach ogólnych w technologii podanej w patencie Kalem-basa i wsp. (1995).



Fot. 1. Zastosowany w próbach badawczych wermikompost (Fot. M.A. Józwiak)

Photo 1. Vermicompost used in research samples (Photo M.A. Józwiak)

Przed rozpoczęciem badań w każdej z czterech prób (kontrolnej i trzech badawczych) ustalono:

- pH metodą potencjometryczną,
- temperaturę,

- wilgotność względną metodą wagową,
- zawartość węgla organicznego (C_{org}) i azotu całkowitego (TN) z użyciem Termo SC Flash 2000,
- zawartość fosforu całkowitego,
- zawartość fosforu przyswajalnego,
- zasolenie z użyciem konduktometru Elmetron CX 701. Stopnie zasolenia oceniono na podstawie klasyfikacji gleb Richardsa (1954)

Zasolenie <i>Salinity</i>	Wartość <i>Quality</i> [mS*cm ⁻¹]
Niezasolone	2
Umiarkowanie zasolone	6
Silnie zasolone	12
B. silnie zasolone	20

Do każdego przygotowanego obiektu doświadczalnego wprowadzono po 100 sztuk w pełni dojrzałych płciowo (wybarwionych brunatnie z wykształconym *clitellum*) osobników Red Hybryd of California (*Eisenia faetida*). Próbkę podlegającą stałej kontroli warunków przebiegu eksperymentu pozostawiono na okres 3 miesięcy. W dalszym etapie zostanie dokonana analiza porównawcza w stosunku do podłoża matecznego. Poddane badaniom parametry to:

- właściwości powstałego wermikompostu [pH, zawartość węgla organicznego, azotu ogólnego (z użyciem Termo SC Flash 2000), azotu amonowego i azotanowego (z użyciem chromatografu jonowego Dionex ICS 3000), fosforu ogólnego, metali ciężkich (Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, Cr) po uprzedniej mineralizacji na mokro ($HNO_3 + HClO_4 + HCl$), metodą techniki płomieniowej z wykorzystaniem spektrometru absorpcji atomowej ASA, WWA z wykorzystaniem analizatora HPLC firmy GBC],
- skład chemiczny ciał dżdżownic na zawartość ww. metali ciężkich i WWA,
- stan populacji dżdżownic biotransferujących podłoże z dodatkiem ropy naftowej,
- potencjalne zmiany w budowie morfologicznej dżdżownic,
- liczebność populacji dżdżownic z uwzględnieniem fazy dojrzałości płciowej i niewybarwionych stadiów młodocianych,
- liczebność kokonów jajowych,
- liczebność rozwijających się jaj wewnątrz kokonów,

– analiza statystyczna uzyskanych wyników (Jóźwiak, Rybiński, 2009).

Przed rozpoczęciem eksperymentu określono cechy podłoża przeznaczonego do hodowli dżdżownic (tab. 1).

Tabela 1. Cechy podłoża

Table 1. Characteristics of substratum

pH w/in H ₂ O	Wilgotność <i>Humidity</i>	C : N	Temperatura <i>Temperature</i>
5,8 ± 0,5	82%	14 ± 2	17°C

Uzyskane warunki hodowli wykazywały dużą zgodność z wymaganiami hybrydy kalifornijskiej i opisywanymi w hodowlach Kalembasa (1998) i Zajonca (1992).

Tabela 2. Wymagania dżdżownicy *Eisenia foetida* w stosunku do wybranych cech podłoża

Table 2. *Eisenia foetida* requirements in relation to some substratum characteristics

pH w/in H ₂ O	Stężenie soli g NaCl dm ³ <i>Salinity</i>	C : N <i>Około/about</i>
6,8 – 7,2	do 3	20

Za Zajonc, 1992; Kalembasa, 1998 (After Zajonc, 1992; Kalembasa, 1998).

PODSUMOWANIE

Spodziewanym rezultatem badań będzie wykorzystywanie naturalnych zdolności czerwonej hybrydy kalifornijskiej Red Hybryd of California (*Eisenia foetida*) do bioakumulacji i rozkładu węglowodorów wchodzących w skład olejów mineralnych. Przyczyni się to do poznania możliwości remediacji zanieczyszczonych podłoży olejami mineralnymi i ropą naftową, odbudowie biologicznej i przywróceniu możliwie największej ilości pierwotnych funkcji strefom ekotonu pasów wybrzeży. Badania prowadzone w ośrodkach naukowych wykazały, że technologia bioremediacji przy zastosowaniu grzybów strzępkowych i niektórych gatunków bakterii (*Alcanivorax borkumensis* jest pałeczkowatą bakterią,

która wykorzystuje olej jako źródło energii) jest skuteczną metodą oczyszczania środowiska z substancji ropopochodnych (Śliwka i wsp., 2009).

W zależności od występujących warunków środowiskowych bioremediacja może być stosowana *in situ* lub *ex situ*, co nie pozostaje bez znaczenia w przypadku wielokilometrowych pasów zanieczyszczeń układających się wzdłuż wybrzeży. Silosy z zagęszczonymi populacjami dżdżownicy kalifornijskiej, w których utylizowany może być olej mineralny, mogą mieć znaczenie ekologiczne, ekonomiczne, ale przede wszystkim stanowić alternatywną metodę ochrony i bioremediacji podłoża zniszczonych kłeskami ekologicznymi. Badania prowadzone w Katedrze Ochrony i Kształtowania Środowiska UJK w Kielcach mają charakter eksperymentalny. Zaproponowana metoda badawcza nie jest znana w literaturze. Hodowle populacji *Eisenia foetida* na materiale organicznym mogą upowszechnić naturalną metodę zapobiegania degradacji środowisk ekotonowych pasów wybrzeży i przyczynić się do utylizacji odpadów organicznych.

Literatura

- Błaszak C. (red. nauk.), 2009. Zoologia: bezkręgowce, t. 1. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: 645.
- Dominguez J. et al., 2005. Are *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) and *Eisenia andrei* Bouche (1972) (Oligochaeta, Lumbricidae) different biological species?. *Pedobiologia*. 49: 81–87, (ang.) (pdf).
- Jóźwiak M.A., Rybiński P., 2009. Możliwości wykorzystania czerwonej krzyżówki kalifornijskiej (*Eisenia foetida* Sav.) do utylizacji odpadów organicznych pochodzenia przemysłowego (Possible uses of red hybrid of California (*Eisenia foetida* Sav.) for industrial organic wastes utilization), *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, nr 10. Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce.
- Kalembasa D., 1998. Wpływ stężenia Pb, Cd i Ni w podłożu na wzrost i rozwój dżdżownic *Eisenia foetida* (Sav.). *Zesz. Nauk. AR Kraków* 334, ser. Sesja Naukowa, 58: 121–124.
- Karpenko E., Kołwzan B., Śliwka E., Grabas K., Shcheglova N., Karpenko O., Novikov V., 2008. Influence of microbial surfactants on biodegradation of oil hydrocarbons. W: *Ekotoksykologia w ochronie środowiska. Praca zbiorowa pod red. B. Kołwzan i K. Grabasa*. Wrocław. PZITS Oddz. Dolnośl.: 179–184.
- Kołwzan B., Śliwka E., Macuda J., Surygała J., 2002. Ocena biodegradowalności zanieczyszczeń naftowych w odpadach wiertniczych. *Wiertnictwo, Nafta, Gaz*, t. 19, nr 2: 393–401.

- Lofs-Holmin A., 1985. Vermiculture. Present knowledge of the art of earthworm farming – a summary of recent literature. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Ma W.C., 1982. The influence of soil properties and worm related factors on the concentration of heavy metals in earthworms, *Pedobiologia*, 24: 109–119.
- Merkisz J., Grzeszczyk R., Zagórski J., Boguś P., 2002. Examination of Electrical and Logical Parameters of Communication Buses of On-board Diagnostic Systems OBDII and EOBD for Verification and Homologation of Diagnostic Information Recorders. Proceedings of 28th International Scientific Conference on Combustion Engines KONES 2002, September 8–11, 2002, Jurata, Poland: 152–159.
- Monroy F. et al., 2006. Seasonal population dynamics of *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) (Oligochaeta, Lumbricidae) in the field. *C.R. Biologies*. 329: 912–915 (ang.).
- Przedwojski R., Maćkiewicz J., Rytlewski J., 1980. Zmiany właściwości środowiska glebowego wywołane silnym skażeniem ropą naftową. *Rocz. Glebozn.*, 31(3/4): 185–192.
- Richards L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, USDA, 4, bk., 60.
- Różański H., 1999. Zaburzenia składu chemicznego roślin leczniczych, pastwiskowych i warzywnych pochodzących z gleb i wód zanieczyszczonych ropą naftową oraz produktami ropopochodnymi. III Międzynarodowe Forum Gospodarki Odpadami. Mat. konf. Poznań: 364–374.
- Różański H., 1999. Reakcje fizjologiczne roślin oraz zwierząt bezkręgowych wodnych i lądowych w środowisku zanieczyszczonym substancjami ropopochodnymi. Sponsor badań: Fundacja Büchnera. Krosno–Poznań.
- Śliwka E., Kołwzan B., Grabas K., Karpenko E., 2009. Influence of rhamnolipids from *Pseudomonas* PS-17 on coal tar and petroleum residue biodegradation. *Environment Protection Engineering*, vol. 35, 1: 139–150.
- Zabłocka-Godlewska E., Przysaś W., 2005. Influence of bioaugmentation on bacteria and fungi number in soil with different concentration of crude oil pollution. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, t. 8, nr 1: 117–128, Bibliogr. 24 poz.
- Zajonc I., 1992. Chov zizal a vyroba vermikompostu. Animapress. Dusan Barlik, Povoda. Okres Dunajska Streda.

Ocena stopnia zakwaszenia wód powierzchniowych w Paśmie Łysogór w Górach Świętokrzyskich w następstwie roztopów

Assessment of episodic acidification intensity in streams during
snowmelt in the Łysogóry Range (Świętokrzyskie Mts.)

MAREK JÓŹWIAK, KRZYSZTOF JARZYNA, MIROSŁAW SZWED

Summary. Monitoring of the dynamics of the snow cover chemistry was undertaken in the Łysogóry Range (Świętokrzyskie Mts.) in winters 2007/2008 and 2008/2009. An episodic acidification of the stream waters during snowmelt episodes was discovered. The acidification episodes were similar to these observed in the Scandinavia, New England mountains and the Rocky Mountains. An intensity of the process was dependent on the load of the analyzed ions in the snow cover and the course of the snowmelt.

Key words: episodic acidification, snow melt, Łysogóry Range.

Prof. UJK dr hab. Marek Józwiak, Katedra Ochrony Środowiska Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego Jana Kochanowskiego w Kielcach, marjo@ujk.edu.pl

Krzysztof Jarzyna, Instytut Geografii Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego Jana Kochanowskiego w Kielcach, jarzynak@ujk.kielce.pl

Mirosław Szwed, Katedra Ochrony Środowiska Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego Jana Kochanowskiego w Kielcach, mireneusz@ujk.edu.pl

WSTĘP

Pokrywa śnieżna traktowana jest, zwłaszcza w badaniach hydrologicznych, jako forma retencji wody, która po uwolnieniu w rezultacie roztopów może stworzyć zagrożenie powodziowe (Kupczyk, 1997). Z kolei dla specjalistów z zakresu

agronomii stanowi ona m.in. cenny zapas wody potrzebnej dla rozwoju roślin na początku wiosny (Radomski, 1980).

W ostatnich kilku dekadach wskazuje się na rolę pokrywy śnieżnej w retencjonowaniu nie tylko wody, ale również substancji w niej rozpuszczonych i zawieszonych. W następstwie roztopów są one uwalniane do wód płynących i stojących, powodując zmiany ich właściwości chemicznych, w tym zwłaszcza epizodyczne zakwaszenie (Schaefer i wsp., 1990; Laudon i wsp., 2004; Błaś i wsp., 2008).

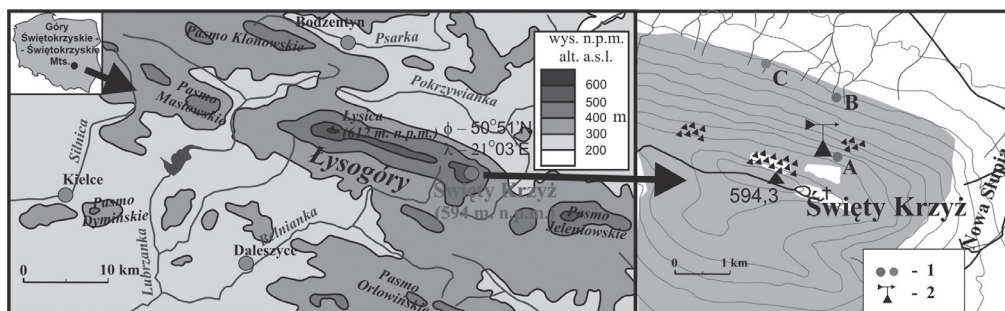
Celem niniejszego opracowania jest określenie charakteru zmian chemizmu wód powierzchniowych odwadniających Pasma Łysogórskie w powiązaniu ze zmianami chemizmu pokrywy śnieżnej, zachodzącymi w trakcie epizodów roztopowych. Podjęto też próbę określenia, w jakim stopniu zjawisko epizodycznego zakwaszania wód płynących w rezultacie topnienia śniegu dotyka cieków Pasma Łysogórskiego.

MATERIAŁ I METODA BADAŃ

Materiały wykorzystane w opracowaniu pochodzą z badań terenowych prowadzonych w dwóch sezonach zimowych – 2007/2008 i 2008/2009.

Pomiary właściwości fizycznych pokrywy śnieżnej i pobór prób śniegu do analiz chemicznych prowadzono na kilku stanowiskach położonych na północnym stoku wschodniej części Pasma Łysogórskiego. W niniejszej pracy posłużono się danymi z dwóch, położonych w lesie, stanowisk (ryc. 1). Pierwsze stanowisko znajdowało się na spłaszczeniu śródstokowym na wysokości 515 m n.p.m., w sąsiedztwie Polany Bielnik i Stacji Monitoringu Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach (A), drugie zaś u podnóża pasma, na wysokości ok. 330 m n.p.m., blisko granicy ŚPN (B).

Dodatkowo w celu przeprowadzenia analiz chemicznych pobierano próby wody z cieku C-5, w punkcie hydrometrycznym Stacji Bazowej ZMŚP Święty Krzyż (C). Z tego punktu pochodziły też dane przepływu wody, wykorzystane dla określenia ładunku wybranych jonów odprowadzanych ze zlewni.



Ryc. 1. Położenie obszaru badań i stanowisk pomiarowych: 1 – stanowiska pomiaru charakterystyk pokrywy śnieżnej i poboru próbek śniegu (A i B – opis w tekście) oraz punkt hydro-metryczny na cieku C-5, 2 – automatyczna stacja meteorologiczna Stacji Monitoringu UJK

Fig. 1. Study area and location of measurement points: 1 – measurement points of snow cover (A and B – description in the text) and water gauge on the C-5 stream, 2 – automatic meteorological station of the Monitoring Station JKU

Pomiary oraz pobór próbek śniegu i wody odbywały się w cyklu tygodniowym od momentu pojawienia się pokrywy śnieżnej aż do jej ostatecznego zaniku.

Określano następujące fizyczne charakterystyki pokrywy śnieżnej: grubość pokrywy, zapas wody w śniegu i gęstość pokrywy śnieżnej. Pomiar wykonywano śniegomiernikiem wagowym WS-43. Przedstawione w pracy wartości wymienionych charakterystyk są – zgodnie z metodyką IMiGW – średnimi z 4 pomiarów.

Dane meteorologiczne wykorzystane w interpretacji warunków akumulacji i zaniku pokrywy śnieżnej, a dotyczące temperatury powietrza i wysokości opadów, pochodziły ze stacji automatycznej Stacji Monitoringu UJK (ryc. 1).

Próbki śniegu do analiz chemicznych pobierano pionowo przez cały przekrój pokrywy. Z każdego stanowiska pobierano 3 próbki, które przewożono do laboratorium Instytutu Geografii UJK w pojemnikach polistyrenowych. Tam śnieg był roztapiany, po czym określano pH i przewodność elektrolityczną za pomocą pH-metru (CP-103) i konduktometru (CC-101) firmy *Elmetron*. W ocenie kwasowości wody zawartej w śniegu oraz jej przewodności elektrolitycznej wykorzystano metodykę stosowaną w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (Kostrzewski i wsp., 2006). Woda tworząca pokrywę śnieżną traktowana była jak woda opadowa.

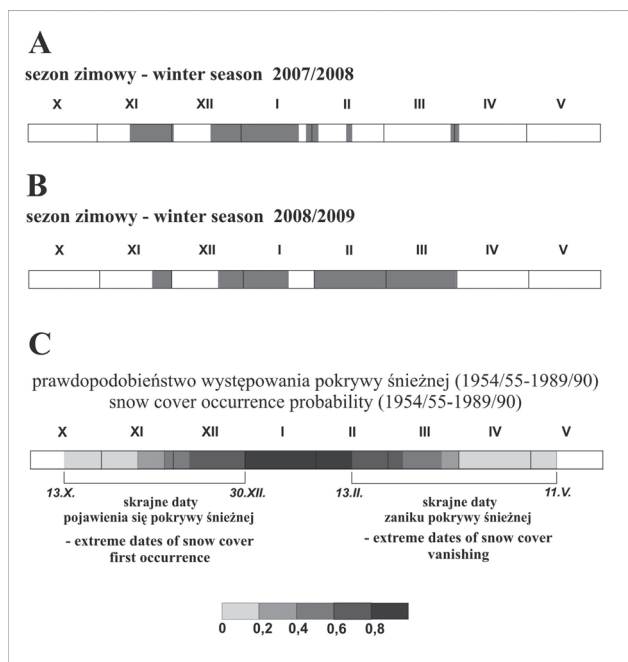
Następnie z „wód pośniegowych” pobierano próbki o objętości 150 ml, przesączało i zatężało 10-krotnie. W zatężonych próbkach określano koncentrację wybranych anionów (SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^-) spektrofotometrem korelacyjnym

Spectronic Genesis 2 z wykorzystaniem testów firmy Merck. Oznaczone wartości stężeń dzielono przez 10. Wynikało to z małych – poniżej progu czułości metody – stężeń substancji rozpuszczonych w wodzie opadowej, tworzącej pokrywę śnieżną. Analizowane jony są najważniejszymi substancjami odpowiedzialnymi za zakwaszanie środowiska przyrodniczego obszaru badań.

Obliczono również wielkość chwilowego ładunku wymienionych jonów zawartych w pokrywie śnieżnej i w wodach cieku C-5. W przypadku cieku C-5 ładunek chwilowy określano mnożąc stężenie zawartych w nim jonów przez wielkość przepływu. Ładunek jonów w pokrywie śnieżnej obliczono wykorzystując zapas wody w śniegu (mm), który mnożono przez koncentrację analizowanych jonów w pokrywie śnieżnej. Uwzględniając fakt, że 1 mm warstwy wody odpowiada 1 l wody „rozlanemu” na powierzchni 1 m², uzyskano informację o ładunku jonów (mg), jaki znajdował się w kolumnie śniegu, której podstawa miała powierzchnię 1 m². W sytuacjach, w których pokrywa śnieżna występowała w postaci płatów określano stężenie badanych jonów, nie określając już ich chwilowego ładunku.

CHARAKTERYSTYKA POKRYWY ŚNIEŻNEJ W SEZONACH ZIMOWYCH 2007/2008 I 2008/2009

Wcześniejsze badania pokrywy śnieżnej w Łysogórach (Olszewski i wsp., 1993) wskazują, że prawdopodobieństwo wystąpienia pokrywy śnieżnej na Świętym Krzyżu jest największe w styczniu i pierwszej połowie lutego (ryc. 2C). Na początku lutego najczęściej obserwowana jest też największa grubość pokrywy śnieżnej, w wieloleciu 1954/55–1989/90 wynosząca średnio 50 cm. Równocześnie obserwowana jest duża zmienność długości oraz daty początku i końca okresu z pokrywą śnieżną pomiędzy kolejnymi latami.



Ryc. 2. Okres występowania pokrywy śnieżnej w wierzchwinowej partii Pasma Łysogórskiego w sezonach zimowych 2007/2008 i 2008/2009 (A i B) na tle prawdopodobieństwa jej wystąpienia (C) w wieloleciu 1954/55-1989/90 (Olszewski i wsp., 1993)

Fig. 2. Period of snow cover in the upper part of the Łysogóry Range during 2007/2008 and 2008/2009 winter seasons (A, B) as compared to snow cover occurrence probability (C) in 1954/55-1989/90 period (Olszewski et al., 1993)

W sezonie zimowym 2007/2008 pokrywa śnieżna pojawiła się w Paśmie Łysogórskim po raz pierwszy w połowie listopada (ryc. 2A), ale na stanowisku u podnóża pasma zaniknęła już po kilku dniach. Na stanowisku położonym w sąsiedztwie Stacji Monitoringu pokrywa śnieżna utrzymała się do końca miesiąca (ryc. 2A). Trwała pokrywa śnieżna ukształtowała się w połowie grudnia i zaniknęła w drugiej dekadzie stycznia w lesie u podnóża Pasma Łysogórskiego (238 m n.p.m.) i na początku trzeciej dekady stycznia w lesie w sąsiedztwie Polany Bielnik (513 m n.p.m.). W sezonie zimowym 2007/2008 pokrywa śnieżna tworzyła się w Paśmie Łysogórskim na krótko jeszcze trzykrotnie – na przełomie stycznia i lutego, w połowie lutego i na przełomie marca i kwietnia, kiedy zaniknęła ostatecznie (ryc. 2A). Grubość pokrywy śnieżnej w sezonie zimowym

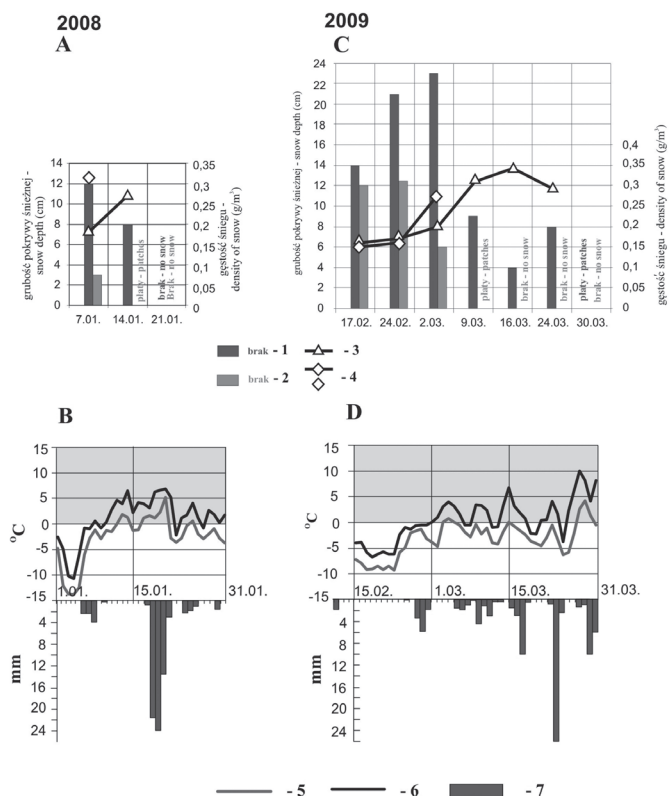
2007/2008 nie była duża, osiągnęła maksymalnie kilkanaście cm w sąsiedztwie Polany Bielnik i kilka cm u podnóża pasma.

W sezonie zimowym 2008/2009 pokrywa śnieżna w Łysogórach również pojawiła się w drugiej połowie listopada i podobnie jak rok wcześniej okazała się nietrwała (ryc. 2B). Następnie występowanie kilkucentymetrowej pokrywy śnieżnej było obserwowane w drugiej połowie grudnia, ale tylko w wierzchowi nowej partii Pasma Łysogórskiego. U podnóża pasma pokrywa śnieżna pojawiła się na początku stycznia 2009 roku. Po przejściowych roztopach, które miały miejsce pod koniec stycznia, rozpoczął się ostatni, ale zarazem najdłuższy okres występowania pokrywy śnieżnej w sezonie zimowym 2008/2009. U podnóża pasma pokrywa śnieżna zaniknęła na początku marca, a w sąsiedztwie Polany Bielnik pod koniec marca 2009 roku (ryc. 2B). Właśnie w drugiej połowie lutego zanotowano największą grubość pokrywy śnieżnej w Łysogórach w tym sezonie zimowym – 24 cm na stanowisku górnym i 12 cm na stanowisku dolnym.

CHARAKTERYSTYKA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH I WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH W TRAKCIE WYBRANYCH EPIZODÓW ROZTOPOWYCH

Analizę zmian właściwości chemicznych wód potoku C-5, powiązanych ze zmianami chemizmu pokrywy śnieżnej, przeprowadzono tylko w części analizowanych sezonów zimowych. Były to okresy roztopów oraz poprzedzające je okresy, w których ukształtowała się trwała pokrywa śnieżna. W sezonie zimowym 2007/2008 były to okresy 7–21.01.2008, a w sezonie 2008/2009 – 7.02. – 30.03.2009.

Pogoda w drugiej połowie grudnia 2007 roku, kształtowana przez wyżowe układy baryczne, charakteryzowała się dużym zachmurzeniem podinewersyjnym, temperaturą powietrza zazwyczaj niewiele niższą od 0°C, ale też małą ilością opadów. W rezultacie tego początek zimy był mroźny, ale mało śnieżny. Grubość pokrywy śnieżnej nawet w wierzchowi nowych partiach Łysogór wynosiła wówczas tylko kilka cm. Pod koniec grudnia miała jednak miejsce zmiana charakteru cyrkulacji atmosferycznej nad Polską, w rezultacie której pojawiły się opady marznącego deszczu, deszczu ze śniegiem i śniegu (<http://new.meteo.pl>).



Ryc. 3. Zmienność charakterystyk pokrywy śnieżnej (A, C) oraz warunków pogodowych (B, D) w trakcie 2 epizodów roztopowych w Paśmie Łysogórskim: grubość pokrywy śnieżnej (cm) na stanowisku górnym (1) i dolnym (2), gęstość śniegu (g/cm^3) na stanowisku górnym (3) i dolnym (4), minimalna (5) i maksymalna (6) dobowa temperatura powietrza, suma dobowo opadu (7)

Fig. 3. Changes of snow cover properties (A, C) and weather conditions (B, D) in the Łysogóry Range during 2 snow melt events: snow depth (cm) in the upper (1) and lower (2) measurement point, density of snow (g/cm^3) in the upper (3) and lower (4) measurement point, minimum (5) and maximum (6) daily air temperature, daily precipitation total (7)

Na Świętym Krzyżu początek stycznia charakteryzował się występowaniem bardzo niskich temperatur powietrza; maksymalna dobowa temperatura powietrza 4.01.2008 roku spadła tam poniżej -10°C . W kolejnych dniach obserwowaliśmy wzrost temperatury powietrza, z którym początkowo wiązały się kolejne opady śniegu (ryc. 3B). W rezultacie grubość pokrywy śnieżnej 7.01.2008 roku w lesie w sąsiedztwie Polany Bielnik wzrosła do 12 cm. Natomiast w lesie u podnóża pasma grubość pokrywy śnieżnej wynosiła tylko 3 cm (ryc. 3A). Gęstość

śniegu wynosiła $0,18 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ na stanowisku górnym i $0,31 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ na stanowisku dolnym, gdzie śnieg był mokry i występował w formie dużych „ziaren”. W drugiej dekadzie stycznia 2008 roku wystąpił okres wyższych temperatur powietrza, w którym nawet minimalna dobowa temperatura powietrza często była dodatnia. Przyczyniło się to do zaniku pokrywy śnieżnej w Łysogórach, dodatkowo przyspieszonego przez opady deszczu w końcu drugiej dekady stycznia (ryc. 3B). U podnóża Łysogór 14.01.2008 roku występowały już tylko nieliczne płatki śniegu. Z kolei w sąsiedztwie Stacji Monitoringu UJK grubość pokrywy śnieżnej zmniejszyła się do 8 cm, chociaż zapas wody w śniegu spadł nieznacznie z racji jego transformacji, widocznej m.in. we wzroście gęstości śniegu do $0,27 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. W kolejnym dniu pomiarowym – 21.01.2008 roku, nie odnotowano występowania pokrywy śnieżnej na żadnym z analizowanych stanowisk. Nieliczne płatki śniegu występowały jedynie w lesie powyżej Polany Bielnik.

Pokrywa śnieżna pojawiała się w obszarze badań w sezonie zimowym 2007/2008 jeszcze trzykrotnie. Zanikała jednak bardzo szybko, tak że często w trakcie kolejnego dnia pomiarowego już jej nie obserwowano lub też obecna była jedynie w nielicznych płatach. Z tego powodu niemożliwe było wykorzystanie pozyskanego materiału pomiarowego do analizy zmienności właściwości chemicznych pokrywy śnieżnej i wód płynących.

W lutym 2009 roku po okresie wyższych temperatur, obserwowanych w pierwszej dekadzie miesiąca, powróciła łagodna, ale dość dokuczliwa – z racji intensywnych opadów śniegu – zima (<http://new.meteo.pl>). Na Świętym Krzyżu temperatura powietrza w drugiej połowie lutego 2009 roku była nieprzerwanie niższa niż 0°C , ale nie zaobserwowano w tym czasie spadków poniżej -10°C (ryc. 3D). Grubość pokrywy śnieżnej wzrosła z kilku cm w pierwszej dekadzie miesiąca do 15 cm na stanowisku w lesie obok Polany Bielnik i 12 cm w lesie u podnóża pasma 17.02.2009 roku. Śnieg był w niewielkim stopniu przetransformowany, stąd jego niewielka gęstość – ok. $0,15 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (ryc. 3C).

Wzrost temperatury w trzeciej dekadzie lutego 2009 roku i towarzyszące mu opady śniegu (ryc. 3D) spowodowały wzrost grubości pokrywy śnieżnej. Na stanowisku dolnym największa grubość pokrywy (12 cm) została zaobserwowana 24.02.2009 roku. Na stanowisku górnym maksimum grubości pokrywy śnieżnej (23 cm) zanotowano tydzień później, kiedy to u podnóża Pasma Łysogórskiego zmniejszyła się już ona do 6 cm. Na stanowisku dolnym spadkowi grubości pokrywy śnieżnej towarzyszyła jej transformacja widoczna we wzroście gęstości śniegu z $0,16 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ do $0,27 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (ryc. 3C). Tydzień później u podnóża Pasma Łysogórskiego występowały tylko płatki śniegu, które zniknęły w ciągu kilku dni. W sąsiedztwie Polany Bielnik grubość pokrywy też w tym czasie spadała

i po przejściowym zahamowaniu roztopów na początku trzeciej dekady marca 2009 roku pokrywa zaniknęła ostatecznie na początku kwietnia (ryc. 3C).

ZMIANY WŁAŚCIWOŚCI CHEMICZNYCH POKRYWY ŚNIEŻNEJ I WÓD PŁYNĄCYCH W TRAKCIE WYBRANYCH EPIZODÓW ROZTOPOWYCH

Właściwości chemiczne pokrywy śnieżnej – wyrażone wielkością pH i przewodności elektrolitycznej – znacznie różniły się pomiędzy sezonami zimowymi 2007/2008 i 2008/2009.

Odczyn wody zawartej w pokrywie śnieżnej w Paśmie Łysogórskim na początku stycznia 2008 roku charakteryzował się obniżonym pH i podwyższonymi wartościami przewodności elektrolitycznej. Odmienne wartości pH stwierdzono tylko na dolnym stanowisku 14.01.2008 roku, kiedy odczyn wody zawartej w śniegu był lekko alkaliczny, a przewodność elektrolityczna tylko nieco podwyższona (tab. 1). Tylko na tym stanowisku wyraźnie widoczna była synchroniczność procesu topnienia pokrywy śnieżnej oraz zmian jej chemizmu. Metamorfozie i topnieniu pokrywy śnieżnej (ryc. 3A) towarzyszył prawie dwukrotny spadek przewodności elektrolitycznej.

W lutym 2009 roku odczyn wody zawartej w pokrywie śnieżnej uległ zmianie z obojętnego na początku rozpatrywanego okresu na alkaliczny w trakcie późniejszych pomiarów. Zmianie tej towarzyszył wzrost grubości pokrywy śnieżnej. Odczyn wody „pośniegowej” wyrażony wartością pH spadał nieco, zbliżając się do obojętnego w trakcie nasilania się roztopów (ryc. 3C). Przewodność elektrolityczna wody tworzącej pokrywę śnieżną była dużo niższa niż we wcześniej opisanym epizodzie roztopowym z sezonu 2007/2008 – nieznaczna lub lekko podwyższona. Jej spadek w trakcie nasilających się roztopów był bardzo słabo wyrażony, chociaż pod koniec zalegania pokrywy śnieżnej na stanowisku górnym przewodność elektrolityczna wynosiła tylko $6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (tab. 1).

Wody potoku C-5 w obu sezonach charakteryzowały się podobnymi wartościami pH i przewodności elektrolitycznej. Odczyn wód płynących był wówczas kwaśny i zawierał się w granicach 4,18–5,26. W 2008 roku pomiędzy pomiarami z 14 i 21 stycznia w trakcie intensywnych roztopów widoczny był wzrost przewodności elektrolitycznej w wodach potoku odwadniającego pasmo (C-5) – ryc. 3A. W sezonie zimowym 2008/2009 obserwowano spadek pH i wzrost przewodności elektrolitycznej wód potoku w pierwszej dekadzie i pod koniec marca 2009 roku, w trakcie nasilania się roztopów (ryc. 3C).

Tabela 1. Zmiany właściwości chemicznych pokrywy śnieżnej i wód płynących Pasma Łysogórskiego w trakcie analizowanych epizodów roztopowych

Table 1. Changes of chemical properties of snow cover and stream water in the Łysogóry Range during two snow melt episodes

Data Date	pH			Przewodność elektrolityczna <i>Electrolytic conductivity</i> [μS*cm ⁻¹]		
	2007/2008					
	A	B	C	A	B	C
7.01.2008	4,57	4,54	4,78	60	64	84
14.01.2008	4,19	6,20	4,91	98	35	71
21.01.2008	–	–	4,90	–	–	103
2008/2009						
17.02.2009	5,00	5,51	4,18	16	13	48
24.02.2009	6,70	6,40	5,05	17	14	52
2.03.2009	6,12	7,07	5,26	16	19	72
9.03.2009	6,14	6,07	4,65	15	19	73
16.03.2009	6,31	–	5,02	10	–	64
24.03.2009	6,43	–	4,70	10	–	45
30.03.2009	5,59	–	4,65	6	–	82

A, B, C – stanowiska pomiarowe (patrz ryc. 1 i tekst) – measurement points (see fig. 1 and text)

“–” – brak danych – no data

Wśród analizowanych anionów zawartych w pokrywie śnieżnej i wodach płynących Pasma Łysogórskiego największą koncentracją odznaczał się jon siarczanowy. W badanych próbkach ze stycznia 2008 roku było go nawet ponad 10 razy więcej niż jonu chlorkowego i azotanowego (tab. 2).

W trakcie epizodu roztopowego ze stycznia 2008 roku stwierdzono wyraźny spadek stężeń wszystkich trzech anionów w pokrywie śnieżnej na dolnym stanowisku pomiarowym. W przypadku jonu siarczanowego był on siedmiokrotny, w przypadku jonu chlorkowego czterokrotny, a jonu azotanowego dwukrotny.

Zarówno stężenia, jak i chwilowy ładunek badanych jonów (z wyjątkiem jonu azotanowego) w śniegu na stanowisku górnym nie zmieniały się pomiędzy pomiarami w dniach 7 i 14 stycznia 2008 roku. W wodach potoku C-5 zaobserwowano nieznaczny wzrost stężenia i ponadtrzykrotny wzrost ładunku jonu siarczanowego 21.01.2008 roku w porównaniu z poprzednim terminem pomiarowym (tab. 2).

Tabela 2. Zmiany stężenia (mg/l) i ładunku (mg/m², mg/s) wybranych jonów w pokrywie śnieżnej i wodach płynących Pasma Łysogórskiego w trakcie analizowanych epizodów roztopowych
Table 2. Changes of concentration (mg/l) and load (mg/m², mg/s) of given ions in the of snow cover and stream water in the Łysogóry Range during two snow melt episodes

Data Date	SO ₄ ²⁻			Cl ⁻			NO ₃ ²⁻		
	2007/2008								
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
7.01.2008	a 9,6 b 211,2	a 7,7 b 77,0	a 15,7 b 22,0	a 0,6 b 13,2	a 0,8 b 8,0	a 1,6 b 1,5	a 1,3 b 28,6	a 1,0 b 10,0	a 2,5 b 3,5
14.01.2008	a 9,8 b 215,6	a 1,1 b –	a 14,3 b 20,0	a 0,8 b 17,6	a 0,2 b –	a 1,2 b 1,6	a 0,2 b 4,4	a 0,5 b –	a 2,7 b 3,8
21.01.2008	–	–	a 18,3 b 70,5	–	–	a 1,2 b 4,6	–	–	a 1,4 b 5,4
2008/2009									
17.02.2009	a 3,6 b 85,2	a 3,3 b 59,4	a 27,4 b 120,3	a 0,2 b 5,5	a 0,1 b 1,8	a 1,6 b 7,0	a 1,6 b 37,7	a 1,0 b 18,0	a 2,8 b 12,3
24.02.2009	a 5,9 b 206,8	–	a 27,9 b 126,4	a 0,2 b 5,2	a 0,1 b 2,4	a 1,3 b 5,9	a 1,7 b 58,8	a 1,4 b 27,4	a 2,7 b 12,2
2.03.2009	a 4,0 b 183,1	a 3,2 b 50,9	a 26,5 b 214,7	a 0,2 b 11,5	a 0,4 b 5,9	a 1,2 b 9,7	a 1,3 b 60,7	a 0,8 b 12,0	a 2,4 b 19,4
9.03.2009	a 4,1 b 115,9	a 5,6 b –	a 33,4 b 203,1	a 0,3 b 7,3	a 0,6 b –	a 2,2 b 13,4	a 1,1 b 31,6	a 0,8 b –	a 2,0 b 12,2
16.03.2009	a 0,8 b –	–	a 32,2 b 195,8	a 0,2 b –	–	a 1,6 b 9,8	a 0,3 b –	–	a 1,3 b 8,1
24.03.2009	a 3,0 b 69,0	–	a 33,3 b 19,4	a 0,8 b 17,2	–	a 1,7 b 11,3	a 0,7 b 16,6	–	a 1,2 b 8,1

30.03.2009	a 4,0 b –	–	a 32,9 b 228,7	a 0,9 b –	–	a 1,9 b 12,2	a 0,7 b –	–	a 1,7 b 11,7
------------	--------------	---	-------------------	--------------	---	-----------------	--------------	---	-----------------

A, B, C – stanowiska pomiarowe (patrz ryc. 1 i tekst) – measurement points (see fig. 1 and text)

a – stężenie badanych jonów – ion concentrations, b – ładunek badanych jonów w śniegu (mg/m^2) i wodzie płynącej (mg/s) – load of ions in the snow (mg/m^2) and stream water (mg/s)

“–” – brak danych – no data

W badanej części sezonu zimowego 2008/2009 stężenie jonu siarczanowego w śniegu było niższe niż w styczniu 2008 roku i tylko około 2 razy wyższe od stężeń jonu chlorkowego i azotanowego. Stężenie analizowanych jonów w śniegu na obu stanowiskach zmniejszyło się w połowie marca 2009 roku w porównaniu z końcem lutego tego roku, w trakcie występujących wówczas roztopów. Jeszcze wyraźniej było to widoczne w odniesieniu do ładunków jonów (zwłaszcza SO_4^{2-} i NO_3^{2-}) w śniegu, które zmniejszyły się w tym czasie prawie dwukrotnie w rezultacie uwalniania jonów w trakcie metamorfozy i topnienia śniegu (tab. 2). Pewien wzrost stężeń i ładunków w pokrywie śnieżnej obserwowany był na początku trzeciej dekady marca 2009 roku, w związku z opadami śniegu i wzrostem grubości pokrywy śnieżnej (ryc. 3C). W wodach potoku C-5 można było zaobserwować wzrost koncentracji jonów siarczanowego i chlorkowego w pierwszej dekadzie marca 2009 roku, koincydujący z nasileniem topnienia śniegu. W tym czasie wystąpił też wyraźny wzrost chwilowego ładunku jonu siarczanowego (1,7-krotny), chlorkowego (ponad 2-krotny) i azotanowego (1,5-krotny). Pewien wzrost ładunków analizowanych jonów w wodzie potoku C-5 był też widoczny pod koniec marca 2009 roku, w trakcie ostatniego okresu roztopowego.

DYSKUSJA

Czas występowania okresów z najgrubszą i najbardziej trwałą pokrywą śnieżną w sezonach zimowych 2007/2008 i 2008/2009 pokrywa się z okresem, w którym – w świetle obserwacji wieloletnich – występowanie pokrywy śnieżnej jest najbardziej prawdopodobne (Olszewski i wsp., 1993). Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej w badanych sezonach zimowych była jednak mniejsza od przeciętnej wartości z wielolecia 1954/1955–1989/1990, wynoszącej 50 cm. Taka wartość w ostatnich pięciu latach wystąpiła tylko w bardzo śnieżnych sezonach 2005/2006 (Jarzyna, 2007) i 2009/2010 (niepublikowane wyniki pomiarów

własnych). Jednak nawet wówczas daleko było do rekordowych 88 cm grubości pokrywy śnieżnej z sezonu zimowego 1969/1970 (Olszewski i wsp., 1993).

W rezultacie przeprowadzonych badań stwierdzono, że nasileniu roztopów towarzyszyło obniżenie pH i wzrost przewodności elektrolitycznej w wodach potoku odwadniającego północne stoki wschodniej części Pasma Łysogórskiego. Równocześnie obserwowano zmianę pH wód zawartych w pokrywie śnieżnej w kierunku odczynu bardziej obojętnego. W trakcie pomiarów prowadzonych w sezonach 2007/2008 i 2008/2009 słabo widoczny był spadek przewodności elektrolitycznej w topniejącej pokrywie śnieżnej, który tak silnie zaznaczył się pod koniec sezonu zimowego 2005/2006 (Jarzyna, 2007).

W trakcie analizowanych epizodów roztopowych dał się zauważyć spadek ładunków substancji zakwaszających środowisko w pokrywie śnieżnej oraz jednoczesny wzrost ładunków w wodach powierzchniowych (nawet kilkakrotnie). Nie ma w tym nic dziwnego, biorąc pod uwagę zmianę ilości nośnika substancji zakwaszających, wyrażoną z jednej strony spadkiem zapasu wody w śniegu, z drugiej – wzrostem stanu wód powierzchniowych. Również dotychczasowe badania obiegu materii w skali zlewni rzecznej, prowadzone w ramach ZMŚP, wyraźnie wskazują, że największe w przebiegu rocznym ładunki substancji rozpuszczonych odprowadzane są w trakcie wezbrań o charakterze roztopowym (m.in. Kruszyk, 2008).

Równocześnie można zauważyć stopniowy spadek stężeń analizowanych jonów w topniejącej pokrywie śnieżnej i równoczesny ich wzrost w wodach płynących, mimo wzrostu ilości „rozcieńczalnika”. Wskazuje to, że ilość zmagazynowanych w śniegu jonów, które są uwalniane do wód płynących, jest największa w pierwszej fazie procesu topnienia. Potwierdzają to badania Johannessena i Henriksena (1979) prowadzone w Górach Skandynawskich oraz Błasia i wsp. (2008) w Karkonoszach. Badacze norwescy stwierdzili na podstawie wyników eksperymentów laboratoryjnych i polowych, że 50–80% ładunku zanieczyszczeń zgromadzonych w pokrywie śnieżnej uwalnianego w trakcie roztopów zawarte jest w pierwszych 30% wody roztopowej. Z kolei P. Brimblecombe i wsp. (1986), analizując w warunkach laboratoryjnych topnienie prób śniegu pobranych w Górach Cairngorm w Szkocji (1986), stwierdzili, że tempo uwalniania różnych anionów nie jest równomierne. W początkowym etapie topnienia śniegu najszybsze jest tempo uwalniania jonów siarczanowych, najbardziej „oporne” zaś są jony chlorkowe, w rezultacie czego wody roztopowe w końcowej fazie ablacji są względnie wzbogacone właśnie tymi jonami.

Wśród analizowanych substancji największe znaczenie w zakwaszaniu wód powierzchniowych w następstwie roztopów ma jon siarczanowy.

Tygodniowy cykl pomiarowy zastosowany w badaniach chemizmu pokrywy śnieżnej i wód płynących w Łysogórach okazał się wystarczający, aby zarejestrować występowanie zjawiska zakwaszania wód płynących odwadniających pasmo w następstwie roztopów. Pomiarów były jednak zbyt rzadkie, żeby uzyskać równie jednoznaczne wyniki dotyczące dynamiki uwalniania anionów zawartych w pokrywie śnieżnej, jak w przypadku wyżej wspomnianych studiów badawczych.

Problem ten dotyczy zwłaszcza analizy chemizmu wód płynących, w których najwyższy przepływ i ładunek substancji rozpuszczonych w wodzie związane są z wezbraniem roztopowym i mogą wystąpić pomiędzy terminami pomiarowymi.

W przypadku analizy chemizmu pokrywy śnieżnej problemy wynikające ze zbyt małej częstości pomiarów są mniejsze. Chemizm pokrywy śnieżnej w danym momencie jest bowiem zapisem wszystkich zdarzeń, które zaszły pomiędzy nimi, mających wpływ na niego. Zbyt rzadkie pobieranie prób śniegu do analiz chemicznych może być problemem wówczas, gdy dynamika przyrostu i zaniku pokrywy jest duża, zwłaszcza w zimach z dużą częstością odwilży, takich jak zima 2007/2008. W niskich górach, jakimi są Góry Świętokrzyskie, zimy takie są dosyć częste. Problemy interpretacyjne mogą się też pojawić wówczas, gdy pomiędzy pomiarami dojdzie do wzbogacenia pokrywy śnieżnej w substancje w niej rozpuszczone, na skutek opadów śniegu lub topnienia okiści i szadzi. Ten drugi przypadek prawdopodobnie miał miejsce na początku drugiej dekady stycznia 2008 roku na górnym stanowisku pomiarowym. Podczas gdy intensywne roztopy spowodowały spadek stężenia badanych jonów w śniegu na stanowisku dolnym, w sąsiedztwie Polany Bielnik doszło do niewielkiego wzbogacenia pokrywy w jon siarczanowy i chlorkowy. Górna warstwa śniegu była tam wówczas przetopiona i zanieczyszczona na skutek opadu z drzew.

Analizy chemizmu pokrywy śnieżnej w okresie roztopów powinny być zatem częstsze, wykonywane dwa–trzy razy w tygodniu.

Stopień zakwaszenia wód płynących Łysogór w trakcie roztopów zależy od ładunku substancji zakwaszających, zawartego w pokrywie śnieżnej. Ten zaś w badanych sezonach zimowych zależał od zapasu wody w śniegu przed roztopami (śnieżności zimy) oraz stężenia zanieczyszczeń w wodzie tworzącej pokrywę. Wcześniejsze badania (Jarzyna, 2008) wykazały, że zarówno stężenie, jak i charakter zanieczyszczeń (kwaśne lub alkaliczne) wynikają z kierunku napływu mas powietrza przynoszących opady śniegu. To bowiem decyduje o tym, które emitory najsilniej zanieczyszczają składniki chmury. Badania Błasa

i wsp. (2008) wskazują, że na stopień zakwaszenia wód płynących ma też wpływ sam przebieg roztopów.

W dłuższej perspektywie czasowej duże znaczenie mają również zmiany wielkości emisji substancji odpowiedzialnych za zakwaszanie środowiska. Badania w północnej Szwecji wykazały, że redukcja o 65% wielkości depozycji związków siarki, która miała miejsce w okresie 1960–1990, spowodowała zmniejszenie obszaru dotkniętego przez silnie zakwaszone powódzie wiosenne o 75% (Laudon, Bishop, 2002). W Polsce największy spadek emisji substancji zakwaszających powietrze, a w szczególności SO_2 , miał miejsce na początku lat 90. poprzedniego stulecia. W obecnym dziesięcioleciu tempo redukcji emisji tych substancji jest już dużo mniejsze (<http://www.emep.int>). Stąd też nie należy się raczej spodziewać, aby w najbliższych latach zmiany emisji zanieczyszczeń przyczyniły się do zmniejszenia intensywności wiosennych epizodów zakwaszania wód płynących w Polsce, w tym także w Łysogórach.

Wydaje się, że obserwowane w trakcie roztopów zakwaszenie wód potoków odwadniających Pasma Łysogórskie jest mniejszym problemem niż epizodyczne zakwaszanie wód jezior górskich, obserwowane np. w: Skandynawii, Nowej Anglii i w górach Sierra Nevada (Schaefer i wsp., 1990; Stoddard, 1995). Wzrost stężeń i ładunków substancji zakwaszających w potokach Łysogór jest bowiem chwilowy, nawiązujący do wielkości przepływu wody w trakcie wezbrania roztopowego. W przyszłości wskazane byłoby jednak określenie, w jakim stopniu wody roztopowe przyczyniają się do zakwaszania zbiornika Wióry na Świślinie i okresowych niewielkich zbiorników wodnych tworzących się w obrębie śród-stokowych i podstokowych spłaszczeń Pasma Łysogórskiego. Jest to ciekawy problem badawczy, ponieważ stopień zakwaszenia zbiorników wodnych na wiosnę może wpływać na liczebność szeregu bezkręgowców (np. muchówek z rodziny Empididae) i płazów (np. amerykańskich salamander *Ambystoma tigrinum*), których wczesne stadia rozwojowe związane są z wodą (Wissinger, Whiteman, 1992; Lepori i wsp., 2003).

WNIOSKI

Stopień zakwaszenia wód powierzchniowych w Paśmie Łysogór w Górach Świętokrzyskich w trakcie roztopów zależy od zapasu wody w śniegu oraz ładunku substancji zakwaszających zawartych w pokrywie śnieżnej.

Analizowane epizody roztopowe pozwalają na stwierdzenie, że w pokrywie śnieżnej następuje spadek ładunków substancji zakwaszających i jednocześnie wzrost ładunków w wodach powierzchniowych. Jest to związane ze zmianą

ilości nośnika substancji zakwaszających, wyrażoną z jednej strony spadkiem zapasu wody w śniegu, z drugiej – wzrostem stanu wód powierzchniowych.

Ilość zmagazynowanych w śniegu jonów, które są uwalniane do wód płynących, jest największa w pierwszej fazie procesu topnienia. Wśród analizowanych substancji największe znaczenie w zakwaszaniu wód powierzchniowych ma jon siarczanowy.

Nasileniu roztopów towarzyszy obniżenie pH i wzrost przewodności elektrolitycznej w wodach potoku odwadniającego północne stoki wschodniej części Pasma Łysogórskiego.

Tygodniowy cykl pomiarowy zastosowany w badaniach chemizmu pokrywy śnieżnej i wód płynących jest wystarczający, aby zarejestrować występowanie zjawiska zakwaszania wód płynących w następstwie roztopów. Nie wystarczy jednak do oceny dynamiki uwalniania anionów zawartych w pokrywie śnieżnej. W tym przypadku częstotliwość pomiarów powinna wynosić 2–3 razy w tygodniu.

Literatura

- Błaś M., Sobik M., Polkowska Ż., 2008. Wpływ pokrywy śnieżnej na przebieg depozycji zanieczyszczeń w Sudetach Zachodnich. W: M. Ziulkiewicz (red.). Chemizm opadów atmosferycznych, wód powierzchniowych i podziemnych. Abstrakty wystąpień i prezentacji XV Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego: 13.
- Brimblecombe P., Tranter M., Tsiouris S., Davies T.D., Vincent C.E., 1986. The chemical evolution of snow and meltwater. Modelling Snowmelt-Induced Processes. IAHS Publications. 155: 283, 295.
- <http://www.emep.int...> (data pozyskania: 15.09.20010).
- <http://new.meteo.pl/komentarze...> (data pozyskania: 15.09.20010).
- Jarzyna K., 2007. Monitoring pokrywy śnieżnej w Górach Świętokrzyskich. W: A. Kostrzewski, A. Andrzejewska (red.). Program Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego a zadania ochrony obszarów Natura 2000. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa: 311–318.
- Jarzyna K., 2008. Wpływ warunków meteorologicznych na chemizm pokrywy śnieżnej w Łysogórach w Górach Świętokrzyskich. W: E. Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Sekutnicki (red.). Polskie Towarzystwo Geofizyczne 1947–2007. Seria: Monografie IMiGW: 96–100.
- Johannessen M., Henriksen A., 1978. Chemistry of snow meltwater: Changes in concentration during melting. Water Resources Research. 14. 4: 615–619.

- Kostrzewski A., Kruszyk R., Kolander R., 2006. Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Zasady organizacji, system pomiarowy, wybrane metody badań. Dokumenty ZMŚP. <http://www.staff.amu.edu.pl...> (data dostępu: 15.09.2010).
- Kruszyk R., 2008. Raport o stanie geoekosystemów Polski w roku 2008. Dokumenty i raport ZMŚP. <http://www.staff.amu.edu.pl/~zmsp...> (data dostępu: 15.09.2010).
- Kupczyk E., 1997. Akumulacja i topnienie pokrywy śnieżnej. W: U. Soczyńska (red.). *Hydrologia dynamiczna*. PWN. Warszawa.
- Laudon H., Bishop K.H., 2002. The rapid and extensive recovery from episodic acidification in northern Sweden due to declines in SO₄²⁻ deposition. *Geophysical Research Letters*. 29. 1594: 4s.
- Laudon H., Westling O., Bergquist A., Bishop K., 2004. Episodic acidification in northern Sweden: a regional assessment of the anthropogenic component. *Journal of Hydrology*. 297: 162–173.
- Lepori F., Barbieri A., Ormerod S.J., 2003. Effects of episodic acidification on macroinvertebrate assemblages in Swiss Alpine streams. *Freshwater Biology*. 48. 10: 1873–1885.
- Olszewski J.L., Żarnowiecki G., Chodurek J., 1993. Pokrywa śnieżna w partii szczytowej Łysogór według pomiarów na Świętym Krzyżu. *Studia Kieleckie*. 78. 2: 25–32.
- Radomski C., 1980: *Agrometeorologia*. PWN. Warszawa.
- Schaefer D.A., Driscoll C.T.Jr., van Dreason R., Yatsko C.P., 1990. The episodic acidification of Adirondack lakes during snowmelt. *Water Resources Research*. 26. 1639–1647.
- Stoddard J.L., 1995. Episodic acidification during snowmelt of high elevation lakes in the Sierra Nevada mountains of California. *Earth and Environmental Science. Water, Air & Soil Pollution*. 85. 2: 353–358.
- Wissinger S., Whiteman H., 1992. Fluctuation in a Rocky Mountain population of salamanders: anthropogenic acidification or natural variation?. *Journal of Herpetology*. 26. 4: 377–390.

Charakterystyka okresu wegetacyjnego w Szymbarku w latach 1968–2009

Characteristics of vegetation season in Szymbark in the period 1968–2009

MAŁGORZATA KIJOWSKA

Summary. The paper presents the characteristics of the vegetation season in Szymbark based on the average daily air temperature recorded at the Research Station in Szymbark, IG&SO PAS, in the period 1968–2009. Based on the five-day consecutive curve and 6 degree polynomial offset curve, the dates of passing the threshold value of air temperature of 5 °C were determined. The data obtained were analyzed statistically and classified into 5 classes on the start date, end date, duration and temperature, basing on standard deviation values. The number of years in an individual class allow to calculate the occurrence frequency of vegetation periods of a specific type, attributed to a given class. The average duration of vegetation season was 222 days (varied from 174 to 250 days). Growing season average started on March 31 and ended on November 6 and it had tends to end later about 0,8 day per 10 years and about 0,7 days per years elongate the duration of growing season. The average temperature during the growing season was 13,3 °C and had an upward trend ($r = 0,59$). It was found that the increase in average annual air temperature by 1 °C will extend the growing season by 9,5 day. The highest percentage in class D, with late the end of vegetation, long period and warm growing season may be a reference to the observed upward trend in air temperature, indicating a warming climate.

Key words: vegetation season, duration time, variability of the beginning and the ends dates, classifications, trends.

Małgorzata Kijowska, Stacja Naukowo-Badawcza IGiPZ PAN, Szymbark 430, 38-311 Szymbark, g.kijowska@interia.pl

WSTĘP

Okres wegetacyjny, czyli sezon, gdy roślinność może się rozwijać ze względu na dostateczną ilość wilgoci i ciepła, jest istotny do oceny elementów biotycznych środowiska przyrodniczego i ma duże znaczenie dla rejestrowania zmian klimatycznych. W strefie klimatu umiarkowanego trwa on zazwyczaj od ostatnich przymrozków wiosennych do pierwszych przymrozków jesiennych (Tarkowski, 1978). W Polsce jest to okres ze średnią dobową temperaturą powietrza powyżej 5 °C (Romer, 1912; Merecki, 1915). Określenie jego długości jest ważne dla potrzeb rolnictwa, gdyż jest istotnym czynnikiem plonotwórczym. Początek i koniec okresu wegetacyjnego jest jednym z podstawowych wskaźników określających przyszłe warunki wzrostu i rozwoju roślin. Jest również związany z przebiegiem faz rozwojowych roślin uprawnych i możliwością optymalnego wykonywania prac polowych (Węgrzyn, 2005).

Tematyka dotycząca okresu wegetacyjnego interesowała badaczy już od dawna, a w szczególności zagadnienia związane z czasem trwania, momentem rozpoczęcia i zakończenia sezonu. Naukowcy podają, że dowodem na ocieplanie klimatu jest m.in. wydłużanie się okresu wegetacyjnego. W Polsce w ostatnich dziesięcioleciach wydłużył się on dość znacznie, od 5 nawet do 10 dni (Olszewski, 2007). Stwierdzono również, że długość okresu wegetacyjnego wzrasta w tempie od 1 do 3 dni na 10 lat, średnio 8 dni na 50 lat (Żmudzka, Dobrowolska, 2001). W krajach Europy Północnej warunki te będą sprzyjać rolnictwu, natomiast Europa Południowa, Środkowa i Wschodnia będzie cierpieć na deficyt wody. Oznacza to, że w wyniku wzrostu częstotliwości zjawisk ekstremalnych, chorób i szkodników należy spodziewać się słabszych zbiorów i wzrostu nakładów na rolnictwo. Na zmienność warunków termicznych, które są odzwierciedleniem czasu trwania wegetacji, duży wpływ ma cyrkulacja atmosferyczna nad północnym Atlantykiem, o czym pisali m.in. Parczewski (1974), Kożuchowski, Trepińska (1986), Kożuchowski (1996, 2003), Kossowska-Cezak (1997), Żmudzka (1997), Marsz, Żmudzka (1999), Kożuchowski, Żmudzka (2000, 2002), Degirmendzić i in. (2000), Niedźwiedź (2000), Wibig (2000), Żmudzka, Dobrowolska (2001). Badania wykazują, że zmienność wskaźnika oscylacji północnoatlantycznej (NAO) powoduje zmienność długości okresu wegetacyjnego w Polsce od 13 do 46% oraz nawet do 61% modyfikuje początek tego sezonu (Marsz, Żmudzka, 1999). Wpływ ten największy jest na obszarze północno-zachodniej Polski (wydłużenie okresu wegetacyjnego nawet o 20 dni) i zmniejsza się w kierunku południowo-wschodnim (dwudniowe skrócenie okresu wegetacyjnego).

Celem artykułu jest prześledzenie czasowego zróżnicowania okresu wegetacyjnego w Szymbarku k. Gorlic w latach 1968–2009, wskazanie prawidłowości zmian dotyczących daty rozpoczęcia i zakończenia, a także liczby dni i temperatury. Analiza pozwoli na ukazanie pewnych charakterystyk klimatycznych danego regionu oraz porównanie lat obserwacyjnych z danymi wieloletnimi.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Do analizy wykorzystano wyniki pomiarów średniej dobowej temperatury powietrza notowanej na Stacji Naukowo-Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku w latach 1968–2009. Dane od 1968 r. pochodziły z przyrządów tradycyjnych, umieszczonych w klatce meteorologicznej, a od roku 2001 dane pozyskiwano za pomocą czujników automatycznej stacji (Milos 500) również umieszczonych w klatce meteorologicznej na wysokości 2 m n.p.g.

Szymbark położony jest w brzeżnej części Beskidu Niskiego, na pograniczu dwóch jednostek fizycznogeograficznych Polskich Karpat: Beskidów i Pogórza Karpackiego. Grzbiety beskidzkie wznoszą się do wysokości 735 m n.p.m., a pogórskie do 400–450 m n.p.m. (Kotarba i in., 1970; Starkel, 1973). Klatka meteorologiczna znajduje się na stoku Taborówki na wysokości 325 m n.p.m., wobec czego wyniki badań powinny być reprezentatywne dla umiarkowanie ciepłego piętra klimatycznego obejmującego Pogórze (Hess i in., 1977).

Początek i koniec okresu wegetacyjnego dla każdego roku obliczono na podstawie średnich dobowych wartości temperatury powietrza, za pomocą krzywej konsekwentnej pięciodniowej oraz krzywej wyrównanej wielomianowej 6 stopnia. Średnia dobową temperaturę powietrza obliczona została na podstawie temperatury maksymalnej i minimalnej zaobserwowanej w tej dobie oraz pomiarów temperatury o godzinie 600 UTC i 1800 UTC ($T_{\text{śr.d}} = T_6 + T_{18} + T_{\text{max}} + T_{\text{min}}/4$). Przyjęto także, że spadki poniżej wartości progowej (5 °C), trwające krócej niż 5 dni, nie miały istotnego znaczenia przy wyznaczaniu dat początku i końca sezonu wegetacyjnego. Obliczone tą metodą daty rozpoczęcia, daty zakończenia, czas trwania okresu wegetacyjnego sklasyfikowano do pięciu klas, utworzonych dla analizowanej serii danych na podstawie odchyłeń standardowych (SD). Wydzielono następujące klasy: klasa A: <-2SD (anomalnie wczesny początek, koniec, bardzo krótki lub anomalnie chłodny okres wegetacyjny); klasa B: <-2SD do 1SD) (wczesny początek, koniec, krótki sezon wegetacyjny lub chłodny okres wegetacyjny); klasa C: <-1SD do 1SD> (normalny początek, koniec, czas trwania lub typowy pod względem temperatury okres wegetacyjny); klasa D: (1SD do 2SD> (późny początek, koniec, długi

okres lub ciepły sezon wegetacyjny); klasa E: $>2SD$ (anomalnie późny początek, koniec, bardzo długi okres wegetacyjny lub anomalnie ciepły). Liczebność lat mieszczących się w poszczególnych klasach pozwoliła na obliczenie częstości występowania okresów wegetacyjnych o określonych wyżej typach.

Zastosowanie statystyk opisowych (wartości maksymalne i minimalne), miar zmienności (odchylenie standardowe i współczynnik zmienności), miar położenia (percentyl), analiza trendów czasowych umożliwiło wnikliwe prześledzenie czasowego zróżnicowania zmienności okresu wegetacyjnego w Symbarku.

WYNIKI

DŁUGOŚĆ OKRESU WEGETACYJNEGO

Długość okresu wegetacyjnego w Polsce waha się od zaledwie 90 dni na Mazurach do ponad 220 dni na Dolnym Śląsku, a w górach od 100 do 150 dni (Niedźwiedz, Limanówka, 1992; Demidowicz i in., 1998; Woś, 1999).

Średnia długość okresu wegetacyjnego na Stacji IGiPZ PAN w Symbarku w analizowanym okresie wyniosła 222 dni, odznaczając się niewielkim trendem dodatnim wynoszącym 0,7 dnia na 10 lat (ryc. 1). Najdłuższy okres wegetacyjny zanotowano w 2006 r. (250 dni), wegetacja rozpoczęła się wówczas 25 marca, a skończyła 29 listopada. Najkrótszy sezon wegetacyjny odnotowano w 1997 r., trwał 174 dni – rozpoczął się dopiero 24 kwietnia, a zakończył już 14 października (tab. 1, ryc. 1). Odchylenie standardowe czasu trwania wegetacji w Symbarku wyniosło ± 16 dni (tab. 2). Zaobserwowano silną ujemną zależność między datami rozpoczęcia sezonu wegetacyjnego a długością tego okresu oraz dodatnią wyraźną zależność między datami zakończenia wegetacji a jej długością (odpowiednio $r = -0,68$ oraz $r = 0,65$) (ryc. 2).

Opracowana klasyfikacja dotycząca czasu trwania wegetacji pozwoliła stwierdzić, że pod względem długości tylko rok 1997 można zaliczyć do wyjątkowo krótkiego, odbiegającego od normy. Spowodowane jest to zarówno późnym jego rozpoczęciem (24 kwietnia), jak też wczesnym spadkiem temperatury powietrza poniżej 5°C (14 października) i przymrozkami utrzymującymi się przez kilka dni. Nie odnotowano jednak roku anomalnie długiego. W 33 przypadkach, tj. w 52%, okresy wegetacyjne były długie oraz odpowiednio 33% i 12% stanowiły okresy tzw. normalne i krótkie (ryc. 3).

Z badań prowadzonych w latach 1951–1970 przez Hessa i in. (1977) wynika, że czas trwania tego okresu maleje od 215–226 dni w Dołach Jasielsko-Sanockich do 182 na grzbietach Beskidu Niskiego. Wobec powyższego uzyskana

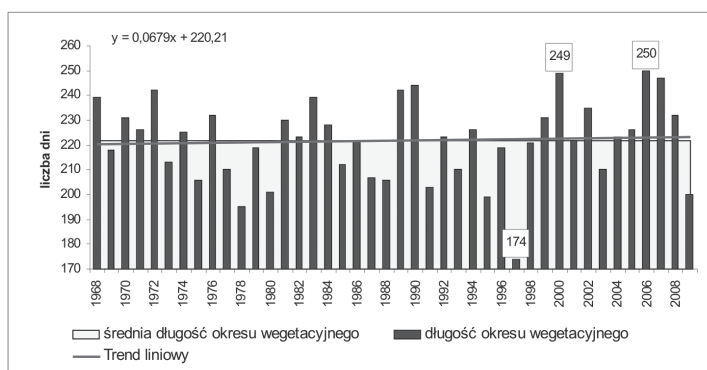
wartość liczby dni w okresie wegetacyjnym jest reprezentatywna dla Pogórza. W odniesieniu do innych obszarów w Polsce okres wegetacyjny w Szymbarku był krótszy o 4 dni od notowanego we Wrocławiu (Dubicki i in., 2002), o 11 dni od okresu w Tarnowie (Skowera, Kopeć, 2008) oraz o 7 dni dłuższy od sezonu wegetacyjnego w Felinie (Kołodziej, Węgrzyn, 2004) i 6 dni dłuższy od okresu w Zamościu (Skowera, Kopeć, 2008).

Tabela 1. Daty początku, końca oraz długość okresów wegetacyjnych wraz ze średnią temperaturą oraz liczbą stopniodni w Szymbarku w latach 1968–2009

Table 1. Dates of the beginning, end and duration of growing seasons with the average temperature and the number of degree-day in Szymbark in the period 1968–2009

Rok Year	Data/Date		Liczba dni Number of days	Średnia temperatura w okresie wegeta- cyjnym [°C] Mean temperature in growing season [°C]	Liczba stopniodni >5°C Number of degree- day >5°C
	Początek Beginning	Koniec End			
1968	31 mar	11 lis	239	13,0	1911
1969	22 kwi	25 lis	218	13,4	1836
1970	7 kwi	23 lis	231	12,1	1630
1971	31 mar	11 lis	226	12,9	1777
1972	16 mar	12 lis	242	12,1	1708
1973	23 mar	21 paź	213	12,9	1674
1974	16 mar	26 paź	225	12,1	1592
1975	2 kwi	24 paź	206	13,9	1828
1976	29 mar	15 lis	232	12,4	1718
1977	19 kwi	14 lis	210	13,0	1674
1978	21 kwi	01 lis	195	12,6	1476
1979	18 mar	22 paź	219	12,8	1699
1980	13 kwi	30 paź	201	12,4	1479
1981	21 mar	05 lis	230	13,0	1844
1982	26 mar	03 lis	223	13,4	1855
1983	16 mar	09 lis	239	13,2	1971
1984	27 mar	09 lis	228	12,6	1741
1985	24 mar	21 paź	212	13,1	1712
1986	25 mar	01 lis	222	13,3	1838
1987	3 kwi	26 paź	207	13,5	1768

1988	29 mar	20 paź	206	13,8	1818
1989	14 mar	10 lis	242	12,8	1894
1990	6 mar	04 lis	244	12,0	1716
1991	1 kwi	20 paź	203	13,3	1680
1992	31 mar	08 lis	223	13,4	1865
1993	14 kwi	09 lis	210	13,7	1830
1994	29 mar	09 lis	226	13,5	1922
1995	17 kwi	01 lis	199	14,3	1854
1996	17 kwi	21 lis	219	13,4	1845
1997	24 kwi	14 paź	174	14,9	1730
1998	30 mar	05 lis	221	13,5	1888
1999	24 mar	09 lis	231	13,5	1965
2000	24 mar	27 lis	249	13,5	2113
2001	31 mar	07 lis	222	13,7	1927
2002	10 kwi	30 lis	235	13,5	1995
2003	12 kwi	07 lis	210	14,3	1948
2004	3 kwi	11 lis	223	13,1	1814
2005	4 kwi	15 lis	226	13,4	1896
2006	25 mar	29 lis	250	13,3	2077
2007	2 mar	03 lis	247	13,3	2045
2008	29 mar	15 lis	232	14,0	2077
2009	28 mar	13 paź	200	14,6	1927
1968-2009	31 mar	06 lis	222	13,3	1823



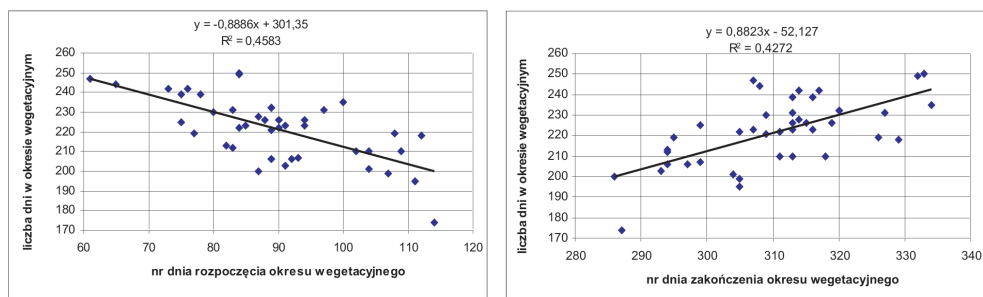
Ryc. 1. Długość okresu wegetacyjnego w Szymbarku w latach 1968–2009

Fig. 1. Duration of vegetation season in Szymbark in the years 1968–2009

Tabela 2. Charakterystyka statystyczna okresu wegetacyjnego w Szymbarku (1968–2009) z uwzględnieniem rozkładu prawdopodobieństwa

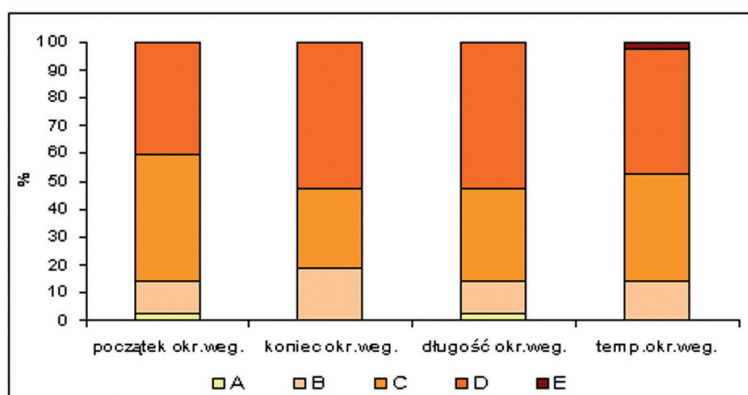
Table 2. The statistical characteristics of the vegetation season in Szymbark (1968–2009) with distribution of probabilities

Element Element Statystyka Statistics	Data/Date		Długość okresu wegetacyjnego [dni] Duration of growing season [days]	Średnia temperatura [°C] Mean tem- perature [°C]	Liczba stopni- ni >5°C Number of de- gree-day >5°C
	Początek Beginning	Koniec End			
Odchylenie standardowe/ Standard deviation	12	12	16	0,7	147
Współczynnik zmienności/ Coefficient of variation (%)	13,9	3,9	7,4	5,0	8,1
Min	2 mar	13 paź	174	12,0	1476
p = 1%	4 mar	13 paź	183	12,0	1477
p = 10%	16 mar	21 paź	201	12,4	1674
p = 25%	24 mar	31 paź	210	12,9	1717
p = 50%	30 mar	8 lis	223	13,3	1837
p = 75%	6 kwi	13 lis	232	13,5	1919
p = 90%	18 kwi	23 lis	242	14,0	1993
p = 99%	23 kwi	30 lis	250	14,8	2098
Max	24 kwi	30 lis	250	14,9	2113



Ryc. 2. Zależność dat rozpoczęcia/zakończenia okresu wegetacyjnego (x) od czasu trwania wegetacji (y) wraz z równaniami regresji oraz współczynnikiem determinacji (R^2)

Fig. 2. Dependence of start dates/end dates of the vegetation season (x) of the duration (y) with regression equations and coefficient of determination (R^2)



Ryc. 3. Procentowy udział początku, końca, czasu trwania oraz temperatury okresu wegetacyjnego w klasach A, B, C, D, E (A – anomalnie wczesny początek, koniec, bardzo krótki lub anomalnie chłodny okres wegetacyjny; B – wczesny początek, koniec, krótki sezon wegetacyjny lub chłodny okres wegetacyjny; C – normalny początek, koniec, czas trwania lub typowy pod względem temperatury okres wegetacyjny; D – późny początek, koniec, długi okres lub ciepły sezon wegetacyjny; E – anomalnie późny początek, koniec, bardzo długi okres wegetacyjny lub anomalnie ciepły)

Fig. 3. Percentage contribution of the beginning, the end, the duration time and temperature of the vegetation season in the classes A, B, C, D, E (A – anomalously early start, end, very short and anomalously cold vegetation period; B – early start, end, short and cold vegetation season; C – normal start, end, duration or typical in terms of temperature vegetation season; D – late start, end, long season or worm growing season; E – anomalously late beginning, end, very long duration or anomalously worm growing season)

DATY ROZPOCZĘCIA I ZAKOŃCZENIA OKRESU WEGETACYJNEGO

W latach 1968–2009 średnio początek okresu wegetacyjnego w Szymbarku przypadał na 31 marca, a koniec na 6 listopada. Najwcześniej rozpoczął się w roku 2007 (2 marca), a najpóźniej w roku 1997 (24 kwietnia) (tab. 1). Prawdopodobieństwo rozpoczęcia sezonu wegetacyjnego 2 marca lub 24 kwietnia wyniosło 1%, natomiast rozpoczęcie 24 marca lub 6 kwietnia już 25% (tab. 2). W przypadku początku okresu wegetacyjnego w klasie A znalazł się rok 2007 jako anomalnie wczesny, natomiast do klasy E nie przyporządkowano żadnego roku. W 45% terminy początku sezonu jako przeciętne znalazły się w klasie C oraz w 40% i 12% w klasach D i B jako odpowiednio daty późne i wczesne (ryc. 3). W Dołach Jasielsko-Sanockich, w obszarach do wysokości około 600 m n.p.m., sezon wegetacyjny rozpoczyna się średnio w pierwszej dekadzie kwietnia, a kończy się w pierwszej dekadzie listopada, natomiast na grzbietach Beskidu zaczyna się 23 kwietnia i kończy 21 października. Najwcześniej, średnio już przed 25 marca, okres ten rozpoczyna się na południowym zachodzie w rejonie Leszna, Wrocławia i Głogowa oraz w rejonie Tarnowa, a najpóźniej, dopiero po 15 kwietnia, na Pojezierzu Mazurskim i w górach (Górski, Zaliwski, 2002). W Karkonoszach średnio okres wegetacyjny zaczyna się 57 dni później niż w Szymbarku (Dubicka, Głowicki, 2000).

Zakończenie okresu wegetacyjnego w Szymbarku najwcześniej odnotowano 13 października 2009 r., a najpóźniej 30 listopada 2002 r. (tab. 1). Początek wegetacji na przeważającym obszarze Polski cechuje się większą zmiennością niż jej zakończenie. W Szymbarku było podobnie, zaobserwowano większą zmienność początku wegetacji niż jego zakończenia. Współczynnik zmienności daty rozpoczęcia okresu wegetacyjnego wyniósł 14%, natomiast zakończenia jedynie 4%. Na wschodnich krańcach Polski występuje jednak większa zmienność końca niż początku sezonu wegetacyjnego (Żmudzka, Dobrowolska, 2001). W odniesieniu do obszaru Polski koniec okresu wegetacyjnego w Szymbarku notowano wcześniej o 3 dni niż w okolicach Tarnowa (Skowera, Kopec, 2008), 1 dzień w porównaniu z Wrocławiem (Dubicki i in., 2002) oraz 7 dni później w stosunku do Lublina i aż 48 dni w odniesieniu do Karkonoszy (Dubicka, Głowacki, 2000).

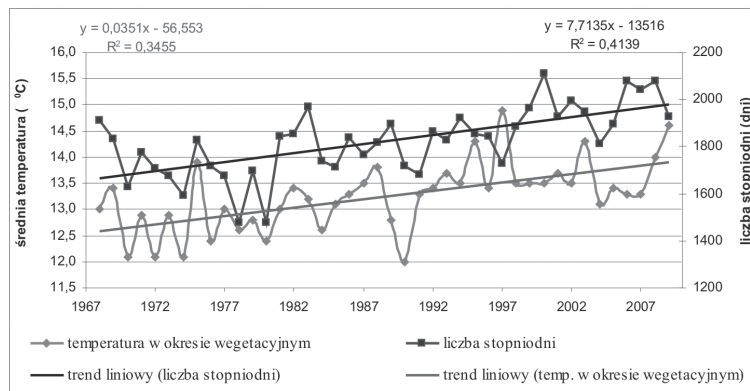
Nieco inny rozkład charakteryzował koniec sezonu wegetacyjnego niż jego początek. Nie odnotowano daty w klasie A (anomalnie wczesny) oraz E (anomalnie późny). W 52% daty zakończenia wegetacji mieściły się w grupie D z późnym końcem i w 29% w klasie z przeciętną datą ukończenia (C) (ryc. 3).

TEMPERATURA W OKRESIE WEGETACYJNYM

Temperatura w okresie wegetacyjnym jest bardzo istotna z rolniczego punktu widzenia. Zbyt niska wpływa na zmniejszenie tempa rozwoju roślin, a zbyt wysoka, której towarzyszy zwiększony niedosyt wilgoci w powietrzu, zakłóca przebieg wegetacji, mogąc również doprowadzić do zahamowania rozwoju roślin (Martyniak i in., 1997). Średnia temperatura w okresie wegetacyjnym w latach 1968–2009 w Szymbarku wyniosła $13,3^{\circ}\text{C}$ i mieściła się w przedziale od $12,0^{\circ}\text{C}$ (1990 r.) do $14,9^{\circ}\text{C}$ (1997 r.), wykazując tendencję wzrostową $+0,35^{\circ}\text{C}$ na 10 lat (tab. 1, ryc. 4). Wraz z opóźnieniem daty rozpoczęcia wegetacji obserwowano wzrost temperatury powietrza, natomiast opóźnienie daty zakończenia powodowało spadek temperatury. Zaobserwowano także umiarkowaną ujemną korelację pomiędzy liczbą dni w okresie wegetacyjnym a średnią temperaturą powietrza, z współczynnikiem korelacji liniowej $r = -0,46$ (ryc. 5). Krótszy okres wegetacyjny odznacza się wyższą średnią temperaturą powietrza, gdyż obejmuje najcieplejsze miesiące letnie, natomiast przy długim okresie wegetacyjnym średnia jego temperatura jest niższa, ponieważ obejmuje miesiące wiosenne i jesienne z niższym poziomem termicznym. W trakcie analizy stwierdzono, że sezony wegetacyjne typowe pod względem termicznym stanowiły 38%, natomiast największy udział miały sezony ciepłe – 45%, czyli 19 lat w analizowanym wieloleciu. W klasie E znalazł się jedynie rok 1997, który ze względu na pojawienie się w okresie ok. 22 października przymrozków trwał najkrócej, natomiast temperatury średnie dobowe były wysokie i już 28 kwietnia wynosiły ok. 15°C . Chłodnych lat było 6, co stanowi 14% wszystkich okresów wegetacyjnych (ryc. 3).

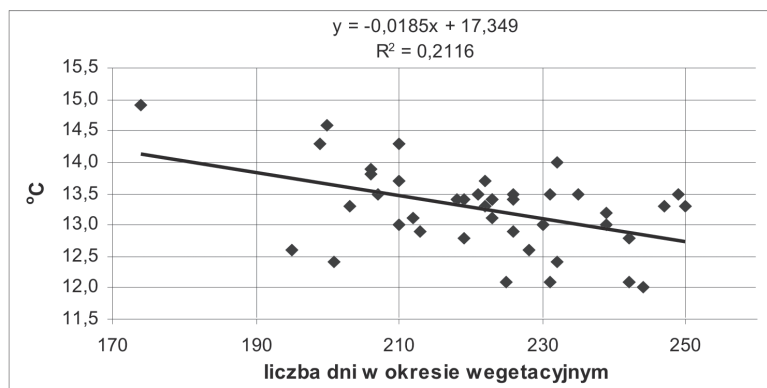
Suma średnich dobowych temperatur powietrza w okresie wegetacyjnym mieściła się w granicach 2451 (1978 r.) do 3358 (2000 r.). Najlepszą charakterystyką stanu cieplnego danego okresu jest liczba stopniodni będąca sumą średnich odchyłeń temperatury dobowej od założonej wartości progowej (np. 5°C) w danym czasie (Słownik meteorologiczny, 2003). W Szymbarku liczba stopniodni w okresie wegetacyjnym w latach 1968–2009 wyniosła średnio 1823, wykazując trend dodatni $+77$ stopniodni na 10 lat (ryc. 4), a jej liczba wzrastała wraz ze wzrostem długości sezonu wegetacyjnego. Obliczona korelacja między datami rozpoczęcia wegetacji, datą zakończenia oraz liczbą stopniodni wykazała, że wraz z opóźnieniem daty początku sezonu wegetacyjnego zmniejsza się liczba stopniodni ($r = -0,25$), natomiast wraz z opóźnieniem daty zakończenia liczba ta wzrasta ($r = 0,40$). Przeprowadzona analiza wykazała także, że wzrost

średniej rocznej temperatury powietrza o 1 °C powoduje wydłużenie wegetacji roślin o 9,5 dnia (ryc. 6).



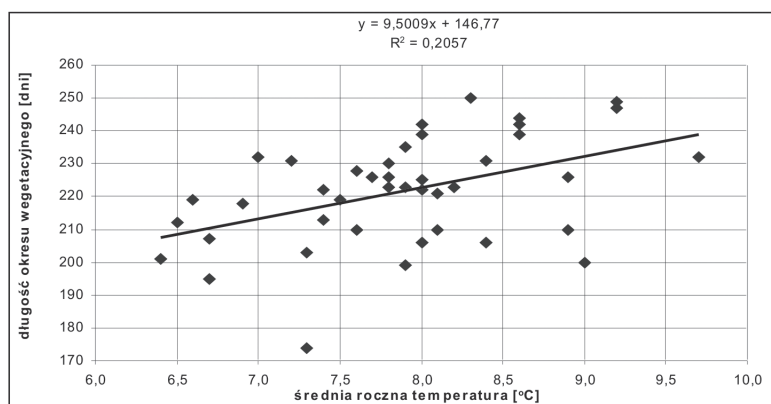
Ryc. 4. Średnia temperatura w okresie wegetacyjnym oraz liczba stopniodni wraz z trendami w Szymbarku w latach 1968–2009

Fig. 4. Mean temperature in growing season and number of degree-day with trends in Szymbark in the period 1968–2009



Ryc. 5. Korelacja pomiędzy długością okresu wegetacyjnego (x) a jego średnią temperaturą (y) w Szymbarku w latach 1968–2009 wraz z równaniem regresji oraz współczynnikiem determinacji (R^2)

Fig. 5. Dependence of duration of the vegetation season (x) of the mean temperature (y) in Szymbark in the year 1968–2009 with regression equations and coefficient of determination (R^2)



Ryc. 6. Korelacja pomiędzy średnią roczną temperaturą powietrza (x) a długością okresu wegetacyjnego (y) w Szymbarku w latach 1968–2009 wraz z równaniem regresji oraz współczynnikiem determinacji (R^2)

Fig. 6. Dependence of mean annual temperature (x) of the duration of vegetation season (y) in Szymbark in the year 1968–2009 with regression equations and coefficient of determination (R^2)

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wykorzystana do opracowania ponadczterdziestoletnia seria danych stanowi cenne źródło informacji o okresie wegetacyjnym w Szymbarku i jest reprezentatywna dla regionu Pogórza. Wyznaczone na jej podstawie przedziały dat początku, końca czy też długości okresu wegetacyjnego mogą być zarówno wskaźnikami w ocenie dowolnego sezonu, jak i podstawą odniesienia dla przyszłych analiz.

Przeciętny czas trwania okresu wegetacyjnego w Szymbarku w latach 1968–2009 wyniósł 222 dni (od 174 do 250 dni). Rozpoczął się średnio 31 marca, a kończył 6 listopada. Dyspersja od dat początku i końca oraz czasu trwania sezonu świadczą o zróżnicowaniu czasowym zarówno w skali czterdziestolecia, jak i z roku na rok. Współczynnik zmienności dat początku sezonu (13,9%) jest 3,5-krotnie wyższy niż dat końca (3,9%). Na tej podstawie można wnioskować, że o długości czasu trwania okresu wegetacyjnego bardziej decyduje początek niż koniec tego sezonu. Z analizy trendów czasowych wynika, że w Szymbarku okres wegetacyjny ma tendencję do późniejszego zakończenia o 0,8 dnia na 10 lat, a więc nie jest on istotny statystycznie, podobnie jak czas trwania okresu wegetacyjnego (trend wydłużania się o 0,7 dnia na 10 lat). Korelacja pomiędzy

liczbą stopniodni a początkiem bądź końcem wegetacji wskazuje, że wraz z opóźnieniem daty zakończenia okresu wegetacji liczba ta wzrasta i przeciwnie w przypadku przesunięcia daty rozpoczęcia. Zaobserwowano zupełnie odwrotną korelację między średnią temperaturą w sezonie wegetacji a początkiem bądź końcem, ponieważ wraz z opóźnieniem zakończenia wegetacji średnia temperatura spada i na odwrót w odniesieniu do opóźnienia daty rozpoczęcia tego sezonu. Dla całego wielolecia średnia temperatura w okresie wegetacyjnym wyniosła 13,3 °C i miała trend wzrostowy ($r = 0,59$). Przeprowadzona analiza pozwoliła także stwierdzić, że wzrost średniej rocznej temperatury powietrza w Szymbarku o 1 °C powoduje wydłużenie okresu wegetacyjnego o 9,5 dnia. Najwyższy procentowy udział w klasie D, z późnym końcem, długim okresem oraz ciepłym sezonem wegetacyjnym w ponadczterdziestoletniej serii pomiarów może także stanowić wymierne odniesienie do obserwowanego trendu wzrostowego temperatury powietrza, świadczącego o ocieplaniu klimatu (IPCC, 2008).



Składam serdeczne podziękowania wszystkim byłym i obecnym pracownikom Stacji Naukowo-Badawczej w Szymbarku, w szczególności Pani Dorocie Spólnik, a także W. Bochenkowi, E. Gilowi, L. Daukszy, J. Dedo, P. Demczukowi, A. Kotarbie, J. Słupikowi, R. Soi, H. i J. Stasiakom, W. Stawiarz, M. Śmietanie, A. Welcowi, Ł. Wójcicki za udostępnienie zebranych danych, które zostały wykorzystane w niniejszym opracowaniu. Szczególne wyrazy uznania kieruję do prof. Tadeusza Niedźwiedzia za cenne wskazówki i dyskusje podczas opracowania wyników oraz pomoc podczas wyboru metody wyznaczania dat początku i końca okresu wegetacyjnego.

Literatura

- Degirmendźić J., Kozuchowski K., Marciniak K., 2000. Zmiany temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Polsce między dekadami 1959–1968 i 1989–1998 na tle warunków cyrkulacyjnych, *Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia*, 31: 91–110.
- Demidowicz G., Górski T., Wróblewska E., Zaliwski A., Posielski K., 1998. Długość okresu wegetacyjnego, *Atlas Agroklimatyczny, IUNG Puławy*.
- Dubicka M., Głowicki B., 2000. Ekoklimat Karkonoszy w przekroju wieloletnim w świetle wskaźników kompleksowych, *Opera Corcontica*, 37: 55–61.

- Dubicki A., Dubicka M., Szymanowski M., 2002. Klimat Wrocławia, W: Środowisko Wrocławia – Informator 2002, Dolnośląska Fundacja Ekorozwoju, Wrocław, 9–25.
- Górski T., Zaliwski A. 2002. Model Agroklimatu Polski, Pam. Puł., 130(1): 251–260.
- Hess M., Niedźwiedz T., Obrębka-Starkłowa B., 1977. Stosunki termiczne Beskidu Niskiego (metoda charakterystyki reżimu termicznego obszarów górskich), Pr. Geogr. IGiPZ PAN, 123: 101.
- IPCC, 2008. Climate Change and Water, 2008, Technical Paper VI, WMO, UNEP (<http://www.ipcc.ch>).
- Kołodziej J., Węgrzyn A., 2004. Zróżnicowanie czasu trwania okresu wegetacyjnego w Obserwatorium Agrometeorologicznym w Felinie w pięćdziesięciolecie 1951–2000, Annales UMCS sec. E, vol. LIX, 2: 869–880.
- Kossowska-Cezak U., 1997. Miesięczne warunki termiczno-opadowe i ich zależność od cyrkulacji atmosferycznej, WGiSR Warszawa, Prace i Studia Geogr., 20: 125–144.
- Kotarba A., Dauksza L., Gil E., Kramarz K., Niemirowski J., Słupik J., Starkel L., 1970. Badania fizyczno-geograficzne otoczenia Stacji Naukowo-Badawczej Instytutu Geografii PAN w Szymbarku, Dokum. Geogr., 3.
- Kożuchowski K., 1996. Współczesne zmiany klimatyczne w Polsce na tle zmian globalnych. Przegl. Geogr. 68: 1–2, 79–97.
- Kożuchowski K., 2003. Cyrkulacyjne czynniki klimatu Polski. Czas. Geogr. 74, 1/2: 93–105.
- Kożuchowski K., Trepńska J., 1986. Niektóre aspekty wieloletniej zmienności temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Krakowie, Zeszyty Naukowe UJ – Prace Geograficzne, 67: 33–44.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., 2000. Vegetation and climate in Poland in the 1990: variations of the normalised difference vegetation index air temperature, sunshine and resipitation, Pr. Geogr. 107, Inst. Geogr. UJ Kraków: 235–242.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., 2002. Cyrkulacja atmosferyczna i jej wpływ na zmienność temperatury powietrza w Polsce. Przegl. Geogr. 74, 4: 591–604.
- Marsz A., Żmudzka E., 1999. Oscylacja Północnego Atlantyku a długość okresu wegetacyjnego w Polsce, Przegl. Geof., 44 (3): 199–210.
- Martyniak L., Churska C., Szymczak E., 1997. Ocena potrzeb wodnych łąki trzykośnej w regionie nadarzyńsko-piaseczyńskim na podstawie badań lizymetrycznych, Pam. Puł., 110: 151–162.
- Merecki R., 1915. Klimatologia ziem polskich, Księgarnia Geberthera i Wolfa, Warszawa.
- Niedźwiedz T., Limanówka D., 1992. Termiczne pory roku w Polsce, Zeszyty Naukowe UJ Prace Geograficzne, Kraków, 90: 53–69.

- Niedźwiedź T., 2000. Variability of the atmospheric circulation above Central Europe in the light and selected indices, W: B. Obrębska-Starkłowa (ed.), *Reconstructions of Climate and its Modelling*, Zeszyty Naukowe UJ – Prace Geogr., 107: 379–389.
- Niedźwiedź T. (red.), 2003. *Słownik meteorologiczny*, IMGW, Warszawa, 309.
- Olszewski K., 2007. *Mapy okresu wegetacyjnego w Polsce*, W: K. Ostaszewska, I. Szumacher, S. Kulczyk, E. Malinowska (red.), *Znaczenie badań krajobrazowych dla zrównoważonego rozwoju*, Wyd. WGiSR UW, Warszawa.
- Parczewski W., 1974. Dynamiczne aspekty klimatu Polski, *Przegl. Geogr.* 43, 4: 507–520.
- Romer E., 1912. *Klimat ziem polskich*. Encyklopedia polska, Kraków, 1.
- Skowera B., Kopeć B., 2008. Okresy termiczne w Polsce południowo-wschodniej (1971–2000), *Acta Agrophysica*, 12(2): 517–526.
- Starkel L., 1973. Cel i zakres studiów nas środowiskiem geograficznym okolic Szymbarku, *Dokum. Geogr.*, 1.
- Tarkowski C., 1978. *Czynniki warunkujące produktywność roślin*, PWN, Warszawa.
- Węgrzyn A., 2005. *Charakterystyka czasowej i przestrzennej zmienności okresu wegetacyjnego na Lubelszczyźnie (1951–1990)*, Rozpr. dokt. AR w Lublinie.
- Woś A., 1999. *Klimat Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Wibig J., 2000. Oscylacja północnoatlantycka i jej wpływ na kształtowanie pogody i klimatu, *Przegl. Geogr.* 65, 2: 121–137.
- Żmudzka E., 1997. Zmiany okresu wegetacyjnego w Polsce, *Prace i Studia Geogr.* 20, Warszawa: 93–103.
- Żmudzka E., Dobrowolska M., 2001. Termiczny okres wegetacyjny w Polsce – zróżnicowanie przestrzenne i zmienność czasowa, *Przegl. Nauk. SGGW, Wydz. Inż. i Kszt. Środ.* 21: 75–80.

Parametry i wskaźniki urbanistyczne a kształtowanie struktury i obrazu miasta na przykładzie miasta Hajnówka

Urban parameters and indicators and the shaping of urban
structure and cityscape on the example of Hajnówka

HALINA ŁAPIŃSKA

Summary. Proper development of the city is about maintaining a balance of three constituent groups: social, natural and cultural (material) environment. Both structures, natural and material, in a harmonious way of intermingling with each other, underlie the development of an urban community. It is important to ensure that existing natural resources, creating urban ecosystem, function properly. This is a primary goal of urban planning.

Study of conditions and directions of spatial development of the city is the first planning document shaping the space in which people live. In the study we can find parameters and indicators concerning the management and the use of land. There are also specified the minimum and maximum parameters and indicators of architectural and urban planning, taking into account the requirements of spatial order. These requirements can be found later in the local plans. The regulation is clear that the study should be designed in a less detailed way, and the values and numbers should be specified on the stage of preparing the local plan.

Spatial policy of a town development should therefore be the concern of the authorities responsible for the shape of urban space. That is why the substantive quality of the studies, the accuracy of diagnosis and the spatial strategy is of great importance

Dr inż. arch. Halina Łapińska, Wydział Architektury Politechniki Białostockiej, ul. Grunwaldzka 11/15, 15-893 Białystok

STRESZCZENIE

Prawidłowy rozwój miasta to utrzymanie w równowadze trzech tworzących go środowisk: społecznego, przyrodniczego i materialnego środowiska kulturowego. Struktury przyrodnicza i materialna, w harmonijny sposób przenikając się nawzajem, stanowią podstawy rozwoju społeczności miejskiej. Należy przy tym dbać o to, aby istniejące zasoby przyrodnicze, tworzące miejski ekosystem, funkcjonowały prawidłowo. Taki jest też podstawowy cel działań planistycznych.

Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta jest pierwszym dokumentem planistycznym kształtującym przestrzeń, w której żyją mieszkańcy. W studium zapisywane są ustalenia w odniesieniu do kierunków i wskaźników dotyczących zagospodarowania oraz użytkowania terenów. Określa się też minimalne i maksymalne parametry i wskaźniki architektoniczno-urbanistyczne, uwzględniające wymagania ładu przestrzennego. Te wymagania znajdują się później w planach miejscowych. Z uregulowań prawnych wynika, że studium powinno być projektowane w sposób mniej szczegółowy, a wartości i wielkości powinny być podawane w tzw. widełkach, które uszczegóławiane będą na etapie sporządzania planu miejscowego.

Polityka przestrzenna rozwoju i zagospodarowania miasta powinna być zatem przedmiotem troski władz odpowiedzialnych za kształt przestrzeni miejskiej. Merytoryczna jakość studiów, trafność diagnoz i strategii przestrzennych ma tu ogromne znaczenie.

WPROWADZENIE

W ogólnym ujęciu miasto tworzą trzy komponenty: „środowisko społeczne, przyrodnicze i materialne środowisko kulturowe. Królestwem środowiska przyrodniczego, jego bazą, powinny być tereny otwarte. Materialne środowisko kulturowe to przede wszystkim obszary intensywnego zainwestowania miejskiego. Wzajemne oddziaływanie na siebie tych środowisk i ich elementów może mieć charakter pozytywny, negatywny czy też ograniczający”¹. Prawidłowy rozwój zdrowego miasta to utrzymanie tych środowisk w równowadze. Należy przez to rozumieć racjonalizację wykorzystania terenów już zajętych; wykorzystanie już istniejącej struktury miejskiej. Konieczne jest jej nieustanne porządkowanie, przebudowa oraz wykorzystanie zdekapitalizowanych starych struktur.

1 M. Nowakowski, Materiały. II Krajowa Konferencja Zdrowych Miast Polskich, Białystok 27–29 maja 1993 roku, s. 177.

Należy przy tym dbać o to, aby zasoby przyrodnicze, tworzące miejski ekosystem, funkcjonowały prawidłowo. Obie struktury, przyrodnicza i materialna, w harmonijny sposób przenikając się nawzajem, stanowią podstawy zdrowo rozwijającej się społeczności miejskiej. Taki jest też podstawowy cel działań planistycznych. W myśl ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym² (art. 2. ust. 1): „Ilekcroć (...) jest mowa o «ładzie przestrzennym» – należy przez to rozumieć takie ukształtowanie przestrzeni, które tworzy harmonijną całość oraz uwzględnia w uporządkowanych relacjach wszelkie uwarunkowania i wymagania funkcjonalne, społeczno-gospodarcze, środowiskowe, kulturowe oraz kompozycyjno-estetyczne” miasta.

STAN PRAWNY

W myśl ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego jest dokumentem stanowiącym zapis kompleksowej polityki przestrzennej miasta lub gminy. Uwzględnia ono strategię jej rozwoju i jest podstawą dalszego procesu planistycznego, tj. opracowania miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, w których zapisywane są decyzje przestrzenne kształtujące obraz danego obszaru. Polityka ta musi być zgodna z polityką przestrzenną województwa, uwzględniać uwarunkowania przyrodnicze i kulturowe środowiska wraz z warunkami społeczno-gospodarczymi i technicznymi rozwoju. Uchwalenie takiego dokumentu przez radę gminy, po uprzednim zaopiniowaniu przez organy i instytucje, jest aktem społecznej zgody na zaproponowane kierunki rozwoju. W rezultacie dokument ten kształtuje przestrzeń, w której żyją mieszkańcy oraz ma wpływ na jakość ich życia.

W art. 2. ww. ustawy czytamy: „Ilekcroć w ustawie jest mowa o:

(...) «standardach» – należy przez to rozumieć (...) zasady stosowania w nich parametrów dotyczących zagospodarowania przestrzennego;

(...) «parametrach i wskaźnikach urbanistycznych» – należy przez to rozumieć parametry i wskaźniki ustanawiane w dokumentach planistycznych, zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 10 ust. 4, art. 16 ust. 2 i art. 40”.

² Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (DzU z dnia 10 maja 2003 r.) z późn. zm.

Artykuły te cytuję poniżej:

Art. 10 ust. 4 ww. ustawy brzmi: „Minister właściwy do spraw budownictwa, gospodarki przestrzennej i mieszkaniowej określi, w drodze rozporządzenia, wymagany zakres projektu studium w części tekstowej i graficznej, uwzględniając w szczególności wymogi dotyczące materiałów planistycznych, skali opracowań kartograficznych, stosowanych oznaczeń, nazewnictwa, standardów oraz sposobu dokumentowania prac planistycznych”.

Art. 16 ust. 2 brzmi: „Minister właściwy do spraw budownictwa, gospodarki przestrzennej i mieszkaniowej określi, w drodze rozporządzenia, wymagany zakres projektu planu miejscowego w części tekstowej i graficznej, uwzględniając w szczególności wymogi dotyczące materiałów planistycznych, skali opracowań kartograficznych, stosowanych oznaczeń, nazewnictwa, standardów oraz sposobu dokumentowania prac planistycznych”.

Art. 40 brzmi: „Minister właściwy do spraw budownictwa, gospodarki przestrzennej i mieszkaniowej określi, w drodze rozporządzenia, wymagany zakres projektu planu zagospodarowania przestrzennego województwa w części tekstowej i graficznej, uwzględniając w szczególności wymogi dotyczące materiałów planistycznych, skali opracowań kartograficznych, stosowanych oznaczeń, nazewnictwa, standardów oraz sposobu dokumentowania prac planistycznych”.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury³ zawiera następujące zapisy w § 6: „Ustala się następujące wymogi dotyczące stosowania standardów przy zapisywaniu ustaleń części tekstowej projektu studium: (...)

2) ustalenia dotyczące kierunków i wskaźników dotyczących zagospodarowania oraz użytkowania terenów powinny w szczególności określać minimalne i maksymalne parametry i wskaźniki urbanistyczne, uwzględniające wymagania ładu przestrzennego, w tym urbanistyki i architektury oraz zrównoważonego rozwoju, wskazywać tereny do wyłączenia spod zabudowy, a także zawierać wytyczne określania tych wymagań w planach miejscowych”.

Zgodnie z przepisami zawartymi w studium należy określić „minimalne i maksymalne parametry” w odniesieniu do kierunków i wskaźników dotyczących zagospodarowania oraz użytkowania terenów (art. 10 ust. 2 pkt 2 ustawy), zaś parametry i wskaźniki kształtowania zabudowy i z tym związanego sposobu zagospodarowania terenu znajdują się w zapisach miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego (art. 15 ust. 2 pkt 6 ustawy).

³ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 28 kwietnia 2004 roku w sprawie zakresu projektu studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy (DzU z dnia 26 maja 2004 r.).

Z ww. uregulowań wynika, że studium powinno być projektowane w sposób mniej szczegółowy, a wartości i wielkości powinny być podawane w tzw. widełkach, które uszczegóławiane będą na etapie sporządzania planu miejscowego.

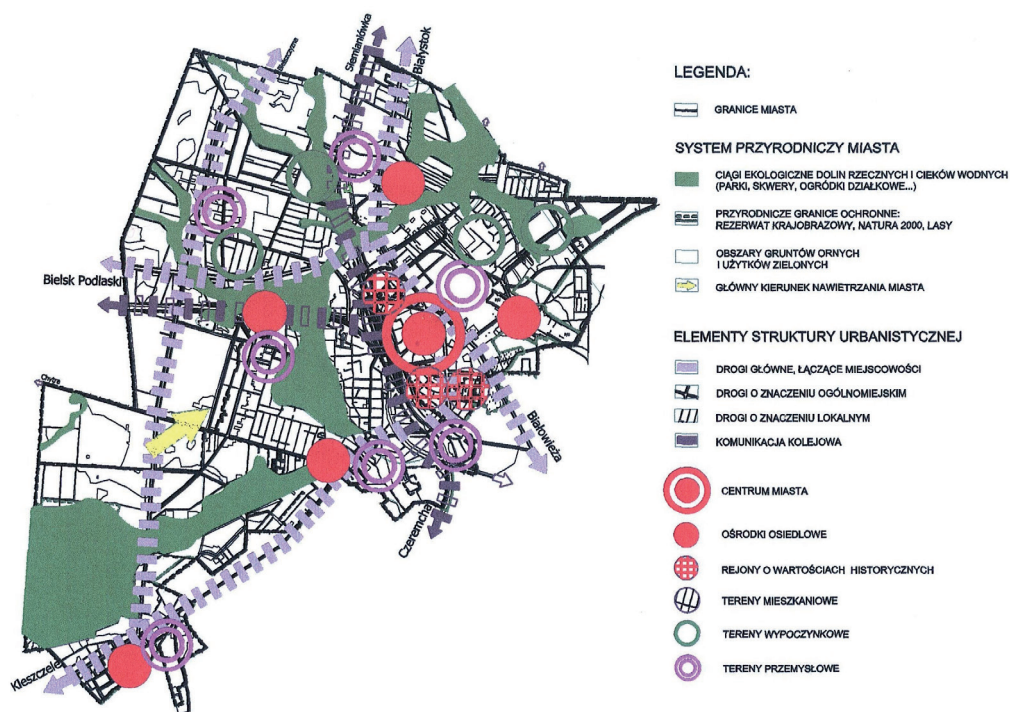
Poniższe rozważania mają na celu przedstawienie możliwości kształtowania przestrzeni miasta, na przykładzie miasta Hajnówka, zgodnie z przedstawioną ideą oraz obowiązującymi uwarunkowaniami prawnymi. Autorka od wielu lat bierze udział w opracowywaniu dokumentów planistycznych miasta Hajnówka, tj. kolejnych zmian studium, kolejnych miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, pomimo opracowania w 2005 roku miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego pokrywających cały jego obszar. Miasto jest żywym organizmem, jego obraz ciągle się zmienia, podlega ciągłej ewolucji; stąd bardzo trudno jest stworzyć dokument aktualny na lata.

W studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego należy zapisać ustalenia dotyczące kierunków i wskaźników związanych z zagospodarowaniem oraz użytkowaniem terenów; określić minimalne i maksymalne parametry i wskaźniki urbanistyczne uwzględniające wymagania ładu przestrzennego, w tym urbanistyki i architektury oraz zrównoważonego rozwoju; wskazać tereny do wyłączenia spod zabudowy, a także zapisać wytyczne określania tych wymagań w planach miejscowych.

KOLEJNE KROKI PRZY ZAPISYWANIU USTALEŃ DOTYCZĄCYCH KSZTAŁTOWANIA OBRAZU MIASTA HAJNÓWKA – METODA POSTĘPOWANIA

1. Określenie miejsca i znaczenia miasta w systemie osadniczym regionu i kraju.
2. Analiza i ocena aktualnego stanu zagospodarowania, w tym:
 - a) stan, funkcjonowanie i zagrożenia środowiska przyrodniczego, w tym stan rolniczej i leśnej przestrzeni produkcyjnej, wielkości i jakości zasobów wodnych oraz wymogów ochrony środowiska,
 - b) stan i funkcjonowanie środowiska kulturowego objętego ochroną prawną lub wymagającego ochrony (dziedzictwa kulturowego i zabytków oraz dóbr kultury współczesnej),
 - c) potencjał demograficzny, jego struktura i tendencje zmian, struktura płci i wieku, przyrost naturalny, migracje ludności, poziom wykształcenia,
 - d) warunki i jakość życia ludności, stan zasobów zamieszkania, tendencje zmian,

- e) potencjał gospodarczy: produkcyjno-usługowy, rolniczy, leśny oraz turystyczno-wypoczynkowy,
 - f) stan systemów komunikacji i infrastruktury technicznej, w tym gospodarki wodno-ściekowej, energetycznej, gazowniczej, ciepłowniczej, telekomunikacyjnej i oraz gospodarki odpadami.
3. Stworzenie modelu miasta – schematu rozwoju i zagospodarowania przestrzennego miasta (ryc. 1).
 4. Opracowanie kierunków rozwoju, obejmujących w szczególności:
 - a) cel ogólny i cele operacyjne zagospodarowania przestrzennego miasta,
 - b) ochronę obszarów i obiektów środowiska przyrodniczego,
 - c) ochronę obszarów i obiektów środowiska kulturowego,
 - d) rozwój mieszkalnictwa i infrastruktury społecznej,
 - e) rozwój komunikacji, w tym sieci uliczno-drogowej; technicznego zaplecza motoryzacji, komunikacji autobusowej,



Ryc. 1. Schemat układu przestrzennego miasta Hajnówka (opracowanie autorki)

Fig. 1. Diagram of the spatial arrangement of Hajnówka (made by author)

- f) rozwój infrastruktury technicznej, wodociągowej, kanalizacyjnej, elektroenergetycznej, gazowniczej, telekomunikacyjnej i utylizacji odpadów stałych,
- g) zagadnienia ochronne.

Zgodnie z przepisami zawartymi w studium należy określić „minimalne i maksymalne parametry” w odniesieniu do kierunków i wskaźników dotyczących zagospodarowania oraz użytkowania terenów (art. 10 ust. 2 pkt 2 ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym), zaś parametry i wskaźniki kształtowania zabudowy i z tym związanego sposobu zagospodarowania terenu znajdują się w zapisach miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego (art. 15 ust. 2 pkt 6 ustawy o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym).

STRUKTURA I OBRAZ MIASTA HAJNÓWKA (NA PODSTAWIE STUDIUM UWARUNKOWAŃ I KIERUNKÓW ZAGOSPODAROWANIA PRZESTRZENNEGO MIASTA HAJNÓWKA)

Miasto Hajnówka położone jest w południowo-wschodniej części województwa podlaskiego, na zachodnim krańcu Puszczy Białowieskiej, niedaleko Białowieży. Miasto nazywane jest „bramą do Puszczy Białowieskiej”. Takie położenie sprzyja rozwojowi turystyki i wypoczynku w skali lokalnej i ogólnokrajowej, przy jednoczesnym ograniczeniu możliwości rozwoju miasta w kierunku wschodnim z uwagi na granicę z puszczą. Położenie Hajnówki „u wrót” Puszczy Białowieskiej nadaje jej rangę centrum administracyjnego, turystycznego, kulturalnego i edukacyjnego regionu. Miasto powinno stać się centrum turystycznym, stanowiącym jednocześnie zaplecze usługowe dla pozostałych części obszaru, integralnie z nim związanych.

W 2009 roku miasto liczyło 22 679 mieszkańców⁴. Powierzchnia Hajnówki⁵ wynosi obecnie 21,29 km² (2 129 ha); użytki rolne stanowią 59%, a użytki leśne 3% powierzchni miasta. Strukturę użytkowania gruntów charakteryzuje tabela 1.

4 Wybrane dane statystyczne dotyczące mieszkańców miasta Hajnówka <http://www.hajnowka.pl>.

5 <http://www.stat.gov.pl>.

Tabela 1. Struktura użytkowania gruntów

Table 1. Structure of using the soil

Wyszczególnienie/ <i>Detailed list</i>	1998	2004	2005
Powierzchnia użytków rolnych ogółem (ha), w tym:	1.213	1 150	1 155
grunty orne (ha)	853	716	714
sady (ha)	12	4	4
łąki (ha)	250	177	180
pastwiska (ha)	98	253	257
Lasy i grunty leśne (ha)	106	125	136
Pozostałe grunty i nieużytki (ha)	781	854	838

Źródło: <http://www.stat.gov.pl>, 2010.

Rzeźba terenu miasta Hajnówka charakteryzuje się „łagodnym ukształtowaniem powierzchni terenu, urozmaiconego grupami niewysokich wzniesień i płytkich obniżień. W zachodniej części obszaru miasta, w obrębie równiny morenowej płaskiej, występuje szereg zagłębień bezodpływowych o głębokościach do 2 m. Natomiast w monotonnej rzeźbie północnej i południowej części obszaru miasta wyraźnie zaznaczają się pagórki moreny czołowej o wysokościach względnych od 5 do 30 m i nachyleniach zboczy w granicach 5-10%. Akcentem urozmaicającym rzeźbę obszaru miasta jest dolina rzeki Leśnej wraz z całym systemem płaskodennych bocznych dolinek i obniżień erozyjno-denudacyjnych”⁶.

W obrazie miasta (ryc. 1) ważną rolę odgrywają jej struktury funkcjonalno-przestrzenne, tworzące jego system przyrodniczy, będący w bezpośrednim powiązaniu z Puszczą Białowieską, stanowiącą wielkoprzestrzenny element systemu obszarów chronionych kraju.

Do głównych obszarów systemu przyrodniczego miasta, aktywnych biologicznie, należą: doliny rzeki Leśnej i Chwiszkiej, innych mniejszych cieków wodnych i obniżień terenowych oraz kompleksy leśne. Elementami wspomagającymi i współdziałającymi są tereny miejskiej zieleni urządzonej: parki i skwery, zieleń towarzysząca usługom i zabudowie jednorodzinnej oraz zieleń cmentarzy i ogrodów działkowych, a także tereny otwarte o charakterze upraw polowych.

⁶ Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Hajnówka. Uwarunkowania, Hajnówka 2010.

Przyrodniczy system terenów otwartych Hajnówki należy bezwzględnie zachować i dbać o jego prawidłową budowę. W tym celu sformułowano poniższe ustalenia dotyczące przyrodniczego systemu miasta.

Główne ustalenia dotyczące przyrodniczego systemu miasta Hajnówka, zapisane w studium, to:

1. „Utrzymanie wartości i walorów terenów aktywnych biologicznie tworzących system ekologiczny w strukturze przestrzennej obszaru miasta i jego powiązań funkcjonalnych z systemem pozamiejskim.
2. Zachowanie naturalności i ciągłości terenów systemu ekologicznego jako warunku niekolizyjnego ich funkcjonowania z rozwojem zainwestowania miasta.
3. Ochrona wód powierzchniowych i podziemnych, a w szczególności ujęć wód komunalnych miasta oraz wód rzeki Leśnej przed zanieczyszczeniami sanitarnymi i nadmierną eksploatacją – stosownie do ustalonych klas czystości i nienaruszalności przepływów biologicznych.
4. Ochrona zabudowy mieszkaniowej i walorów przyrodniczych miasta przed negatywnym wpływem różnego rodzaju zanieczyszczeń atmosferycznych – stosownie do obowiązujących norm.
5. Niwelacja zagrożeń hałasem oraz promieniowaniem elektromagnetycznym niejonizującym, głównie na obszarach stałego zamieszkania ludzi i obszarach rekreacji.
6. Ochrona i racjonalne gospodarowanie rolniczą przestrzenią produkcyjną głównie obszarów zachodniej części miasta, a w tym ochrona przed:
 - zanieczyszczeniami stałymi i płynnymi oraz nadmierną chemizacją,
 - nieuzasadnionym przeznaczeniem wartościowych gruntów rolnych na cele inne niż rolnicze,
 - negatywnymi skutkami powierzchniowej eksploatacji surowców mineralnych.
7. W aspekcie ochrony i kształtowania środowiska przyrodniczego podstawowymi obszarami do określonych kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Hajnówka są:
 - obszary zachodniej części miasta o korzystnych warunkach glebowych dla rozwoju funkcji rolniczej, stanowiące bazę żywicielską miasta głównie w zakresie upraw warzywniczych i sadownictwa; stąd przeznaczenie tych terenów na cele inne niż rolnicze powinno być ograniczane do niezbędnego minimum,

- obszary wysoczyznowe o korzystnych warunkach fizjograficznych dla rozwoju funkcji mieszkaniowej i innej zabudowy, położone głównie w sąsiedztwie istniejącej zabudowy,
- obszary dolin rzecznych i obniżeń terenowych o korzystnych warunkach do pełnienia funkcji związanych z naturalnymi układami przewietrzania miasta, gospodarką rolną i wodną oraz migracją gatunków; zaleca się pozostawienie tych terenów w stanie najbardziej zbliżonym do naturalnego”⁷.

„Hajnówka powstała w XVI wieku jako osada strażnika leśnego dóbr Puszczy Białowieskiej, przeznaczonych na utrzymanie dworu królewskiego. Po trzecim rozbiórce Polski Hajnówka znalazła się wraz z Puszczą Białowieską w zaborze rosyjskim. W czasie I wojny światowej, w 1915 r., Puszcę Białowieską zajęli Niemcy i przystąpili do jej eksploatacji. Zbudowali w Hajnówce dwa tartaki, fabrykę suchej destylacji drewna, węzeł leśnych kolejek wąskotorowych, warsztaty naprawcze, a w lesie około 90 km torów kolejowych, służących do transportu drewna. W 1919 r. władze polskie przejęły Hajnówkę. Zakłady przemysłowe stanowiły własność państwową i były wydzierżawione, tylko fabryka „Terbenthen” przeszła w ręce prywatne. Przez kilka lat puszcę, kolejki i tartaki w Hajnówce dzierżawiła firma angielska The Century European Timber Corporation. Napływała do Hajnówki fala ludności z różnych stron Polski. Ponadto została tu rozwiązana białogwardyjska dywizja gen. Bułak-Bałachowicza, której żołnierze osiedli w Hajnówce i Białowieży. Utworzył się swoisty konglomerat gwarowy i kulturowy, w którym Polacy stanowili około 70%. Przybysze zajmowali baraki, budowali domy drewniane, trociniaki i ziemianki. Wytyczano uliczki na szerokość rozstawu ramion ludzkich. Powoli zaczęło rozwijać się życie kulturalne i społeczne. Powstała parafia rzymskokatolicka, zbudowano trzy szkoły podstawowe, Państwową Szkołę Przemysłu Drzewnego, internat, dom kultury, robotnicze osiedla mieszkaniowe, powstała poczta, apteka, hotel, biblioteka publiczna, dwa kina, Spółdzielnia Spożywców „Społem”, Kasa Chorych. Żydzi zbudowali bożnicę i zorganizowali szkołę wyznaniową. Ludność prawosławna od 1925 r. miała kaplicę „czasownię” w domu prywatnym. Istniały cztery zakłady przemysłowe: Fabryka Chemiczna, Zarząd Kolei Leśnych, „Terebenthen” i Zakłady Drzewne Lasów Państwowych, które zostały rozbudowane, nowoczesnie zorganizowane i zmechanizowane, tak że w roku 1938 były największym zakładem przemysłowym i zatrudniały 1521 osób. Łącznie w zakładach przemysłowych

7 Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Hajnówka. Kierunki rozwoju, Hajnówka 2010.

Hajnówki pracowało 1947 osób. Hajnówka była drugim co do wielkości ośrodkiem przemysłowym w województwie. Rozwijało się rzemiosło. Osadę zamieszkiwali Polacy, Białorusini, Rosjanie, Ukraińcy, Żydzi, Niemcy.

Druga wojna światowa i okupacja zahamowały rozwój osady. Zniszczeniu uległy zakłady produkcyjne, część miasta, stacja i tory kolejowe. Zginęło około 700 mieszkańców. Wyzwolenie Hajnówki nastąpiło 18 lipca 1944 r. Po wojnie odbudowano zniszczone zakłady, przebudowano większość ulic, powstało osiem szkół, cztery kościoły różnych wyznań, dom kultury, dwa szpitale, przychodnia rejonowa, stacja uzdatniania wody, basen pływacki, a także wprowadzono komunikację miejską⁸.

Hajnówka prawa miejskie otrzymała w 1951 r. Powstała i rozwinęła się w okresie międzywojennym jako osiedle robotnicze Hajnowskich Zakładów Przemysłu Drzewnego.

Ustalenia dotyczące kierunków i wskaźników związanych z zagospodarowaniem oraz użytkowaniem terenów zostały zapisane w „Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Hajnówka”, w tym minimalne i maksymalne parametry i wskaźniki urbanistyczne.

Poniżej przytoczę niektóre z nich, zapisane w studium:

1. „Ustala się strefy ochrony konserwatorskiej, obejmującej układy przestrzenne N/W części miasta Hajnówka – w zakresie zgodnym z częścią graficzną – rysunkiem studium:
 - a) układ przestrzenny osiedla „Tartaczno” część 1 (tzw. czworaków), ograniczony ulicami: Piłsudskiego, Kołłątaja, Żeromskiego i Reja,
 - b) układ przestrzenny osiedla „Tartaczno” część 2 (tzw. czworaków), ograniczony ulicami: Piłsudskiego, Białowieską i Armii Krajowej,
 - c) układ przestrzenny części osiedla „Millennium” oraz części osiedla „Centrum”, ograniczony ulicami: Ks. I. Wierobieja, 3 Maja, Boczna, Batorego, Piaski, Jagiełły, Kosidlów, część zabudowy ul. Ściegiennego i ul. Białowieskiej (rejon kościoła)”.
2. „Wskaźniki dotyczące zagospodarowania oraz użytkowania terenów:
 - a) Przyjmuje się w zagospodarowaniu terenów następujące wskaźniki zabudowy:

8 <http://www.hajnówka.pl>.

Tabela 2. Wskaźniki zabudowy

Table 2. Building indicators

Rodzaj zabudowy <i>Type of buildings</i>	Minimalna wielkość działki budowlanej <i>Minimal size of building plot</i>	Minimalny udział powierzchni biologicznie czynnej <i>Minimal part of biologically active area</i>	Maksymalny udział powierzchni zabudowy w powierzchni działki budowlanej <i>Maximum part of building area in the area of building plot</i>
Mieszkaniowa jednorodzinna			
– wolnostojąca	800 m ²	50%	25%
– bliźniacza	2 x 600 m ²	50%	25%
Zagrodowa	1500 m ²	60%	30%
Rekreacji indywidualnej	1000 m ²	70%	15%

Maksymalna wysokość zabudowy dla budynków mieszkalnych jednorodzinnych – 3 kondygnacje z trzecią kondygnacją w poddaszu użytkowym, przykrytą dachem dwuspadowym lub wielopołaciowym, o kątach nachylenia połaci dachowych do przekroju poziomego budynku w przedziale 25–45°.

Wnioski do miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego miasta Hajnówka.

„Postuluje się uwzględnić tereny kolejowe i podstawowy układ ulic zaliczonych do dróg wojewódzkich, powiatowych i gminnych. Dopuszcza się zmianę klasy technicznej i szerokości ulic w liniach rozgraniczających na etapie planów miejscowych i projektów budowlanych, w oparciu o warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie” (zgodnie z tab. 3).

Tabela 3. Usytuowanie i warunki techniczne dla dróg publicznych

Table 3. Locations and technical conditions of public roads

Symbol <i>Symbol</i>	Przeznaczenie terenów pod linie kolejowe <i>Using the area to build rail roads</i>		
KK	Tereny kolejowe – linie kolejowe: Siedlce–Czeremcha–Hajnówka–Nieznany Bór – zaliczona do państwowych, Hajnówka–Siemianówka–Cisówka–granica państwa i Lewki–Hajnówka–Białowieża – niezaliczone do państwowych		
1KK	Tereny kolejki turystycznej		
	Przeznaczenie terenów pod ulice		
Symbol	Nazwa ulicy	Klasa ulicy	Szerokość w liniach rozgraniczających [m]
1 KD-G	Białostocka	G	20–30 z rozszerzeniem przy zatoce autobusowej
	Sportowa	G	16–24
1 KD-Z	Piłsudskiego	Z	12–30 z rozszerzeniem na skrzyżowaniu z ul. Warszawską w celu wykonania małego ronda
	Warszawska	Z	15–25
2 KD-G	Bielska	G	28–35
	3 Maja do Piłsudskiego	G	16–28
2KD-Z	3 Maja do granicy miasta	Z	17–24
3 KD-L	Nowa	L	12
4 KD-L	Łąkowa	L	12
5 KD-L	Pogodna	L	12–22
6 KD-L	Słomiana	L	12–20
7 KD-L	Miłkowskiego	L	12
8 KD-L	Wróblewskiego	L	12–20
9 KD-L	Lipowa	L	12–20
10 KD-L	droga do Lipin	L	12–18
11 KD-L	11 Listopada	L	15–20
12 KD-Z	Stefana Batorego	Z	20–25
13 KD-L	Ks. Dziewiatowskiego	L	12–15
14 KD-L	Białostocka z połączeniem do ul. Wróblewskiego	L	12–35

15 KD-Z	Białowieska	Z	12–45
16 KD-L	Parkowa	L	15–20
17 KD-L	Aleksego Zina	L	15–20
18 KD-L	Armii Krajowej	L	20
19 KD-L	dr. Rakowieckiego	L	20–30
20 KD-L	Celna	L	15–25
21 KD-L	projektowana przy szpitalu	L	20
22 KD-L	Reja	L	15–25
23 KD-L	Dolna i Targowa do ul. Bielskiej	L	18–20
24 KD-L	Poddolna	L	12–15
25 KD-L	Elektryczna	L	12–15
26 KD-L	Prosta z przedłużeniem do obejścia	L	12–15
27 KD-L	Targowa od Bielskiej z nowym przebiegiem do ul. Wiejskiej	L	12–15
28 KD-L	projektowana na terenie kolejowym	L	20
29 KD-L	Górna	L	18–24
30 KD-L	Nowowarszawska	L	25
31 KD-L	Warszawska	L	12–20 z rozszerzeniem na rondzie
32 KD-L	Wrzosowa	L	12–20
33 KD-L	istn. droga	L	14
34 KD-L	projektowana	L	12–15
35 KD-D	projektowana	D	10
36 KD-L (Z)	dr. pow. Nr 1652B	L (Z)	12–20
37 KD-G	projektowane obejście	G	25
38 KD-D	projektowana	D	10
39 KD-D	projektowana	D	min. 10
40 KD-D	Dworcowa	D	min. 10
41 KD-D	Leśna	D	szerokość istniejąca

1. Dla poszczególnych programów zagospodarowania zaleca się przyjmować wskaźniki miejsc postojowych przedstawione w tabeli 4.

Tabela 4. Przyjmowane wskaźniki dla miejsc postojowych

Table 4. Accepted indicators of parking places

Wyszczególnienie <i>Detailed list</i>	Jednostka odniesienia <i>Reference unit</i>	Ilość miejsc postojowych <i>The number of parking places</i>	Strefa pośrednia <i>Indirect zone</i>
Budownictwo wielorodzinne	1000 MK	220–260	280–330
Administracja	1000 m ² p.u.	8–24	15–30
Handel	1000 m ² p.u	7–20	10–36
Zakłady pracy	100 zatrudnionych	8–14	10–32
Restauracje	100 miejsc konsumpcyjnych	12–20	15–36
Kościół, cerkiew	100 uczestników mszy	10	10

2. Stacje paliw zaleca się przyjmować według zasady, że 1 stacja o 4–6 dystrybutorach może obsłużyć 5000–6000 samochodów osobowych.
3. Miejsca obsługi samochodów zaleca się programować według następujących wskaźników:
 - 1 st./300–400 samochodów,
 - 1 st./300–400 m² powierzchni stacji”.

PODSUMOWANIE

Każde miasto jest obszarem o własnych unikalnych wartościach, uwarunkowaniach i celach. Jakość przestrzeni miasta to jakość życia mieszkańców. Polityka przestrzenna rozwoju i zagospodarowania miasta powinna być zatem przedmiotem troski władz odpowiedzialnych za przestrzeń regionu. Merytoryczna jakość studiów, trafność diagnoz i strategii przestrzennych ma tu ogromne znaczenie, którego nie można nie doceniać.

Literatura

Nowakowski M., Materiały. II Krajowa Konferencja Zdrowych Miast Polskich, Białystok 27–29 maja 1993 roku.

Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (DzU z dnia 10 maja 2003 r.) z późn. zm.

Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Hajnówka, Uwarunkowania, Hajnówka 2010.

Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Hajnówka, Kierunki rozwoju, Hajnówka 2010.

Szata roślinna projektowanego rezerwatu – „Skarbowa Góra” na Garbie Gielniowskim (Wyżyna Małopolska)

The vegetation cover of the proposed reserve – „Skarbowa Góra”
on the Gielniowski Hummock (Małopolska Upland)

MONIKA PODGÓRSKA

Summary. The Gielniowski Hummock mesoregion is situated in the northern part of the sub-province of the Małopolska Upland. The area is of upland-type comprising rhaetoliassic sandstones covered by post-glacial formations. The natural vegetation is formed chiefly by forests – primarily the coniferous forest communities, as well as acidophilous oak forests and acidophilous beech forests – which cover over 70% of the surface area. The forest community, which is very rare in the study area and – because of this fact – worthy protection, is the fertile beech forest – it occurs only in one place in the Gielniowski Hummock – on the Skarbowa Góra hill.

Proposed reserve „Skarbowa Góra” is situated in the south-eastern part of the Gielniowski Hummock, between Łazy and Skarżysko Książęce town (Fig. 1) and it covers 120 ha area. To show characteristic features of the vegetation cover of proposed reserve „Skarbowa Góra” a full floristic list as well as phytosociological records (relevés) using Braun-Blanquet’s method have been made.

The most significant natural values of the vegetation cover of this site include:

- the fertile Carpathian beech forest (Table 1) – Skarbowa Góra hill is the sole station of this community in the whole mesoregion area;
- 110 species of vascular plant flora with protected and mountainous species (Table 2),
- some of the mountainous species (e.g. *Allium ursinum* L. – Fig. 2) are very rare – because of its geographical range – elements of vascular flora in the Gielniowski Hummock and the Małopolska Upland (Fig. 3).

The presented values are the significant argument for placing the surroundings of Skarbowa Góra under protection as the reserve.

Key words: proposed reserve, vascular plants flora, plant communities, Skarbowa Góra hill, Gielniowski Hummock, Małopolska Upland.

Dr Monika Podgórska, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego w Kielcach, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce; iris@ujk.edu.pl

WSTĘP

Według regionalizacji fizyczno-geograficznej Kondrackiego (2000) Garb Gielniowski jest mezoregionem (o powierzchni około 600 km²), położonym w północnej części podprovincji Wyżyny Małopolskiej.

Na terenie tym dominującą roślinność (około 70%) stanowią lasy, z czego przynajmniej połowa ich powierzchni to lasy naturalne, będące fragmentami Puszczy Rozwadowskiej oraz Puszczy Świętokrzyskiej. Duża naturalność zbiorowisk leśnych tego terenu zaowocowała utworzeniem pięciu częściowych rezerwatów leśnych, chroniących stanowiska rzadkich w regionie gatunków (rezerwaty „Majdów I”, „Majdów II” – ochrona cisa pospolitego *Taxus baccata* L.; rezerwat „Ciehostowice” – ochrona modrzewia europejskiego polskiego *Larix decidua* Mill. subsp. *polonica* (Racib.) Domin, a także dobrze zachowanych starych drzewostanów, głównie jodłowych (rezerwaty „Podlesie” i „Puszcza u źródeł Radomki”).

Obszar Garbu Gielniowskiego, pomimo tak dużej lesistości, cechuje się niewielkim różnicowaniem zbiorowisk leśnych (Podgórska, 2008) – na terenie mezoregionu przeważają bory sosnowe (głównie zespół *Leucobryo-Pinetum* W.Mat., (1962) 1973) oraz ubogie – pod względem florystycznym – kwaśne buczyny (zespół *Luzulo pilosae-Fagetum* W.Mat. et A.Mat., 1973), co determinowane jest właściwościami geologicznymi podłoża (Cieśla i wsp., 1999).

Dlatego też za swoisty ewenement szaty roślinnej tego terenu należy uznać występowanie – jedyne na całym obszarze – fragmentu żyznej buczyny na wzniesieniu Skarbowa Góra. Chociaż informacje o występowaniu charakterystycznych dla tej fitocenozy gatunków górskich znane są z tego stanowiska już od ponad trzydziestu lat (Bróż, 1977), dotychczas nie powstało żadne opracowanie dotyczące propozycji ochrony tego unikalnego w północnej części Wyżyny Małopolskiej zbiorowiska leśnego.

Celem niniejszego artykułu jest zwrócenie uwagi na szatę roślinną Skarbowej Góry oraz podanie warunków ochrony tego cennego obiektu przyrodniczego.

METODYKA

Wstępne informacje na temat stanowisk interesujących – ze względu na swój zasięg geograficzny – gatunków górskich z terenu Skarbowej Góry pochodzą z literatury (Bróż, 1977, Podgórska, 2007).

W celu ustalenia pełnej listy gatunków flory naczyniowej, występujących na terenie projektowanego rezerwatu, sporządzono dwa kompletne spisy florystyczne (w dwóch porach sezonu wegetacyjnego – wiosną i latem 2007 roku), używając „karty inwentaryzacyjnej dla flory Gór Świętokrzyskich”.

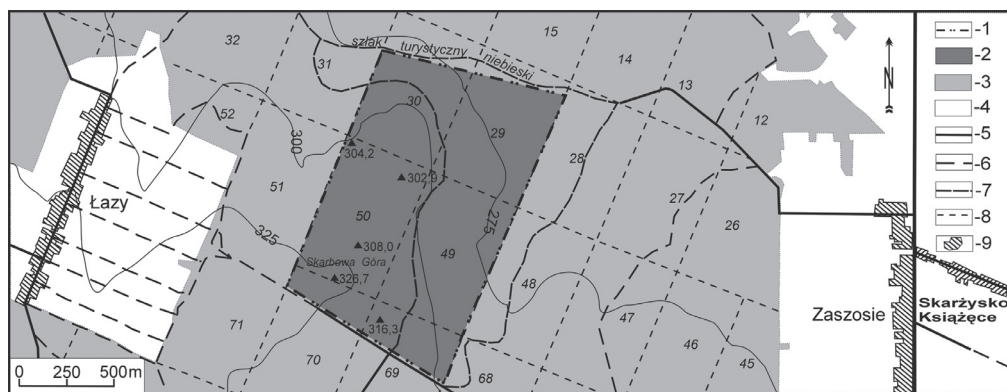
Charakterystykę zbiorowisk roślinnych porastających Skarbową Górę oparto na zdjęciach fitosocjologicznych sporządzonych metodą Braun-Blanqueta (Pawłowski, 1977), które następnie, używając tradycyjnych metod, zestawiono w tabelę fitosocjologiczną (Dzwonko, 2007).

Dla dodatkowego podkreślenia walorów przyrodniczych Skarbowej Góry wykonano dokumentację fotograficzną.

Nazewnictwo gatunków przyjęto za Mirkiem i in. (2002), natomiast nazwy poszczególnych syntaksonów podano według Matuszkiewicza (2001, 2008).

POŁOŻENIE I GRANICE

Projektowany rezerwat położony jest na terenie układu wzniesień o wysokości około 300 m n.p.m. (kulminacja 326,7 m n.p.m.), noszącego nazwę Skarbowa Góra, znajdującego się w południowo-wschodniej części Garbu Gielniowskiego, między miejscowościami Łazy i Skarżysko Książęce (ryc. 1). Obejmuje on obszar zwartych kompleksów leśnych Nadleśnictwa Skarżysko Okręgowego Zarządu Lasów Państwowych w Radomiu.



Ryc. 1. Położenie i granice projektowanego rezerwatu „Skarbowa Góra” na tle mapy Nadleśnictwa Skarżysko (1 – granica projektowanego rezerwatu, 2 – powierzchnia projektowanego rezerwatu, 3 – lasy, 4 – tereny bezleśne, 5 – drogi, 6 – ścieżki, 7 – szlaki turystyczne, 8 – granice oddziałów leśnych, 9 – zabudowania)

Fig. 1. Location and boundaries of proposed reserve „Skarbowa Góra” in the background of a map of Nadleśnictwo Skarżysko (1– boundary of the proposed reserve, 2 – area of the proposed reserve, 3 – forests, 4 – deforested area, 5 – roads, 6 – paths, 7 – tourist tracks, 8 – boundaries of forest divisions, 9 – buildings)

Granice północną tego obiektu przyrodniczego wyznacza niebieski szlak turystyczny, biegnący od miejscowości Łazy do zachodniej części Skarżyska Książęcego, granica południowa pokrywa się z drogą leśną prowadzącą od Łaz do miejscowości Pogorzałe, natomiast granicę wschodnią i zachodnią stanowią zewnętrzne linie oddziałów leśnych proponowanych do ochrony (ryc. 1). Cała powierzchnia projektowanego rezerwatu wynosi 120 ha.

Warto zaznaczyć, że byłby to drugi – co do wielkości – rezerwat leśny na obszarze mezoregionu (największym istniejącym rezerwatem na terenie Garbu Gielniowskiego jest „Podlesie” o powierzchni 194,5 ha).

ROŚLINNOŚĆ

Na terenie wzniesień Skarbowej Góry wykształcił się – jedyny na całym obszarze mezoregionu (Podgórska, 2008) – fragment żyznej buczyny. Strukturę oraz skład florystyczny tej asocjacji obrazują cztery zdjęcia fitosocjologiczne zestawione w tabeli 1.

Tabela 1. Tabela składu florystycznego zbiorowiska leśnego, występującego na wzniesieniu Skarbowa Góra

Table 1. Table of floristical composition of the forest communities, which developed on the Skarbowa Góra hill

Numer zdjęcia	Number of relevé	1	2	3	4
Data	Date	07.04. 2007	07.04. 2007	07.04. 2007	07.04. 2007
Powierzchnia zdjęcia [m ²]	Area of relevé [m ²]	100	100	100	100
Ekspozycja	Exposure	SE	SE	SE	-
Nachylenie terenu [o]	Slope [o]	30	15	10	-
Pokrycie warstwy drzew [%]	Canopy cover [%]	60	70	50	40
Pokrycie warstwy krzewów [%]	Shrub cover [%]	zn.	5	zn.	50
Pokrycie warstwy zielnej [%]	Cover of herb layer [%]	80	90	100	100
Liczba gatunków w zdjęciu	Number of species in relevé	9	14	10	11
ChAll Fagion sylvaticae R.Tx. et Diem. 1936					
<i>Fagus sylvatica</i> L. (a)		4	4	4	3
<i>Fagus sylvatica</i> L. (b)		+	+	+	4
<i>Fagus sylvatica</i> L. (c)		+	+	+	2
<i>Dentaria bulbifera</i> L.		4	4	4	1
ChAll Alno-Ulmion Br.-Bl. et R.Tx. 1943					
<i>Chrysosplenium alternifolium</i> L.		.	.	.	1
ChAll Carpinion betuli Issl. 1931 em. Oberd. 1953					
<i>Carpinus betulus</i> L. (a)		.	3	.	.
<i>Carpinus betulus</i> L. (b)		+	+	.	.
ChO Fagetalia sylvaticae Pawł. in Pawł., Soloł. et Wall. 1928					
<i>Allium ursinum</i> L.		3	5	5	5
<i>Galeobdolon luteum</i> Huds.		+	1	+	+
<i>Galium odoratum</i> (L.) Scop.		.	+	.	.
<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.		.	+	.	.
<i>Viola reichenbachiana</i> Jord. ex Boreau		.	.	+	.
ChCl Quercu-Fagetea Br.-Bl. et Vlieg. 1937					
<i>Anemone nemorosa</i> L.		1	1	1	2
<i>Carex digitata</i> L.		.	+	.	+

<i>Lathraea squamaria</i> L.		.	+	+	.
Gatunki towarzyszące – Accompanying species					
<i>Abies alba</i> Mill. (a)		+	.	+	+
<i>Abies alba</i> Mill. (b)		.	.	.	+
<i>Abies alba</i> Mill. (c)		.	+	.	+
<i>Betula pendula</i> Roth (a)		.	+	.	+
<i>Sambucus nigra</i> L. (c)		.	+	.	.
<i>Rubus</i> sp. (c)		.	+	.	.
<i>Hedera helix</i> L.		+	.	.	.
<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs		+	.	+	+
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.		.	.	.	+
<i>Oxalis acetosella</i> L.		.	.	+	.

W strukturze tej fitocenozy dominuje warstwa drzew wysokich, którą buduje głównie *Fagus sylvatica* L.; warstwa krzewów jest bardzo słabo wykształcona (tab. 1). Runo zielne jest zwarte, w okresie wiosennym zdominowane przez geofity – głównie czosnek niedźwiedzi *Allium ursinum* L. oraz żywiec cebulkowy (bulwkowaty) *Dentaria bulbifera* L., natomiast w okresie letnim współwystępują w nim liczne gatunki charakterystyczne dla klasy *Quercio-Fagetea* i rzędu *Fagetalia sylvaticae*, z których najczęstsze to: turzyca palczasta *Carex digitata* L., turzyca leśna *Carex sylvatica* Huds., nerecznica samcza *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, gajowiec żółty *Galeobdolon luteum* Huds., przytulia wonna *Galium odoratum* (L.) Scop., perłówka zwisła *Melica nutans* L., kokoryczka wielokwiatowa *Polygonatum multiflorum* (L.) All., żankiel zwyczajny *Sanicula europaea* L. i fiołek leśny *Viola reichenbachiana* Jord. ex Boreau.

Zbiorowisko leśne występujące w granicach projektowanego rezerwatu – biorąc pod uwagę podział taksonomiczny żyznych lasów bukowych opracowany przez Matuszkiewicza (2008) – swoją fizjonomią oraz składem gatunkowym najbardziej zbliżone jest do fitocenoz z podzwiazku *Dentario glandulosae-Fagenion* Oberd. 1992 (związek *Fagion sylvaticae*), obejmującego środkowoeuropejskie górskie i podgórskie, a także wyżynne buczyny siedlisk zasobnych. Z grupy tej najsilniej nawiązuje do formy podgórskiej (występującej w piętrze pogórza, na przedpolu Karpat oraz na części wyżyn) zbiorowiska żyznej buczyny karpackiej *Dentario glandulosae-Fagetum* Klika 1927. em. W.Mat. 1964. Fitocenozy te odznaczają się nieco mniejszym udziałem gatunków typowych dla buczyn oraz większym udziałem gatunków wspólnych z lasami grądowymi (Matuszkiewicz, 2008). W zbiorowisku ze Skarbowej Góry, ze względu na dominujący w porze

wiosennej *Allium ursinum* (w trzech z czterech przykładowych zdjęć fitosocjologicznych gatunek ten miał 5 stopień pokrycia – tab. 1), można dopatrywać się podobieństwa do – wyróżnionego przez Matuszkiewicza (2008) – podzespołu siedlisk bardzo żyznych i wilgotnych *Dentario glandulosae-Fagetum allietosum*.

FLORA NACZYNIOWA

Flora naczyniowa występująca w granicach projektowanego rezerwatu liczy 110 gatunków (tab. 2), z których 7 (czosnek niedźwiedzi *Allium ursinum* L., bluszcz pospolity *Hedera helix* L., wroniec widlasty *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank & Mart., przyłaszczka pospolita *Hepatica nobilis* Schreb., kruszyna pospolita *Frangula alnus* Mill., lilia złotogłów *Lilium martagon* L., kalina korolowa *Viburnum opulus* L.) objętych jest w Polsce ochroną (Rozporządzenie, 2004). Dodatkowo dwa z nich (*A. ursinum* i *H. selago*) zamieszczone są na krajowej czerwonej liście (Zarzycki, Szelaąg, 2006) jako gatunki narażone (kategoria [V]), czyli zagrożone na izolowanych stanowiskach, poza głównym obszarem występowania (do jakich należą stanowiska ze Skarbowej Góry).

Na szczególną uwagę zasługują rzadkie – ze względu na swój zasięg geograficzny – gatunki górskie (Zajac, 1996), posiadające na terenie projektowanego rezerwatu jedyne, bądź jedne z nielicznych, stanowiska na Garbie Gielniowskim. Należą do nich:

Allium ursinum L. (czosnek niedźwiedzi) – gatunek ogólnogórski (ryc. 2). Żyzna buczyna na Skarbowej Górze stanowi jedyne jego stanowisko na Garbie Gielniowskim. Pierwsze dane o występowaniu czosnku niedźwiedziego na tym terenie pochodzą z pracy Bróza (1977). Po 30 latach, w trakcie badań florystycznych prowadzonych przez autorkę na terenie mezoregionu (Podgórska, 2007, 2008), odnotowano, że gatunek ten wciąż utrzymuje się w kompleksach leśnych Skarbowej Góry, a jego populacja jest bardzo liczna. Aktualnie *A. ursinum* porasta niemalże cały kompleks wzniesień, a liczba osobników w populacji przekracza kilkanaście tysięcy. Na terenie tym zaobserwowano występowanie kilkunastu dużych skupień i kilkudziesięciu mniejszych. Jedno z największych położone jest na skrzyżowaniu linii oddziałów 29/30/49/50 obrębu Skarżysko.

Tabela 2. Wykaz gatunków flory roślin naczyniowych zanotowanych na terenie projektowanego rezerwatu „Skarbowa Góra” na Garbie Gielniowskim

Table 2. List of vascular plants flora which have been noted on area of proposed reserve „Skarbowa Góra” on the Gielniowski Hummock

Nazwa gatunku (Name of species)

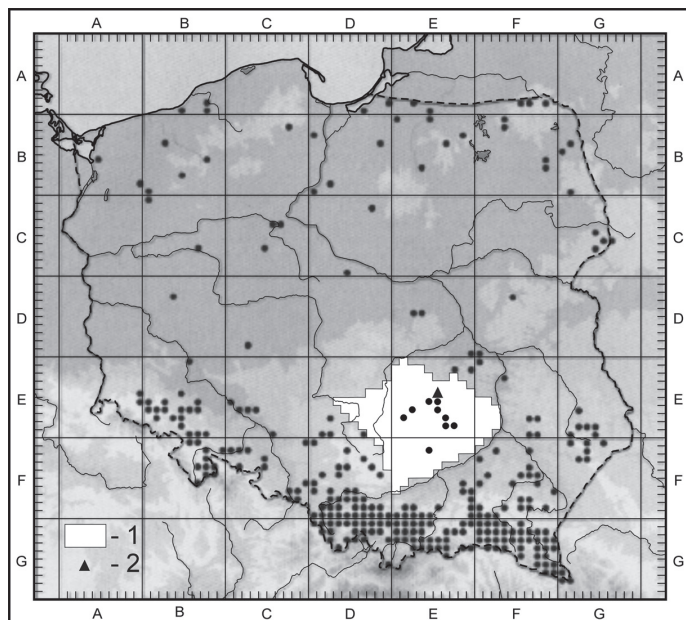
Abies alba Mill., *Acer platanoides* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Aegopodium podagraria* L., *Ajuga reptans* L., *Allium ursinum* L., *Anemone nemorosa* L., *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Betula pendula* Roth, *Betula pubescens* Ehrh., *Bidens frondosa* L., *Bidens tripartita* L., *Cardamine amara* L., *Cardamine flexuosa* With., *Carex canescens* L., *Carex digitata* L., *Carex pilosa* Scop., *Carex remota* L., *Carex sylvatica* Huds., *Carpinus betulus* L., *Chrysosplenium alternifolium* L., *Circaea lutetiana* L., *Corylus avellana* L., *Dentaria bulbifera* L., *Dryopteris dilatata* (Hoffm.) A. Gray, *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs, *Equisetum sylvaticum* L., *Euonymus europaea* L., *Euonymus verrucosa* Scop., *Fagus sylvatica* L., *Festuca gigantea* (L.) Vill., *Fragaria vesca* L., *Frangula alnus* Mill., *Fraxinus excelsior* L., *Galeobdolon luteum* Huds., *Galeopsis tetrahit* L., *Galium odoratum* (L.) Scop., *Galium palustre* L., *Galium uliginosum* L., *Geranium robertianum* L., *Geum urbanum* L., *Glyceria fluitans* (L.) R. Br., *Gnaphalium sylvaticum* L., *Hedera helix* L., *Hepatica nobilis* Schreb., *Hieracium murorum* L., *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank & Mart., *Hypochoeris radicata* L., *Impatiens noli-tangere* L., *Isopyrum thalictroides* L., *Juncus effusus* L., *Juncus tenuis* Willd., *Larix decidua* Mill., *Lathraea squamaria* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Lilium martagon* L., *Luzula pilosa* (L.) Willd., *Lycopus europaeus* L., *Lysimachia nummularia* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt, *Melica nutans* L., *Mentha arvensis* L., *Milium effusum* L., *Moehringia trinervia* (L.) Clairv., *Mycelis muralis* (L.) Dumort., *Myosotis palustris* (L.) L. emend. Rchb., *Myosoton aquaticum* (L.) Moench, *Oxalis acetosella* L., *Paris quadrifolia* L., *Peplis portulaca* L., *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman, *Picea abies* (L.) H. Karst., *Pinus sylvestris* L., *Plantago major* L. s. str., *Poa nemoralis* L., *Poa palustris* L., *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Polygonatum verticillatum* (L.) All., *Polygonum hydropiper* L., *Polygonum minus* Huds., *Prunella vulgaris* L., *Ranunculus flammula* L., *Ranunculus repens* L., *Rubus idaeus* L., *Rubus hirtus* Waldst. & Kit. agg., *Rubus plicatus* Weihe & Nees, *Rubus nessensis* Hall, *Rumex obtusifolius* L., *Sambucus nigra* L., *Sambucus racemosa* L., *Sanicula europaea* L., *Scrophularia nodosa* L., *Solidago virgaurea* L., *Sorbus aucuparia* L. emend. Hedl., *Stachys sylvatica* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Stellaria uliginosa* Murray, *Taraxacum officinale* F.H. Wigg., *Tilia cordata* Mill., *Tussilago farfara* L., *Urtica dioica* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Veronica montana* L., *Veronica officinalis* L., *Viburnum opulus* L., *Viola riviniana* Rchb., *Viola reichenbachiana* Jord. ex Boreau, *Viscum album* L. subsp. *abietis* (Wiesb.) Abrom.



Ryc. 2. Populacja czosnku niedźwiedziego *Allium ursinum* L. – gatunku górskiego, objętego w Polsce ochroną – w zbiorowisku żyznej buczyny na Skarbowej Górze (Fot. M. Podgórska)

Fig. 2. Population of *Allium ursinum* L. – mountainous, protected in Poland species – in the community of the fertile Carpathian beech forest on the Skarbowa Góra (Photo M. Podgórska)

Warto zaznaczyć, że stanowisko czosnku niedźwiedziego odnotowane w żyznej buczynie na Skarbowej Górze jest najbardziej na północ wysuniętym stanowiskiem tego gatunku na całej Wyżynie Małopolskiej (kwadrat ATPOL EE 45 – ryc. 3). Pozostałe znane (Zajac, Zajac, 2001) stanowiska z terenu podprovincji obejmują przede wszystkim rejon Gór Świętokrzyskich (EE 65, 76, 86, 87) oraz ich okolic (EE 62, 71). Gatunek ten stwierdzony został także w lasach bliższych (Świnia Góra – EE 54 i 55), a także w okolicach Pińczowa (EF 14).



Ryc. 3. Rozmieszczenie stanowisk *Allium ursinum* L. w Polsce z wyróżnieniem terenu Wyżyny Małopolskiej (Zajac, Zajac, 2001, zmienione), (1 – obszar Wyżyny Małopolskiej, 2 – stanowisko czosnku niedźwiedziego z terenu Skarbowej Góry)

Fig. 3. Distribution of stations of *Allium ursinum* L. in Poland with distinguishing of the Małopolska Upland area (Zajac, Zajac, 2001, changed), (1 – area of the Małopolska Upland, 2 – station of *Allium ursinum* L. from the Skarbowa Góra)

Huperzia selago (L.) Bernh. ex Schrank & Mart. (wroniec widlasty) – gatunek ogólnogórski. Na terenie Garbu Gielniowskiego posiada 14 stanowisk (Podgórska 2008). W granicach projektowanego rezerwatu stwierdzono występowanie kilku skupień (w oddziale 29 obrębu Skarżysko).

Veronica montana L. (przetacznik górski) – gatunek reglaowy. Na obszarze całego mezoregionu posiada 6 stanowisk (Podgórska, 2008). Pierwsze informacje o występowaniu tego gatunku na terenie Skarbowej Góry pochodzą z lat 80. XX w. (Bróz, 1981). Obecnie potwierdzono utrzymywanie się przetacznika górskiego na badanym stanowisku (Podgórska, 2007). Jednak, pomimo że w trakcie badań florystycznych prowadzonych w granicach projektowanego rezerwatu odnotowano jeszcze dość liczną populację gatunku (kilkanaście skupień), stanowisko *V. montana* na badanym terenie jest zagrożone. Powodem tej sytuacji są preferencje siedliskowe gatunku – rośnie on głównie na poboczach

linii oddziałowych oraz dróg leśnych, przez co narażony jest na bezpośrednie niszczenie (wydeptywanie, wywózka drewna).

ZAGROŻENIE I POSTULATY OCHRONNE

Żyzna buczyna na zboczu Skarbowej Góry – wraz z rzadkimi elementami rodzimej flory – stanowi unikalny obiekt przyrodniczy na terenie Garbu Gielniowskiego, który – biorąc pod uwagę przedstawioną powyżej charakterystykę szaty roślinnej – w pełni zasługuje na ochronę.

Zarówno cała fitocenoza, jak i budujące ją gatunki (w szczególności taksony chronione, zagrożone i górskie o niewielkiej liczbie stanowisk) są obecnie zagrożone. Głównym jego źródłem jest prowadzona w lasach działalność gospodarcza. Szczególnie ujemnie wpływa ona na gatunki wytwarzające niewielkie populacje. Należy pamiętać, że poważne, celowo wprowadzane zmiany w składzie gatunkowym drzew mogą doprowadzić do przekształcenia warunków siedliskowych całego ekosystemu, a w konsekwencji do zanikania zbiorowisk leśnych wraz z tymi gatunkami, których populacje cechuje duża liczebność.

Obecnie w oddziałach leśnych graniczących z terenem proponowanym do ochrony rozpoczęto cięcia rębne. Biorąc pod uwagę ten fakt, należałoby jak najszybciej zabezpieczyć cenny kompleks leśny porastający Skarbową Górę. Dlatego w niniejszym artykule zaproponowano utworzenie rezerwatu leśnego chroniącego ten cenny obiekt przyrodniczy.



Podziękowania: Panu prof. dr hab. Adamowi Zajączowi za zrecenzowanie niniejszej pracy serdecznie dziękuję.

Literatura

- Bróz E., 1977. Notatki florystyczne z Gór Świętokrzyskich. Część I. *Fragm. Flor. Geobot.* 23(3-4): 295-300.
- Bróz E., 1981. Notatki florystyczne z Gór Świętokrzyskich. Część III. *Fragm. Flor. Geobot.* 27(4): 607-617.
- Cieśla E., Lindner L., Semil J., 1999. *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski.* 1:50 000. Arkusz Niekłań. Państwowy Inst. Geolog., Warszawa.
- Dzwonko Z., 2007. *Przewodnik do badań fitosocjologicznych.* Sorus S.C., Poznań – Kraków.

- Kondracki J., 2000. Geografia fizyczna Polski. PWN, Warszawa.
- Matuszkiewicz W., 2001. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Vademecum Geoboticum 3. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa.
- Matuszkiewicz J. M., 2008. Zespoły leśne Polski. PWN, Warszawa.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zając A., Zając M., 2002. Flowering plants and pteridophytes of Poland – a checklist. W: Z. Mirek (red.). Biodiversity of Poland 1, W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków.
- 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.
- Podgórska M., 2007. Chronione, zagrożone oraz rzadkie gatunki flory naczyniowej Garbu Gielniowskiego (Wyżyna Małopolska). *Fragm. Flor. Geobot. Polonica*. 14(1): 61-74.
- Podgórska M., 2008. Zagadnienia fitogeograficzne i flora naczyniowa Garbu Gielniowskiego. Praca doktorska napisana pod kierunkiem prof. dr hab. Marii Zając. Zakład Taksonomii Roślin i Fitogeografii, Instytut Botaniki, Uniwersytet Jagielloński, Kraków.
- Rozporządzenie, 2004. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 lipca 2004 r. w sprawie gatunków dziko występujących roślin objętych ochroną. DzU nr 168 (2004), poz. 1764.
- Zając A., Zając M., 2001 (red.). Atlas rozmieszczenia roślin naczyniowych w Polsce. Instytut Bot. UJ, Kraków.
- Zając M., 1996. Mountain Vascular Plants in the Polish Lowlands. *Polish Bot. Stud.* 11: 1-92.
- Zarzycki K., Szelaż Z., 2006. Red list of the vascular plants in Poland. W: Z. Mirek, K. Zarzycki, W. Wojewoda, Z. Szelaż (red.). Red list of plants and fungi in Poland. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków: 9-20.

Wybrane problemy zanieczyszczeń powietrza

Some problems of air pollution

STANISŁAW SALA, IGOR ZINKO

Summary. The health effects of air pollution have been subject to intense study in recent years. Exposure to pollutants such as airborne particulate matter and ozone has been associated with increases in mortality and hospital admissions due to respiratory and cardiovascular disease. Air pollution has negative influence on the Earth. These effects have been found in short-term studies, which relate day-to-day variations in air pollution and health, and long-term studies, which have followed cohorts of exposed individuals over time. In this review, we present effects on health and environment of air pollutants.

Key words: air pollution, health effect of air pollution, indoor air pollution.

Dr Stanisław Sala, Instytut Geografii Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego w Kielcach

Dr Igor Zinko, Narodowy Uniwersytet Iwana Franki we Lwowie

WSTĘP

Atmosfera ziemską stanowi mieszaninę gazów tworzących składniki stałe i zmienne. Stałymi składnikami są: azot (78%), tlen (20,95%), argon, neon, hel, metan, krypton i wodór, stanowiące w sumie ok. 1% objętości. Do składników zmiennych zaliczamy: parę wodną, ditlenek węgla, ditlenek siarki, ditlenek azotu, ozon oraz składniki mineralne i biotyczne, takie jak: pył, sadza czy bakterie, wirusy i grzyby.

Tabela 1. Przeciętny skład powietrza atmosferycznego poniżej dwutlenku węgla – gazy resztkowe

Table 1. The average composition of the atmosphere below carbon dioxide – the residual gases

Składnik powietrza <i>Air component</i>	Procent objętościowy [%] <i>Capacity percent</i>
Azot (N ₂)	78,08
Tlen (O ₂)	20,95
Argon (Ar)	0,93
Woda (H ₂ O)	0,02–0,04
Dwutlenek węgla (CO ₂)	0,035–0,036
Neon (Ne)	0,0018
Hel (He)	52*10 ⁻⁵
Metan (CH ₄)	14*10 ⁻⁵
Krypton (Kr)	11*10 ⁻⁵
Wodór (H ₂)	5*10 ⁻⁵
Ozon (O ₃)	5*10 ⁻⁵
Podtlenek azotu (N ₂ O)	2*10 ⁻⁵
Ksenon (Xe)	0,87*10 ⁻⁵
Tlenek węgla (CO)	do 2*10 ⁻⁵
Dwutlenek siarki (SO ₂)	do 0,3*10 ⁻⁵
Amoniak (NH ₃)	do 0,1*10 ⁻⁵
Dwutlenek azotu (NO ₂)	do 0,05*10 ⁻⁵
Siarkowodór (H ₂ S)	do 0,006*10 ⁻⁵

Źródło: P. Jamróz, Globalne ocieplenie jako miara działalności człowieka, www.plazma.efuturo.pl.

Jedną z głównych przyczyn zagrożeń środowiska naturalnego są zanieczyszczenia powietrza, które ze względu na swoją specyfikę mogą swobodnie wędrować ponad granicami państw, mórz i kontynentów, skażając coraz to odleglejsze obszary. W tym przypadku pod pojęciem 'zanieczyszczenie' rozumiemy obecność w powietrzu składników antropogenicznych lub naturalnych, lecz występujących w stężeniach przekraczających średnie naturalne wartości. Ze względu na konsystencję dzielimy zanieczyszczenia na pyłowe i gazowe. Z lotnych związków główne znaczenie mają: ditlenek siarki, ditlenek azotu, ditlenek

węgla, ozon, freony, natomiast zanieczyszczenia pyłowe, których źródłem jest industrializacja, możemy podzielić ze względu na wielkość i masę cząstek na opadające i stale unoszące się w atmosferze. Szczególne zagrożenie stanowią bardzo drobne cząstki stale unoszące się w atmosferze, które przedostają się przez układ limfatyczny i zatruwają żywe organizmy, w tym człowieka. Zanieczyszczenia powietrza są transgraniczne, niedające się ograniczyć do konkretnego miejsca, w przeciwieństwie do zanieczyszczeń gleby czy wód. W atmosferze zanieczyszczenia krążące swobodnie, niesione przez prądy powietrza, mogą skażać środowisko nawet w odległych miejscach.

ŹRÓDŁA ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA

Uogólniając, możemy wyróżnić naturalne i sztuczne źródła zanieczyszczeń powietrza. Do źródeł naturalnych należy zaliczyć wybuchy wulkanów, których erupcje dostarczają popiołów, związków węgla i siarki, m.in. siarkowodor. Obecnie na Ziemi istnieje ok. 450 wulkanów, głównie w tak zwanym pasie ognia okalającym Pacyfik, stanowiącym granicę płyt tektonicznych, lub występujących zgodnie z teorią c-kontynentów nad pióropuszcami ciepła. W przeszłości geologicznej erupcje wulkaniczne niejednokrotnie doprowadzały do skrajnych zmian w składzie atmosfery, kończących się wielkimi katastrofami przyrodniczymi. Kolejnymi źródłami naturalnymi dostarczającymi tlenków węgla i pyłów są pożary lasów, sawann i stepów. Człowiek do niedawna intensywnie walczył z pożarami, ale ostatnio zmienił podejście, traktując je jako naturalny etap funkcjonowania ekosystemów. Bagna wskutek procesów rozkładu materii organicznej są źródłem metanu, siarkowodoru, ditlenku węgla oraz amoniaku. Gleby ulegające procesom erozji dostarczają do atmosfery pyły w ilości do 700 mln ton na rok. Ostatnim naturalnym źródłem zanieczyszczenia powietrza są tereny zielone, dostarczające głównie pyłków roślinnych.

Źródła antropogeniczne powstają w wyniku działalności człowieka. Głównym źródłem emisji zanieczyszczeń gazowych jest przemysł energetyczny i paliwowy. Znaczący jest także udział emisji gazów przez zakłady metalurgiczne żelaza i stali. Najpoważniejszym źródłem emisji zanieczyszczeń pyłowych jest przemysł paliwowo-energetyczny, zwłaszcza przemysł elektroenergetyczny i ciepłowniczy, przy czym są to prawie wyłącznie popioły lotne. Istotny jest również udział metalurgii żelaza i stali, z czego ponad połowę stanowią pyły metalurgiczne. Emisje pyłów jest również związana z działalnością przemysłu chemicznego, głównie nieorganicznego, nawozów sztucznych i tworzyw sztucznych (przede

wszystkim popiołów lotnych) oraz przemysłu materiałów budowlanych, głównie przemysłu cementowego.

Główne związki zanieczyszczające atmosferę i ich czas przebywania w atmosferze przedstawia tabela 1.

Tabela 2. Zmiany koncentracji gazów śladowych, ich emisja i czas przebywania w atmosferze
Table 2. Changes in concentration of trace gases, their emissions and time spent in the atmosphere

Zanieczyszczenia <i>Pollution</i>	Antropogeniczna całkowita roczna emisja [mln ton] <i>Antropogenic year emission</i>	Czas przebywania w atmosferze <i>Spend time in atmosphere</i>	Przewidywane stężenie w 2030 roku [ppm] <i>Concentration predictable</i>
CO	700/2000	miesiące	prawdopodobnie wzrośnie
CO ₂	5500/5500	100 lat	400 000–500 000
CH ₄	300–400/550	10 lat	2200–2500
NO, NO ₂	20–30/30–50	dni	0,001–50
N ₂ O	6/25	170 lat	330–350
SO ₂	100–130/150–200	dni i tygodnie	0,3–50
Freony	1/1	60–100 lat	2,4–6 (atomów Cl)

Źródło: P. Jamróz, Globalne ocieplenie jako miara działalności człowieka, www.plazma.efuturo.pl.

WYBRANE KONSEKWENCJE ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA

Zanieczyszczenie powietrza ma bardzo negatywny wpływ na człowieka. Bardzo drobne cząstki stale unoszące się w atmosferze dostają się do płynów fizjologicznych człowieka, zaburzając jego funkcjonowanie. Z tego powodu w wielu miejscach na świecie długość życia jest krótsza, a deformacje noworodków są normą. Pojawiają się problemy układu oddechowego, takie jak astma czy zapalenie oskrzeli, zaburzona zostaje praca skóry i oczu. Na wielu obszarach objawy astmy uważane są za normę, jak wynika z badań Blacksmith Institute (2007), cierpi na nią ponad 90% dzieci. W Rosji istnieją wioski pełne zdeformowanych

genetycznie ludzi. Dane tabeli 3 pokazują, że skrajna rozpiętość długości życia wynosi 38 lat w przypadku mężczyzn (Zambia 41, Japonia 79) i 40 lat w przypadku kobiet (Zambia 42, Japonia, Niemcy – po 84). Długość życia jest wypadkową wielu czynników, z których stan i jakość powietrza jest jednym z ważniejszych, szczególnie na obszarach silnie zanieczyszczonych.

Tabela 3. Przeciętna długość życia w wybranych krajach na świecie w 2006 r.

Table 3. The average life expectancy in selected countries in the world in 2006

Kraj <i>Country</i>	Mężczyźni <i>Man</i>	Kobiety <i>Women</i>	Kraj <i>Country</i>	Mężczyźni <i>Man</i>	Kobiety <i>Women</i>
Chiny	70	74	Holandia	78	82
Burundi	48	50	Indie	63	66
Kongo	45	47	Japonia	79	84
Liberia	44	46	Niemcy	76	84
Mozambik	42	43	Norwegia	78	83
Republika Środkowoafrykańska	43	46	Polska	75	80
Zambia	41	42	USA	75	81

Źródło: World Investment Report 2009.

Do dziesięciu najbardziej zanieczyszczonych miejsc na Ziemi na podstawie badań Blacksmith Institute (2007) zaliczamy:

1. Summit w Azerbejdżanie – jedno z głównych centrów przemysłowych dawnego ZSRR, gdzie funkcjonuje ponad 40 fabryk związanych z przemysłem chemicznym i rolnym. Potencjalnie w ciągłym zagrożeniu żyje 275 tys. osób. Narażeni są na wyziewy z zakładów chemicznych, zasobnych między innymi w metale ciężkie i rtęć. Częstotliwość zapadania ludności na choroby nowotworowe jest większa od 22% do 51% w porównaniu ze średnią krajową.
2. Lin-fen położone w chińskiej prowincji Shank – stanowi centrum przemysłu wydobywczego. Trzymilionowe miasto wystawione jest na ciągłe obcowanie z tlenkami węgla i azotu, ditlenkiem siarki, arsenem i ołowiem. Głównymi źródłami zanieczyszczeń są emisje przemysłowe i samochodowe. Jest to najbardziej zanieczyszczony obszar w Chinach. Mieszkańcy twierdzą, że często duszą się wieczorami od kurzu unoszącego się w powietrzu.

3. Tianjin w Chinach – potencjalnie 140 tys. ludzi narażonych jest na kontakt z metalami ciężkimi, w tym z ołowiem. Koncentracja metali ciężkich od 8,5 do 10 razy przekracza dopuszczalne normy. Źródłem skażenia jest górnictwo.
4. Sukinda w Indiach – funkcjonujące kopalnie chromitu dostarczają 97% produkcji krajowej chromu. 70% procent obszarów wodnych i 60% wody pitnej skażone jest związkami chromu, w tym chromu sześciowartościowego, istotnego czynnika wywołującego raka w dawkach przekraczających podwójnie standardy indyjskie i międzynarodowe.
5. Vapi w Indiach – 71 tys. osób narażonych jest na kontakt z metalami ciężkimi (chrom, kadm, cynk, nikiel, ołów, żelazo i miedź), pochodzącymi z produkcji petrochemicznej, farmaceutycznej, pestycydów, tekstyliów, farb i lakierów. Normy zanieczyszczeń wody zostały przekroczone 96 razy, a emisja metali ciężkich jest większa 60 razy w porównaniu z grupą kontrolną.
6. La Oroya w Peru – polimetaliczne górnictwo i przetwórstwo ołowiu, miedzi i cynku zanieczyszcza środowisko metalami ciężkimi. 99% dzieci ma niewłaściwe wyniki badań krwi.
7. Dzierżyńsk w Rosji – dawny ośrodek produkcji broni chemicznej w Związku Radzieckim, w którym znajduje się rafineria wytwarzająca benzynę ołowio-ową, gdzie w latach 1930–1998 nieodpowiednio zutylizowano około 300 tys. ton odpadów chemicznych. Do wód gruntowych przedostaje się około 190 zidentyfikowanych substancji chemicznych. Fabryki powstałe w okresie zimnej wojny, produkujące chemikalia, w tym gazy bojowe typu sarin, VX, fenole, zagrażają 300 tys. osób. W 1998 roku Księga Guinnessa uznała Dzierżyńsk za najbardziej zanieczyszczone miasto świata.
8. Norylsk w Rosji – górnictwo i przetwórstwo niklu jest źródłem licznych zanieczyszczeń, głównie powietrza, metalami ciężkimi, tlenkami siarki i fenolami. Kompleks przemysłowy Norylska produkuje rocznie prawie po 500 ton miedzi i tlenków niklu i 2 miliony ton tlenków siarki. W Norylsku śnieg jest ciemny, a przeciętna długość życia jest o 10 lat krótsza niż średnia w Rosji.
9. Czernobyl na Ukrainie – wskutek awarii w elektrowni jądrowej początkowo 5,5 mln ludzi zostało wystawionych na działanie radioaktywnej chmury, zawierającej uran, pluton, cez-137, stront i inne niebezpieczne związki. Topniejący rdzeń reaktora wyzwolił 100 razy większe promieniowanie niż bomby zrzucone na Hiroszimę i Nagasaki. Po dwudziestu latach około 30-kilometrowa strefa nadal jest niezamieszkała.
10. Kabwe w Zambii – 255 tys. ludzi jest wystawionych na działanie ołowiu i kadmu. Źródłem zanieczyszczenia jest górnictwo i przetwórstwo ołowiu.

W strefie o średnicy 20 kilometrów zanieczyszczenia znacznie przekraczają normy ustalone przez Światową Organizację Zdrowia.

Jak łatwo zauważyć, sześć spośród dziesięciu takich miejsc znajduje się w Chinach, Indiach lub Rosji. Szybki wzrost krajów rozwijających się, połączony z brakiem regulacji prawnych w górnictwie i przemyśle chemicznym, negatywnie oddziałuje na miliony ludzi.

Tabela 4. Szacunkowa roczna liczba zgonów wskutek zanieczyszczeń powietrza

Table 4. Estimated annual number of deaths due to air pollution

Autor Writer	Sumaryczna liczba zgonów <i>Number of death</i>	Kraje rozwinięte <i>Development country</i>		Kraje rozwijające się <i>Undevelopment country</i>	
		Miasto <i>City</i>	Wieś <i>Village</i>	Miasto <i>City</i>	Wieś <i>Village</i>
Smith	2 800 000	640 000 23%	1 800 000 67%	250 000 9%	30 000 1%
Schwela	2 700 000	363 000 13%	1849 000 68%	511 000 19%	–

Źródło: N. Bruce, R. Rerez-Padilla, R. Albalak, 2000, Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge, Bulletin of the World Health Organization, Bull World Health Organ vol. 78, No. 9, Geneva.

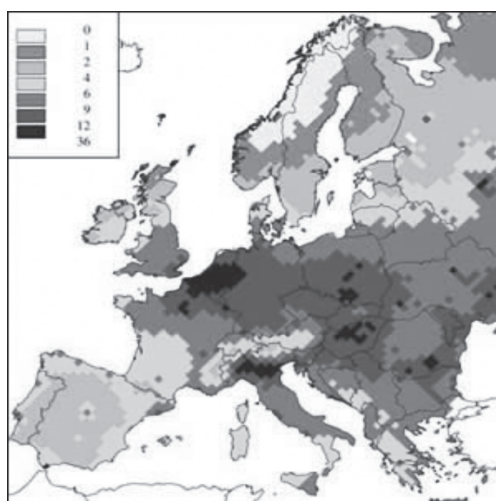
Według szacunków miliony ludzi rocznie umierają wskutek zanieczyszczeń powietrza domowego (tab. 4). Jak wynika z badań Bruce'a (2000) zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniach są głównym zagrożeniem zdrowia publicznego najbiedniejszych krajów świata. Chociaż podjęto działania mające na celu poprawę sytuacji, to wyniki nie są zadowalające. Istnieje potrzeba skoordynowanego zestawu badań, łącznie z polityką makroekonomiczną i badań nad problemami na poziomie krajowym, takich jak: zachęty, obniżenie cen paliwa i inne sposoby zwiększenia biednym dostępu do czystszych paliw. Wymagane jest także systematyczne, standardowe podejście do monitorowania poziomu i tendencji zanieczyszczeń. Na koniec należy pamiętać o ścisłej zależności między ubóstwem a zanieczyszczonymi paliwami, a tym samym znaczeniu rozwoju społeczno-gospodarczego, który powinien się znaleźć w centrum wysiłków zmierzających do osiągnięcia zdrowszego środowiska domowego.

Tabela 5. Szacunkowa liczba osób z przewlekłymi schorzeniami układu oddechowego

Table 5. Estimated number of people with chronic respiratory disease

Nazwa choroby <i>Disease</i>	Rok <i>Year</i>	Liczba chorych <i>Number of sick</i>
Astma	2004	300 mln
Przewlekła obturacyjna choroba płuc	2000	80 mln
Alergiczny nieżyt nosa	2006	400 mln
Inne przewlekłe choroby układu oddechowego	2006	> 50 mln
Obturacyjny bezdech podczas snu	–	> 100 mln

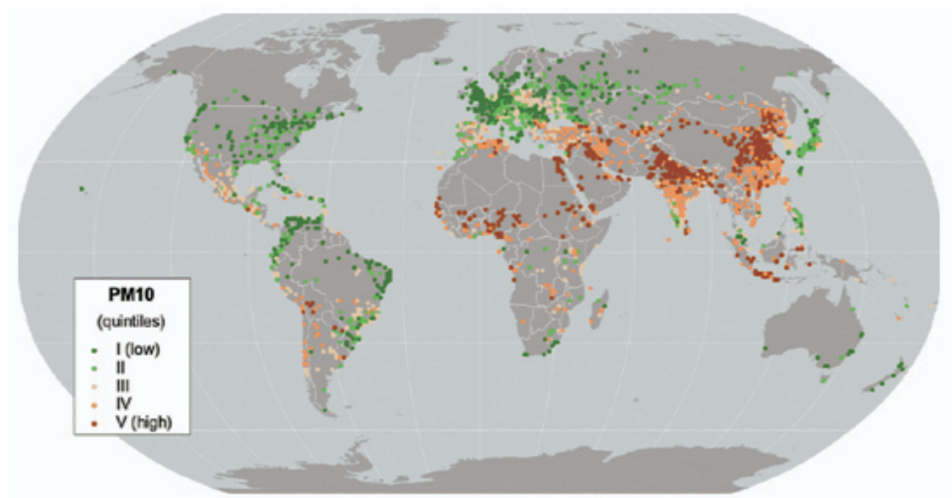
Źródło: J. Bousquet, R. Dahl, N. Khaltaev, 2007, Global Alliance against Chronic Respiratory Diseases, *European Respiratory Journal*, 29, p. 233–239.



Źródło: Czas oczyścić powietrze, *Przyroda dla Europejczyków*, 2005, Magazyn Dyrekcji Generalnej ds. Środowiska, nr 20, http://ec.europa.eu/environment/news/efe/20/article_2434_pl.htm.

Ryc. 1. Spadek średniej długości życia (w miesiącach) spowodowany antropogenicznymi cząstkami stałymi PM 2.5

Fig. 1. The fall in life expectancy (in months) due to anthropogenic particulates PM 2.5



Źródło: K. Pandey, 2004, Urban Outdoor Particulate Air Pollution: New Estimates; K. et al. Development Economics Research Group & The Environment Department, The World Bank.

Ryc. 2. Szacunkowe stężenia pyłu zawieszonego na świecie w miastach mających więcej niż 100 000 ludności.

Fig. 2. Estimated PM₁₀ concentrations in world cities having more than 100,000 people

Według badań National Resources Defense Council w Stanach Zjednoczonych rocznie z powodu chorób wywołanych zanieczyszczeniem powietrza przedwcześnie umiera ok. 64 000 osób, w tym wskutek zanieczyszczeń pyłami pochodzącymi z elektrowni odnotowuje się 2 800 zgonów na raka płuc i 38 200 zawałów serca. Na obszarze stanu Massachusetts spaliny samochodowe odpowiedzialne są za: 450 przedwczesnych zgonów, 700 niezakończonych zgonem zawałów serca, 9900 ataków astmy, 13 000 zaburzeń oddychania u dzieci i 60 000 dni absencji w pracy. Szacuje się, że w najbardziej zanieczyszczonych miastach amerykańskich średnia długość życia jest od 1 roku do 2 lat krótsza.

Również w Europie sytuacja nie przedstawia się najlepiej. Największe zanieczyszczenie powietrza występuje w Belgii, Holandii i północnych Włoszech oraz w krajach Europy Środkowej, głównie w Polsce i na Węgrzech. Również Ukraina Wschodnia i południowo-wschodnia Rumunia wykazują duże zanieczyszczenie powietrza. Badania wskazują, że średnio rocznie 400 000 osób umiera wskutek chorób wywołanych zanieczyszczeniem powietrza, a 100 000 jest hospitalizowanych z powodu chorób wywołanych zapyleniem. Za najbardziej niebezpieczne uznaje się cząstki stałe, mające średnicę mierzoną w mikrometrach. Cząstki

posiadające średnicę poniżej 10 mikronów łatwo przedostają się do płuc, wywołując poważne zaburzenia pracy serca i układu oddechowego. Odpowiadają one za dziesiątki tysięcy zgonów rocznie w Unii Europejskiej. Jak wynika z badań Martinsa (2004), przeprowadzonych w wybranych sześciu regionach Sao Paulo w okresie od stycznia 1997 do grudnia 1999 roku, gdzie badał dzienną liczbę zgonów osób starszych wskutek chorób dróg oddechowych. Regiony zostały wytypowane według kryterium bliskości stacji monitoringu środowiska. Analizowano także status społeczny denatów. Przeprowadzone badania wykazały silną korelację między wzrostem zanieczyszczeń pyłowych a wzrostem zgonów w badanej populacji. Wzrost stężenia pyłu zawieszonego w badanym okresie do $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ w PM₁₀ spowodował wzrost śmiertelności od 1,4% do 14,2% w poszczególnych regionach. Średni wzrost zgonów wyniósł 5,4%. Ponadto wykazano korelację dodatnią między zwiększoną liczbą zgonów a lokalizacją miejsca zamieszkania w slumsach.

Negatywny wpływ na organizm ludzki ma także ozon atmosferyczny – uszkadza płuca, wywołuje astmę oraz przyczynia się do przedwczesnej śmierci (Przyroda dla Europejczyków, 2005).

Niedocenianym zanieczyszczeniem powietrza jest hałas, szczególnie w miastach, gdzie jego natężenie często dochodzi do ok. 70 decybeli. Pod pojęciem hałasu rozumiemy dźwięki, których natężenie ma negatywny wpływ na przyrodę. Źródłami hałasu są zakłady przemysłowe, transport samochodowy, kolejowy, samoloty, imprezy rozrywkowe. Jest on jedną z przyczyn występowania nadciśnienia tętniczego, stresu, zaburzeń snu oraz upośledza słuch. Zwiększone natężenie występowania wymienionych jednostek chorobowych dotyczy osób, które pracują w ciągłym hałasie. Na choroby spowodowane zanieczyszczeniem powietrza szczególnie narażeni są ludzie starsi, dzieci, niemowlęta i kobiety w ciąży (www.Freelegeladvisehelp).

W Europie w 2001 roku uruchomiono program Czyste Powietrze dla Europy, którego celem jest walka z zanieczyszczonym powietrzem. Do 2012 roku w ramach VI Europejskiego Planu Działania zostanie opracowany program tematyczny określający cele ochrony środowiska i zdrowia łącznie z zanieczyszczeniem atmosfery. Raport z 2005 roku, przedstawiający niepokojący stan powietrza w Europie, prognozuje poprawę jakości powietrza do 2020 roku (tab. 6). Ponadto Komisja rozważa promowanie innowacji w transporcie. Postawione cele osiąga się między innymi poprzez określenie pułapów emisji poszczególnych zanieczyszczeń.

Tabela 6. Cele poprawy jakości powietrza w Europie do 2020 roku

Table 6. Objectives to improve air quality in Europe by 2020

Skutki zdrowotne w UE w 2000 roku	Cele do 2020 roku
Cząstki stałe	
Życie krótsze o 9 miesięcy	Wydłużenie życia o 3 miesiące
4 miliony lat życia tracone co roku	Zmniejszenie o 1,7 miliona lat życia
386 tysięcy przedwczesnych zgonów rocznie	Zmniejszenie o 135 tysięcy
110 tysięcy poważnych hospitalizacji rocznie	Zmniejszenie o 47 tysięcy
Ozon przygruntowy	
21,4 tysiąca przedwczesnych zgonów rocznie	Zmniejszenie o 600
30 milionów dni, w których przyjmowano leki na choroby dróg oddechowych	Zmniejszenie o 9 milionów

Źródło: Czas oczyścić powietrze, Przyroda dla Europejczyków, 2005, Magazyn Dyrekcji Generalnej ds. Środowiska, nr 20. http://ec.europa.eu/environment/news/efe/20/article_2434_pl.htm.

Reasumując, należy stwierdzić, że w interesie człowieka jest zachowanie czystej atmosfery. W tym celu należy w harmonijny sposób, zgodny z ideą ekorozwoju, wprowadzać do natury wytwory człowieka. Podstawą ochrony atmosfery winna być świadomość ekologiczna oraz troska o środowisko wywodzące się z koncepcji ekologii głębokiej. Realizacja ochrony powietrza winna być realizowana na trzech płaszczyznach. Po pierwsze, należy dążyć do zachowania naturalnego stanu atmosfery. Po drugie, należy usuwać ze środowiska substancje toksyczne i odpady, które mogłyby skażyć powietrze. Po trzecie, działalność gospodarcza winna w jak najmniejszy sposób wpływać na atmosferę.

Literatura

Blacksmith Institute, The World's Worst Polluted Places 2007.

Bousquet J., Dahl R., Khaltaev N., 2007. Global Alliance against Chronic Respiratory Diseases, European Respiratory Journal, 29: 233–239.

- Bruce N., Rerez-Padilla R., Albalak R., 2000. Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge, *Bulletin of the World Health Organization*, Bull World Health Organ vol. 78, No. 9, Geneva.
- Pandey K., 2004. Urban outdoor particulate air pollution: New estimates; K. et al. Development Economics Research Group & The Environment Department, The World Bank.
- Czas oczyścić powietrze, 2005. *Przyroda dla Europejczyków*, Magazyn Dyrekcji Generalnej ds. Środowiska, nr 20, http://ec.europa.eu/environment/news/efe/20/article_2434_pl.htm.
- www.Freelegeladvisehelp, Wpływ zanieczyszczenia na zdrowie.
- Martin M.C.H., 2004. Influence of socioeconomic conditions on air pollution adverse health effects in elderly people: an analysis of six regions in São Paulo, Brazil, *Journal Epidemiol Community Health*, 5: 41-46.

„Stoi na stacji lokomotywa”, czyli zanieczyszczenia środowiska związane z transportem kolejowym

“The locomotive stands on the station”, that is environmental
pollution connected with railway transport

BOGUSŁAW WIŁKOMIRSKI

Summary. The increasing number of people, as well as the extending civilizing and technological requirements constrain the progress of different types of transportation, which inevitably lead to contamination of the areas located in the vicinity of transportation routes. As a result of these events the increase of xenobiotics in the environment is observed. The road and railway transportations are the main types of land carriage. The harmfulness of road transportation was described in details both in original and review papers. The scientific literature concerning the contamination caused by the railway is poorer and some aspects connected with this problem need further investigations. In the present study the influence of railway transportation on the increase of organic and inorganic contamination of the areas surrounding the railway lines and infrastructure was presented. The polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and heavy metals are especially taken into consideration, because they are the most important pollutants emitted by this type of transportation.

Key words: railway transport, environmental pollution, polycyclic aromatic hydrocarbons, heavy metals.

Prof. dr hab. Bogusław Wilkomirski, Instytut Botaniki, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski, bowi@biol.uw.edu.pl

WSTĘP

Ludzie od niepamiętnych czasów przemieszczali się z miejsca na miejsce w poszukiwaniu lepszych warunków życia, odkrywając i zdobywając nowe terytoria albo po prostu z chęci przeżycia przygód, nigdy jednak nie było to zjawisko

tak masowe, jak w ciągu ostatnich dziesięcioleci. Jednak nie tylko masowość, ale także transportowa rewolucja technologiczna XX wieku zaczęła powodować wzrastające problemy środowiskowe. Dopóki na lądzie i na wodzie podróżowano, wykorzystując siłę mięśni zwierząt pociągowych albo siłę wiatru, zanieczyszczenie środowiska spowodowane przewożeniem ludzi i towarów praktycznie nie istniało.

Sytuacja zmieniła się w sposób zasadniczy wraz z wprowadzeniem źródeł napędu związanych ze spalaniem paliw kopalnych, a także wraz z nieuchronnymi modyfikacjami technicznymi szlaków komunikacyjnych i zmianami konstrukcyjnymi pojazdów.

XX wiek rozpoczął okres szybkiego rozwoju coraz bardziej nowoczesnego transportu, który zaczął się wyraźnie dzielić na transport lądowy, wodny i powietrzny. Przez dziesięciolecia budowano szosy i autostrady, coraz większe porty morskie i lotniska, rozwijano sieć linii i węzłów kolejowych, a dopiero stosunkowo niedawno zauważono pogłębiający się problem szkodliwości transportu. Zrozumiano, że obok przemysłu, rolnictwa i gospodarki komunalnej właśnie transport powoduje znaczne podwyższenie poziomu zanieczyszczeń różnymi substancjami, stanowiącymi zagrożenie dla organizmów żywych.

Powszechnie uważa się, że największe szkody środowiskowe powoduje transport samochodowy. Źródłami organicznych i nieorganicznych ksenobiotyków, związanymi z transportem samochodowym, są gazy emitowane z systemów wydechowych, ścierające się opony i nawierzchnia jezdni, paliwa i oleje oraz metalowe części pojazdów (Minami, Araki, 1975; Seaward, 1995; Ward, Donelly, 1995; Imperato i wsp., 2003). Powodem uwalniania szkodliwych substancji są wypadki i katastrofy drogowe (zdarzenia te występują także w transporcie kolejowym, w tym przypadku są jednak zdecydowanie rzadsze) (Lacey, Cole, 2003).

Na tle transportu samochodowego kolej wydawała się przez dłuższy czas stosunkowo niegroźnym dla środowiska rodzajem transportu. Jednak w ostatnim dwudziestoleciu to powszechne mniemanie, wyrażające się hasłem „tiry na tory”, jest coraz częściej weryfikowane, a w literaturze naukowej wzrasta liczba danych, świadczących o tym, że eksploatacja pociągów i całej infrastruktury kolejowej przyczynia się do szeregu niekorzystnych zmian w otoczeniu. Tematem niniejszej pracy jest przedstawienie aktualnego stanu wiedzy na temat najważniejszych zagrożeń chemicznych związanych z transportem kolejowym.

ZAGROŻENIA WYNIKAJĄCE Z TRANSPORTU KOLEJOWEGO

Transport kolejowy rozwinął się w XIX wieku jako pierwszy rodzaj transportu lądowego umożliwiający stosunkowo szybki przewóz dużej liczby osób i dużych ładunków. W ciągu ostatnich 100 lat w większości krajów świata pojawiła się rozbudowana sieć linii kolejowych. Niestety, wymagało to wprowadzenia wielu niekorzystnych dla środowiska działań, takich jak: wycinanie lasów, osuszanie bagien, wznoszenie mostów i nasypów, a także wykonywanie robót ziemnych związanych ze specyficzną konstrukcją toru kolejowego. Technologia i logistyka przewozów kolejowych jest znacznie bardziej skomplikowana niż w przypadku transportu samochodowego, dlatego też liniom kolejowym towarzyszy funkcjonowanie rozbudowanej i złożonej infrastruktury. Także tabor przewozowy, systemy bezpieczeństwa, sterowania i kontroli, układy zasilania i wszelkiego rodzaju elementy pomocnicze są bardziej różnorodne i złożone od analogicznych elementów związanych z transportem drogowym.

Transport kolejowy wykazuje znacznie większą terenochłonność niż transport drogowy. Dla przykładu w Polsce tereny, na których gospodarują Polskie Koleje Państwowe mają powierzchnię około 100 tysięcy hektarów, zatem na 1 km trasy kolejowej przypada około 4 hektarów (Stypułkowski i wsp., 1996). Eksploatacja terenów związanych z ruchem kolejowym rozpoczyna się na kilka lat przed uruchomieniem jazdy pociągów, w momencie przygotowań technicznych do poprowadzenia toru kolejowego albo przygotowań do budowy infrastruktury towarzyszącej stacjom i węzłom kolejowym. W Polsce na niektórych terenach kolej prowadzi swoją działalność ponad 160 lat, bowiem pierwsze koleje na ziemiach polskich powstały na terenie zaboru pruskiego pod koniec I połowy XIX wieku.

Specyfika ruchu kolejowego powoduje, że istnieją typowe dla tego rodzaju transportu zanieczyszczenia gruntu, pochodzące przede wszystkim z:

- przenikania substancji z drewnianych podkładów,
- zużytych olejów smarnych i płynów kondensatorowych,
- zużywania wierzchniej warstwy przewodów trakcyjnych, szyn, okładzin hamulcowych,
- masowego transportu produktów,
- magazynowania i przeładunku paliw i surowców,
- używania herbicydów w celach ochronnych.

Do najważniejszych zanieczyszczeń organicznych należą wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, a do najbardziej istotnych zanieczyszczeń nieorga-

nicznych metale ciężkie i to właśnie pojawianie się tych związków na terenach kolejowych zostanie dokładniej omówione poniżej.

WIELOPIERŚCIENIOWE WĘGLOWODORY AROMATYCZNE

Jednym z bardzo istotnych źródeł zanieczyszczeń organicznych związanych z transportem kolejowym, któremu należy poświęcić zdecydowanie najwięcej uwagi, jest emisja substancji związanych z produktami zabezpieczającymi drewniane podkłady kolejowe. Podstawowymi impregnatami służącymi do tego celu są pochodne smoły węglowej, z których największe zastosowanie znalazł kreozot, szczególnie kreozot węglowy. Typowy kreozot jest frakcją uzyskiwaną podczas destylacji smoły węglowej w zakresie temperatur 200–400°C (Gevao, Jones, 1998). Ze względu na swoją wysoką efektywność w ochronie drewna przed procesami destrukcji powodowanymi przez mikroorganizmy i grzyby, ale także przez zjawiska atmosferyczne, kreozot w wielu krajach świata stał się podstawową substancją impregnacyjną stosowaną do ochrony przedmiotów i konstrukcji drewnianych, takich jak: słupy energetyczne i ogrodzeniowe, falochrony i urządzenia portowe, a nawet konstrukcje na placach zabaw dla dzieci (Moret i wsp., 2007). Jednak zdecydowanie najczęściej kreozotu używanego do impregnacji stosuje się do ochrony drewnianych podkładów kolejowych. W 1993 roku w Kanadzie 54% wyprodukowanego kreozotu zużyto do tego celu (Canadian Environmental Protection Act, 1993). W niektórych krajach takie zastosowanie kreozotu ma bardzo długą historię, na przykład w USA rozpoczęło się w 1865 roku (Brookes, 2004).

Niestety, mimo niewątpliwych zalet użytkowych, kreozot ma zasadniczą wadę – jest nią jego skład chemiczny. Jest to skomplikowana mieszanina ponad 200 związków chemicznych, wśród których wagowo dominują WWA. Wielopierścieniowym węglowodorom aromatycznym towarzyszą aromatyczne związki fenolowe, a także struktury aromatyczne zawierające w cząsteczkach atomy siarki i azotu. Kreozot zwykle zawiera ponad 30 różnych WWA, które mogą stanowić nawet do 85% masy tego produktu (World Health Organization, 2004), z czego zawartość 16 WWA, uważanych przez USEPA za priorytetowe substancje zanieczyszczające, stanowi 20–40% typowego produktu. Jakościowy skład kreozotu zależy od miejsca pochodzenia węgla i technologii otrzymywania smoły, jednak wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi, które występują w kreozocie w największej ilości są fenantren, naftalen i fluoranten (Bestari i wsp., 1998; Lehto i wsp., 2000). Według szacunków WHO roczna produkcja kreozotu w krajach Unii Europejskiej na początku XXI wieku wynosiła od

60 do 100 tysięcy ton. Znacznie większą wielkość produkcji rocznej (70 milionów ton) zanotowano w Japonii (Ikarashi i in., 2005).

Zagrożenie emisją WWA z podkładów kolejowych jest dwojakiego rodzaju. Pierwszym typem emisji jest przenikanie pochodnych węglowodorowych do środowiska z podkładów znajdujących się na eksploatowanych liniach. Zgodnie z badaniami Kohlera i Kunningera (2003) z podkładów (około 9 milionów) znajdujących się na torach szwajcarskiej sieci linii kolejowych przenika rocznie do środowiska 139 ton WWA umieszczonych na liście EPA. Zdaniem autorów obecnie jest to wielkość porównywalna z emisją wynikającą z ruchu pociągów. Gdyby udało się opracować technologię zmieniającą skład kreozotu (a takie próby są czynione), emisja WWA z podkładów mogłaby być znacznie mniejsza niż ta, która pochodzi z czynników eksploatacyjnych i trakcyjnych.

Drugim rodzajem zagrożenia jest sukcesywna wymiana podkładów drewnianych i ich wtórne wykorzystanie, szczególnie przez indywidualnych odbiorców, do budowy ogrodzeń i urządzeń małej architektury ogrodowej, a także jako materiał opałowy. Sytuacja taka jest szczególnie groźna w Japonii, gdzie – w odróżnieniu od Unii Europejskiej – brak jest kontroli i regulacji prawnych w stosunku do recyklingu zużytych podkładów kolejowych (Ikarashi, 2005). Zdaniem Thierfeldera i Sandstroma (2008) spalanie w zwykłych warunkach drewna impregnowanego kreozotem uwalnia duże ilości związków kancerogennych.

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (obok substancji ropopochodnych) pojawiają się na terenach kolejowych także w wyniku transportu niektórych substancji, używania lokomotyw spalinowych oraz wydostawania się na zewnątrz niektórych materiałów eksploatacyjnych. Na torowiskach intensywnie eksploatowanych, na których znajdują się drewniane, dawno niewymieniane podkłady, a także na wszelkiego rodzaju urządzeniach stacyjnych, na których pociągi są rozładowywane, myte albo po prostu stoją przez dłuższy czas, poziom WWA bywa niekiedy bardzo wysoki.

Zawartość WWA w podłożu różnych części funkcjonalnych węzła kolejowego Iława Główna w kilka lat po remoncie, polegającym na wymianie podkładów i tłucznia lub pospółki, wynosiło od 910 do 2178 $\mu\text{g/kg}$ (Maławska, Wiłkomirski, 2001). Po kolejnych 13 latach znacznie wzrosła (przy niezmiennym tle w okolicy), co jednoznacznie wskazuje na emisję WWA przez transport kolejowy (Wiłkomirski i wsp., dane niepublikowane).

METALE CIĘŻKIE

W ostatnich latach ukazało się wiele prac, w których jednoznacznie stwierdzono szkodliwy wpływ metali ciężkich (Turkdogan i wsp., 2003; Kawata i wsp., 2007; Gheorghiu i wsp., 2007). Zanieczyszczenia te dostają się do środowiska w wyniku wielu procesów (Chukwuma, 1993; Esser, 1996), przy czym do najważniejszych źródeł metali ciężkich należy transport. Początkowo badacze interesowali się transportem drogowym (głównie ze względu na zawartość ołowiu w spalinach samochodowych), jednak w ostatnich kilkunastu latach zaczęły pojawiać się prace dotyczące metali ciężkich emitowanych przez transport kolejowy. Jedne z pionierskich prac na ten temat opublikowali Maławska i Wiłkomirski (1997, 2000, 2001a). W pracach tych określono zawartość metali ciężkich (Pb, Cd, Cr, Hg, Mo, Zn, Co, Cu) w próbkach gleby i roślin zebranych w różnych częściach dwóch ważnych węzłów kolejowych (Iława Główna i Tarnowskie Góry) oraz przy strategicznych liniach kolejowych (Warszawa – Gdańsk i Katowice – Gdynia). Wykazano wysoką zawartość metali ciężkich (szczególnie Cu, Mn i Zn) na różnych częściach funkcjonalnych węzłów kolejowych. W Tarnowskich Górach na placu przeładunkowym poziom miedzi wynosił 304 mg/kg, a poziom cynku 784 mg/kg. Wyjątkowo wysoka była zawartość cynku na myjni w Iławie, osiągając poziom 1244 mg/kg. Wysokość zanieczyszczenia metalami ciężkimi przy liniach kolejowych spadała wraz ze wzrostem odległości od toru, co dowodzi, że to właśnie ruch pociągów jest stałym dostarczycielem tych ksenobiotyków.

W kolejnych latach w literaturze naukowej pojawiły się prace dotyczące zanieczyszczenia metalami ciężkimi powietrza w otoczeniu szlaków kolejowych (Chan i wsp., 2002; Johansson, Johansson, 2003; Bukowiecki i wsp., 2006). Jednak główny nurt badawczy w tym obszarze koncentrował się na zanieczyszczeniach gleby na terenach powiązanych funkcjonalnie z transportem i infrastrukturą kolejową. Do najnowszych i najciekawszych prac należą publikacje opisujące zanieczyszczenie metalami ciężkimi gleb położonych w Korei i Chinach (Jeon i wsp., 2008; Liu i wsp., 2009). Z prac tych wynika, że metalami ciężkimi, których emisja jest szczególnie związana z transportem kolejowym, są miedź, mangan i cynk, co jest zgodne z obserwacjami Maławskiej i Wiłkomirskiego (2000, 2001). Badacze chińscy zaobserwowali także zmniejszanie się zawartości metali ciężkich wraz ze zwiększaniem odległości od toru kolejowego.

PODSUMOWANIE

Opisane badania wykazują, że transport kolejowy może być istotnym zagrożeniem dla środowiska naturalnego. Dotyczy to zarówno zanieczyszczeń wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi, jak i metalami ciężkimi. Poza tym transport kolejowy wprowadza do środowiska także polichlorowane bifenyle, choć problem ten jest słabo zbadany. Wstępne wyniki uzyskali Malawska i Wiłkomirski (2001b). Z badań tych wynikało, że mniszek lekarski może być uznany za dobry bioindykator zanieczyszczeń polichlorowanymi bifenylami, a silne zanieczyszczenie gleby substancjami ropopochodnymi, powoduje, że najwyższy stopień kumulacji osiągają hekso- i hepta-CB.

Za szczególnie istotne środowiskowo można uznać pojawianie się bardzo dużych stężeń rakotwórczych WWA w glebie i w roślinach. Zgodnie z koncepcją chemicznej biomagnifikacji na wyższych poziomach łańcuchów troficznych będą pojawiać się coraz wyższe stężenia potencjalnie groźnych związków. Dlatego tak ważne są badania zawartości organicznych pochodnych w glebie, a następnie w roślinach i organizmach glebowych, które są pierwszymi ogniwami w skomplikowanych sieciach troficznych, a poziom lipofilnych ksenobiotyków organicznych w tych organizmach pozwala przewidzieć stężenie na wyższym poziomie zależności troficznych. W przypadku najbardziej zanieczyszczonych terenów kolejowych należałoby prowadzić stały monitoring, którego skutkiem powinno być rozpoczęcie remontu polegającego na wymianie podłoża w przypadku przekroczenia niebezpiecznego poziomu ksenobiotyków. Ważnym elementem takich remontów jest wymiana podkładów drewnianych na betonowe.

W przypadku monitoringu poziomu metali ciężkich należałoby uwzględnić tzw. współczynnik wzbogacania (*enrichment factor, EF*). Zgodnie z propozycją Kim i Kim (1999) współczynnik taki określa stosunek stężenia metalu w próbce do stężenia metalu w materiale referencyjnym. Sutherland (2000) zaproponował pięć kategorii zanieczyszczenia terenu związanych z wartością EF. Najlepiej byłoby, aby współczynnik ten nie przekraczał dwóch jednostek, tymczasem w przypadku niektórych metali EF przekracza 20 (Malawska, Wiłkomirski, 2001a), co oznacza czwartą kategorię, a więc teren o bardzo silnie zwiększonej zawartości metali ciężkich. Monitoringiem takim powinny zostać objęte przede wszystkim linie o dużym natężeniu ruchu towarowego oraz tereny bocznic i ramp przeładunkowych.

Oprócz klasycznego monitoringu chemicznego obiecującym kierunkiem wydaje się być monitoring biologiczny związany z roślinami. Atutem flory jest fakt

jej niezwyklej plastyczności, czyli możliwości dostosowania się do skrajnie różnych warunków. Efektem tego typu badań mogłaby stać się tabela organizmów roślinnych, które byłyby wskaźnikami stanu podłoża. Dzięki takim informacjom, bez wielu kosztownych badań, można by (przynajmniej wstępnie) stwierdzić, które z terenów kolejowych wymagają szczególnych działań ochronnych.

Literatura

- Alloway B.J., 1990: Heavy metal in soils. John Wiley and Sons, New York.
- Bestari K. T. J., Robinson R. D., Solomon K.R., Steele T S., Day K.E., Sibley PK., 1998: Distribution and composition of polycyclic aromatic hydrocarbons within experimental microcosms treated with liquid creosote. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17(12): 2359–2368.
- Brookes K.M., 2004: Polycyclic aromatic hydrocarbon migration from creosote-treated railway ties into ballast and adjacent wetlands. Research Paper. FPL-RP-617. Madison WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 53 pp.
- Bukowiecki N., Gehrig R., Hill M., Lienemann P., Zwicky C.N., Buchmann B., Weingartner E., Baltensperger U., 2007: Iron, manganese and copper emitted by cargo and passenger trains in Zurich (Switzerland: Size-segregated mass concentration in ambient air. *Atmospheric Environment*, 41: 878–889.
- Canadian Environmental Protection Act. Priority Substances List assessment report. 1993: Creosote-impregnated waste materials. Ottawa, Ontario: Minister of Supply and Service.
- Chan L. Y., Lau W. L., Lee S. C., Chan C. Y., 2002: Commuter exposure to particulate matter in public transportation modes in Hong Kong. *Atmospheric Environment* 36: 3363–3373.
- Chukwuma C., 1993: Comparison of the accumulation of cadmium, lead and zinc in cultivated and wild plant species.
- Gevao B., Jones K. C., 1998: Kinetics and potential significance of polyaromatic hydrocarbon desorption from creosote-treated wood. *Environmental Science and Technology* 32: 640–646.
- Gheorgiu C., Cable J., Marcogliese D. J., Scott M. E., 2007: Effects of waterborne zinc on reproduction, survival and morphogenesis of *Gyrodactylus turnbulli* (Monogenea) on guppies (*Poecilia reticulata*). *International Journal for Parasitology* 37: 375–381.
- Ikarashi Y., Kaniwa M., Tsuchiya T., 2005: Monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons and water-extractable phenols in creosotes and creosote-treated woods made and procurable in Japan. *Chemosphere*, 60: 1279–1287.

- Imperato M., Adamop P., Naimoa D., Arienzo M., Stanzione D., Violante P., 2003: Spatial distribution of heavy metals in urban soils of Naples city (Italy) *Environmental Pollution*, 124: 247–256.
- Jeon K., Lee J., Choi S., 2008: Heavy metal contamination of soil and groundwater at a rail rolling stock workshop. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 17: 75–97.
- Johansson C., Johansson P. A., 2003: Particulate matter in the underground of Stockholm. *Atmospheric Environment*, 37: 3–9.
- Kawata K., Yokoo H., Shimazaki R., Okabe S., 2007: Classification of heavy metal toxicity by human DNA microarray analysis. *Environmental Science and Technology*, 41: 3769–3774.
- Kim H. K., Kim S. H., 1999: Heavy metal pollution of agricultural soils in central regions of Korea. *Water, Air and Soil Pollution*, 111: 109–122.
- Kohler M., Kunninger T., 2003: Emissions of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) from creosoted railroad ties and their relevance for life cycle assessment (LCA). *Holz als Roh-und Werkstoff*, 61: 117–124.
- Lacey R. F., Cole J. A., 2003: Estimation water pollution risks arising from road and railway accidents. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 36(2): 185–192.
- Lehto K. M., Lemmetyinen H., Puhakka J., 2000: Biodegradation of photoirradiated polycyclic aromatic hydrocarbon constituents of creosote oil. *Environmental Technology*, 21: 901–907.
- Liu H., Chen L., Ai Y., Yang X., Yu Y., Zuo., Fu G., 2009: Heavy metal contamination in soil alongside mountain railway in Sichuan, China. *Environmental Monitoring Assessment*, 152: 25–33.
- Malawska M., Wiłkomirski B., 1997: Analiza skażeń gleby polichlorowanymi bifenylami (PCBs) i metalami ciężkimi (Cd, Pb) w otoczeniu szlaków kolejowych oraz węzła Ława Główna. *Roczniki PZH*, 48: 343–349.
- Malawska M., Wiłkomirski B., 2000: Soil and plant contamination with heavy metals in the area of the old railway junction Tarnowskie Góry and near two main railway routes. *Roczniki PZH*, 51(3): 259–267.
- Malawska M., Wiłkomirski B., 2001a: An analysis of soil and plant (*Taraxacum officinale*) contamination with heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the area of the railway junction Ława Główna, Poland. *Water, Air and Soil Pollution*, 127: 339–349.
- Malawska M., Wiłkomirski B., 2001b: Accumulation rate of polychlorinated biphenyls (PCBs) in dandelion (*Taraxacum officinale*) in the conditions of soil contamination with oil derivatives. *Roczniki PZH*, 52(4): 295–311.

- Minami K., Araki K., 1975: Distribution of trace elements in arable soil affected by automobile exhaust. *Soil Science and Plant Nutrition*, 21(2): 185–188.
- Moret S., Purcaro G., Conte L. S., 2007: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) content in soil and olives collected in areas contaminated with creosote released from old railway ties. *Science of the Total Environment*, 386: 1–8.
- Seaward M., 1995: Use and abuse of heavy metal bioassays in environmental monitoring. *Science of the Total Environment*, 176: 129–134.
- Stypułkowski B., Szydło A., Kryszno M., 1996: Zagadnienia ochrony środowiska w budownictwie komunikacyjnym. XXII Wrocławskie Dni Nauki i Techniki.
- Sutherland R. A., 2000: Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology*, 39: 611–627.
- Thierfelder T. Sandstrom E., 2008: The creosote content of used railway crossties as compared with European stipulation for hazardous waste. *Science of the Total Environment*, 402: 106–112.
- Turkdogan M. K., Kilicel F., Kara K., 2003: Heavy metals In soil, vegetables and fruits In the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13: 175–179.
- Ward N., Donnelly C., 1995: Sequential extraction of bad in London orbital motorway run-off sediments. *International Conference of Heavy metals in the Environment*, Hamburg 2: 435–438.
- Wiłkomirski B., Sudnik-Wójcikowska B., Galera H., Wierzbicka M., Malawska M., The railway transportation as a serious source of organic and inorganic pollution (w przygotowaniu do druku).
- World Health Organization 2004: Coal Tar Creosote. *Concise International Chemical Assessment Document* 62. Geneva.

Zmiany przyrodnicze w ekosystemach pod wpływem pożarów środowiskowych

Natural changes in ecosystems under the influence of wildfires

BOGUSŁAW WIŁKOMIRSKI, PIOTR GUTRY

Summary. Wildfire is any uncontrolled fire occurring in different ecosystems. Degradation of environment and drought are among the most important reasons of wildfires. Any wildfire influences on environment, mostly by high temperature, and the effect can be observed on the field of changes of soil physical and chemical features, environmental xenobiotics level and animated nature. The most important changes of soil features include the variations in levels of organic matter, nitrogen and phosphorus, as well as the changes in soil reaction. Among the environmental results of wildfires, the increasing of the xenobiotics concentration and greenhouse gases amount can be observed. The most important organic pollutants originating from wildfires are polyaromatic hydrocarbons, which are known as highly toxic and carcinogenic compounds. In animated nature wildfire cause either fast biotic effects and adaptations or long lasting effects. The above effects are of more concern in plant world.

Key words: wildfires, soil, peat, polyaromatic hydrocarbons, plant succession.

Prof. dr hab. Bogusław Wilkomirski, Instytut Botaniki, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski, bowi@biol.uw.edu.pl

Piotr Gutry, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach. Oddział w Warszawie, ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa

CHARAKTERYSTYKA POŻARU ŚRODOWISKOWEGO

Każdy pożar, bez względu na wielkość i miejsce występowania, jest gwałtownym zjawiskiem, niosącym ze sobą szereg poważnych konsekwencji. Pożary środowiskowe, szczególnie wielkoobszarowe, powodują brzemienne w skutki, często niekorzystne zmiany w ekosystemach, a głównym czynnikiem

odpowiedzialnym za wszelkie przekształcenia jest energia w postaci ciepła, która wydziela się w trakcie gwałtownych reakcji chemicznych przebiegających podczas spalania różnego typu paliw. W przypadku pożarów środowiskowych paliwem zwykle jest żywa i obumarła roślinność (pnie, konary, gałęzie, liście), ale także humus glebowy czy torf znajdujące się w złożach torfowisk różnego typu. Dodatkowym – oprócz wysokiej temperatury – niekorzystnym czynnikiem oddziaływania na środowisko są stałe i gazowe produkty spalania (Neary i wsp., 1999; Pyne i wsp., 1996).

W naszej strefie klimatycznej pojawianie się pożarów środowiskowych (szczególnie tych o dużej intensywności) jest świadectwem degradacji środowiska. W 1992 r. w okolicach Kuźni Raciborskiej na Śląsku szalał największy w historii polskiego leśnictwa pożar, który zniszczył ponad 10 tysięcy hektarów lasu. Przyczyną zastraszających (jak na warunki europejskie) rozmiarów tej katastrofy było przesuszenie ściółki leśnej oraz jej silne zanieczyszczenie substancjami toksycznymi, powodujące zanik mikrofauny i flory glebowej przekształcającej ją w próchnicę.

Długotrwałe okresy suszy niewątpliwie wpływają na częstotliwość i rozmiar pożarów środowiskowych. W 1988 r. w Parku Narodowym Yellowstone spłonęło ponad 250 tysięcy hektarów lasów, co stanowiło około 36% powierzchni leśnych całego parku i było jedną z największych katastrof tego typu na świecie. Według raportów FAO około 40% światowych zasobów leśnych jest potencjalnie zagrożonych pożarami. W Europie jest jeszcze gorzej, gdyż aż 65% terenów leśnych położonych jest na obszarze o dużym zagrożeniu pożarowym. Wielkie pożary lasów w Hiszpanii i Grecji w ostatnich latach potwierdzają tę tezę.

Z punktu widzenia leśników, służb przeciwpożarowych, a także szerokiej opinii publicznej, pożary środowiskowe są zjawiskiem zdecydowanie negatywnym, czasami przeradzającym się w klęskę żywiołową. Nie należy jednak zapominać o tym, że w wielu środowiskach ogień jest nie tylko niszczącym żywiołem, ale także jednym z naturalnych czynników ekologicznych, warunkujących regenerację charakterystycznych gatunków flory.

Najczęstszą przyczyną pożarów środowiskowych (szczególnie w lasach) są wyładowania atmosferyczne. Na drugim miejscu w statystyce przyczyn powstania pożarów są podpalenia (zwykle umyślne, a czasem w wyniku przypadkowego zaproszenia ognia). Samoistne zapalenie się biomasy nagromadzonej w ściółce leśnej lub w pokładach torfu jest możliwe, jednak pojawia się stosunkowo rzadko.

Do przebiegu reakcji spalania niezbędne są trzy czynniki: obecność paliwa, źródło zapłonu i wystarczające stężenie tlenu w otoczeniu. Jednoczesne

zaistnienie tych czynników jest warunkiem koniecznym do rozpoczęcia pożaru, który w przypadku pożarów środowiskowych przebiega zwykle w pięciu stadiach określanych jako: faza wstępna, spalanie płomieniowe, tlenie (spalanie z wydzielaniem dużych ilości dymu), żarzenie oraz wygasanie.

Faza wstępna polega na nagrzewaniu paliwa oraz na reakcjach pirolitycznych, czyli procesach chemicznego rozkładu powodowanych wzrostem temperatury. W przypadku zapłonu rozpoczynają się reakcje spalania, podczas których uwalnia się energia w postaci ciepła oraz powstają różne produkty spalania – zarówno gazowe, jak i stałe (Pyne i wsp., 1996; DeBano i wsp., 1998).

Sprzyjające warunki, do których należy zwiększony dopływ tlenu, na przykład w trakcie silnego wiatru, powodują rozpoczęcie spalania płomieniowego, stanowiącego najbardziej niszczycielską fazę pożaru. Gwałtowne reakcje egzotermiczne przebiegające w zakresie temperatur od 300 do 1400°C powodują powstanie płomienia, którego cechy zależą z jednej strony od rodzaju paliwa, a w konsekwencji od właściwości produktów spalania, a drugiej – od stałej dostępności tlenu (Mullins, 1999; National Wildfire Coordination Group., 1994). Silny wiatr bierze udział w rozprzestrzenianiu się pożaru nie tylko dostarczając tlenu, ale także przesuwając płomień w kierunku nowych zasobów paliwa. O rozszerzaniu zasięgu pożaru – prócz wiatru – decydują także temperatura i wilgotność powietrza.

Zmniejszanie się ilości paliwa oraz powstawanie produktów spalania powoduje przejście do następnej fazy pożaru, zwanej tleniem. Podczas tej fazy maleje intensywność procesu spalania, spada temperatura i spowalnia się tempo rozprzestrzeniania się pożaru. Pożary środowiskowe występujące w lasach oraz na stepach i sawannach charakteryzują się przede wszystkim fazą spalania płomieniowego, podczas gdy spalanie się materii organicznej, obecnej w złożach torfu, butwiejących szczątkach roślinnych czy humusie, jest procesem przebiegającym przede wszystkim w stadium tlenia, a nawet występującego po nim żarzenia. Te dominujące w pożarach torfowisk fazy przebiegają co prawda w niższych temperaturach, nieprzekraczających zwykle 700°C, jednak są znacznie bardziej długotrwałe i dlatego mają bardziej istotny wpływ na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne podłoża.

Zakończenie procesu żarzenia prowadzi do wygasania pożaru, które następuje w wyniku albo całkowitego wypalenia się biomasy, albo też zadziałania innych czynników, wśród których najistotniejsze to: zbyt duża wilgotność pozostałej po pożarze biomasy, zbyt niska temperatura niegwarantująca przebiegu reakcji pizolitycznych albo zbyt niskie stężenie tlenu w sąsiedztwie strefy spalania.

Bez względu na miejsce występowania pożaru środowiskowego podstawowym jego efektem jest wpływ wysokiej temperatury, a stopień zmian otoczenia zależy od charakteru pożaru i jego długości (DeBano i wsp., 1998). Zmiany te można rozpatrywać na trzech płaszczyznach, tj. zmian we właściwościach fizyczno-chemicznych gleb, pojawianiu się gazów cieplarnianych i ksenobiotyków organicznych oraz wpływie na przyrodę ożywioną, co zostanie kolejno omówione.

ZMIANY W GLEBACH POWODOWANE PRZEZ POŻAR

Emisja ciepła w wyniku przebiegających reakcji egzotermicznych w sposób bezpośredni wpływa na otaczającą glebę. Transport wydzielanego ciepła charakteryzuje się różnorodnością mechanizmów. Jednym z najważniejszych sposobów jest przewodzenie, które odbywa się w wyniku wymiany energii kinetycznej cząsteczek między ciałami o różnej temperaturze i ma miejsce w przypadku bezpośredniego kontaktu źródła ciepła z zimniejszym otoczeniem. Przewodzenie powoduje wyrównywanie się temperatur między strefą spalania biomasy a otaczającą ją glebą. Pożary powierzchniowe rozprzestrzeniające się w lasach i ekosystemach trawiastych zwykle powodują wzrost temperatury wierzchnich warstw gleby do około 300°C, choć w przypadku spalania dużych ilości biomasy mogą oscylować w granicach 500–700°C, a lokalnie nawet sięgać do 1400–1500°C. Bardzo wysokie temperatury, oscylujące w granicach 1000–1500°C, mogą pojawiać się podczas wglębnych pożarów złóż torfowych (Muraleedharan i wsp., 2000; Saharo, Munoz, 2005). Choć w większości przypadków temperatury tlenia torfów są znacznie niższe (500–600°C), to jednak w zupełności wystarcza to do rozkładu materii organicznej, który zaczyna przebiegać już w granicach 200–300°C.

Zdecydowana większość autorów (np. DeBano i wsp., 1998; Neary i wsp., 1999; Neary i wsp., 2005; Kennard, Gholz, 2001; Gonzalez-Perez i wsp., 2004; Certini, 2005) uważa, że pożary środowiskowe oddziałują na wiele właściwości gleb, przy czym w najbardziej istotny sposób wpływają na poziom materii organicznej, zawartość węgla, azotu, fosforu oraz odczyn gleby. Pożar środowiskowy w sposób istotny wpływa na zwiększenie pH gleby, czyli na alkalizację odczynu. Spowodowane jest to z jednej strony powstawaniem tlenków metali alkalicznych, a także wodorotlenków i węglanów, z drugiej – spalanie materii organicznej związane jest z uwolnieniem do środowiska związków o charakterze zasadowym. Pewien udział w procesie alkalizacji ma również denaturacja wielkocząsteczkowych kwasów organicznych pod wpływem wysokiej temperatury.

Już przy nagrzewaniu gleby do temperatury 450–500°C odnotowuje się wzrost wartości pH o około 0,5 jednostki, co zostało stwierdzone w wierzchnich warstwach gleb lasów i sawann objętych pożarami (Lynham i wsp., 1998; Certini, 2005; Ponder i wsp., 2009). Z kolei Marafa i Chau (1999), badając zmiany odczynu gleby po pożarach na wzgórzach otaczających Hongkong, stwierdzili wzrost pH o 0,27–0,33 jednostki.

Z oczywistych względów pożar środowiskowy wpływa na losy podstawowego pierwiastka biogenego, jakim jest węgiel. Neary i wsp. (2005) uważają, że procesy zmniejszania się poziomu materii organicznej mogą rozpoczynać się nawet w temperaturze nieprzekraczającej 100°C. Wraz ze wzrostem temperatury proces ten ulega intensyfikacji. W temperaturze dochodzącej do 200°C wyraźnie zmniejsza się poziom lotnych związków organicznych. Szacuje się, że przy temperaturze około 300°C następuje utrata do 85% glebowej materii organicznej, a działanie temperatury 500°C w ciągu zaledwie 30 minut jest w stanie spowodować utratę prawie całej puli glebowych związków organicznych. Oczywiście poszczególne elementy glebowej materii organicznej w różnym stopniu są podatne na procesy pirolizy. Czynnikiem decydującym o termolabilności lub termostabilności jest budowa chemiczna związków organicznych, gdyż niektóre grupy funkcyjne lub ugrupowania strukturalne są podatne na degradację termiczną. Ma to duże znaczenie w degradacji wielkocząsteczkowych struktur kwasów huminowych i fulwowych (Almendros i wsp., 1990; Certini, 2005).

Złóża torfowe są szczególnym rodzajem podłoża ze względu na wysoką zawartość węgla. Duży pożar środowiskowy – szczególnie penetrujący do głębszych warstw złoża – powoduje ewidentne, bezpowrotne straty węgla organicznego. Co więcej, spalenie się wyższych warstw torfowiska musi wpływać na pozostałe po pożarze poziomy złoża, zatem na torfowisku powstaje gleba o nowych właściwościach, odmiennych od cech gleb murszowych i bagiennych przed pożarem. Wzbogacenie składnikami zawartymi w popiele przejawia się we wzroście trofizmu gleby (Dembek i wsp., 2005).

Zmiany pojawiające się w składzie drobnocząsteczkowych pochodnych lipidowych obecnych w glebie są również charakterystyczne dla pożarów środowiskowych. Na przykład wysoka temperatura może powodować fragmentację długich łańcuchów węglowych, a to w przypadku pożarów o niewielkiej intensywności (nieniszczących całkowicie materii organicznej) znajduje odzwierciedlenie we wzroście zawartości alkanów oraz alkoholi oraz kwasów karboksylowych o krótszych łańcuchach węglowych.

Azot jest bardzo ważnym pierwiastkiem biogenym i jednocześnie jedynym pierwiastkiem z tej grupy, którego źródłem w glebie nie są procesy wietrzenia

skały macierzystej. Zdecydowana większość jego zasobów jest włączana w łańcuchy troficzne w wyniku ciągu reakcji chemicznych związanych z wiązaniem pierwiastkowego azotu z powietrza. Dodatkowym źródłem azotu jest stosowanie nawozów mineralnych.

Zmiany zawartości azotu w podłożu zależą silnie od temperatury. Za temperaturę graniczną, powyżej której rozpoczynają się straty azotu, uważa się 200°C, temperatura w granicach 400–500°C powoduje utratę około połowy puli azotu, a powyżej 500°C straty atomu gwałtownie rosną i przy dłużej trwającym pożarze mogą być prawie całkowite (Neary i wsp., 1999, 2005; Certini, 2005). Związki organiczne zawierające azot ulegają degradacji w temperaturze około 350°C, przy czym najbardziej wrażliwe są formy aminokwasowe. W wyższych temperaturach ugrupowania amidowe podlegają przekształceniu w pierścieniowe formy heterocykliczne zawierające azot – pirol, imidazol, indol (Knicker i wsp., 1996).

W przypadku pożarów o gwałtownym, a nawet umiarkowanym przebiegu, większość azotu obecnego w związkach organicznych zmienia się w formy nieorganiczne, głównie w azot amonowy ($N - NH_4^+$). Popiół, który tworzy się w efekcie spalania materii organicznej również może zawierać w swym składzie azot amonowy. Duże ilości amoniaku ulatniają się podczas pożaru do atmosfery, jednak pewne jego ilości mogą pozostawać w glebie, gdzie w wyniku reakcji nitryfikacji są następnie przekształcane w przyswajalne azotany (Choromanska, DeLuca, 2002; Knicker i wsp., 2005; Neary i wsp., 2005). Tak powstałe azotany mogą utrzymywać się w glebie nawet kilka lat po pożarze.

Choć z danych literaturowych wynika, że pożary powodują straty ogólnej ilości azotu (Acea i wsp., 2003; Knicker i wsp., 1996), to jednak mogą ułatwiać późniejsze wkraczanie roślin na pożarzyska, gdyż jednocześnie zwiększają zawartość przyswajalnych (mineralnych) form tego pierwiastka (Certini, 2005). Również Neary i wsp. (2005) uważają, że wzrost zawartości azotu nieorganicznego w glebach objętych pożarem, choć ma charakter tymczasowy, korzystnie wpływa na regenerację roślinności.

Ponadto prace badawcze nad wpływem częstości pożarów na zawartość nieorganicznych form azotu ($N - NH_4^+$) i ($N - NO_3^-$) w glebach, prowadzone w lasach sosnowych Arizony przez Covington i Sackett (1986), dowodzą, że obszary, na których dochodzi do częstych kontrolowanych wypaleń, charakteryzują się wyższą zawartością azotu amonowego i azotanowego w porównaniu do terenów nieobjętych pożarami.

Z dostępnych publikacji wyraźnie wynika, że stosunek zawartości węgla do azotu (C/N) w glebach, które uległy spaleniowi jest zdecydowanie mniejszy niż w glebach, na których pożar nie występował (Almendros i in., 1990; DeBano

i in., 1998; González-Pérez i in., 2004; Pyne i in., 1996). Eksperymenty przeprowadzone przez Monleon i Cromacka (1996) na terenach leśnych, na których wystąpił pożar, również dowiodły spadku wartości C/N w badanych glebach.

Dotychczasowe wyniki badań wskazują, że pożary mają mniejszy wpływ na straty fosforu w porównaniu z azotem. Jest to spowodowane tym, że ulatnianie fosforu następuje w wyższych temperaturach, rzędu 770°C. Z badań wynika, że podczas całkowitego spalania materii organicznej w trakcie intensywnego pożaru środowiskowego tylko około 50–60% całkowitej ilości fosforu ulatnia się do atmosfery. Niemniej proces spalania w sposób istotny zmienia cykl biogeochemiczny tego pierwiastka. Przejawia się to między innymi przekształceniem fosforu organicznego w ortofosforan, czyli jedyną przyswajalną przez organizmy formę fosforu (Cade-Menun i wsp., 2000).

Pożar środowiskowy, w zależności od swojego przebiegu, może pozostawiać zmienne, ale stosunkowo duże ilości nieorganicznego fosforu, zwłaszcza w powstającym popiele. Zaobserwowano przy tym, że jeśli w popiele są obecne związki wapnia, a odczyn otoczenia zbliżony jest do obojętnego, fosfor w tej postaci może być szybko „unieruchomiony”, a przez to staje się niedostępny dla roślin (Neary i wsp., 2005). Ponadto w kwaśnych glebach ortofosforan wiąże się (na zasadzie adsorpcji) z glinem, żelazem oraz manganem (Certini, 2005).

Okres, przez który mineralne formy fosforu są dostępne dla organizmów żywych, może być zróżnicowany i stosunkowo długi. Jak twierdzą Romanya i wsp. (1994), siedem miesięcy po pożarze lasu eukaliptusowego odnotowywano podwyższone zawartości mineralnego fosforu, w porównaniu z ilościami zmierzonymi przed pożarem. Podobne wyniki uzyskał Macadam (1987), badając glebę lasu sosnowego w dziewięć miesięcy po pożarze.

POJAWIENIE SIĘ GAZÓW CIEPLARNIANYCH I KSENOBIOTYKÓW ORGANICZNYCH

Niektóre związki organiczne pojawiające się w określonych sytuacjach w środowisku nazywane są ksenobiotykami organicznymi, spośród nich niewątpliwie największe zainteresowanie badaczy budzą tzw. trwałe zanieczyszczenia organiczne (ang. POP – Persistent Organic Pollutants). Należą do nich wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), polichlorowane dibenzo-p-dioksyny i dibenzofurany (PCDD/Fs) oraz polichlorowane bifenyle (PCB). Zanieczyszczenia te pojawiają się w różnych ekosystemach, szczególnie poddanych różnego typu antropopresji albo działaniu pożarów.

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne są rozpowszechnionymi związkami trafiającymi do środowiska zarówno ze źródeł naturalnych, jak i antropogenicznych. W typowych warunkach środowiskowych zdecydowanie przeważają WWA pochodzenia antropogenicznego (Wilcke, 2000). Obok erupcji wulkanicznych najpoważniejszym naturalnym źródłem WWA są pożary biomasy, szczególnie lasów i torfowisk (Howsam, Jones, 1998; Jiang i wsp., 1998; Dahle i wsp., 2003.) Jest to całkowicie zrozumiałe, jeżeli uświadomimy sobie, że źródłem WWA są wszelkiego rodzaju procesy związane z silnym ogrzewaniem lub niecałkowitym spalaniem materii organicznej. W takich procesach atomy węgla nie zostają całkowicie utlenione i gromadzą się w postaci termodynamicznie trwałych struktur pierścieni aromatycznych.

W środowisku WWA zawsze występują w mieszaninie, której skład zależy od źródła tych związków. W przypadku pożarów zarówno ilość, jak i skład jakościowy WWA zależą od charakteru i intensywności pożaru, rodzaju spalanej biomasy i dostępności do niej tlenu. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne powstają ze stałej materii organicznej w temperaturze 400–600°C (Hajaligol i wsp., 2001), a warunki fizyczno-chemiczne podczas pożaru determinują nie tylko typ WWA powstających podczas pirolizy i pirosyntezy, ale także możliwość przetrwania tych związków w środowisku (Bojakowska, 2003).

Pojawianie się zwiększonej zawartości WWA w środowisku po pożarach lasów czy torfowisk były wielokrotnie obserwowane (Eun-Jung i wsp., 2003; Gabos i wsp., 2001; Dreyer i wsp., 2005; Manahan, 2006).

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne są bardzo ważną grupą ksenobiotyków organicznych ze względu na fakt, że niektóre z nich mają działanie rakotwórcze, mutagenne i teratogenne.

Pożary środowiskowe dostarczają do atmosfery wiele produktów gazowych, także tych mających właściwości gazów cieplarnianych. Niewątpliwie najważniejszym produktem gazowym, powstającym w ich trakcie podczas spalania materii organicznej, jest dwutlenek węgla (Muraleedharan, 2000; Saharjo i wsp., 2006). Oprócz CO₂ podczas pożaru do atmosfery dostają się takie gazy, jak: CO, N₂O, CH₄ czy też węglowodory. Szacunkowe dane określają ilość węgla dostającego się rocznie do atmosfery w wyniku pożarów lasów i torfowisk na ponad 1015 ton.

Jednym z istotnych elementów powodujących pojawienie się ksenobiotyków w środowisku w zasięgu pożaru jest akcja ratownicza. Niektóre środki gaśnicze (piana, proszki) ułatwiają ich rozprzestrzenianie się w środowisku. Bardzo szybkie schładzanie wodą silnie rozgrzanej materii organicznej powoduje trudną do przewidzenia zmianę wielu procesów pirolitycznych, zwiększając

prawdopodobieństwo powstawania nowych, często trudnych do identyfikacji związków chemicznych. Poza tym duże ilości wody pojawiające się na zalewanym pogorzelisku ułatwiają migrację ksenobiotyków.

WPLYW POŻARÓW NA PRZYRODĘ OŻYWIONĄ

Można wyróżnić dwa aspekty wpływu pożarów środowiskowych na przyrodę ożywioną:

- a) szybkie efekty biotyczne i adaptacje,
- b) efekty długotrwałe.

Z oczywistych względów łatwiejsze do zaobserwowania efekty pożaru występują w świecie roślin niż w świecie zwierząt, gdzie osobniki mają możliwość czynnego przemieszczania się i unikania niszczącego działania ognia.

Większość autorów zajmujących się problematyką ekologii pożarów w aspekcie szybkich efektów biotycznych i adaptacji dzieli rośliny na trzy grupy (Kramp i wsp., 1983; Johnson 1992; Pyne, 2002):

- a) rośliny ogniowrażliwe (ang. fire-intolerant plants),
- b) rośliny ogniotolerancyjne (ang. fire-tolerant plants),
- c) rośliny ogniodoporne (ang. fire resistant plants).

Rośliny należące do pierwszej z wymienionych grup są wysoce łatwopalne i dlatego są całkowicie niszczone przez ogień. Niektóre z nich (a także ich nasiona) po pożarze znikają ze zbiorowisk i już nie powracają, podczas gdy inne wykształciły mechanizmy umożliwiające przetrwanie i kiełkowanie nasion.

Rośliny grupy drugiej są zdolne do przetrwania pewnych form pożaru i wzrostu mimo uszkodzeń. Przykładem może tu być *Eucalyptus cypellocarpa*, który po pożarze wytwarza dużą liczbę pędów liściowych od nasady pnia aż do szczytu. Ten typ wzrostu powoduje, że czarny osmalony pień zostaje całkowicie pokryty młodymi, zielonymi liśćmi.

Gatunki zaliczane do ostatniej z wymienionych grup ulegają stosunkowo małym uszkodzeniom podczas typowych pożarów. Zwykle są to duże drzewa, których łatwopalne części znajdują się zbyt wysoko, aby ulec typowym pożarom. Przykładem może tu być nadpacyficzna amerykańska sosna żółta (*Pinus ponderosa*), osiągająca 75 m wysokości i pozbawiona nisko położonych konarów i gałęzi, które odpadają od pnia w trakcie wzrostu drzewa.

Pożary środowiskowe wpływają na faunę począwszy od dużych kręgowców, a kończąc na małych bezkręgowcach glebowych. W przypadku niektórych zwierząt pożar często oddziałuje na pojedyncze osobniki i/lub populacje w sposób pośredni, na przykład zmieniając strukturę siedliska. Odnosi się to przede

wszystkim do gatunków, które przed pożarem mogą ratować się ucieczką. Dla przykładu, po jednym z silnych pożarów, jakie miały miejsce w parku Yellowstone, stwierdzono, że mniej niż 1% wszystkich większych ssaków występujących na terenie tego parku padło ofiarą ognia (Baskin, 1999). Pożar wpływa bezpośrednio na gatunki, które możliwości ucieczki nie mają, jak choćby płazy, gady czy organizmy glebowe.

Slik i Van Balen (2006) przeprowadzili badania nad zmianami struktury populacji i składu gatunkowego awifauny lasów deszczowych wschodniej części Borneo, spowodowanymi pojedynczymi oraz powtarzającymi się pożarami. Autorzy stwierdzili, że pożar prowadzi do zubożenia składu gatunkowego ptaków, które wynika najprawdopodobniej z redukcji zagęszczenia roślinności oraz silnej dominacji gatunków pionierskich, nadających siedlisku charakter homogeny w pierwszych latach po pożarze. Ponadto badacze odnotowali różnice w składzie gatunkowym ptaków między obszarami lasów, na których pożar wystąpił raz, w porównaniu z miejscami, które paliły się więcej razy. Zaobserwowano, że obszary, które uległy pożarom kilkakrotnie, są bardziej zróżnicowane pod względem występującej tam roślinności, a co za tym idzie – są atrakcyjne jako miejsce żerowania i gniazdowania dla większej ilości gatunków. Poza tym po pożarze odnotowano pojawienie się większej liczby ptaków będących generalistami, a także zmiany w ich sposobie odżywiania się. Awifauna lasów tropikalnych jest ściśle związana z pionową strukturą roślinności oraz jej bioróżnorodnością, tak więc odtworzenie składu gatunkowego ptaków sprzed pożaru jest ściśle uzależnione od regeneracji tej roślinności.

Baskin (1999) podaje, że według niektórych badań pożary powodujące degradację roślinności mogą pośrednio oddziaływać na spadek liczebności roślinożerców, takich jak na przykład łosie.

Badania Richardsona i współpracowników (2007), przeprowadzone nad Zatoką Hudson, dowodzą, że pożary lasów mogą wpływać na populację niedźwiedzia polarnego, głównie z powodu destrukcji legowisk tego gatunku. Pożar, redukując zadrzewienie oraz niszcząc warstwę zmarzliny, pozbawia niedźwiedzie dogodnych miejsc do zakładania gawr lub niszczy już istniejące, co ma ogromne znaczenie, zwłaszcza dla samic spodziewających się potomstwa. Ciężarne samice są w ten sposób zmuszone do poszukiwania nowych, dogodnych siedlisk oraz wykopywania legowisk, co – jak sugerują autorzy – jest bardzo kosztownym energetycznie procesem, który może w negatywny sposób wpłynąć na sukces reprodukcyjny. Podczas pożarów topnieje warstwa zmarzliny, która pozwala na zachowanie specyficznego mikroklimatu w legowiskach, ułatwiającego przetrwanie mroźnych zim i upalnych okresów letnich, a także chroni

przed owadami. Proces ten również znajduje odbicie w dodatkowych nakładach energetycznych. Ponadto stwierdzono, że obszary lasów, które uległy spaleni są patrolowane przez niedźwiedzie, jednak najczęściej tylko jednorazowo, ponieważ zwierzęta nie pozostają na pożarzyskach i nie zakładają tam gawr. Autorzy zaznaczają, że powtarzające się i długotrwałe pożary w rejonie Zatoki Hudson, pochłaniające coraz większe obszary lasów, mogą w drastyczny sposób zredukować liczbę miejsc dogodnych do zasiedlania przez niedźwiedzie polarne, a co za tym idzie – ograniczać ich liczebność na tym terenie.

Według Dunham i współpracowników (2003) pożary powodują szereg niekorzystnych zmian w ekosystemach wodnych. Autorzy koncentrują się, między innymi, na zmniejszeniu stabilności koryta rzeczno, zmianie wielkości przepływu, wzroście ilości osadów oraz materii alochtonicznej, a ponadto na zwiększeniu dostępności substancji odżywczych, promieniowania słonecznego oraz zmianie warunków temperaturowych. Zaburzenia te mogą być wywoływane przez pożar w sposób bezpośredni lub na skutek interakcji z czynnikami geologicznymi, topograficznymi i klimatycznymi. Należy również zwrócić uwagę, że zabiegi związane z ujarzmieniem pożaru mogą mieć bardzo negatywne skutki dla ekosystemów wodnych choćby w postaci toksycznych związków zawartych w środkach przeciwpożarowych.

Większość danych dotyczących oddziaływania pożarów na populacje ryb została udokumentowana dla rodziny łososiowatych. Udowodniono, że w wyniku pożaru może dojść do lokalnych zaników populacji ryb z powodu ich izolacji w zamkniętych odcinkach rzeki. Najbardziej narażone są gatunki o małej tolerancji na zmiany warunków środowiskowych, takie jak na przykład troć rzeczna (*Oncorhynchus gilae*) (Propst i wsp., 1992). Zmieniając charakter oraz fragmentację zlewni, pożar może się przyczynić do migracji gatunków ryb nierodzimych i wypierania gatunków naturalnie występujących w danym obszarze wód, jednak mechanizm ten nie jest do końca poznany (Claudi, Leach, 1999). Z kolei Baskin (1999) podaje, że zgodnie z obserwacjami przeprowadzonymi w potokach na terenie parku Yellowstone, pojawiające się popożarowe zmiany w łańcuchach troficznych nie miały negatywnego efektu dla populacji ryb.

Moretti i wsp. (2006) opisali zmienność populacji różnych gatunków stawonogów występujących na obszarach lasów strefy umiarkowanej w odpowiedzi na pożary tych ekosystemów. Autorzy dowodzą, że populacje stawonogów na obszarach, na których pożar wystąpił jedynie raz, odradzają się po 6–14 latach, czyli szybciej aniżeli w rejonach, gdzie pożar miał miejsce kilkakrotnie – po 17–24 latach. Odnotowano także, że zmiany w składzie gatunkowym stawonogów po pożarze są związane z jego intensywnością i są ściśle uzależnione od

zmian i fluktuacji w zaburzonym ekosystemie. Jak wynika z badań, jednym ze skutków takich zaburzeń może być ustalenie się nowej struktury dominacyjnej oraz zmiany w oddziaływaniach międzygatunkowych, takich jak konkurencja. Dla przykładu, zauważono, że populacje, które przed pożarem były mało liczne i ekspansywne, po pożarze „wykorzystały” nowo powstałe warunki środowiskowe, stając się populacjami subdominującymi i dominującymi.

Z kolei wyniki badań przeprowadzonych przez Lynch i wsp. (2006) wskazują na ścisły związek między aktywnością chrząszczy (*Dendroctonus ponderosae*), która doprowadziła do redukcji zadrzewienia w parku Yellowstone, a pożarami, które miały miejsce na tym obszarze 25 lat później. Chrząszcze, które powodują obumieranie drzew, przyczyniają się do powstawania znacznych ilości paliwa o bardzo dużej podatności na zapłon i jak potwierdziły analizy statystyczne, istnieje zależność, z której jasno wynika, że podwyższona aktywność wspomnianego stawonoga jest skorelowana z występowaniem pożarów na obszarach, na których aktywność ta miała miejsce.

Omawiając długotrwałe efekty pożarów środowiskowych należy pamiętać, że oddziaływanie ognia nie jest jednakowe w różnych ekosystemach. Można jednak przyjąć generalne założenie, że we wszystkich ekosystemach pożary wytwarzają swoistą mozaikę siedliskową, na którą składają się tereny całkowicie wypalone, obszary o niewielkim wypaleniu, jak również fragmenty nieuszkodzone przez ogień. Na terenach wypalonych rozpoczyna się sukcesja, najczęściej opisywana przez ekologów jako sukcesja roślinności (Begon i wsp., 1996). Po pożarze pierwsze pojawiają się rośliny, których nasiona przetrwały kataklizm oraz rośliny, których nasiona szybko przedostają się na teren pożarzyska. Generalnie są to szybko rosnące światłolubne rośliny zielne. Wraz z upływem czasu pojawiają się wolniej rosnące gatunki, które lepiej znoszą zagęszczenie i zacienienie. Następnie pojawiają się coraz większe drzewa i krzewy. Podobne, choć trudniejsze do jednoznacznego opisanie tendencje pojawiają się w obszarze sukcesji zwierząt. Pamiętać należy, że różne gatunki roślin, zwierząt i mikroorganizmów wyspecjalizowały się w wykorzystywaniu poszczególnych stadiów sukcesji, zatem mozaikowość środowiska popożarowego pozwala na pojawianie się wielkiej liczby gatunków.

Literatura

- Acea M.J., Prieto-Fernández A., Diz-Cid N., 2003. Cyanobacterial inoculation of heated soils: effect on microorganisms of C and N cycles and on chemical composition in soil surface. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 513–524.
- Almendros G., Gonzales-Vila F.J., Martin F., 1990. Fire-induced transformation of soil organic matter from an oak forest: an experimental approach to the effects of fire on humic substances. *Soil Science*, 149: 158–168.
- Baskin Y., 1999. Yellowstone fires: A decade later. *BioScience*, Vol. 49, No. 2: 93–97.
- Begon M., Harper J.L., Townsend C.R., 1996. *Ecology: individuals, population and communities*. Third Edition. Blackwell Science Ltd., Cambridge, Massachusetts, USA.
- DeBano L.F., Neary D.G., Ffoliontt P.F., 1998. *Fire effects on ecosystems*. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY. USA.
- Bojakowska I., 2003. Charakterystyka wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych i ich występowanie w środowisku. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 405: 5–28.
- Cade-Menun B.J., Berch S.M., Preston C.M., Lavkulich L.M., 2000. Phosphorus forms and related soil chemistry of Podzolic soils on northern Vancouver Island. II. The effects of clear – cutting and burning. *Canadian Journal of Forest Research*, 30: 1762–1741.
- Certini G., 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143: 1–10.
- Choromanska U., DeLuca T.H., 2002. Microbial activity and nitrogen mineralization in forest mineral soils following heating: evaluation of post-fire effects. *Soil Biology and Biochemistry*, 34: 263–271.
- Claudi R., Leach J.H., 1999. *Non-indigenous freshwater organisms: Vectors, Biology and Impacts*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Covington W.W., Sackett S.S., 1986. Effect of periodic burning on soil nitrogen concentrations in ponderosa pine. *Soil Science Society of America Journal*, 50: 452–457.
- Dahle S., Savinov V., Matishov G G., Evenset A., Naes K., 2003. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in bottom sediments of the Kara Sea shelf, Gulf of Ob and Yenisey Bay. *The Science of the Total Environment*, 306: 57–71.
- Dembek W., Oświt J., Rycharski M. 2005. Torfowiska i torfy w Pradolinie Biebrzy. W: A. Drycz, C. Werpachowski (red.), *Przyroda Biebrzańskiego Parku Narodowego*. Osowiec-Twierdza.
- Dreyer A., Blodau C., Turunen J., Radke M., 2005. The spatial distribution of PAH depositions to peatlands of Eastern Canada. *Atmospheric Environment*, 3725–3733.
- Dunham J.B., Young M.K., Gresswell R. E., Rieman B.E., 2003. Effects of fire on fish populations: landscape perspectives on persistence of native fishes and nonnative fish invasions. *Forest Ecology and Management*, 178: 183–196.

- Eun-Jung K., Jeon-Eun O., Yoon-Seok Ch., 2003. Effects of forest fire on the level and distribution of PCDD/Fs and PAHs in soil. *The Science of the Total Environment*, 311: 177–189.
- Gabos S., Ikonomu M.G., Schopflocher D., Fowler B.R., White J., Prepas E., Prince D., Chen W., 2001. Characteristics of PAHs, PCDD/Fs and PCBs in sediments following forest fires in northern Alberta. *Chemosphere*, 43: 709–719.
- Gonzalez-Perez J.A., Gonzalez-Vila F.J., Almendros G., Knicker H., 2004. The effect of fire on soil organic matter – a review. *Environment International*, 30: 855–870.
- Hajaligol M., Waymack B., Kellog D., 2001. Low temperature formation of aromatic hydrocarbon from pyrolysis of cellulosis materials. *Fuel*, 80: 1799–1807.
- Howsam M., Jones K. C., 1998. Sources of PAHs in the environment. W: *The handbook of Environmental Chemistry*, Vol. 3, Anthropogenic Compounds, Hutzinger O. (Editor in chief), Part I: PAHs and Related Compounds. Neilson A.H. (volume editor). Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg.
- Jiang C., Alexander R., Kagi R.I., Murray A.P., 1998. Polycyclic aromatic hydrocarbons in ancient sediments and their relationship to paleoclimate. *Organic Geochemistry*, 29: 1721–1735.
- Johnson, E.A., 1992. Fire and vegetation dynamics – studies from the north American Boral Forest. Cambridge University Press. Cambridge.
- Kennard D.K., Gholz H.L., 2001. Effects of high – and low – intensity fires on soil properties and plant growth in a Bolivian dry forest. *Plant and Soil*, 234: 119–129.
- Knicker H., Almendros G., González-Vila F.J., Martin F., Lüdemann H.D., 1996. ^{13}C – and ^{15}N – NMR spectroscopic examination of the transformation of organic nitrogen in plant biomass during thermal treatment. *Soil Biology and Biochemistry*, 28: 1053–1060.
- Knicker H., González-Vila F.J., Polovillo O., González J.A., Almendros G., 2005. Fire induced transformation of C– and N– forms in different organic soil fractions from a Dystric Cambisol in the Mediterranean pine forest (*Pinus pinaster*). *Soil Biology and Biochemistry*, 27: 701–718.
- Kramp B.A., Patton D.R., Brady W.W., 1983. The effects of fire on wildlife habitat and species. RUN WILD: wildlife/habitat relationships. United States Department of Agriculture. Forest Service, Southwestern Region.
- Lynch J.H., Renkin R.A., Crabtree R.L., Moorcroft P.R., 2006. The influence of previous mountain pine beetle (*Dendroctonus ponderosae*) activity on the 1988 Yellowstone fires. *Ecosystems*, 9: 1318–1327.
- Lynham J.T., Wickware G.M., Mason J.A., 1998. Soil chemical changes and plant succession following experimental burning in immature jack pine. *Canadian Journal of Soil Science*, 78: 93–104.

- Macadam A.M., 1987. Effects of broadcast slash burning on fuels and soil chemical properties in the sub-boreal spruce zone of central British Columbia. *Canadian Journal of Forest Research*, 17: 1577–1584.
- Manahan S.E., 2006. Toksykologia środowiska, aspekty chemiczne i biochemiczne. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- Marafa L.M., Chau K.C., 1999. Effect of hill fire on upland soil in Hong Kong. *Forest Ecology and Management*, 120: 97–104.
- Monleon V.J., Cromack K. Jr., 1996. Long-term effects of prescribed underburning on litter decomposition and nutrient release in ponderosa pine stands in central Oregon. *Forest Ecology and Management*, 81: 143–152.
- Moretti M., Duelli P., Obrist M.K., 2006. Biodiversity and resilience of arthropod communities after fire disturbance in temperate forests. *Oecologia*, 149: 312–327.
- Mullins G.W., 1999. Wildfire – feel and heat study guides. Bethesda MD. Discovery Illustrations, USA.
- Muraledharan T.R., Radojevic M., Waugh A., Caruana A., 2000. Emissions from the combustion of peat: an experimental study. *Atmospheric Environment*, 34: 3033–3035.
- National Wildfire Coordination Group, 1994. Introduction to wildland fire. National Interagency Fire Center, USA.
- Neary D.G., Klopatek C.C., DeBano L.F., Ffolliott P.F., 1999. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management*, 122: 51–71.
- Neary D.G., Ryan K.C., DeBano L.F., 2005. Wildland fires in ecosystems – effects of fire on soil and water. United States Department of Agriculture. Forest Service. Rocky Mountains Research Station. General Technical reports RMRS – GTR – 42, Vol. 4.
- Ponder Jr. F., Tadros M., Loewenstein E., 2009. Microbial properties and litter and soil nutrients after two prescribed fires in developing savannas in an upland Missouri Ozark Forest. *Forest Ecology and Management*, 257: 755–763.
- Propst D.L., Stefferud J.A., Turner P.R., 1992. Conservation and status of Gila trout, *Oncorhynchus gilae*. *Southwestern Naturalist*, 37: 117–125.
- Pyne S.J., Andrews P.L., Laven R.D., 1996. Introduction to wildland fires. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY. USA.
- Pyne S.J., 2002. How Plants Use Fire and are Used by It. PBS Nova Online.
- Richardson E., Stirling I., Kochtubajda B., 2007. The effects of forest fires on polar bear maternity denning habitat in western Hudson Bay. *Polar Biology*, 30: 369–378.
- Romanya J., Khanna P.K., Raison R.J., 1994. Effects of slash burning on soil phosphorus fractions and sorption and desorption of phosphorus. *Forest Ecology Management*, 65: 89–103.
- Saharjo B.H., Munoz C.P., 2005. Controlled burning in peatlands owned by small farmers: a case study in land preparation. *Wetlands Ecology and Management*, 13: 105–110.

- Saharjo B.H., Sudo S., Yonemura S., Tsuruya H., 2006. Greenhouse Gasek produced during burning in the land preparation area Rusing fire in peat area belong to the community. *Forest Ecology and Management*, 234: 247–255.
- Slik J.W.F., Van Balen S., 2006. Bird community changes in response to single and repeated fires in a lowland tropical rainforest of eastern Borneo. *Biodiversity and Conservation*, 15: 4425–4451.
- Wilcke W., 2000. SYNOPSIS – Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soil – a review. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 163: 229–248.

Poziom świadomości studentów oraz ich postawy wobec środowiska przyrodniczego

The level of students awareness and their attitude towards the natural environment

BOŻENA WÓJTOWICZ

Summary. The characteristic feature of the human education is the openness to the whole society in the world today. The arranged educational programmes (syllabuses) for all age groups aiming at revitalizing the environment, emphasize the significance of the change in the sphere of the lifestyle. It especially deals with the reduction of the consumption and the careful economical management in the field of the natural sources. The aim of this study was to determine the educational attitudes presented among the surveyed students specified, among others, by the human approach towards the nature in terms of the moral obligation, as well as the estimation of the respondents' willingness to undertake individual actions for the sustainable development. The outcomes allow to express a positive assessment of the attitudes towards the environment among the students of the exact science and a little bit worse among the students of humanities. Most of the respondents demonstrated the attitudes characterized by the awareness of their personal attachment to the natural world, the sense of its importance in the human's life, the need of balance in the sphere of the human - nature relations as well as their willingness to take appropriate actions in favour of its protection in accordance with the principles of the sustainable development.

Key words: environmental awareness, ecological attitude, sustainable development, ethics, the relations between human and environment, the environmental theme/aspects.

Dr hab. prof. UP. Bożena Wójtowicz, Zakład Dydaktyki Geografii Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie, ul Podchorążych 2, 30-084 Kraków

WSTĘP

Cechą edukacji ludzi we współczesnym świecie jest otwartość wobec całego społeczeństwa, wszystkich grup społeczno-zawodowych i wszystkich poziomów kształcenia oraz powiązanie ze sobą procesów nauczania z rzeczywistością. Ważne jest także, aby ten proces miał charakter ciągły. Edukacja powinna obejmować zagadnienia dotyczące środowiska przyrodniczego, społeczno-gospodarczego, w tym także rozwoju człowieka. Ważnym zadaniem jest uwrażliwienie ludzi i zaangażowanie w rozwiązywanie problemów środowiskowych oraz kształcenie osób podejmujących decyzję. W edukacji ekologicznej należy szukać środków do nabywania umiejętności przewidywania skutków błędnych decyzji gospodarczych oraz zachowań społecznych. Niezbędne jest przeświadczenie, że życie obecnych, jak i przyszłych pokoleń wymaga wyrzeczeń. Powinno się budować nowy system wartości – szczególnie poczucie odpowiedzialności, braterstwa i współuczestnictwa oraz dostrzeganie potrzeb życiowych wszystkich istot. Respektując ustalenia międzynarodowe, rozwinięte państwa promują rozwój edukacji środowiskowej (ekologicznej). Opracowane dla wszystkich grup wiekowych programy kształcenia, dążąc do uzdrowienia środowiska, kładą nacisk na zmianę stylu zachowań ludzi, zwłaszcza na obniżenie konsumpcji i oszczędną gospodarkę zasobami przyrody.

Dopiero wiedza i oparte na niej działania mogą przynieść wymierne efekty. Dlatego też potrzebne jest kształtowanie takich postaw, które moglibyśmy określić jako ekologiczne – opartych na przekonaniu każdego człowieka o przynależności do świata przyrody, świadomości bycia jej nieodłączną częścią. Dlatego dużego znaczenia nabierają badania pozwalające określić, jak studenci postrzegają swoje środowisko, czy rozumieją potrzebę podjętych działań na rzecz zrównoważonego rozwoju i czy są gotowi sami wziąć udział w tym procesie.

W niniejszej pracy podjęto próbę charakterystyki i porównania postawy ekologicznej studentów kierunków humanistycznych i kierunków ścisłych (w tym przyrodniczych) Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie. Głównym celem badawczym było porównanie ich postawy wobec zagrożeń środowiska przyrodniczego oraz dokonanie oceny jej wpływu na podejmowanie indywidualnych działań proekologicznych.

CHARAKTERYSTYKA BADANEJ GRUPY

Badania zostały przeprowadzone w styczniu 2009 roku na terenie UP w Krakowie. W ankiecie wzięło udział 248 mężczyzn i 256 kobiet. Ankietowani reprezentowali różne kierunki studiów. Podzielono ich na 2 grupy:

- studiujących przedmioty ścisłe (fizyka, matematyka, geografia, biologia, chemia),
- studiujących przedmioty humanistyczne (politologia, historia, pedagogika, polonistyka).

W celu zebrania materiału empirycznego posłużono się kwestionariuszem ankiety, który miał za zadanie dostarczyć danych na temat postawy ekologicznej, charakteryzującej badaną młodzież. Przed rozpoczęciem badań przeprowadzono sondaż wstępny w celu przetestowania narzędzia badawczego i wyeliminowania pytań, które nie funkcjonowały w należyty sposób. Ostateczna wersja kwestionariusza zawierała 18 pytań podzielonych na cztery grupy tematyczne. Pytania miały charakter zamknięty (11) i otwarty (7), w których ankietowani mieli możliwość samodzielnego udzielenia odpowiedzi. Ankieta była anonimowa i przeprowadzona pod nadzorem ankietatorów (studentów III roku geografii UP w Krakowie).

CEL BADAŃ

Celem badań było określenie postawy ekologicznej ankietowanych studentów, wyznaczonej między innymi przez podejście człowieka do przyrody w kategoriach powinności moralnej, oraz ocena stopnia gotowości ankietowanych do podjęcia indywidualnych działań na rzecz zrównoważonego rozwoju. Porównując postawę ekologiczną studentów odmiennych kierunków studiów, chciano ocenić, w jakim stopniu wybór kierunku wpływa na proces kształtowania postawy i przekonań ankietowanych w stosunku do środowiska. Założono hipotezę, że studenci studiów przyrodniczych, gdzie standardy kształcenia w większym stopniu obejmują problematykę środowiskową, będzie bardziej świadoma negatywnych skutków niszczenia środowiska i zarazem skłonna do podjęcia konkretnych działań na rzecz rozwoju zrównoważonego. Prezentowane poniżej wyniki pokazują, w jakim stopniu przypuszczenia autorki były prawdziwe.

WYNIKI BADAŃ ANKIETOWYCH DOTYCZĄCE POSTAW EKOLOGICZNYCH

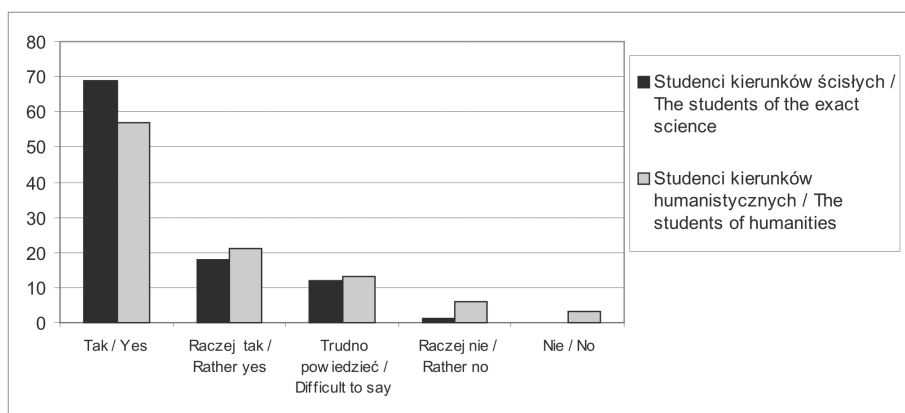
Zaprezentowane w ankiecie pytania uporządkowano w następujące grupy tematyczne:

- zainteresowania problematyką ochrony środowiska, źródła informacji o środowisku,
- relacje człowiek – środowisko w aspekcie etycznym,
- motyw ochrony środowiska, postawa człowieka wobec środowiska,
- indywidualna postawa ekologiczna.

W dalszej części pracy omówiono odpowiedzi respondentów związane z poszczególnymi problemami. Dla przejrzystości prezentacji wyników przedstawiono wykresy, które ilustrują rozkład odpowiedzi, udzielanych przez studentów kierunków ścisłych i humanistycznych.

Podjmując problem postawy ekologicznej, zapytano respondentów, czy interesują się problematyką ochrony środowiska.

Zainteresowanie studentów tą problematyką jest duże, gdyż wskazują na to odpowiedzi: „tak” (69% studenci kierunków ścisłych, 57% studenci kierunków humanistycznych), „raczej tak” (odpowiednio 18%, 21%). Większe zainteresowanie środowiskiem przyrodniczym i jego ochroną wykazują studenci kierunków ścisłych, co może wskazywać na powiązanie ich zainteresowania ze standardami kierunków studiów (ryc. 1).

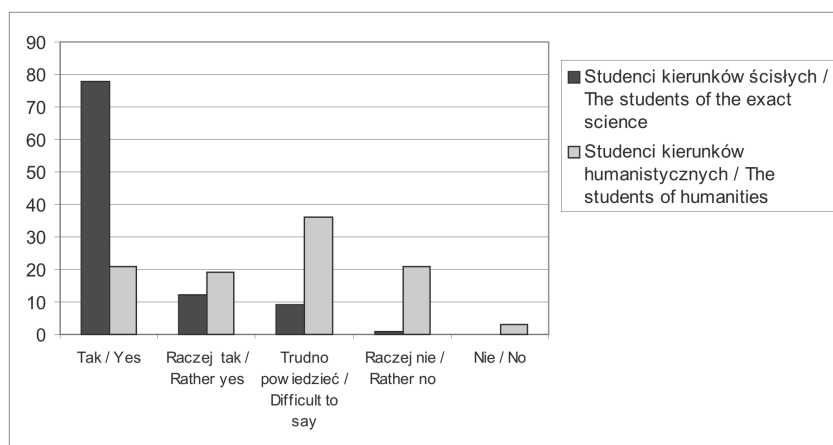


Ryc. 1. Zainteresowania studentów środowiskiem przyrodniczym i jego ochroną

Fig. 1. The students' interest in the natural environment and its protection

Następnie zapytano ankietowanych, czy na zajęciach w trakcie studiów zdobyli wiedzę z zakresu ochrony środowiska.

Większość ankietowanych stwierdziła, że zdobyła wiedzę z zakresu ochrony środowiska, przy czym rozpatrując podział na dwie grupy kierunków studiów odpowiedzi rozkładają się nieproporcjonalnie. Zdobycie wiedzy na studiach o środowisku przyrodniczym i jego ochronie zadeklarowało przeszło 78% studentów kierunków ścisłych, a niespełna 21% kierunków humanistycznych (ryc. 2).



Ryc. 2. Wiedza studentów na temat środowiska przyrodniczego i jego ochrony

Fig. 2. The students' knowledge concerning the natural environment and its protection

Kolejne pytanie dotyczyło udziału studentów w akcjach związanych z ochroną środowiska. Poproszono respondentów o napisanie, jaka to była akcja i co było jej głównym celem.

Przeważały odpowiedzi, że brali udział w akcjach „w dzieciństwie”, co świadczy o tym, że studenci kierunków humanistycznych nie chcą albo nie lubią się angażować w tego typu przedsięwzięcia. Swoją udział zadeklarowało przeszło 45% studentów kierunków ścisłych. Zgodnie wymienili sprzątanie śmieci, a tylko nieliczne wyjątki odpowiadały: zbieranie zużytych baterii, sadzenie lasów.

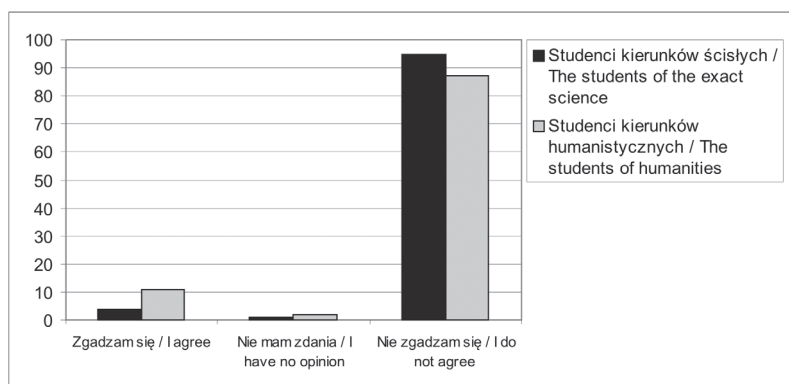
RELACJE CZŁOWIEK – ŚRODOWISKO W ASPEKCIE ETYCZNYM

Traktowanie przyrody jako dobra wspólnego wszystkich ludzi, także przyszłego pokolenia, skłania człowieka do właściwego postępowania w stosunku do

niej. Tego zdania są także ankietowani studenci (90% odpowiedzi „tak” i 10% „raczej tak”).

O konieczności przywrócenia i zachowania równowagi człowiek – przyroda nie trzeba przekonywać. Obowiązek ten, jak słusznie zauważają badani studenci (98% z kierunków ścisłych, 84% humaniści), należy nie tylko do organizacji ekologicznych, decydentów czy administracji państwowej, ale również do każdego z nas.

Przeszło 92% badanych studentów kierunków ścisłych i 76% kierunków humanistycznych jest przeciwna przyznawaniu człowiekowi prawa do nieograniczonego przekształcania środowiska. Większość ankietowanych wybrała najbardziej radykalny wariant odpowiedzi (ryc. 3).



Ryc. 3. Prawo człowieka do przekształcania środowiska
Fig. 3. The human's right to modify/transform the nature

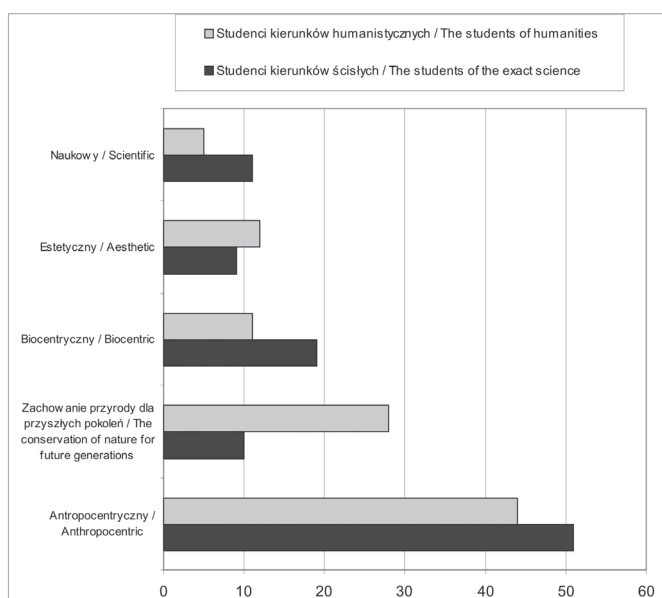
Świadome zatrucie środowiska zarówno przez zakłady przemysłowe, jak i człowieka (dzikie wysypiska śmieci, stosowanie pestycydów itp.) jest postrzegane przez większość studentów jako działania niemoralne. Tego zdania jest 91% studentów na kierunkach ścisłych i 67% na kierunkach humanistycznych.

MOTYWY OCHRONY ŚRODOWISKA A POSTAWA CZŁOWIEKA WOBEC ŚRODOWISKA

Daje się zauważyć duże zróżnicowanie poglądów ankietowanych na temat najważniejszego motywu, dla którego należy chronić środowisko.

Ponad połowa (51%) studentów kierunków ścisłych i 44% humanistów jest zdania, że najważniejszy jest motyw antropocentryczny (przyroda niezbędna

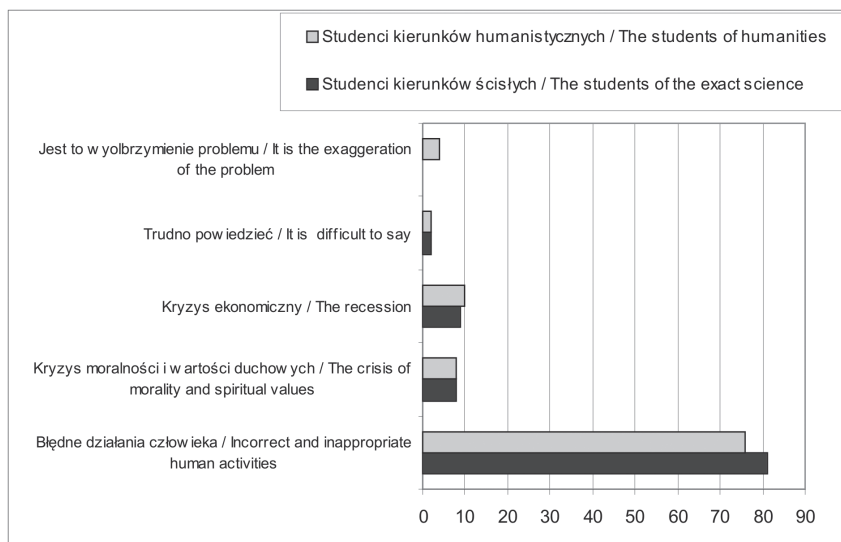
do życia i zdrowia człowieka). Na drugim miejscu wymieniono konieczność zachowania środowiska dla przyszłych pokoleń (10% kierunki ścisłe, 28% humanistyczne). Motyw biocentryczny wskazujący, że przyroda jest wartością samą w sobie, której należy się poszanowanie, wskazało 19% studentów kierunków ścisłych i 11% studentów kierunków humanistycznych. Motyw estetyczny (ochrona przyrody ze względu na jej walory estetyczne) wybrało 9% studentów kierunków ścisłych i 12% humanistycznych, natomiast naukowy (przyrodę należy chronić, gdyż jest cenna z naukowego punktu widzenia) znalazł większe uznanie odpowiednio wśród 11% i 5% ankietowanych (ryc. 4).



Ryc. 4. Motywy ochrony środowiska w opinii studentów kierunków ścisłych i humanistycznych
Fig. 4. The aspects of the natural environment protection according to students of the exact science and humanities

Większość badanych studentów zgodnie stwierdziła, że sposobem na eliminowanie niewłaściwej postawy człowieka względem przyrody jest pewne uświadomienie i wychowywanie społeczeństwa. Nieracjonalne gospodarowanie i negatywne działania człowieka wobec środowiska zostały uznane za główną przyczynę kryzysu ekologicznego (81% odpowiedzi studentów kierunków ścisłych i 76% kierunków humanistycznych). Część ankietowanych uważa, że u jego

podstaw leży kryzys ekonomiczny na świecie (9% studentów kierunków ścisłych i 10% kierunków humanistycznych), kryzys moralności i wartości duchowych (po 8%). Studenci są przekonani, że nie osiągniemy poprawy stanu środowiska, jeśli nie zmienimy stylu życia z konsumpcyjnego na bardziej racjonalny (ryc. 5).



Ryc. 5. Przyczyny kryzysu ekologicznego
Fig. 5. The causes of the ecological crises

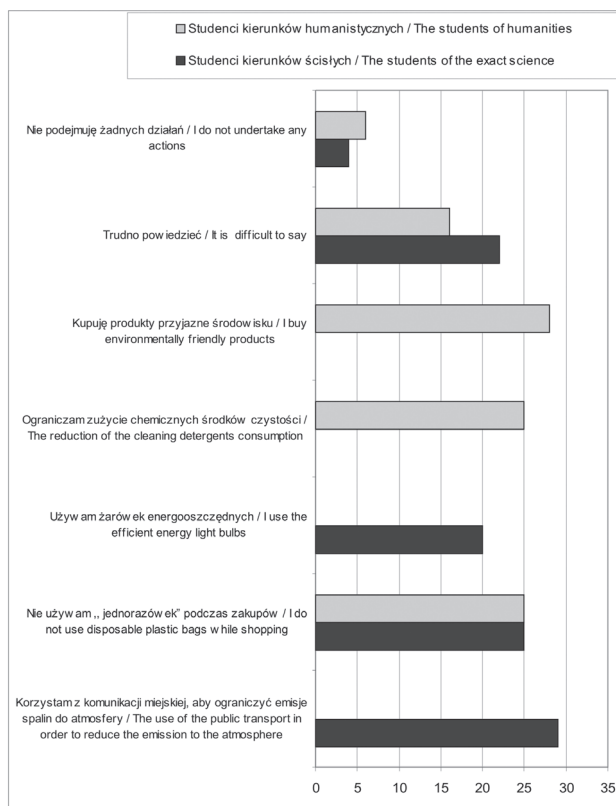
INDYWIDUALNA POSTAWA EKOLOGICZNA

Grupę pytań dotyczących indywidualnej postawy badanych studentów rozpoczęto od ważnego z punktu widzenia ochrony środowiska problemu segregowania śmieci.

Przewaga odpowiedzi „czasem”, „raczej nie” źle świadczy o mentalności młodych ludzi albo o ich braku wiedzy na ten temat. Łącznie tylko 10% studentów zadeklarowało, że regularnie segreguje śmieci. 25% studentów z kierunków ścisłych i 9% z kierunków humanistycznych odpowiedziało, że czasami, a pozostali udzielili odpowiedzi, że nie zajmują się segregacją odpadów ani w domu, ani na uczelni. Kolejne pytanie dotyczyło problemu racjonalnego zużycia wody. Odpowiedzi rozkładają się po połowie na „raczej tak” i „raczej nie”. Widzimy, że studenci nie udzielili jednoznacznej odpowiedzi. Można przypuszczać, że nawet jeśli posiadają wiedzę na temat ograniczonych zasobów wody pitnej i jej

zagrożeń związanych z działalnością człowieka w gospodarce narodowej i życiu społecznym, to jednak w życiu codziennym rzadko ją oszczędzają. Kolejne pytanie, w którym widać niezdecydowanie studentów, dotyczyło podania konkretnych działań, jakie podejmują na rzecz zrównoważonego rozwoju?

Na to pytanie wielokrotnego wyboru udzielono różnych odpowiedzi – u studentów kierunków ścisłych przeważała odpowiedź „korzystam z komunikacji miejskiej, aby ograniczyć emisję spalin do atmosfery” (29%), u drugiej grupy studentów odpowiedzi: „nie używam jednorazówek” podczas zakupów (25% studentów kierunków humanistycznych i ścisłych), „ograniczam zużycie chemicznych środków czystości w domu” (25% studentów kierunków humanistycznych), „używam żarówek energooszczędnych” (20% studentów kierunków ścisłych), „kupuję produkty przyjazne środowisku” (28% odpowiedzi wśród humanistów) (ryc. 6).



Ryc. 6. Podejmowane działania na rzecz ochrony środowiska

Fig. 6. Undertaking actions in favor of environment protect

Podjęmowane przez studentów działania dobrze o nich świadczą, oznaczają, że nie są obojętni na problematykę degradacji środowiska.

„Czy reagujesz w jakikolwiek sposób, jeśli widzisz, że ktoś śmieci w miejscach publicznych?”

Przeważającą grupą, która jest obojętna w takiej sytuacji, są studenci kierunków humanistycznych (prawie 70% odpowiedzi „nie reaguję”). Druga grupa studentów jest podzielona równo (po 50%) na tych, którzy są obojętni i na tych, którzy reagują, zwracając uwagę osobom niszczącym środowisko.

Studenci ze wszystkich kierunków chętnie wspierają akcje proekologiczne różnego typu, ale tylko wtedy, gdy nie wymaga to od nich wielkich nakładów finansowych lub zaangażowania swoich sił i czasu. Celem niniejszych badań było nie tylko sprawdzenie poziomu świadomości studentów, ale też, która grupa badanych wykazuje większe zainteresowanie tym tematem. Studenci kierunków ścisłych odznaczają się większą wiedzą i większym zainteresowaniem niż kierunków humanistycznych. Może to mieć związek ze standardami w programach ich studiów lub z ich postawą, na którą wywarły wpływ dom, rodziny i szkoła, środowisko oraz społeczeństwo.

DYSKUSJA

Charakteryzując postawę ekologiczną badanej grupy studentów, należy podkreślić, że ma ona świadomość własnej przynależności do świata przyrody i czuje się zobowiązana do zachowania równowagi w relacji człowiek – środowisko. Studenci zdają sobie również sprawę z wypracowania jednolitej etyki ekologicznej, która normowałaby stosunek człowieka do środowiska. Są przekonani, że przyrodę należy chronić, ponieważ jest ona niezbędna do normalnego funkcjonowania człowieka, i racjonalnie nią gospodarować. Studenci rozumieją, że jest ona dobrem wspólnym wszystkich ludzi, także przyszłych pokoleń. Odmawiają człowiekowi praw do nieograniczonego i niepohamowanego przekształcania środowiska. Ich zdaniem człowiek powinien korzystać ze środowiska przyrodniczego zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, nawet jeżeli narzucone ograniczenia miałyby się wiązać z obniżeniem stopy życiowej. Jednak bardziej proekologiczną postawą wykazują się studenci kierunków ścisłych niż ich koledzy z kierunków humanistycznych. Szczególnie duże rozbieżności dotyczyły kwestii udziału w akcji na rzecz ochrony środowiska – studenci kierunków przyrodniczych wykazują tutaj większą gotowość uczestnictwa.

Studenci kierunków humanistycznych rzadziej deklarowali swój udział w tego typu akcjach, częstsze były odpowiedzi „raczej tak”. Wśród tej grupy

ankietowanych było też bardzo dużo (27%) osób niepotrafiących określić swojego stanowiska w tej sprawie. Studenci obu kierunków w równym stopniu akceptują, że zachowanie równowagi człowiek – przyroda jest obowiązkiem każdego człowieka. Studiujący na kierunkach ścisłych są także bardziej zainteresowani problematyką środowiska przyrodniczego zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju. Jednak ani jedni, ani drudzy nie przejawiają raczej indywidualnych działań na rzecz środowiska zgodnie z jego zasadami rozwoju. Ich postawy (np. brak reakcji, obojętność) w stosunku do negatywnych działań i zachowań innych osób wobec środowiska przyrodniczego (np. zaśmiecanie terenów zielonych, dewastacja przyrody, dzikie wysypiska itp.) budzą niepokój.

WNIOSKI

Otrzymane wyniki pozwalają na pozytywną ocenę postaw ekologicznych studentów kierunków ścisłych i nieco gorzej kierunków humanistycznych. Większość ankietowanych wykazała się postawą charakteryzującą się świadomością własnej przynależności do świata przyrody, poczuciem jego ważności w życiu człowieka, konieczności zachowania równowagi człowiek – przyroda i gotowości podjęcia konkretnych działań na rzecz jego ochrony. Na pewno lepsza wiedza na temat zasad zrównoważonego rozwoju przyczyniłaby się do podejmowania odpowiednich działań na rzecz środowiska przyrodniczego oraz kształtowania postaw proekologicznych. Pozostaje mieć nadzieję, że postawa, którą ankietowani wyrażają dzisiaj, ulegnie poprawie. Jest to bardzo ważne zadanie wychowawcze, którego nie można zlekceważyć w kształceniu na różnych kierunkach studiów. Kształtowanie się właściwego podejścia do środowiska jest problemem złożonym i nie można podać jednego, ściśle określonego czynnika, który na nie wpływa. Na pewno dużą rolę odgrywa rodzina i szkoła, jako te instytucje, które wychowują i edukują następne pokolenia. To do nich należy rozpowszechnienie postawy ekologicznej wśród młodych ludzi, którzy w przyszłości będą sprawować kierownicze stanowiska w zakładach i instytucjach mających wpływ na środowisko.

Zastosowanie metody projektu dydaktycznego w kształceniu gimnazjalnym

The use of the didactic project in gymnasium teaching

ILONA ŻEBER-DZIKOWSKA

Summary. For most of the teachers, the educational project is a multi-methodological way of teaching, it means that it uses many methods of teaching in the didactic process; it shapes many skills as well as integrates the knowledge of different disciplines (subjects). In the project, the student's individual work plays the most important role in order to realize definite tasks or enterprises. The content-related research conducted among teachers showed that the educational project dealing with the regional subject matters is an essential element of teaching, moreover, it is a willingly used form of cooperation with students. The subject matter realized in the form of teaching is, to some extent, limited and everything should be done to broaden and extend it so as to avoid basing the subject matters of regional projects only on sights of the nearest area, but to base them on eco-development and regional economy.

It is good that the strategy of the project is popular with teachers as well as it is willingly employed in the didactic and educational processes, moreover, it is positively referred to by students.

Key words: educational project, multi-methodology, teaching methods, individual work, regionalism, education in gymnasium, pro-social values.

Dr Ilona Żeber-Dzikowska, Pracownia Dydaktyki Biologii i Ochrony Środowiska, Instytut Biologii, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego w Kielcach, e-mail: sdzikowski@sniadek.pl

WSTĘP

Pojęcie „projekt” w literaturze pedagogicznej po raz pierwszy pojawiło się w Stanach Zjednoczonych z początkiem XX wieku. Stworzone i proponowane w USA projekty zwykle ukierunkowane były na powstanie określonych produktów, a przede wszystkim ich praktyczne wdrażanie w takich działach gospodarki, jak przemysł i rolnictwo. W takim znaczeniu projekt był znany i funkcjonował od dawna w Polsce.

Nowy wymiar pojęciu „projekt” nadała filozofia i pedagogika J. Deweya. Uważał on, że wykorzystywanie tej strategii w szkolnictwie wzbudza u młodzieży zainteresowania, ukierunkowuje na określoną dziedzinę, pomaga w rozwoju, pobudza do twórczego myślenia i ułatwia zdobywanie umiejętności łączenia praktyki z teorią, a dodatkowo pomaga funkcjonować w społeczeństwie.

W ten sposób zrodził się postulat przebudowy metod nauczania w szkole i wprowadzenie do niej „metody projektów”. Przedsięwzięcie to stało się popularne w Niemczech, Danii, Polsce oraz Wielkiej Brytanii.

Współcześnie, kiedy instytucja szkolnictwa ma za zadanie nie tylko uczyć, ale także wychowywać, strategia projektu została odkryta na nowo. W Polsce cieszy się dużym uznaniem i szerokim zainteresowaniem zarówno w kręgu nauczycielskim, jak i uczniowskim. Pedagodzy coraz częściej i chętniej wprowadzają tę strategię do procesu nauczania, ponieważ istnieje przekonanie, że dzięki niej młodzież uczy się ściśle określonych wiadomości, a przy okazji zdobywa inne istotne umiejętności.

Projekt edukacyjny jest skuteczną, ciekawą i efektywną metodą nauczania. Najważniejszą rolę w tej metodzie odgrywa samodzielna praca uczniów służąca realizacji określonego zadania lub przedsięwzięcia (Barwinek, 2005). Zdaniem Wójtowicz (2001) jej wartość polega na tym, że metoda projektu jest samodzielnym realizowanym przez ucznia zadaniem, w trakcie którego zdobywa informacje lub opracowuje je, a następnie prezentuje w formie pisemnej, graficznej, inscenizacyjnej lub w formie przemówienia. Warto pamiętać ponadto, że projekt edukacyjny cechuje się wielometodycznością.

Wprowadzenie strategii nauczania, jaką jest projekt, zmobilizowało nauczycieli do odejścia od tradycyjnej roli w procesie dydaktyczno-wychowawczym, która charakteryzowała się zwykle jego organizacją i kontrolowaniem.

Dziś nauczanie ukierunkowane jest głównie na rozwój twórczego myślenia, podejmowania ryzyka, trudnych zadań, uczenia samodzielności, a także zapoznania uczniów z problemami, zagadnieniami, sytuacjami, które są elementem życia współczesnego.

Opinie nauczycieli o strategii projektu są podzielone. Jedni są krytycznie nastawieni do tej formy nauczania, nie mają stuprocentowego zaufania. Są jednak liczni pedagodzy, których zdania są bardzo pozytywne i zachęcają do wykorzystywania projektów w procesie dydaktyczno-wychowawczym.

Celem badań była ocena przydatności metody projektu dydaktycznego w kształceniu gimnazjalnym

METODA BADAŃ

Szkoła, nauczyciel, młodzież to podmioty o istotnym znaczeniu w rozbudzaniu więzi między lokalnymi społecznościami a macierzystymi regionami. Aby zdiagnozować realizację zagadnień regionalnych na lekcjach biologii przeprowadzono badania wśród 50 nauczycieli uczących na III etapie edukacyjnym. Wśród nich 39 reprezentowało szkoły miejskie w Starachowicach, zaś 11 – szkoły wiejskie w okolicznych miejscowościach.

W celu realizacji badań posłużono się techniką ankiety. Ankieta zawierała 21 pytań skierowanych do nauczycieli.

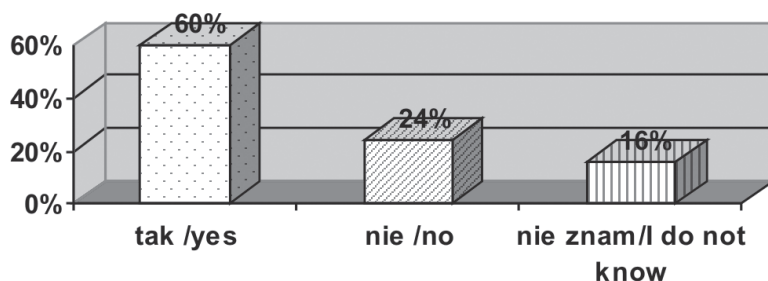
Pytania ankietowe pogrupowano na obszary tematyczne tak, by uzyskać informacje dotyczące:

- aktywności nauczycieli w procesie wdrażania nowych metod nauczania, w tym metody projektu dydaktycznego,
- oceny nowych metod edukacyjnych przez uczniów, poprzez rozwój pozytywnych postaw prospołecznych,
- aktywizacji życia szkoły w wyniku zaangażowania w realizowany projekt nauczycieli innych przedmiotów, rodziców, lokalnych organizacji,
- optymalnego wykorzystania różnorodnych środków dydaktycznych dostępnych w szkole i poza nią,
- wpływu wdrażanej metody dydaktycznej na rozwijanie twórczego myślenia, pogłębianie relacji uczeń – nauczyciel, inspirowanie do nowych wyzwań i inicjatyw,
- ogólnej oceny tej metody nauczania, poprzez jej odbiór w środowisku szkolnym (uczniowie, nauczyciele współpracujący w realizacji projektu), w środowisku lokalnym (samorządy, organizacje społeczne, instytucje lokalne).

WYNIKI BADAŃ

Wdrażanie metody projektu dydaktycznego realizującego treści regionalne w ankietowanych szkołach kształtuje się na poziomie 60%. Niepokój budzi

stosunkowo wysoki (16%) odsetek nauczycieli, którzy tej metody dydaktycznej nie znają w ogóle lub wykazują do niej negatywny stosunek (24%). Przypuszczać należy, że wymagania niezbędne do realizacji treści przedmiotowych metodą projektu dydaktycznego w sposób kreatywny, angażujący wiele środowisk są zbyt obciążające nauczycieli, dlatego aż prawie połowa z nich nie chce się z nimi zapoznać lub je wdrażać (ryc. 1).

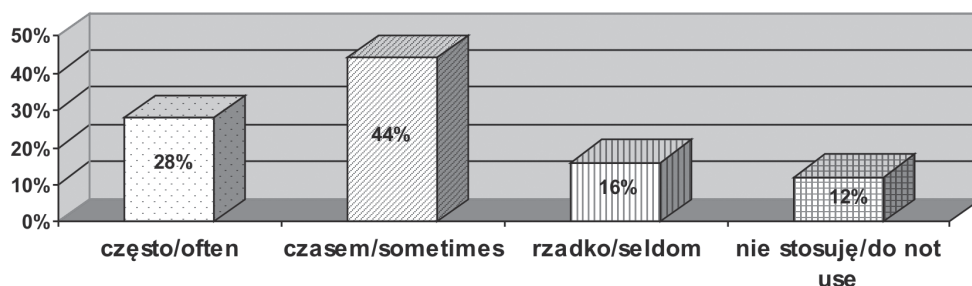


Ryc. 1. Wdrażanie projektów regionalnych na III etapie kształcenia

Fig. 1. Initiating the regional educational projects at the 3rd stage of education

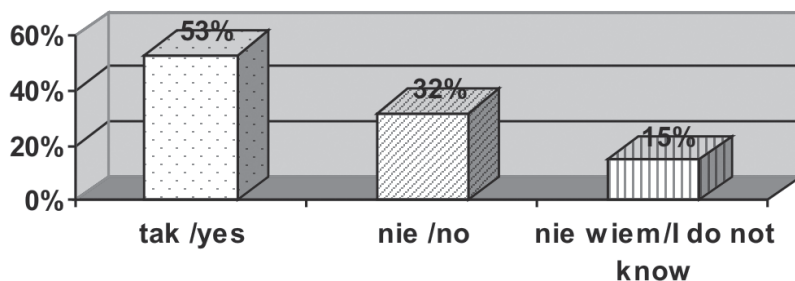
Poznanie regionu i jego problematyki gospodarczej, historycznej, infrastruktury, perspektyw rozwoju turystyki podawane w postaci wiedzy encyklopedycznej obciążonej dużą ilością danych tabelarycznych, zestawień liczbowych i dat osłabia zainteresowania uczniów. Realizacja tych samych treści programowych metodą projektu wykazała, w opinii 86% ankietowanych nauczycieli, wzrost zainteresowań uczniów regionalizmem (2% respondentów udzieliło odpowiedzi negatywnej, 12% nie miało zdania).

Badania wykazały, że nauczyciele w swojej pracy z uczniem w 28% „często”, a w 44% „czasem” wprowadzają projekt regionalny, co świadczy o docenianiu roli tej metody (ryc. 2). Potwierdzają to wyniki ankiety przedstawiające zdanie respondentów o przydatności projektów edukacyjnych o tematyce regionalnej (ryc. 3).



Ryc. 2. Wprowadzanie treści regionalnych metodą projektu w procesie nauczania

Fig. 2. Introducing the regional contents using the project method in the teaching process



Ryc. 3. Ocena przydatności projektu regionalnego w kształceniu gimnazjalnym

Fig. 3. The evaluate of the regional project usefulness in the gymnasium education

Warto zauważyć, że projekt regionalny to istotny element w kształceniu gimnazjalnym. Pedagodzy, którzy podjęli trud wdrożenia nowej metody oceniają ją jako bardzo przydatną:

- rozwijającą horyzonty myślowe uczniów,
- rozbudzającą postawy prospołeczne,
- uczącą samodzielności myślenia,
- podejmowania nowych inicjatyw,
- zwiększenia decyzyjności młodzieży,
- odwagi w komunikacji międzyludzkiej,
- uczącą współpracy w zespole,

- pozwalającą na poznanie struktur samorządowych własnych regionów, organizacji społecznych działających w „małych ojczyznach”, inicjatyw lokalnych podejmowanych na rzecz rozwoju regionu.

PROJEKT stosowany w edukacji oznacza także:

- duże, długofalowe zadanie realizowane samodzielnie przez uczniów przy założeniu, że uczniowie mają decydujący głos na etapie wyboru tematu (inicjowanie problemu), planowania i podejmowania decyzji o metodach realizacji zadania oraz kryteriach oceny ich pracy,
- realizację przyjęcie i określenie zasad, reguł i procedur postępowania obowiązujących zarówno uczniów, jak i nauczycieli,
- ograniczenie roli nauczyciela – nauczyciel jako osoba wspierająca, wyzwalająca inicjatywę oraz monitorująca przebieg prac grupy uczniów.
- Stosowanie projektów jest przejawem podejścia przedsiębiorczego w nauczaniu, które w przeciwieństwie do podejścia tradycyjnego:
- skupia się na procesie dochodzenia do wiedzy, a nie na treści,
- ucznia, a nie nauczyciela stawia w centrum zainteresowania,
- z nauczyciela czyni organizatora procesu kształcenia, a nie nieomylnego eksperta w swojej dziedzinie,
- sprawia, że uczniowie aktywnie uczestniczą w procesie kształcenia i pracują zespołowo,
- kładzie nacisk na zastosowanie teorii w praktyce,
- ma charakter interdyscyplinarny,
- umożliwia uczenie się na błędach jako przeciwwagę lęku przed popełnieniem błędu,
- zakłada elastyczność w ustalaniu tematyki zajęć, a nie sztywne trzymanie się programu nauczania.

PODSUMOWANIE

Regionalizm w nauczaniu dzieci i młodzieży jest ważnym aspektem dydaktycznym i ma znaczenie zarówno dla teorii, jak i praktyki szkolnej. Umożliwia on bowiem określenie podstawowych dążeń młodego pokolenia, pomaga w kształtowaniu celów życiowych, sprzyja organizowaniu warunków umożliwiających realizację społecznie wartościowych pragnień (Lewowicki, 1987). Głównym zadaniem edukacji regionalnej w zreformowanej szkole jest wprowadzenie ucznia w życie środowiska lokalnego najbliższego regionu, kraju ojczyste-

go i integrującej się Europy oraz współczesnego świata, zapoznanie z otaczającą rzeczywistością społeczną, polityczną i gospodarczą” (Wójtowicz, 2005).

Jak wykazały wyniki przeprowadzonych badań stosowanie projektów o treści regionalnej w kształceniu gimnazjalnym wpływa na wzrost zainteresowań uczniów.

Ankietowani bardzo chętnie podejmują tematykę regionalizmu. Są zdania, że metoda ta nie tylko pozwala na zaprezentowanie zdobytych wiadomości, ale również rozwija twórcze myślenie, pomysłowość, chęć współpracy z innymi.

Stosując projekt w procesie nauczania, uczeń poznaje walory swojego regionu – miejsca godne uwagi i zapamiętania, znane osobistości, warunki naturalne, położenie geograficzne, historię czy tradycje. Projekty integrują zespół klasowy, pomagają zaistnieć osobom mniej zdolnym. Uczą podejmowania decyzji, kształtują pewność siebie oraz ujawniają i rozwijają w uczniu różne uzdolnienia i zainteresowania. Odkrywają talenty poetyckie, redaktorskie, dziennikarskie, muzyczne, plastyczne, poetyckie, fotograficzne oraz ułatwiają uczniom poznanie własnych mocnych i słabych stron charakteru.

Zdaniem wszystkich ankietowanych stosowanie metody dydaktycznego projektu o tematyce regionalnej daje możliwość realizacji zagadnień regionalnych. W korelacji międzyprzedmiotowej badania wykazały, że najczęściej w realizacji zagadnień regionalnych współpracują nauczyciele takich przedmiotów, jak geografia, historia, język polski, informatyka. Dodatkowo respondenci wymieniali także muzykę, plastykę oraz chemię.

Wdrożenie metody projektu dydaktycznego wyzwała właściwe postawy prospołeczne i umożliwia poznanie tradycji własnego regionu, umacnia więzi z regionem, rozbudza „lokalny patriotyzm”.

Innowacyjność metody wskazuje na zmianę pozycji nauczyciela. Rola pedagoga sprowadza się do koordynowania przedsięwzięcia, pełnienia roli opiekuna pracy uczniów, systematycznej obserwacji ich pracy, dawaniu wskazówek, zachęcaniu do działania, co w efekcie ma prowadzić do osiągnięcia zamierzonego i wytyczonego celu. Następuje więc zmiana roli nauczyciela z pozycji kontrolera egzekwującego wyniki pracy na osobę wspomagającą, kierującą – opiekuna działań.

Literatura

- Barwinek G. 2005: Metoda projektu w edukacji regionalnej. „Geografia w Szkole”. 2: 105.
- Chałas K. 2000: Metoda projektów i jej egzemplifikacja w praktyce. Wyd. Nowa Era. Warszawa: 23.
- Głowacki St., Krogulec-Sobowiec M., Myzik M., Osiecki J. (pr. zb.) 1999: Metoda projektów jako narzędzie integracji międzyprzedmiotowej. Wyd. WOM. Kielce: 10.
- Lewowicki T. 1987: Aspiracje dzieci i młodzieży. Wyd. PWN. Warszawa: 67.
- Strzemecka T. 2006: Projekt – metodą aktywizującą i integrującą. „Nowa Szkoła” Miesięcznik Społeczno-Pedagogiczny. 7: 23.
- Wileczek A. 2002: Potencjał Projektu. Język Polski w Gimnazjum nr 4. Wyd. Pedagogiczne ZNP. Kielce: 75.
- Wójtowicz B. 2005: Edukacja geograficzna + edukacja regionalna + edukacja ekologiczna = edukacja holistyczna. „Geografia w Szkole” Czasopismo dla nauczycieli. 2: 12-13.
- Wójtowicz B. 2001: Scenariusze lekcji. Aktywizujące metody – optymalne efekty. Wydawnictwo M. Rożak. Gdańsk: 12.

OGÓLNOPOLSKA SIEĆ ZAOPATRZENIA LABORATORIÓW

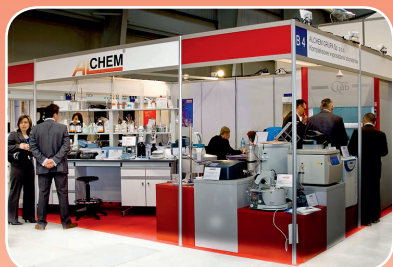
ŁĄCZY NAS CHEMIA...

Portfolio produktowe:

- aparatura kontrolno-pomiarowa
- sprzęt laboratoryjny
- meble laboratoryjne
- dygestoria i komory laminarne
- odczynniki chemiczne, wzorce
- odczynniki i surowce dla farmacji
- szkło i porcelana laboratoryjna
- wyroby lab. z tworzyw sztucznych i metalu
- filtracja i mikrobiologia
- spektrofotometria
- aparatura i akcesoria do analizy śladowej (GC, HPLC, AAS)
- urządzenia do poboru prób stałych, ciekłych i gazowych
- wyroby sterylne i diagnostyka medyczna
- biologia molekularna

Nasze mocne strony:

- kompleksowość oferty
- wysoka jakość oferowanych towarów i usług
- lokalizacja – 8 oddziałów w Polsce
- krótkie terminy realizacji zamówień, zgodnie z oczekiwaniami Klientów
- współpraca z wieloma firmami o ugruntowanej pozycji rynkowej
- profesjonalni przedstawiciele handlowi z wieloletnim doświadczeniem na rynku
- serwis sprzedawanych towarów



**Zaprojektujemy oraz wyposażymy TWOJE laboratorium
i będziemy przy TOBIE w codziennej pracy laboratoryjnej**

KONTAKT HANDLOWY

- **Białystok**
85 653 87 65
- **Bielsko-Biała**
33 828 55 00
- **Ostrów Wlkp.**
62 736 80 81
- **Poznań**
506 062 141
- **Rzeszów**
17 850 50 60
- **Toruń**
56 658 90 40
- **Warszawa**
22 632 99 54
- **Wrocław**
71 372 66 39
- **Stargard
Szczeciński**
603 936 108

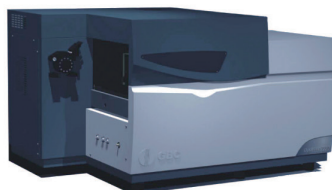
**ISO 9001:2008
Zarządzanie
Jakością**

GBC Polska

SPRAWDŹ NASZE CENY!



- Spektrometry AAS
- Spektrometry ICP
- Spektrometry ICP-MS
- Spektrofotometry UV-Vis
- Chromatografy cieczowe
- Fotometry płomieniowe



- Lampy katodowe
- Lampy deuterowe
- Super Lampy™



- Akcesoria do chromatografii GC i HPLC

Automatyczna strzykawka do GC i HPLC



- Wzorce i materiały referencyjne
- Certyfikowane Materiały Odniesienia
- Młynki i praski laboratoryjne
- Młynki kriogeniczne
- Automatyczne stapiarki elektryczne
- Destylarki do ultraczystych kwasów
- Zmywarki laboratoryjne
- Mineralizatory mikrofalowe



GBC Polska

ul. Lubomira 4
04-002 Warszawa
tel.: (+48 22) 810 01 28
faks: (+48 22) 870 24 08
e-mail: gbc@gbcpolska.pl
<http://www.gbcpolska.pl>