

## Wpływ wybranych torfowisk na kształtowanie składu chemicznego płytkich wód podziemnych Drawieńskiego Parku Narodowego

Karolina Ścibior<sup>1</sup>, Paweł Rydelek<sup>2</sup>, Marcin Stępień<sup>2</sup>

**Influence of selected peat bogs Drawa National Park on the formation of the chemical composition of shallow groundwater.** Prz. Geol., 63: 1099–1104.

*Abstract.* This article attempts to determine the impact of peatlands on the chemical composition and selected parameters of shallow groundwater in Drawa National Park. Three peat bogs were selected for testing: Miradz, Wydrowe Łęgi and Głodne Jeziorka. They differ from each other in terms of origins, botanical composition and properties of peat. 55 samples of organic soils (including 41 peat samples) and 17 groundwater samples were collected. The samples came from layers of peat bogs and peatlands situated directly beneath and in the immediate vicinity. During the laboratory tests are shown in the basic physicochemical parameters of the peat: ash content (AC), cation exchange capacity (CEC), pH, moisture. In addition, the data on SRT and their botanical composition marked in the course of fieldwork have been verified. Directly in the field pH, PEW and water temperatures were examined. In the groundwater samples were determined concentrations of ions  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Si}$  and other selected metals. The results showed that the peat bogs of different genesis in a different way influence the shaping of the chemical composition of shallow groundwater. Especially significant differences indicate if compared to the peat bog Miradz, Wydrowe Łęgi in opposition to Głodne Jeziorka. Groundwater from the Głodne Jeziorka and direct neighborhoods showed a much lower pH, conductivity and mineralization.

**Keywords:** hydrochemistry, peatland, peat, Drawa National Park

Torfowiska, ze względu na właściwości wypełniających je osadów, mogą pełnić istotną rolę w kształtowaniu składu chemicznego wód podziemnych występujących w ich najbliższym sąsiedztwie (Novák i in., 2005; Joniak i in., 2006; Sapek i in., 2007; Porowska & Leśniak, 2008; Porowska & Małecki, 2011; Tiemeyer & Kahle, 2014). Głównym składnikiem torfów jest substancja organiczna pochodząca z obumarłych roślin torfotwórczych, a jej zawartość i skład w istotny sposób wpływają na właściwości fizyczno-chemiczne torfów, w tym zdolności sorpcyjne, mogące kształtować skład wód podziemnych. Największy wpływ na zdolności sorpcyjne torfów ma wymiana jonowa zachodząca z różną intensywnością w zależności od pH. Procesom jonowymiennym mogą towarzyszyć procesy tworzenia się powierzchniowych związków kompleksowych (Ho & McKay, 1998) oraz wewnątrzkompleksowych (Brown i in., 2000; Ho & McKay, 2003), jak również procesy sorpcji chemicznej i fizycznej (Sharma & Forster, 1993; Borkowski i in., 2013).

Skład wód podziemnych kształtują procesy mineralizacji substancji organicznej zachodzące najintensywniej w partiach stropowych torfowisk w wyniku wahań zwierciadła wód podziemnych. Efektem mineralizacji substancji organicznej jest najczęściej wymywanie ze strefy powierzchniowej produktów utlenienia: głównie azotanów i siarczanów (Novák i in., 2005). Inna przyczyna zmian chemizmu wód podziemnych wiąże się z przemianami części mineralnych zawartych w torfach, a także z utlenianiem pirytu i wytrącaniem węglanu wapnia zachodzącym w określonych warunkach (Rydelek, 2013).

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu wybranych torfowisk na kształtowanie składu chemicznego płytkich wód podziemnych w rejonie Drawieńskiego Parku Narodowego. Do badań wytypowano trzy obiekty: torfowisko fluwiogeniczne „Miradz”, torfowisko soligeniczne

„Wydrowe Łęgi” oraz torfowisko ombrogeniczne „Głodne Jeziorka” (ryc. 1). Podstawowym kryterium doboru torfowisk było zróżnicowanie ich genezy.

Torfowiska fluwiogeniczne są zasilane głównie przez wody powierzchniowe, najczęściej rzeczne, torfowiska soligeniczne – przez wody podziemne napływające z warstw wodonośnych obszarów przyległych, a torfowiska ombrogeniczne – głównie przez wody opadowe (Dembek & Oświt, 1992). Ponadto, z uwagi na często opisywaną zmienność właściwości fizyczno-chemicznych torfów (Okupny i in., 2014; Kowalczyk i in., 2014; Pawłowski i in., 2014; Rydelek i in., 2015), wytypowano obiekty różniące się zarówno składem botanicznym, jak i zajmowaną powierzchnią i miąższością osadów organicznych.

### ZAKRES I METODYKA BADAŃ

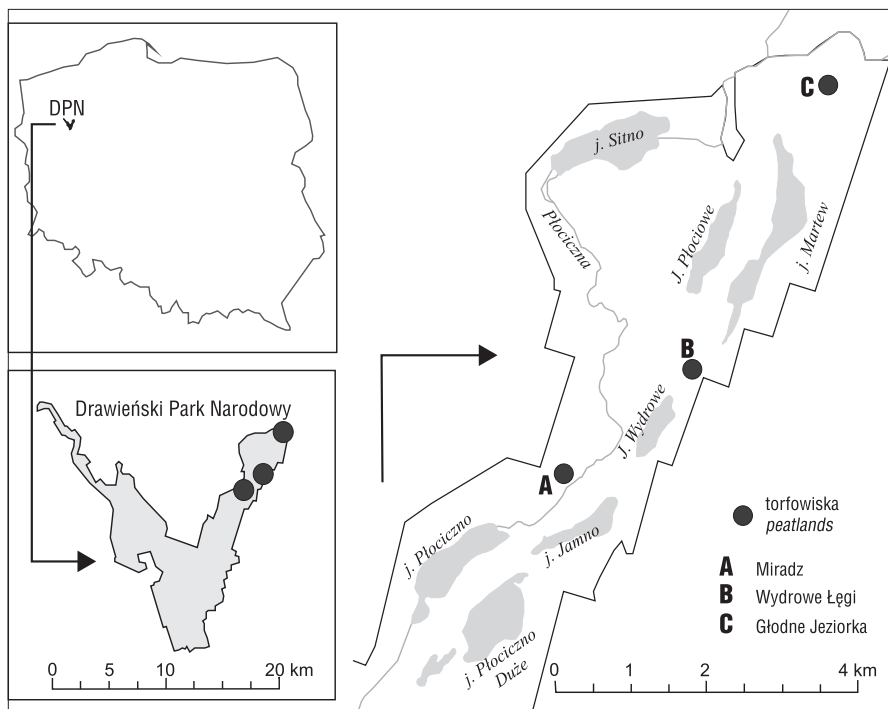
W obrębie badanych torfowisk wykonano 15 orurowanych otworów, starając się każdorazowo przewiercić całą miąższość gruntów organicznych. Próbkę torfów pobierano przy każdej stwierdzonej makroskopowo zmianie składu botanicznego, nie rzadziej niż co 20 cm. Podczas pobierania próbek określano każdorazowo rodzaj i stopień rozkładu torfu oraz makroskopowo oznaczano zawartość  $\text{CaCO}_3$ .

W laboratorium oznaczono podstawowe parametry fizyczno-chemiczne torfów (wilgotność, straty prażenia i popielność, pH i pojemność wymiany kationowej) oraz zweryfikowano i uzupełniono dane dotyczące stopnia rozkładu i składu botanicznego torfów oraz zawartości węglanów.

Straty prażenia i popielność ( $A_c$ ) oznaczano w temperaturze 440°C (ASTM, 1995). Odczyn badanych torfów oznaczono w zawiesinie z wodą destylowaną oraz w roztworze KCl metodą elektrometryczną (Myślińska, 2001). Pojemność wymiany kationowej badanych torfów oznaczano metodą sorpcji miedzi (Sapek, 1982). Metoda zali-

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; ksci@pgi.gov.pl.

<sup>2</sup> Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; pawel.rydelek@uw.edu.pl, marcin.stepien@uw.edu.pl.



Ryc. 1. Lokalizacja terenu badań  
Fig. 1. Location of the study area

czana jest do metod statycznych (*batch*) i opiera się na pomiarze stężenia jonów miedzi w roztworze przed reakcją i po reakcji z gruntem.

Próbki wód podziemnych uzyskano z samych torfowisk, z warstwy wodonośnej podścielającej torfowiska oraz z miejsc leżących na drodze przepływu wód podziemnych bezpośrednio powyżej badanych obiektów. Ponadto pobrano również próbki wody z rzeki Płocicznej, ciekłu powierzchniowego w rezerwacie przyrody Wydrówce Łęgi oraz wód powierzchniowych zbiornika, przy którym prowadzono badania w rezerwacie Głodne Jeziorka. Łącznie uzyskano 17 próbek wody o objętości 500 ml każda. Pobór próbek wód podziemnych odbywał się za pomocą próbnika własnej konstrukcji, a woda była w sposób mechaniczny pozbawiana grubszych frakcji materii organicznej. W terenie pomierzono głębokości do zwierciadła wód podziemnych w każdym z otworów oraz temperaturę, pH i konduktywność wód. W najkrótszym możliwym czasie po pobraniu próbki były odwirowywane i przesączone przez filtry membranowe o średnicy oczek 0,45  $\mu\text{m}$ . Część wód z każdej próbki przeznaczona do badań jej składu kationowego była zakwaszana 60% kwasem  $\text{HNO}_3$  w proporcji 9 porcji wody : 1 porcja kwasu. Badania składu chemicznego miały miejsce w Laboratorium Chemii Wód i Skał Wydziału Geologii UW. W zakresie kationów wykorzystano spektrometr Optima 5300 DV firmy Perkin Elmer (ICP-OES). Do oznaczenia stężeń anionów  $\text{HCO}_3^-$  i  $\text{Cl}^-$  wykorzystano metody wolumetryczne, a w celu określenia stężeń  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$  i  $\text{PO}_4$  użyto spektrofotometru Hach DR 2800. Mineralizację wody wyznaczono na podstawie sumy zawartości anionów i kationów, uzyskanych we wcześniej przeprowadzonych analizach.

## WYNIKI BADAŃ GRUNTÓW

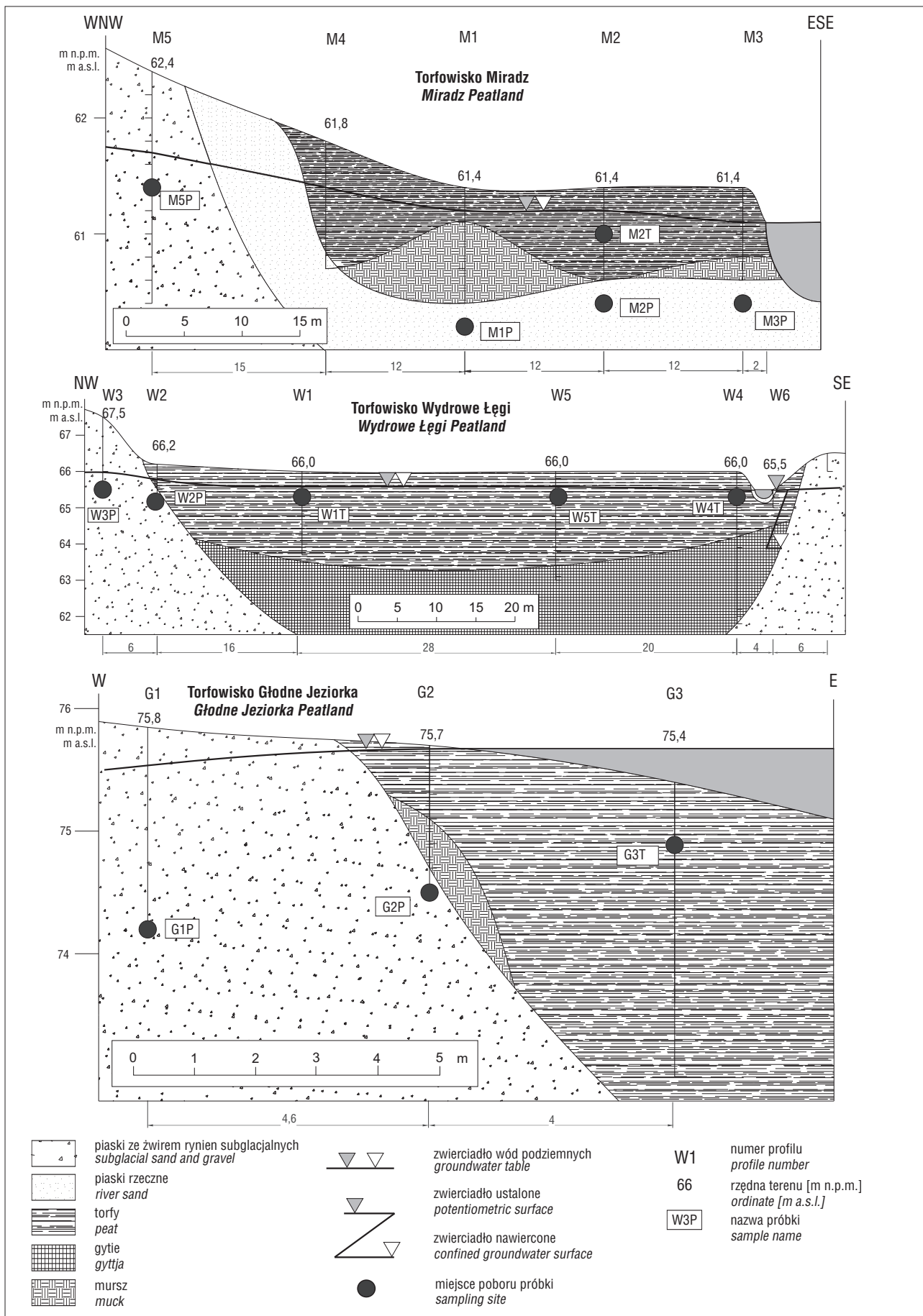
Torfowisko soligeniczne Wydrówce Łęgi jest zbudowane głównie z torfów olesowych o maksymalnej miąższości 2,6 m, podścielonych warstwą gytii o największej stwierdzonej miąższości 2,4 m (ryc. 2). W podłożu utworów organicznych występują piaski ze żwirami. Torfy w obrębie torfowiska wykazały największą wilgotność i najmniejszą z badanych torfowisk popielność (26%) oraz najwyższe wartości pH (średnio 5,5) i CEC (113 cmol/kg) (tab. 1).

Torfowisko fluwiogeniczne Miradz jest zbudowane z torfów turzycowiskowych o miąższości maksymalnej 1 m. W spągu torfowiska stwierdzono występowanie średnioziarnistych piasków rzecznych (fig. 2). Torfy znajdujące się w torfowisku Miradz miały średnią popielność 53% przy średniej wartości CEC 79 cmol/kg (tab. 1). Odczyn wód z torfów zawierał się w przedziale: 4,7–6,4.

Torfowisko ombrogeniczne Głodne Jeziorka jest zbudowane z torfów mszarnych o miąższości przekraczającej 2,4 m i średniej popielności 43%. Torfy wykazały najniższe z badanych obiektów wartości pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) – średnio 3,7. Konsekwencją ekstremalnie niskiego odczynu torfów w warunkach naturalnych jest ich niezdolność do wymiany kationowej.

## WYNIKI BADAŃ WÓD PODZIEMNYCH

Na badanych torfowiskach stwierdzono występowanie różnych typów hydrochemicznych wód. Nad Płociczną (torfowisko Miradz) typ hydrochemiczny wód zmienia się z  $\text{HCO}_3\text{--Cl--Ca}$  (przyjęto, że do wzoru wchodzi jon o udziale  $>20\%$  mval) w brzeżnej części torfowiska, przez



Ryc. 2. Schematyczne przekroje litologiczne przez badane torfowiska z uwzględnieniem miejsc poboru próbek  
 Fig. 2. Schematic lithological sections by studied bogs with the sampling sites

**Tab. 1.** Parametry fizyczne i chemiczne badanych torfów. Podano kolejno: wartości średnie, zakres i współczynnik zmienności. W nawiasach podano liczbę próbek**Table 1.** Physical and chemical parameters studied peat. Given sequence: the mean values, range and coefficient of variation. In parentheses is the number of samples

	Wilgotność Water content [%]	Popielność Ash content [%]	Pojemność wymiany kationowej Cation exchange capacity [cmol/kg]	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub> [-]	pH <sub>KCl</sub> [-]
Miradz (13)	362,73 213,5–678,3 0,41	53,11 26,82–75,49 0,26	78,88 44,07–125,59 0,34	5,37 4,7–6,36 0,09	5,04 4,5–5,78 0,07
Wydrowe Łęgi (25)	452,55 117,48–776,78 0,45	26,02 11,53–76,73 0,69	112,49 31,48–155,34 0,25	5,48 4,91–6,6 0,05	5,08 4,8–6,27 0,05
Głodne Jeziorka (3)	173,32 72,99–294,56 0,65	43,15 21,14–69,57 0,57	0 0–0 –	3,71 3,40–4,08 0,09	2,75 2,59–2,78 0,06

HCO<sub>3</sub>–Ca w centralnej części, do HCO<sub>3</sub>–SO<sub>4</sub>–Ca w próbkach pobranych w pobliżu rzeki. Na torfowisku Wydrowe Łęgi wody pobrane wzdłuż przekroju, na zachód od cieku powierzchniowego, wykazują typ HCO<sub>3</sub>–SO<sub>4</sub>–Ca, a w jednym punkcie w centralnej części torfowiska – SO<sub>4</sub>–HCO<sub>3</sub>–Ca, natomiast w próbce pobranej na wschód od torfowiska i ze źródła położonego na północ od przekroju – HCO<sub>3</sub>–Ca. Typ hydrochemiczny w wodach pobranych w rezerwacie Głodne Jeziorka znacznie odbiega od reprezentowanego przez torfowiska niskie. W profilu G3 wody były typu Cl–HCO<sub>3</sub>–Na–Ca, w G2: Cl–HCO<sub>3</sub>–Ca, a poza torfowiskiem: Cl–HCO<sub>3</sub>–Al–Ca.

Wody pobrane na torfowisku Miradz charakteryzują się najwyższą spośród badanych torfowisk mineralizacją, PEW oraz pH. Średnie wartości dla tych parametrów wynoszą odpowiednio 321,52 mg/dm<sup>3</sup>, 539,5 μS/cm i 6,9. Warto zwrócić uwagę także na, że jest to torfowisko, którego wody cechują się znaczną ilością metali ciężkich, przy czym najwyższe wartości zauważono w próbce pobranej w sąsiedztwie torfowiska (tab. 2). Przyczyną takich stężeń jest prawdopodobnie zasilanie torfowiska wodami rzecznyymi Płocicznej (Ciszewski i in., 2004). Odnotowano również najwyższe średnie stężenie krzemionki (8,56 mg/dm<sup>3</sup>), które we wszystkich pobranych próbkach występowało w granicach 7,06–9,50 mg/dm<sup>3</sup> (tab. 2).

Wody w rezerwacie Wydrowe Łęgi wyróżniają się najwyższym stężeniem jonów siarczanowych (45,43 mg/dm<sup>3</sup>), azotanowych (1,46 mg/dm<sup>3</sup>) oraz fosforanowych (0,35 mg/dm<sup>3</sup>) (tab. 2). Są to aniony mogące pochodzić z mineralizacji substancji organicznej (Macioszczyk, 1987). Najwyższe stężenia tych jonów zanotowano w centralnej i wschodniej części przekroju. Metale ciężkie występują tu w najmniejszych stężeniach wynoszących średnio: żelazo – 0,75 mg/dm<sup>3</sup>, mangan – 0,05 mg/dm<sup>3</sup>, miedź – 0,024 mg/dm<sup>3</sup>, tytan – 0,004 mg/dm<sup>3</sup>, cynk – 0,072 mg/dm<sup>3</sup>. Podobnie jak w przypadku torfowiska Miradz, wyższe wartości tych składników zauważono poza torfowiskiem. Stwierdzono także najniższe średnie stężenia krzemionki (1,72 mg/dm<sup>3</sup>) (tab. 2).

Wody torfowiska Głodne Jeziorka wykazują najniższe średnie wartości pH (4,6), mineralizacji (29,8 mg/dm<sup>3</sup>) oraz konduktywności (57,67 μS/cm) (tab. 2). Mimo że większość składników występuje tu w najniższych stężeniach, adekwatnych do mineralizacji, to wartości niektórych są najwyższe spośród wszystkich torfowisk. Odnosi się to m.in. do fosforanów, których średnie stężenie wynosi

0,43 mg/dm<sup>3</sup>. Na torfowisku tym zanotowano również najwyższe stężenia niektórych metali ciężkich: żelaza (1,59 mg/dm<sup>3</sup>), glinu (1,48 mg/dm<sup>3</sup>), arsenu (0,012 mg/dm<sup>3</sup>) i kobaltu (0,0008 mg/dm<sup>3</sup>) (tab. 2). Anomalne w skali badanych torfowisk stężenia glinu są jednak typowe dla kwaśnych wód torfowisk niskich i wynikają prawdopodobnie ze znacznego wysycenia kompleksu sorpcyjnego glinem oraz selektywności tworzenia związków kompleksowych między jonami glinu a kwasami organicznymi (Małecki, Porowska, 2011).

## DYSKUSJA

W Drawieńskim Parku Narodowym badania chemizmu wód pochodzących z torfowisk prowadzili Joniak i in. (2006). Chemizm wód podziemnych na podstawie badań źródeł opisał Stępień (2010).

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono istotne różnice między mineralizacją i pH wód pochodzących z torfowisk niskich a tych z torfowiska wysokiego. Znacznie wyższe wartości mineralizacji zanotowano na torfowiskach niskich, z czego najwyższe występowały na torfowisku fluwiogenicznym Miradz. Torfowisko ombrogeniczne Głodne Jeziorka cechowało się natomiast bardzo niską mineralizacją, klasyfikującą wody pochodzące z niego jako ultrasłódkie (Pazdro & Kozerski, 1990). Wody te odznaczały się również najniższą wartością pH, wynoszącą maksymalnie 5,53. Na torfowiskach niskich pH wód było wyższe, a maksymalne wartości zanotowano w próbkach pochodzących z nad Płocicznej.

Zasilanie torfowisk wysokich wyłącznie przez opady atmosferyczne sprawia, że torfowisko jest pierwszym środowiskiem, które ma wpływ na kształtowanie chemizmu wód podziemnych. Z tego powodu chemizm wód torfowisk wysokich mocno odbiega od reprezentowanego przez torfowiska niskie. Typ hydrochemiczny wód pobranych z obiektu Głodne Jeziorka odznacza się dominacją chlorków nad wodorowęglanami oraz pojawieniem się wśród kationów jonu sodowego, a nawet glinowego w przypadku próbki G3P. Dopływająca na torfowiska niskie woda podziemna ma już ukształtowany skład chemiczny. Zależy on głównie od ośrodka, przez który przepływała woda. Omawiane torfowiska są zasilane wodami pochodzącymi z utworów wodnolodowcowych, których skład mineralny jest urozmaicony. Typ hydrochemiczny wód z torfowisk

**Tab. 2.** Parametry fizyczne i chemiczne badanych wód. Podano kolejno: wartości średnie, zakres i współczynnik zmienności. W nawiasach – liczba próbek**Table 2.** Physical and chemical parameters studied water. Given sequence: the mean values, range and coefficient of variation. In parentheses is the number of samples

	pH [-]	PEW [cmol/kg]	Mineralizacja Mineralization [mg/dm <sup>3</sup> ]	NO <sub>3</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]	SO <sub>4</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]	PO <sub>4</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]	Cl [mg/dm <sup>3</sup> ]	HCO <sub>3</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]	Al [mg/dm <sup>3</sup> ]
Miradz (5)	6,9 6,33–7,53 (0,08)	539,5 403,5–706,5 (0,22)	321,52 142,3–419,6 (0,328)	1,13 <0,1–1,7 (0,57)	44,8 14–82 (0,6)	0,04 <0,01–0,013 (1,31)	21,96 10,64–38,51 (0,5)	175,32 73,8–224,29 (0,34)	0,52 0,07–1,92 (1,506)
Płociczna	7,01	311	257,392	1,4	13	0,07	24,64	144,95	0,051
Wydrowe Łęgi (7)	6,69 6,32–7,51 (0,08)	344,73 205,5–490,5 (0,29)	248,25 166,83–341,82 (0,296)	1,46 1,1–2,2 (0,26)	45,43 10–116 (0,76)	0,35 0,02–1,12 (1,32)	12,12 7,8–16,31 (0,24)	125,61 67,51–216,35 (0,44)	0,26 <0,001–1,02 (1,41)
Rzeka 2	7,5	341	272,795	1,6	29	0,14	8,86	168,77	0,15
Głodne Jeziorka (3)	4,6 4,23–5,53 (0,13)	57,67 43,6–78,3 (0,32)	29,8 23,55–38,89 (0,27)	0,67 <0,1–1,3 0,98	<1 <1 -	0,43 0,22–0,85 (0,83)	7,86 7,26–8,51 (0,08)	6,8 4,93–9,71 (0,38)	1,48 0,03–3,8 (1,38)
Głodne Jeziorko	4,7	23,9	39,7	0,6	1	0,23	15,6	13,27	0,12

	As [mg/dm <sup>3</sup> ]	Ba [mg/dm <sup>3</sup> ]	Ca [mg/dm <sup>3</sup> ]	Cd [mg/dm <sup>3</sup> ]	Co [mg/dm <sup>3</sup> ]	Cr [mg/dm <sup>3</sup> ]	Cu [mg/dm <sup>3</sup> ]	Fe [mg/dm <sup>3</sup> ]	K [mg/dm <sup>3</sup> ]
Miradz (5)	0,009 <0,001–0,037 (1,75)	0,074 0,05–0,105 (0,27)	62,51 21,87–78,36 (0,37)	0,0008 <0,001–0,002 (1,84)	<0,001 <0,001 -	0,09 0,086–0,094 (0,04)	0,027 0,016–0,031 (0,23)	1,21 0,44–2,48 (0,64)	1,88 1,2–4,01 (0,64)
Płociczna	<0,001	0,022	52,84	<0,001	<0,001	0,088	0,037	0,44	7,89
Wydrowe Łęgi (7)	0,008 <0,001–0,021 (1,04)	0,05 0,02–0,12 (0,73)	54,15 31,77–31,77 (0,35)	0,0006 <0,001–0,001 (0,33)	0,0006 <0,001–0,001 (0,33)	0,064 <0,001–0,094 (0,69)	0,024 0,009–0,047 (0,54)	0,75 0–1,71 (0,82)	0,85 0,59–1,19 (0,25)
Rzeka 2	<0,001	0,06	54,79	<0,001	<0,001	0,083	0,013	0,517	0,78
Głodne Jeziorka (3)	0,012 0–0,024 (0,97)	0,024 0,002–0,035 (0,79)	4,98 0,89–10,38 (0,98)	<0,001 <0,001 -	0,0008 <0,001–0,001 (0,35)	<0,001 <0,001 -	0,03 0,011–0,044 (0,57)	1,59 0,16–4,3 (1,47)	1,69 1,00–2,41 (0,42)
Głodne Jeziorko	0,005	0,011	3,18	<0,001	<0,001	<0,001	0,012	0,152	0,88

	Mg [mg/dm <sup>3</sup> ]	Mn [mg/dm <sup>3</sup> ]	Na [mg/dm <sup>3</sup> ]	Ni [mg/dm <sup>3</sup> ]	Pb [mg/dm <sup>3</sup> ]	Sr [mg/dm <sup>3</sup> ]	Ti [mg/dm <sup>3</sup> ]	V [mg/dm <sup>3</sup> ]	Zn [mg/dm <sup>3</sup> ]	SiO <sub>2</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]
Miradz (5)	5,61 2,42–7,21 0,33	0,18 0,1–0,29 (0,37)	5,73 3,43–8,35 (0,31)	0,05 0,04–0,05 (0,09)	0,0012 <0,001–0,004 (1,3)	0,201 0,141–0,244 (0,21)	0,019 0,006–0,044 (0,82)	0,025 0,014–0,03 (0,26)	0,133 0,105–0,174 (0,24)	8,58 7,06–9,5 (0,11)
Płociczna	5,84	0,03	5,8	0,04	<0,001	0,182	<0,001	0,022	0,053	0,391
Wydrowe Łęgi (7)	2,57 1,55–4,18 (0,39)	0,05 <0,001–0,15 (0,87)	4,28 2,77–5,74 (0,22)	0,03 0,001–0,045 (0,65)	0,001 <0,001–0,004 (1,32)	0,134 0,095–0,095 (0,24)	0,004 0–0,012 (1,63)	0,012 0,005–0,018 (0,39)	0,072 0,037–0,177 (0,67)	1,72 <0,001–7,68 (1,63)
Rzeka 2	3,75	0,04	3,98	0,039	<0,001	0,138	<0,001	0,013	0,061	0,208
Głodne Jeziorka (3)	0,84 0,35–1,44 (0,65)	0,066 0,058–0,076 (0,14)	3,18 1,28–4,98 (0,58)	0,004 <0,001–0,006 0,8	0,003 <0,001–0,007 (1,07)	0,036 0,002–0,084 (1,2)	0,012 <0,001–0,03 (1,11)	0,006 <0,001–0,011 (0,86)	0,088 0,01–0,165 (0,88)	2,19 0,043–4,804 (1,1)
Głodne Jeziorko	0,85	0,03	3,74	<0,001	<0,001	0,014	<0,001	0,004	0,009	0,808

niskich był zmienny. Na torfowiskach niskich w strefach występowania podwyższonej zawartości substancji organicznej typ hydrochemiczny wód był wzbogacony o „człon” siarczanowy. Szczególnym przypadkiem torfowiska niskiego jest torfowisko fluwiogeniczne, Miradz, gdzie oprócz wód podziemnych, również wody rzeczne zasilają torfowisko. Zasilanie rzeczne sprzyja dostarczaniu do torfowiska zanieczyszczeń w postaci metali ciężkich (Ciszewski i in., 2004).

Wody podziemne docierające do torfowiska podlegają przemianom głównie w wyniku zjawisk i procesów zachodzących przy udziale substancji organicznej, z których największe znaczenie mają mineralizacja substancji organicznej oraz utlenianie i redukcja produktów przemian biochemicznych.

Głównymi pierwiastkami podlegającymi tym procesom są: azot, siarka, węgiel, fosfor, potas, wapń oraz magnez (Ilnicki, 2002). Na torfowiskach niskich, gdzie ilość substancji organicznej była większa, wody charakteryzowały się podwyższonym udziałem składników pochodzących z przemian biochemicznych. Najlepiej było to widać w przypadku siarczanów, które najwyższe wartości osiągały.

Głównymi pierwiastkami podlegającymi tym procesom są: azot, siarka, węgiel, fosfor, potas, wapń oraz magnez (Ilnicki, 2002). Na torfowiskach niskich, gdzie ilość substancji organicznej była większa, wody charakteryzowały się podwyższonym udziałem składników pochodzących z przemian biochemicznych. Najlepiej było to widać w przypadku siarczanów, które najwyższe wartości osiągały.

gnęły w próbkach M3P w przypadku Miradza i W5T w przypadku Wydrowych Łęgów.

Udział substancji organicznej ma bezpośredni wpływ na efektywność procesów sorpcyjnych, zaobserwowanych w obrębie badanych torfowisk. Selektowność tego procesu pozwala na zatrzymywanie na powierzchni fazy stałej metali ciężkich, których obecność jest często spowodowana zanieczyszczeniem antropogenicznym. Przykładem efektu działania procesów sorpcyjnych może być znaczne zmniejszenie stężeń miedzi i glinu na obszarze torfowiska Wydrowe Łęgi względem wód spoza torfowiska. Znacznie wyższe stężenia glinu poza torfowiskiem w stosunku do wód podziemnych na torfowisku zanotowano również nad Płociczną. W punkcie M5P leżącym poza granicą torfowiska Miradz wystąpiły również najwyższe stężenia żelaza, niklu, cynku i tytanu.

### PODSUMOWANIE

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że w rejonie badanych torfowisk występują różnice między parametrami i składem wód podziemnych, dotyczące głównie pH, mineralizacji i konduktywności wód oraz zawartości niektórych metali ciężkich. Wody występujące na obszarze i w bezpośrednim sąsiedztwie torfowisk niskich (fluwio- i soligenicznego) wykazały wyższy odczyn, konduktywność i mineralizację niż wody z rejonu torfowiska ombrogenicznego. Najwyższą mineralizacją charakteryzowały się wody torfowiska fluwiogenicznego Miradz, zasilane wodami rzeki Płocicznej. Na tym torfowisku zanotowano również najwyższe stężenia metali ciężkich i najwyższe pH, co jest związane najprawdopodobniej z oddziaływaniem wód Płocicznej. W przypadku torfowisk niskich, wyższe stężenia metali ciężkich zanotowano w ich sąsiedztwie (poza torfowiskiem) niż na samych torfowiskach. Jest to prawdopodobnie wynikiem związania części metali w kompleksie sorpcyjnym torfów. Badane wody pochodzące z torfowisk o różnej genezie mają ponadto odmienny typ hydrochemiczny.

Przeprowadzone badania dotyczą jedynie trzech obiektów torfowiskowych i pozwalają na określenie różnic między ich wpływem na kształtowanie składu chemicznego wód podziemnych w ich najbliższym otoczeniu. Do określenia bezpośredniego wpływu na kształtowanie tego składu należałoby przeprowadzić badania na większym obszarze, wykraczającym znacznie poza teren torfowisk, w celu wyznaczenia tła hydrochemicznego wód w tym rejonie i potencjalnych anomalii spowodowanych obecnością torfowisk.

Autorzy dziękują Dyrekcji Drawieńskiego Parku Narodowego za zgodę na przeprowadzenie prac terenowych i okazaną pomoc, a także panu profesorowi Zdzisławowi Michalczykowi za wnikliwą recenzję i cenne uwagi.

### LITERATURA

- ASTM 1995 – D2974, 14 Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils.
- BORKOWSKI A., RYDELEK P. & SZALA M. 2013 – Adsorption studies of azotetrazolate and 3, 6-dihydrazinotetrazine on peat. *J. Environ. Sci. Health, Part A*, 48 (8): 905–911.
- BROWN P.A., GILL S.A. & ALLEN S.J. 2000 – Metal removal from wastewater using peat. *Water Res.*, 34 (16): 3907–3916.
- CISZEWSKI D., MALIK I. & WARDAS M. 2004 – Uwarunkowania geomorfologiczne migracji metali ciężkich w osadach fluwalnych: dolina Małej Panwi. *Prz. Geol.*, 52 (2): 163–174.
- DEMBEK W. & OŚWIT J. 1992 – Rozpoznawanie warunków hydrologicznego zasilania siedlisk mokradłowych. *Bibl. Wiad. IMUZ*, 79: 15–38.
- HO Y.S. & MCKAY G. 1998 – Sorption of dye from aqueous solution by peat. *Chem. Engin. J.*, 70 (2): 115–124.
- Ho Y.S. & MCKAY G. 2003 – Sorption of dyes and copper ions onto biosorbents. *Proc. Biochem.*, 38 (7): 1047–1061.
- ILNICKI P. 2002 – Torfowiska i torf. Wyd. Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego, Poznań.
- JONIAK T., KRASKA M., KLIMASZYK P. & PIOTROWICZ R. 2006 – Ground water chemistry of three moss bogs in the Drawieński National Park. *Polish J. Environ. Stud.*, 15 (11): 375–377.
- KOWALCZYK S., LUKASIAK D. & ZUKOWSKA K. 2014 – Ground penetrating radar survey in the central and eastern part of the Całowanie Fen, Central Poland. In *Ground Penetrating Radar (GPR), 2014 15th International Conference on (1011–1016)*. IEEE.
- MACIOSZCZYK A. 1987 – Hydrogeochemia. Wyd. Geol., Warszawa.
- MAŁECKI J. & POROWSKA D. 2011 – Rola substancji organicznej w kształtowaniu chemizmu wód podziemnych. *Torfowiska w krajobrazie przekształconym – funkcjonowanie i ochrona*. Wawrzkiowizna, 2011.
- MYŚLIŃSKA E. 2001 – Grunty organiczne i laboratoryjne metody ich badania. PWN, Warszawa.
- NOVÁK M., ADAMOVÁ M., WIEDER R.K. & BOTTRELL S.H. 2005 – Sulfur mobility in peat. *Applied Geochemistry*, 20 (4): 673–681.
- OKUPNY D., BORÓWKA R., FORTUNIAK A. & TOMKOWIAK J. 2014 – Skład chemiczny osadów organicznych ze stanowiska Koźmin Las. *Acta Geogr. Lodz.*, 102: 71–86.
- PAWŁOWSKI D., OKUPNY D., WŁODARSKI W. & ZIELIŃSKI T. 2014 – Spatial variability of selected physicochemical parameters within peat deposits in small valley mire: a geostatistical approach. *Geologos*, 20 (4): 269–288.
- PAZDRO Z. & KOZERSKI B. 1990 – Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., Warszawa.
- POROWSKA D. & LEŚNIAK P.M. 2008 – Identyfikacja procesów kształtujących skład chemiczny wód podziemnych poniżej torfowiska Pożary, Kampinoski Park Narodowy. *Prz. Geol.*, 56 (11): 982–990.
- POROWSKA D. & MAŁECKI J.J. 2011 – Analiza czynników kształtujących zawartość węgla nieorganicznego i organicznego w wodach podziemnych w obszarach występowania substancji organicznej – rezerwat Pożary (Kampinoski Park Narodowy). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 445: 463–474.
- RYDELEK P. 2013 – Origin and composition of mineral constituents of fen peats from Eastern Poland. *J. Plant Nutrition*, 36 (6): 911–928.
- RYDELEK P., BĄKOWSKA A. & ZAWRZYKRAJ P. 2015 – Variability of horizontal hydraulic conductivity of fen peats from Eastern Poland in relation to function of peatlands as a natural geological barriers. *Geol. Quart.*, 59 (2) [in press].
- SAPEK B. 1982 – Pomiar sorpcji miedzi jako test oceny pojemności sorpcyjnej utworów organicznych. *Rocz. Gleboznawcze*, 38: 343–349.
- SAPEK A., SAPEK B., CHRZANOWSKI S. & JASZCZYŃSKI J. 2007 – Mobilization of substances in peat soils and their transfer within the groundwater and into surface water. *Agron. Res.*, 5: 155–163.
- SHARMA D.C. & FORSTER C.F. 1993 – Removal of hexavalent chromium using sphagnum moss peat. *Water Res.*, 27 (7): 1201–1208.
- STĘPIEŃ M. 2010 – Chemizm wód źródeł Drawieńskiego Parku Narodowego i jego otuliny. [W:] *Dynamika procesów przyrodniczych w zlewni Drawy i DPN. IMiGW-PIB, Oddz. w Poznaniu, PTG*: 143–152.
- TIEMEYER B. & KAHLE P. 2014 – Nitrogen and dissolved organic carbon (DOC) losses from an artificially drained grassland on organic soils. *Biogeosciences*, 11 (15): 4123–4137.