

Halina Chomutowska*, Krzysztof Wilamowski**

**BADANIA STANU FIZYKOCHEMICZNEGO WÓD NA TERENIE
PUSZCZY BIAŁOWIESKIEJ**

**RESEARCH IN WATER PHYSICO-CHEMICAL IN THE BIALOWIEZA
FOREST**

Słowa kluczowe: zanieczyszczenia, Puszcza Białowieska, wody, antropopresja.

Keywords: pollution, Białowieza Forest, water, anthropopressure.

Streszczenie

Celem pracy było określenie antropopresji na stan czystości wody rzeki Leśnej Prawej, przepływającej przez tereny chronione Puszczy Białowieskiej. Zakres analiz obejmował określenie temperatury i odczynu wody (pH), przewodnictwa elektrolitycznego, poziomu pierwiastków biogennych (azotu amonowego, azotanów III i V, fosforanów) oraz tlenu rozpuszczonego. Na obszarze, na którym przeprowadzono badania, analizowana woda odpowiadała III klasie czystości wód; poziom tlenu rozpuszczonego należał do niskich, zaś zawartość pierwiastków biogennych odpowiadała średniemu zanieczyszczeniu. Rzeka niesie szereg zanieczyszczeń miejskich z pobliskiej Hajnówki, co wpływa na stopień czystości oraz eutrofizację okolicznych obszarów leśnych. Woda rzeki przepływającej przez tereny chronione Puszczy Białowieskiej nie spełnia kryteriów czystości. Problemem w ostatnich latach staje się gwałtowne obniżenie poziomu wód, aż do całkowitego ich braku w niektórych miesiącach letnich, które przyczynia się do negatywnych zmian siedlisk.

Summary

The aim of this study was to determine the anthropogenic impact on the purity of the Right of Forest River water, which flows through protected areas Forest. The scope of analysis included the determination of temperature and water acidity (pH), conductivity, level of bi-

* *Dr n. med. inż. Halina Chomutowska – Zamiejscowy Wydział Leśny Politechniki Białostockiej w Hajnówce, ul. Piłsudskiego 8, 17-200 Hajnówka; tel.: 85 682 95 00; e-mail: h.chomutowska@pb.edu.pl*

** *Inż. Krzysztof Wilamowski; e-mail: krzysiekwil8810@wp.pl*

ogenic elements (ammonia nitrogen, nitrates III and V, phosphate) and dissolved oxygen. The area where the research was conducted, analyzed the water corresponded to the third class of water purity, and the level of dissolved oxygen was too low, and the content of biogenic elements correspond to the average contamination. The river carries a number of urban pollution from the near by Hajnowka, which affects the degree of purity and eutrophication of the surrounding forest areas. The water of the river flowing through the Białowieża Forest protected areas do not meet the criteria of purity. The problem in recent years becomes a sharp reduction of water level, until all of their absence in some summer months, which contributes to negative changes in habitat.

1. WPROWADZENIE

Lasy znajdują się nieustannie pod wpływem działania zmian klimatu, zanieczyszczeń powietrza lub zanieczyszczeń wód powierzchniowych. Wiele tego rodzaju czynników stresogennych jest w różnym stopniu ze sobą skorelowanych i działa jednocześnie na ekosystemy leśne z różną intensywnością. Szczególne znaczenie mają tutaj pierwiastki biogenne niezbędne do życia większości organizmów. Ich zasoby mogą ograniczać procesy metabolizmu w wodach. Przemieszczanie się substancji organicznych spowodowane pobieraniem ich przez organizmy i okresową kumulację jest uzależnione nie tylko od procesów biotycznych i abiotycznych, lecz od zapotrzebowania na dany pierwiastek.

Ważne z punktu widzenia terenów chronionych, jakim jest Puszcza Białowieska, jest określenie wpływu antropopresji na stan czystości zbiorników wodnych znajdujących się na terenie Puszczy Białowieskiej i na terenach przyległych oraz wykorzystanie w badaniach możliwie prostej metodyki.

2. MATERIAŁY I METODY

Badania fizykochemiczne wód rzeki Leśnej Prawej przeprowadzono na siedmiu stanowiskach zlokalizowanych na terenie obszarów chronionych Puszczy Białowieskiej. Są to obszary leśne.

Stanowisko badawcze zlokalizowano również na sztucznym zbiorniku retencyjnym we wsi Topiło (tab. 1, rys. 1). Próby wody pobierano ze stałych miejsc, raz w miesiącu, od maja do listopada w roku 2009. W roku 2010 badania prowadzono od kwietnia do sierpnia.

Tabela 1. Współrzędne geograficzne stanowisk badawczych**Table 1.** Geographic coordinates research positions

Numer i nazwa stanowiska	Współrzędne geograficzne
1. Obręb Starzyna	N 52°38'20,3 E 23°35'17,4
2. Zbiornik Topiło	N 52°38'27,5 E 23°37'22,6
3. Rezerwat Michnówka	N 52°38'53,7 E 23°38'16,6
4. Dopływ Studzieniec	N 52°38'33,9 E 23°39'15,1
5. Olemburski Most	N 52°38'45,2 E 23°40'24,3
6. Obręb Leśna	N 52°38'83,4 E 23°37'17,3
7. Wyspa	N 52°38'71,3 E 23°34'21,7
8. Sacharewo	N 52°38'90,7 E 23°25'18,1

**Rys. 1.** Usytuowanie stanowisk badawczych**Fig. 1.** The location of research stations

Badano poziom pierwiastków biogennych (azotu azotanowego III i V, azotu amonowego, fosforu reaktywnego) oraz zawartość tlenu rozpuszczonego, temperaturę, pH i przewodnictwo elektrolityczne według ówczynie obowiązujących norm [Praca zbiorowa 2001, Kiedrzyńska i in. 2006; Rozporządzenia... 2004, 2011].

Analizę wykonano spektrofotometrem firmy Hach DR/2000 wer. 3.0, korzystając z podszkowych odczynników tej firmy. Zastosowano następujące metody analityczne:

- 1) oznaczanie azotu amonowego metodą Nesslera (PN-C-04576-4),
- 2) oznaczanie azotu azotanowego III metodą dwufazową,
- 3) oznaczanie azotu azotanowego V metodą redukcyjną z użyciem kadmu (PN-82/C04576.08),
- 4) oznaczanie fosforu reaktywnego metodą z odczynnikami PhosVer,

- 5) oznaczanie tlenu rozpuszczonego za pomocą biurety cyfrowej HATCH metodą Winklera,
- 6) oznaczanie odczynu wody przy użyciu pH-metru ELMERION CP-505 z zastosowaniem diody ELMERION EPS,
- 7) oznaczanie przewodności elektrolitycznej przy użyciu konduktometru Conductivity Meter HACH CO150 z diodą pomiarową Conductivity Probe HACH 50161 K=1.

Wyniki opracowano statystycznie za pomocą programu STATISTICA, wersja 9.0 firmy StatSoft.

Przeprowadzono analizę zależności zmiennych losowych za pomocą wykresu rozrzutu, oznaczając współczynnik korelacji z istotnością $p < 0,050$ między wskaźnikami fizykochemicznymi.

Tabela 2. Analiza korelacji zmiennych

Table 2. Correlation analysis of variables

Zmienna	Oznaczenie współczynnika korelacji są istotne z $p < 0,050$						
	Przewodność elektrolityczna ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Azot azotanowy III ($\text{mg NO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$)	Azot azotanowy V ($\text{mg NO}_3\cdot\text{dm}^{-3}$)	Azot amonowy ($\text{mg NH}_4\cdot\text{dm}^{-3}$)	Tlen rozpuszczony ($\text{mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$)	Fosfor reaktywny ($\text{mg PO}_4\cdot\text{dm}^{-3}$)
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	$r = 0,974$ N = 10 $p = ,000$						
Azot azotanowy III ($\text{mg NO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$)	$r = -0,751$ N = 10 $p = 0,012$	$r = -0,664$ N = 10 $p = 0,036$					
Azot azotanowy V ($\text{mg NO}_3\cdot\text{dm}^{-3}$)	$r = 0,853$ N = 10 $p = 0,002$	$r = 0,945$ N = 10 $p = 0,000$	$r = -0,547$ N = 10 $p = 0,102$				
Azot amonowy ($\text{mg NH}_4\cdot\text{dm}^{-3}$)	$r = 0,992$ N = 10 $p = 0,000$	$r = 0,961$ N = 10 $p = 0,000$	$r = -0,794$ N = 10 $p = 0,006$	$r = 0,834$ N = 10 $p = 0,003$			
Tlen rozpuszczony ($\text{mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$)	$r = 0,990$ N = 10 $p = 0,000$	$r = 0,986$ N = 10 $p = 0,000$	$r = -0,773$ N = 10 $p = 0,009$	$r = 0,903$ N = 10 $p = 0,000$	$r = 0,984$ N = 10 $p = 0,000$		
Fosfor reaktywny ($\text{mg PO}_4\cdot\text{dm}^{-3}$)	$r = 0,999$ N = 10 $p = 0,000$	$r = 0,975$ N = 10 $p = 0,000$	$r = -0,769$ N = 10 $p = 0,009$	$r = 0,857$ N = 10 $p = 0,002$	$r = 0,995$ N = 10 $p = 0,000$	$r = 0,994$ N = 10 $p = 0,000$	
pH	$r = 0,965$ N = 10 $p = 0,000$	$r = 0,988$ N = 10 $p = 0,000$	$r = -0,625$ N = 10 $p = 0,053$	$r = 0,929$ N = 10 $p = 0,000$	$r = 0,934$ N = 10 $p = 0,000$	$r = 0,973$ N = 10 $p = 0,000$	$r = 0,9608$ N = 10 $p = 0,000$

3. WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Wyniki analizy wody pod kątem obecności pierwiastków biogennych, głównie azotu azotanowego III i V, azotu amonowego i fosforu reaktywnego oraz zawartości tlenu rozpuszczonego, odczynu wody, wartości przewodnictwa elektrolitycznego i temperatury przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Uśrednione wyniki badań wody

Table 3. Averaged results of the water

Parametr Stanowisko	Temperatura (°C)	pH	Przewodnictwo ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Tlen rozpuszczony ($\text{mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$)	Azot azotanowy (III) ($\text{mg NO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$)	Azot azotanowy (V) ($\text{mg NO}_3\cdot\text{dm}^{-3}$)	Azot amonowy ($\text{mg NH}_4\cdot\text{dm}^{-3}$)	Fosfor reaktywny ($\text{mg PO}_4\cdot\text{dm}^{-3}$)
1. Obręb Starzyna	14,6	7,35	377	2,32	0,013	0,9	0,71	2,7
2. Zbiornik Topiło	18,5	7,31	277	2,30	0,016	0,9	0,72	0,8
3. Rezerwat Michnówka	15,2	7,33	280	2,94	0,013	1,3	0,97	1,1
4. Dopływ Studzieniec	14,5	7,22	317	2,87	0,014	0,9	0,77	0,9
5. Olemburski Most	14,4	7,23	385	2,84	0,011	0,8	0,77	2,9
6. Obręb Leśna	13,4	7,08	349	2,56	0,015	0,8	0,60	1,5
7. Wyspa	13,3	7,30	485	2,44	0,014	0,7	0,36	3,6
8. Sacharewo	11,9	7,37	656	1,73	0,032	1,0	2,79	3,3

Uzyskane wyniki wykazały, że najwyższa temperatura wody występowała w roku 2009 w okresie lipiec–wrzesień i w roku 2012 w okresie maj–sierpień, na stanowisku 2. Temperatura wody zależy od wielu czynników, między innymi od położenia stanowiska. Wody na stanowisku 2 charakteryzowała wyższa temperatura ze względu na większe nasłonecznienie obszaru [Malzahn, Chomutowska 2009].

Odczyn wody w rzece Leśnej Prawej i w zbiorniku Topiło wahał się w granicach od 6,58 do 7,94. Woda wszystkich stanowisk badawczych miała odczyn od obojętnego do lekko zasadowego. Analizując korelację pomiędzy pH wody a innymi czynnikami, stwierdzono, że wraz ze wzrostem odczynu wody, wzrastają wartości przewodnictwa elektrolitycznego i pierwiastków biogennych (tab. 2).

Azot azotanowy III jest związkami nietrwałymi. Szybko ulega utlenieniu [Kajak 2008] do azotu azotanowego V, a przy niedoborze tlenu – do formy amonowej. W takich wypadkach stężenia azotu w tej formie są niewielkie, z dominacją azotu azotanowego III, na co wskazują wyniki analizy statystycznej wykonanej dla zależności występowania w badanej

wodzie azotu azotanowego III i V. Wskazuje ona na zależność liniową ujemną – ze wzrostem wartości jednej z analizowanych cech maleje wartość drugiej cechy (tab. 2).

Najwyższe stężenie azotu amonowego wystąpiło w maju 2009 roku, na stanowisku 8. Stężenie to wynosiło $12,6 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Przez cały okres prowadzonych badań azot amonowy na stanowisku 8 utrzymywał się na wysokim poziomie. Na taki poziom stężenia azotu amonowego może wpływać między innymi temperatura [Chomutowska 2008, 2009], co potwierdza analiza zależności występowania tej formy azotu od temperatury (tab. 2). Położenie stanowiska 8 (Sacharewo) wiąże się ze zwiększonym zanieczyszczeniem wody związkami azotowymi spowodowanym odprowadzaniem ścieków bytowo-komunalnych miasta Hajnówka [Kędzierzawski 2002]. Zmiany zawartości azotu amonowego w całym okresie badawczym przedstawiono w tabelach 4 i 5.

Przewodnictwo elektrolityczne wody wahało się w granicach od 201 do $1050 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, co świadczy o niskim stopniu zanieczyszczenia wody. Największe wartości tego wskaźnika odnotowano na stanowisku 8 w sierpniu i wrześniu w 2009 roku.

Szczegółowe dane badań przeprowadzonych w latach 2009 i 2010 zawarto w tabelach 4 i 5.

Zawartość fosforu reaktywnego w analizowanych próbach wahały się w przedziale od $0,11 \text{ mg PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ do $14,24 \text{ mg PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$. Najwyższe stężenie tego związku zaobserwowano na stanowisku 8 w maju 2009 roku. Przez cały okres badań obserwowano podwyższone stężenia na stanowisku 7; mniejsze ilości stwierdzono na pozostałych stanowiskach badawczych. Świadczy to o okresowości występowania tego związku. Związki fosforowe występują zimą, wiosną i jesienią, a zanikają w okresie letnim [Hermanowicz i in. 1999]. Zmienność sezonowa w występowaniu fosforu i jego związków mogła być spowodowana przemianami zachodzącymi w warunkach aerobowych i anaerobowych [Kuffel 1996].

Poziom tlenu rozpuszczonego był niski (tab. 4 i 5). Wody znajdujące się na terenach chronionych powinien charakteryzować wysoki poziom natlenienia. Jednak są to obszary leśne, wody niosą duże ilości związków humusowych, a to mogło wpłynąć na uzyskane wyniki badań [Malzahn, Chomutowska 2009]. Jednocześnie rzeka Leśna Prawa jest odbiornikiem ścieków bytowo-gospodarczych dla miasta Hajnówka. Dotychczas, pomimo istniejącej oczyszczalni miejskiej nie udało się wyeliminować niektórych zanieczyszczeń. Skutki można zauważyć na stanowisku Sacharewo, najbliższej położonego miasta.

Wody zakwalifikowano do III klasy – stan umiarkowany według oceny stanu ekologicznego. O klasyfikacji zdecydowały wyniki przeprowadzonych badań [WIOŚ 2012; Rozporządzenie... 2011].

Problemem okazał się spadek poziomu wód w zbiornikach wodnych Puszczy, aż do całkowitego zaniku wody w miesiącach letnich (tab. 4 i 5), co obserwuje się od kilku lat [Chomutowska 2008; Malzahn, Chomutowska 2009]. Zjawisko to może wpływać na poziom czynników biogennych.

Tabela 4. Fizykochemiczne parametry wody w 2009 roku
Table 4. The physicochemical parameters of water in 2009

Para- meter	Temperatura (°C)		pH		Przewodnictwo elektryczne ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)		Azot amonowy ($\text{mg NH}_4\cdot\text{dm}^{-3}$)		Azot azotanowy (III) ($\text{mg NO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$)		Azot azotanowy (V) ($\text{mg NO}_3\cdot\text{dm}^{-3}$)		Fosfor reaktywny ($\text{mg PO}_4\cdot\text{dm}^{-3}$)		Tlen rozpusz- czalny ($\text{mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$)																														
	V	VII	VIII	IX	X	XI	V	VII	VIII	IX	X	XI	V	VII	VIII	IX	X	XI	VII	VIII	IX	X	XI																						
1	11,0	18,0	14,0	bw.	6,0	7,73	7,18	7,29	bw.	7,24	444	437	440	bw.	370	0,60	1,30	1,17	bw.	0,61	0,019	0,015	0,017	bw.	0,013	0,8	1,3	1,1	bw.	0,5	1,06	5,02	3,12	bw.	1,02	2,5	3,1								
2	13,0	26,0	19,0	18,0	10,0	5,0	7,38	7,25	7,31	7,94	7,14	6,58	259	258	257	376	265	235	0,72	1,10	0,63	0,42	0,21	0,65	0,017	0,016	0,018	0,011	0,022	0,021	0,8	1,1	0,9	0,0	0,6	0,8	0,44	1,45	1,23	0,43	0,49	0,78	2,4	2,6	
3	Rez. Michnówka	10,0	19,0	16,0	bw.	6,0	7,66	7,09	7,41	bw.	7,25	273	274	bw.	300	0,66	3,10	2,01	bw.	0,62	0,011	0,022	0,020	bw.	0,014	0,9	3,1	2,2	bw.	0,7	0,63	1,86	1,60	bw.	0,94	3,3	2,6								
4	Studzieniec	7,0	18,0	15,0	bw.	6,5	7,44	7,45	7,13	bw.	7,18	438	419	425	bw.	297	0,50	1,50	1,30	bw.	0,65	0,008	0,013	0,010	bw.	0,009	0,7	1,5	0,9	bw.	0,7	0,62	0,84	0,83	bw.	0,62	2,6	2,4							
5	Olemburski most	9,0	18,0	14,5	bw.	6,0	7,52	7,22	7,18	bw.	7,08	496	422	453	bw.	410	0,72	1,50	1,23	bw.	0,45	0,020	0,014	0,017	bw.	0,008	0,7	1,5	0,8	bw.	0,6	1,64	2,28	2,56	bw.	3,92	2,7	2,4							
6	Obręb Lesna	9,5	17,0	14,0	13,0	8,0	6,0	7,23	7,12	7,03	6,92	6,80	6,91	345	323	297	562	234	273	0,94	1,10	0,84	0,80	0,42	0,60	0,015	0,021	0,020	0,015	0,024	0,013	0,8	1,1	0,8	0,8	0,8	0,7	1,50	1,13	2,74	1,67	0,42	0,99	8,4	3,4
7	Wyspa	9,0	18,0	14,5	12,5	7,0	5,0	7,42	7,17	7,28	7,14	7,28	7,24	652	397	593	640	512	547	0,52	1,10	0,75	0,60	0,47	0,00	0,007	0,020	0,032	0,018	0,020	0,008	0,4	1,1	1,1	0,6	0,7	0,3	3,16	1,56	5,44	5,08	0,47	1,95	7,2	2,2
8	Sacharewo	8,5	17,0	17,0	15,5	9,0	7,0	7,33	7,23	7,52	7,46	7,32	928	414	1023	1050	868	597	12,60	1,00	3,75	0,20	0,37	0,00	0,040	0,015	0,019	0,053	0,088	0,016	2,0	1,0	0,1	0,2	2,2	1,7	14,24	2,92	2,15	1,02	0,37	0,77	1,4	2,9	

Objaśnienia: bw – brak wody.

Tabela 5. Fizykochemiczne parametry wody w 2010 roku
Table 5. The physicochemical parameters of water in 2010

Stano- wisko	Temperatura (°C)		pH		Przewodnictwo elektrolyczne ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)		Azot amonowy ($\text{mg NH}_4\text{-dm}^{-3}$)		Azot azotanowy (III) ($\text{mg NO}_2\text{-dm}^{-3}$)		Azot azotanowy(V) ($\text{mg NO}_3\text{-dm}^{-3}$)		Fosfor reaktywny ($\text{mg PO}_4\text{-dm}^{-3}$)		Tlen rozpusz- czalny ($\text{mg O}_2\text{-dm}^{-3}$)																									
	IV	V	VI	VII	VIII	IV	V	VI	VII	VIII	IV	V	VI	VII	VIII	IV	V	VI	VII	VIII																				
1 Obręb Starzyna	10,0	16,0	17,0	21,0	18,0	7,29	7,56	7,37	7,32	7,21	332	363	331	335	343	0,38	0,69	0,71	0,53	0,47	0,008	0,010	0,013	0,009	0,015	0,8	0,8	0,7	0,9	1,0	1,53	3,60	2,70	2,70	2,10	3,90	1,90	2,10	2,20	1,60
2 Zbiornik Topilo	13,0	21,0	23,0	31,0	25,0	7,24	7,40	7,45	7,54	7,19	212	268	290	320	307	0,30	0,88	0,90	0,94	1,00	0,012	0,013	0,015	0,017	0,009	1,2	1,1	1,0	1,1	1,0	0,65	0,69	0,71	0,94	0,75	3,50	1,60	1,80	2,30	2,00
3 Rez. Mich- nówka	11,0	17,0	18,0	20,0	20,0	7,11	7,32	7,23	7,18	7,65	271	285	267	273	291	0,12	0,67	0,73	0,87	0,73	0,009	0,011	0,007	0,008	0,013	0,9	0,8	0,9	1,0	1,1	0,78	0,71	1,02	1,49	1,20	2,70	1,80	1,60	1,70	1,60
4 Studzieniec	11,0	16,0	18,0	21,0	17,0	7,30	7,17	7,03	7,00	281	306	251	201	231	0,19	0,72	0,77	0,81	0,91	0,011	0,013	0,018	0,024	0,018	0,9	0,8	0,7	1,3	0,7	0,98	0,97	0,83	1,07	0,90	3,50	2,10	1,90	1,90	1,50	
5 Olemburski most	11,0	16,0	17,0	20,0	18,0	7,16	7,29	7,20	7,17	7,22	331	366	320	340	331	0,10	0,65	0,75	0,85	0,97	7,000	0,010	0,009	0,006	0,004	0,7	0,8	0,7	0,9	0,8	1,79	2,00	2,14	4,16	3,92	2,00	1,90	2,00	2,10	1,90
6 Obręb Leśna	7,0	16,0	18,0	20,0	19,0	7,14	7,20	7,46	7,05	7,07	303	680	313	253	270	0,41	0,58	0,98	0,34	0,23	0,013	0,012	0,010	0,009	0,010	0,7	0,7	0,9	0,9	0,7	0,48	1,92	0,86	1,90	1,72	3,60	1,90	2,40	1,90	1,70
7 Wyspa	9,0	15,0	18,0	20,0	18,0	7,42	7,34	7,44	7,21	7,30	293	494	512	367	342	0,00	0,71	0,54	0,18	0,20	0,011	0,010	0,009	0,005	0,009	0,4	0,7	0,5	0,9	0,8	2,32	1,92	4,08	4,40	3,96	3,40	1,50	1,70	2,00	1,90
8 Sacharewo	8,0	15,0	18,0	20,0	18,0	7,45	7,49	7,30	7,31	7,15	260	320	781	481	502	2,47	0,68	2,33	2,67	2,34	0,054	0,023	0,017	0,009	0,011	8,0	0,7	0,6	0,7	0,8	0,11	2,06	2,74	4,26	4,30	1,60	1,50	1,90	1,60	1,60

Analiza statystyczna wykazała istnienie zależności między analizowanymi zmiennymi. Poziom istotności między zmiennymi w większości wypadków określono za bardzo istotny (0,000).

Stwierdzono dwa rodzaje korelacji:

- 1) korelację dodatnią (od 0 do 1): jeżeli rosną wartości jednej zmiennej, rosną też wartości drugiej zmiennej i odwrotnie, jeżeli maleją wartości jednej zmiennej, maleją wartości drugiej zmiennej (tab. 2),
- 2) korelację ujemną (od -1 do 0): jeżeli rosną wartości jednej zmiennej, drugiej maleją i odwrotnie, jeżeli maleją wartości jednej zmiennej, drugiej rosną (tab. 2).

4. WNIOSKI

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań można stwierdzić, że:

- 1) na jakość wód rzeki Leśnej Prawej, pośrednio wpływają obszary bagienno-torfowe, które mogą emitować niektóre formy azotu, głównie w wyniku mineralizacji utworów glebowych. Wody zakwalifikowano do III klasy według oceny stanu ekologicznego;
- 2) zawartość pierwiastków biogennych należy do niskich;
- 3) stan czystości rzeki, zwłaszcza w pobliżu miasta Hajnówka (stanowisko 8) wskazuje, że rzeka jest odbiornikiem ścieków komunalnych i przemysłowych, przez co następuje migracja zanieczyszczeń antropogenicznych do wód stanowisk leśnych;
- 4) gwałtowne obniżanie się poziomu wód w zbiornikach wodnych, aż do całkowitego ich braku w miesiącach letnich, przyczynia się do negatywnych zmian stabilności siedlisk leśnych Puszczy Białowieskiej.

PIŚMIENNICTWO I AKTY PRAWNE

- CHOMUTOWSKA H. 2008. Ocena zmian w występowaniu pierwiastków biogennych w wybranych oczkach wodnych Puszczy Białowieskiej. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 35/36: 246–253.
- CHOMUTOWSKA H. 2009. Wpływ wybranych czynników fizykochemicznych na bakterio plankton rzeki Rospuda. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 40: 513–522.
- HERMANOWICZ W.J., DOŻAŃSKA W., KOSIOROWSKI B., ZEBE J. 1999. Fizykochemiczne badanie wody i ścieków. Wyd. Arkady, Warszawa.
- Informacja Podlaskiego Inspektora Ochrony Środowiska o stanie środowiska na terenie powiatu hajnowskiego.** 2012. WIOŚ, Białystok.
- KAJAK Z. 1998. *Hydrobiologia – Limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych.* Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- KIEDRYŃSKA L., PAPCIAK D., GRANOPS M. 2006. *Chemia sanitarna.* Wyd. SGGW, Warszawa.

- KĘDZIERZAWSKI M. 2002. Ocena jakości wód rzeki Leśnej Prawej w latach 1997–2000. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Białystok.
- KUFEL I. 1996. Analiza przemian i retencji związków azotu i fosforu w małym układzie rzeczno-jeziornym (zlewnia rzeki Krutyni, Pojezierze Mazurskie). Zeszyty Naukowe Komitetu „Człowiek i środowisko”, 13, 225–235.
- MALZAHN E., CHOMUTOWSKA H. 2009. Ocena zmian czynników abiotycznych w Puszczy Białowieskiej. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 540: 247–258
- Praca zbiorowa.** 2001. Fizykochemiczne metody kontroli zanieczyszczeń środowiska. WNT, Warszawa: 464.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód** (Dz. U. 2004, nr 32, poz. 284).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 listopada 2011 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych** (Dz. U. 2011, nr 258, poz. 1550).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 w sprawie klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych** (Dz. U. 2011, nr 257, poz. 1545).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego jednolitych części wód powierzchniowych oraz sposób interpretacji wyników badań wskaźników jakości wód powierzchniowych wchodzących w skład elementów fizykochemicznych, biologicznych i hydromorfologicznych** (Dz. U. 2011, nr 257, poz. 1545, Zał. Nr 7).