

FIZYKOCHEMICZNE WŁAŚCIWOŚCI WYBRANYCH ŹRÓDLISK PUSZCZY KNYSZYŃSKIEJ

Halina Chomutowska¹, Tomasz Kryjan²

¹ Zamiejscowy Wydział Leśny Politechniki Białostockiej w Hajnówce, Politechnika Białostocka, ul. Piłsudskiego 8, 17-200 Hajnówka, e-mail: h.chomutowska@pb.edu.pl

² Park Krajobrazowy Puszczy Knyszyńskiej, ul. abp. gen. M. Chodakowskiego 6, 16-030 Supraśl, e-mail; tomek707@op.pl

STRESZCZENIE

Źródła jako wypływy wód podziemnych na powierzchnię gruntu należą do trwałych elementów w krajobrazie Parku Krajobrazowego Puszczy Knyszyńskiej, wynikały z geologicznej budowy Wysoczyzny Białostockiej. Przedmiotem badań były źródła rezerwatów Krzemianka, Jałówka i Budzisk tego Parku. Dokonano klasyfikacji źródeł oraz analizy wody z określeniem jej cech fizyczno-chemicznych. Badania dowiodły, że dominują tu źródła krawędziowe, ascensyjne lub descensyjne, które jednocześnie zalicza się do reokrenów. Z racji położenia większości źródeł na terenach leśnych oraz braku zmian antropogenicznych woda ze źródeł odznacza się tu dobrą jakością.

Słowa kluczowe: źródło, nisza źródłiskowa, wypływ, analiza wody.

PHYSICO-CHEMICAL STATE OF SELECTED SPRINGS IN KNYSZYN FOREST

ABSTRACT

Springs as groundwater outflows onto the surface belong to permanent elements in Knyszyn Forest Landscape Park which occurrence results from geological structure of Białystok High Plain. Research included 5 springs located in 3 reserves (Krzemianka, Jałówka, Budzisk) in Knyszyn Forest Landscape Park. During research there have been described classification of springs with water analyses of physico-chemical properties as well as flora verification in spring niches. The surveys has shown that in studied area the springs belong to ascending or descending outflows with erosion scarp and rheocrenes at one time. Due to lack of anthropogenic changes as well as location of springs in forest area they possess good water quality here what was proved by water analyses.

Key words: spring, spring niche, outflow, water analysis.

WPROWADZENIE

Źródła pełnią ważne funkcje w środowisku odznaczając się jednocześnie wyjątkowym mikroklimatem oraz występowaniem specyficznej, hydrofilnej roślinności, występowaniem specyficznych siedlisk oraz rzadkich gatunków flory. Tworzą warunki do mniej lub bardziej długiego bytowania niektórych gatunków fauny.

Cechą charakterystyczną Puszczy Knyszyńskiej jest występowanie licznych wypływów wód podziemnych w postaci źródeł i młak, których liczba porównywalna jest do tej z wyżyn południowej Polski. Badania przeprowadzone w latach 1981–1984 potwierdziły występowanie na terenie Puszczy Knyszyńskiej ponad 400 wypływów [Łoszewski 1995, 2000]. Jest to pewien ewenement w nizinym pasie krajobrazowym Polski [Górniak, Jakatierynczuk-Rudczyk 1992]. Klasyfikacja pod kątem położenia geomorfologicznego wyróżnia kilka rodzajów wypływów: grzbietowe, stokowe, podstokowe, krawędziowe, klifowe, dolinne, korytowe [Książkiewicz 1979].

W Puszczy Knyszyńskiej częstą formą wypływu wód podziemnych jest nisza źródłiskowa, która stanowi specyficzną formę terenu, a jej występowanie warunkuje geomorfologia terenu. Jest to zakłębłość na stoku lub u jego podnóża przypominająca czasem formę leja lub pieczary powstałych na skutek erozji powodowane przez wypływającą wodę [Matthess, Ubell 1983]. Nisza może przybierać koliste, półkoliste i owalne kształty oraz mieć różną głębokość oraz wielkość, która najczęściej mieści się w przedziale od kilkunastu do kilkuset m². Dno niszy pokryte jest piaskiem ze żwirem i otoczkami, czasem warstwą mułu, który występuje przy ściankach niszy tworząc strefę zabagnienia. Wypływ wody następuje z obrzeża oraz dna niszy, po czym spływa strużkami do jej środka, gdzie tworzy się strumyk [Łoszewski 1995, 2000].

Występowaniu źródeł sprzyja specyficzna budowa geologiczna. W badaniu naturalnych wypływów wód podziemnych szczególne znaczenie ma określenie parametrów fizykochemicznych wód źródłanych.

Na chemizm wód występujących w niszy mają wpływ nie tylko wypływające wody podziemne, ale również zmiany jakim one podlegają w obrębie niszy w czasie organizacji odpływu korytowego [Chapman i in. 1993]. W okresie wegetacyjnym następuje pobór związków biogennych przez roślinność (sorpcja biologiczna). Są to jony: K⁺, Ca²⁺, NO₃⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻. Prowadzi to do wzrostu stężeń pozostałych makroskładników. Jesienią natomiast w wodach widoczny jest wzrost składników chemicznych powstałych na skutek mineralizacji martwych szczątków roślin [Chomutowska 2008, Mazurek 2010].

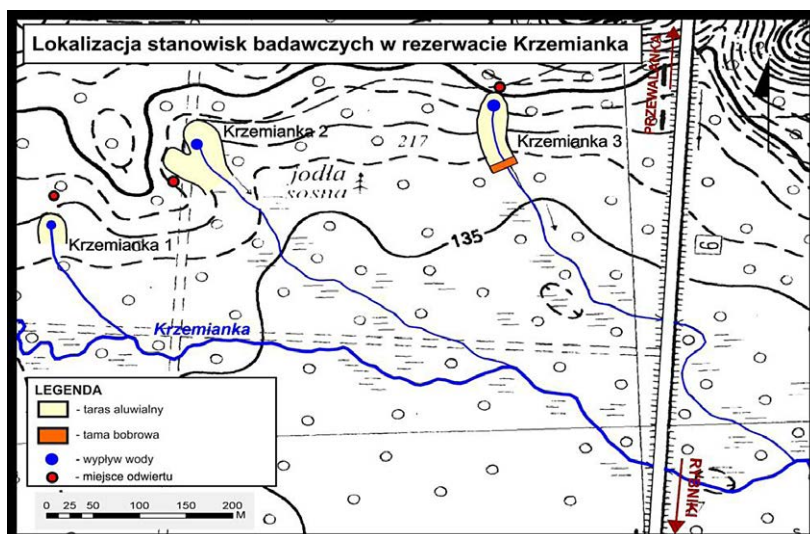
Źródła stanowią obiekty, z którymi związane jest specyficzna roślinność. W obrębie wypływów (nisz) stałym elementem są powalone drzewa i gałęzie, różnej wielkości głazy i kamienie, które są omywane i spryskiwane wodą, stanowiąc jednocześnie warunki siedliskowe dla roślinności epipetrycznej (występującej na kamieniach) i epiksylicznej (na martwym drewnie). Celem pracy było określenie cech fizykochemicznych wód z 5 wybranych źródeł w rezerwatach Parku Krajobrazowego Puszczy Knyszyńskiej oraz próba dokonaniu ich typologii w kategoriach geomorfologicznych.

CHARAKTERYSTYKA TERENU I METODYKA BADAŃ

Wytypowane punkty badawcze znajdują się w rezerwatach położonych w granicach Parku Krajobrazowego Puszczy Knyszyńskiej im. Prof. Witolda Sławińskiego. Próby wody do badań pobierano w 3 rezerwatach: Krzemianka, Jałówka i Budzisk w lipcu, wrześniu i październiku 2012 roku. Wykonano ponadto badania geomorfologiczne (odwierty glebowe) każdego stanowiska oraz ustalono współrzędne GPS.

- **Źródło nr 1 – Rezerwat Krzemianka** (E 23°06'42.5220" N 53°16'53.2260")

Źródło ma niszę o kształcie półkolistym – najmniejszą spośród wszystkich punktów badawczych o niskiej wydajności wypływu. Na dnie zalega materia organiczna, a brzegi niszy są zabagnione. Jest to reokren. Według kryterium geomorfologicznego jest to źródło krawędziowe. Ze względu na sposób wyprowadzania wód na powierzchnię jest to źródło descensyjne (spływowe), (rys. 1, 2; fot. 1).

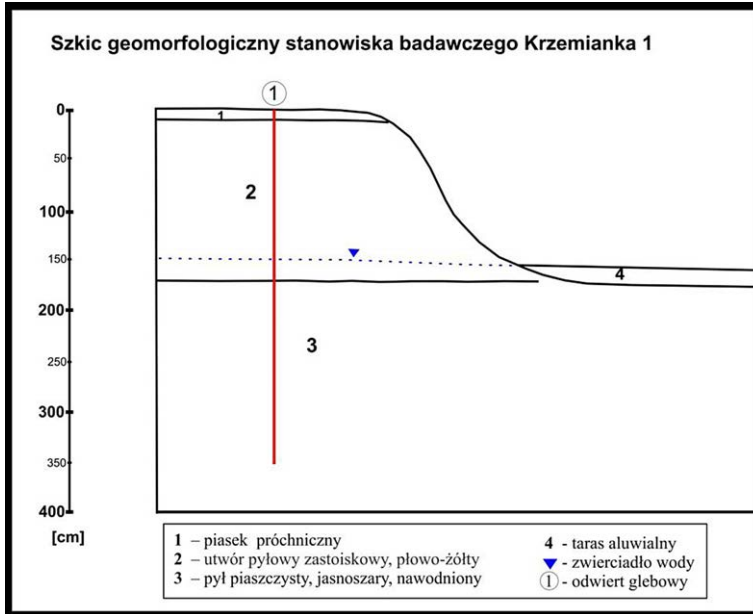


Rys. 1. Lokalizacja stanowisk badawczych w rezerwacie Krzemianka (Oprac. własne Kryjan)

Fig. 1. Location of research positions in the Krzemianka reserve

- **Źródło nr 2 – Rezerwat Krzemianka** (E 23°06'47.6400" N 53°16'54.4980")

Źródło 2 to półkolista nisza, należąca do jednych z większych i najlepiej wykształconych w całej Puszczy Knyszyńskiej. Woda wypływa tu punktowo po czym formuje się w jedną strugę tworząc odpływ i zasilając jednocześnie rzekę Krzemianka. Na dnie niszy zalega piasek ze żwirzem oraz otoczaki. Stałym elementem są powalone drzewa, które razem z kamieniami i korzeniami są miejscem licznie występujących tu gatunków mszaków. Źródło należy do grupy reokrenów, a z uwagi na położenie geomorfologiczne zalicza się do źródeł krawędziowych. Woda wypływa tu pod ciśnieniem hydrostatycznym – zalicza się do źródeł ascensyjnych (rys. 3, fot. 2).



Rys. 2. Szkic geomorfologiczny stanowiska badawczego Krzemianka 1 jako przykład źródła descensyjnego (Oprac. własne Kryjan)

Fig. 2. Geomorphological sketch of the research Krzemianka 1 as the example of the source descending



Fot. 1. Powalone drzewa w niszy stanowiska nr 1 w rezerwacie Krzemianka (Kryjan)

Phot. 1. Felled trees in the niche of the stance of No. 1 in the Krzemianka reserve



Fot. 2. Płat z rzeżuchą gorzką w niszy źródła nr 2 w rezerwacie Krzemianka. (Fot. Kryjan)
Phot. 2. Piece with the bitter cress in the niche of the source No. 2 in the Krzemianka reserve

- **Źródło nr 3 – Rezerwat Krzemianka** (E 23°07'05.7060" N 53°16'57.0960")

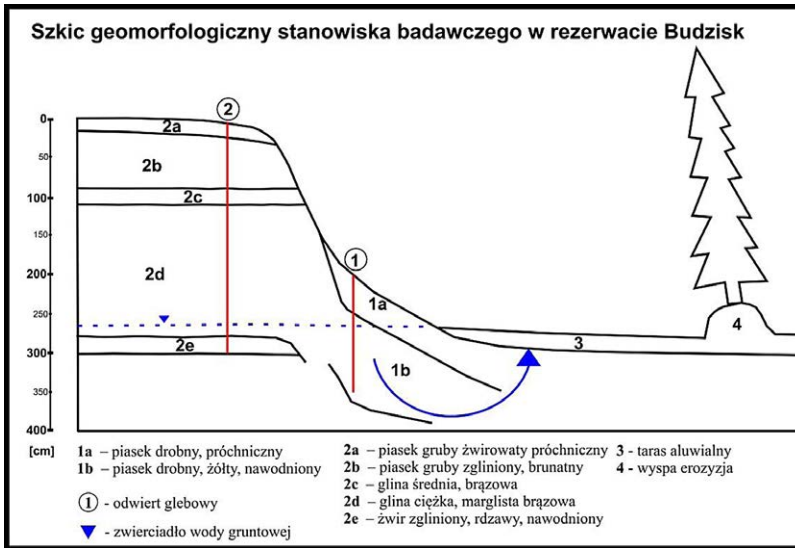
Jest to jedno z bardziej wydajnych źródeł w Puszczy Knyszyńskiej, z owalną, silnie uwodnioną i głęboką niszą. Woda sączy się z dna niszy i spływa do jej środka, skąd dalej spływa dwoma strumykami, które ponownie się zbiegają za wyspą erozyjną zasilając strumień Krzemianka. Wyraźna jest strefa zabagnienia szczególnie przy ściankach niszy, która w okresie wegetacyjnym jest silnie zarośnięta. Dobrze rozwinięta jest warstwa mszysta. Poniżej źródła występuje tama bobrowa zlokalizowana na cieku tuż za niszą. Źródło stanowi typowy reokren i kolejny przykład źródła krawędziowego i ascensyjnego (rys. 1).

- **Źródło nr 4 – Rezerwat Budzisk** (E 23°22'25.6427" N 53°16'52.6342")

Występują tu dwie dobrze wykształcone nisze z dużą ilością materii organicznej na dnie, z lokalnymi warstwami mułu. Źródło należy do grupy najbardziej wydajnych wypływów w Puszczy Knyszyńskiej. Otoczenie nisz stanowi grąd typowy. Warstwa mszysta jest dobrze wykształcona na licznych pniach powalonych drzew, korzeni i głązów. W okresie letnim w obrębie niszy występuje bujne runo. Źródło zasila strumień Migówka. Jest typowym reokrenem, biorąc pod uwagę kryterium geomorfologiczne należy je zaliczyć do źródeł krawędziowych. Ze względu na sposób wypływania wody jest to źródło ascensyjne (rys. 3).

- **Źródło nr 5 – Rezerwat Jalówka** (E 23°20'38.3811" N 53°14'04.6606")

Źródło to ma podwójną niszę. Dobrze widoczny jest starszy taras aluwialny. Warstwa mszysta jest dobrze wykształcona. W obrębie niszy występują wyspy erozyjne,



Rys. 3. Szkic geomorfologiczny stanowiska badawczego w rezerwacie Budzisk jako przykład źródła ascensyjnego (Oprac. własne Kryjan)

Fig. 3. The geomorphological sketch of the research position in the reserve of Budzisk as the example of the source ascending



Fot. 3. Nisza źródłiskowa w rezerwacie Jałówka (Fot. Kryjan)

Phot. 3. Niche in the reserve Jałówka

ostańce oraz powalone drzewa. Woda wypływa punktowo i formuje strumyk, odpływa piaszczysto-żwirowym korytem cieku. Materia organiczna zalega na całym dnie niszy zaś przy jej ściankach występuje wyraźna strefa zabagnienia. Wypływ należy do re-

okrenów, a pod kątem geomorfologicznym jest to przykład źródła krawędziowego. Ze względu na sposób wyprowadzania wód na powierzchnię jest to źródło descensyjne. Stanowi ono jedno z licznych źródeł zasilających strumień Jałówka (fot. 3).

METODY BADAWCZE

Oznaczenia azotu amonowego, azotanów V, azotanów III i fosforanów przeprowadzono za pomocą spektrofometru firmy HACH DR/2000 według ogólnie przyjętych metod, z użyciem odczynników poduszeczkowych tej firmy [Kiedrzyńska i in. 2006, Rozporządzenie... 2011]. Przewodność elektrolityczną badano konduktometrem HACH CO 150 Conductivity Meter, zaś wyniki podano w $\mu\text{S}/\text{cm}$ [Kiedrzyńska i in. 2006]. Oznaczenia tlenu rozpuszczonego wykonano za pomocą biurety cyfrowej HACH metodą Winklera, zaś odczyn wody (pH) oznaczono pehametrem typu CP. Wykonano również odwierty glebowe w pobliżu wypływów przy użyciu sondy ręcznej.

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że wody charakteryzuje średnia przewodność elektrolityczna, która wahała się od 356 do 549 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Wartości tego parametru na poszczególnych stanowiskach były zbliżone we wszystkich okresach. Podwyższoną wartość względem pozostałych odnotowywano w wodzie stanowiska Krzemianka 3. Najniższą przewodnością odznaczało się stanowisko Budzisk, która zawierała się w przedziale 356 – 370 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (tab. 1, 2, 3). Konduktywność należy do parametrów pozwalających na stwierdzenie wpływu oddziaływań antropogenicznych na jakość wód [Moniewski, Stolarska 2007]. U uwagi na fakt, iż wszystkie stanowiska badawcze zlokalizowano na terenach leśnych wykluczyć tu należy oddziaływanie antropogeniczne.

Najniższą temperaturę wody zanotowano w punkcie Jałówka. Wyniosła ona 2,7 °C (październik). Najwyższą natomiast posiadała woda tego samego punktu badawczego wynosząc 10,5 °C (lipiec). Pomiar z września i lipca mieściły się w przedziale 6,6 – 10,5 °C z czego większość wartości oscylowała wokół 9 °C (tab. 1, 2, 3), temperatury typowej dla naturalnych wypływów wód podziemnych. Wody źródeł nigdy nie zamarzają. Na temperaturę wód wpływ miały temperatura wód podziemnych (głębokość poziomu wodonośnego, z którego pochodzi woda), sezonowa temperatura powietrza oraz mieszanie się z wodą w niszy pozostającą pod wpływem aktualnych czynników pogodowych. Istotną rolę w odgrywa tu również wydajność źródeł oraz wielkość niszy, co sprawia, że różnice w temperaturze między wodą podziemną a wodą w niszy są mniejsze [Górniak, Jekaterińczuk-Rudczyk 1992].

Zawartość tlenu rozpuszczonego mieściła się w przedziale od 9,20 do 13,28 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Na rozpuszczalność tlenu wpływ miała temperatura. Wartość tego parame-

Tabela 1. Badania fizyko-chemiczne wody w lipcu 2012 roku**Table 1.** Physics-chemical research of waters in the month July 2012

Oznaczenie Stanowisko	Temperatura [°C]	Odczyn pH	Przewodnictwo elektrolityczne $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	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 $\text{mg PO}_4\cdot\text{dm}^{-3}$
Krzemianka 1	7,8	6,65	444	9,41	0,000	1,0	0,00	1,24
Krzemianka 2	6,6	6,68	406	9,20	0,000	0,7	0,00	2,65
Krzemianka 3	7,0	6,61	528	9,74	0,000	0,8	0,00	1,56
Budzisk	8,3	7,90	362	9,56	0,000	0,4	0,00	1,50
Jałówka	10,5	6,71	393	9,63	0,002	0,3	0,00	0,54

Tabela 2. Badania fizyko-chemiczne wody we wrześniu 2012 roku**Table 2.** Physics-chemical research of waters in the month September 2012

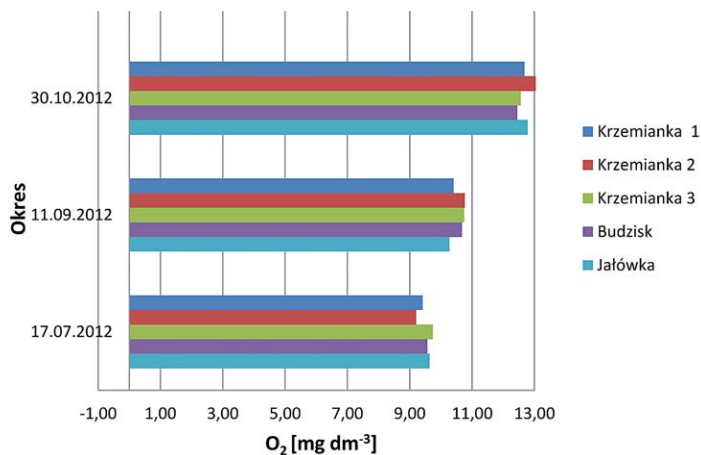
Oznaczenie Stanowisko	Temperatura [°C]	Odczyn pH	Przewodnictwo elektrolityczne $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Tlen rozpuszczony $\text{mg O}_2\cdot\text{dm}^{-3}$	Azot azotanowy III $\text{mg NO}_2\cdot\text{dm}^{-3}$	Azot azotanowy V $\text{mg NO}_3\cdot\text{dm}^{-3}$	Azot amonowy $\text{mg NH}_4\cdot\text{dm}^{-3}$	Fosfor reaktywny $\text{mg PO}_4\cdot\text{dm}^{-3}$
Krzemianka 1	9,6	8,0	440	10,40	0,000	0,8	0,00	0,01
Krzemianka 2	8,3	7,0	405	10,76	0,000	0,4	0,01	0,01
Krzemianka 3	8,4	7,0	540	10,74	0,000	0,7	0,12	0,02
Budzisk	8,3	8,5	356	10,67	0,000	0,3	0,00	0,01
Jałówka	8,9	8,0	385	10,27	0,007	0,2	0,02	0,00

Tabela 3. Badania fizyko-chemiczne wody w październiku 2012 roku**Table 3.** Physics-chemical research of waters in the month October 2012

Oznaczenie Stanowisko	Temperatura [°C]	Odczyn pH	Przewodnictwo elektrolityczne $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	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 $\text{mg PO}_4\cdot\text{dm}^{-3}$
Krzemianka 1	3,7	8,08	435	12,68	0,103	0,8	0,00	0,00
Krzemianka 2	6,0	8,14	412	13,28	0,000	0,4	0,00	0,00
Krzemianka 3	5,8	8,04	549	12,56	0,000	0,8	0,00	0,00
Budzisk	4,0	8,07	370	12,45	0,000	0,2	0,00	0,00
Jałówka	2,7	8,13	404	12,78	0,007	0,4	0,00	0,00

tru wzrastała średnio o $1 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ sezonowo przy jednoczesnym spadku temperatury (tab. 1, 2, 3; rys. 4).

W wodach gruntowych zawartość tlenu wynosi zwykle poniżej $10 \text{ mg}/\text{dm}^3$ [Macioszczyk, Dobrzyński 2002; Malzahn, Chomutowska 2009]. Należy jednak uwzględnić inne czynniki, które kształtują ten parametr w niszach źródłkowych. Najniższe



Rys. 4. Poziom tlenu rozpuszczonego

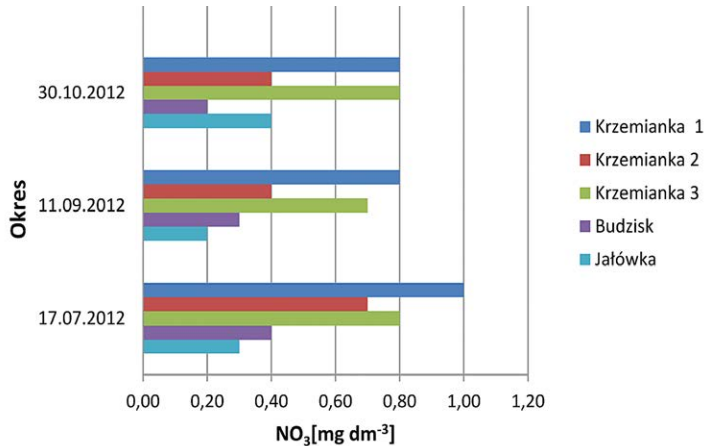
Fig. 4. Level of dissolved oxygen

stężenie tlenu odnotowano w lipcu i miało ono tendencję wzrostową w kolejnych miesiącach. Odzwierciedlają to uzyskane wyniki. Wahania poziomu wód podziemnych mogą wpływać na zmienność warunków tlenowych, a mniejsze zawartości tlenu na badanych stanowiskach mogą wynikać z faktu, iż wody podziemne odznaczają się małymi ilościami tego pierwiastka. Nie bez znaczenia jest fakt mieszania się wód podziemnych z występującymi w niszy.

Odczyn badanych wód wahał się w przedziale 6,61 – 8,5. Najniższą wartość pH odnotowano na stanowisku Krzemianka 3: 6,61 w lipcu, a najwyższą na stanowisku Budzisk: 8,5 (tab. 1, 2, 3). Na odczyn wód ma wpływ obecność lasu okalającego źródła oraz czynniki meteorologiczne wzmagające aktywność mikrobiologiczną. Zmienność odnotowanych wartości uwarunkowana jest ponadto procesami biochemicznymi zachodzącymi w obrębie nisz źródłkowych.

Wody cechowały się minimalnym stężeniem azotu azotanowego III, które zawierały się w przedziale od 0,002 do 0,103 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Podwyższone stężenie tej formy azotu stwierdzono w wodzie Krzemianki 1: 0,103 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ w październiku, podczas gdy wody innych stanowisk nie wykazywały zawartości tych związków. Stężenia azotu azotanowego III potwierdziło brak zanieczyszczeń antropogenicznych, gdyż woda naturalna, jak również podziemna odznaczają się znikomymi ilościami tych związków (tab. 1, 2, 3).

Azot azotanowy (V) mieścił się w przedziale od 0,20 do 1,00 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, przy czym podwyższone wartości odnotowano w lipcu w porównaniu z wrześniem i październikiem, gdzie stężenie tych związków było mniejsze, ale wyrównane (ryc. 5, tab. 1, 2, 3). Azotany w wodach czystych występują w bardzo małych ilościach [Chomutowska, Wilamowski 2012]. Można przypuszczać, iż obecność azotanów pochodzi z zachodzących w niszy procesów mineralizacji i nityfikacji. Na zawartość azotanów mogły mieć również wpływ opady atmosferyczne.



Rys. 5. Zawartość azotanów (V)

Fig. 5. The nitrate content (V)

Najwyższą wartość azotu amonowego $0,12 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ zanotowana w miesiącu wrześniu. Pochodzenie amoniaku, które stwierdzono jedynie we wrześniu na 3 stanowiskach badawczych można tłumaczyć obecnością związków humusowych oraz rozkładem materii organicznej w badanych wodach. Uzyskane wyniki są porównywalne z zakresem tła hydrochemicznego źródeł dorzecza Supraśli [Jekateryńczuk-Rudczyk 2003], gdzie zakres ten kształtował się w granicach $0,09 - 1,03 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Fosforany mieściły się w przedziale od $0,00$ do $2,65 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Tab.1,2,3). Podobnie, jak w przypadku azotanów, związki fosforu ulegają mineralizacji przechodząc ostatecznie w fosforany.

Na podstawie analiz wody źródeł można je zaliczyć do wód pierwszej klasy czystości (Dz. U. 2011 r. Nr 257, poz. 1545).

Procesy geomorfologiczne

W obrębie badanych nisz źródłiskowych wpływająca woda ma duży wpływ na zachodzące tam procesy geomorfologiczne i rzeźbotwórcze. Jednym z nich jest erozja występująca na zboczach i dnie nisz, która tworzy podcięcia, progi erozyjne (stanowisko Budzisk) oraz bruk erozyjny (Jałówka, Krzemianka).

W wyniku erozji wgłębnej dochodzi do stopniowego obniżania się nisz natomiast erozja wsteczna powoduje powiększanie się nisz i jednocześnie wskazuje na długotrwały wpływ wody [Kondracki 1998].

Kolejnym procesem jaki można wyróżnić jest splukiwanie występujące na zboczach nisz oraz w zlewniach. Przejawia się ono powstawaniem bruzd erozyjnych, podcięć erozyjnych oraz ostańców. Odplywająca woda uczestniczy ponadto w powstawaniu podmywanych kęp źródłiskowych oraz w procesach korytowych tworzących koryta rzeczne. Na kształtowanie się rzeźby nisz wpływają ponadto naturalne zjawia-

ska przyrodnicze, nory, jamy po wykrotach, powalone drzewa, obecność roślinności mszystej, które mogą mieć wpływ na kształtowanie się odpływu wody z niszy.

Rozpoznanie geomorfologiczne dowodzi, że badane obiekty zaliczają się do źródeł ascensyjnych i descensyjnych. Do pierwszych z nich zaliczają się stanowiska w rezerwacie Krzemianka 2 i 3 oraz w rezerwacie Budzisk (rys. 3). Źródła te są pod przykryciem glin, gdzie wytwarza się ciśnienie hydrostatyczne powodujące wypływ. Można również przypuszczać, że obiekty te są zasilane wodami z głębszego poziomu wodonośnego, który może łączyć się z poziomem wody gruntowej. Źródło nr 1 w rezerwacie Krzemianka oraz w rezerwacie Jałówka mają natomiast charakter wypływu descensyjnego (czyli takiego gdzie woda spływa swobodnie).

WNIOSKI

1. Badane źródła należą do typu źródeł krawędziowych, które stanowią typowy przykład wypływów na terenie Parku Krajobrazowego Puszczy Knyszyńskiej.
2. Woda wypływająca ze źródeł odznacza się dość dobrą jakością, co wynika z ich lokalizacji na terenie leśnym oraz braku wpływu czynników antropogenicznych, a podwyższone stężenia niektórych biogenów wynikają z naturalnego procesu rozkładu materii organicznej oraz piętra wodonośnego zasilającego wypływy.
3. Na zmiany zachodzące w niszy mogą mieć wpływ nie tylko procesy geomorfologiczne, ale również przedstawiciele świata ożywionego oraz zjawiska przyrodnicze.

LITERATURA

1. Chapman P.J., Reynolds B., Wheeler H.S., 1993. Hydrochemical changes along stream pathways in a small moorland headwater catchment in Mid-Wales, UK. *J. Hydrol.*, 151: 241–265.
2. Chomutowska H. 2008. Ocena zmian w występowaniu pierwiastków biogenych w wodach wybranych oczek wodnych Puszczy Białowieskiej. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, IOŚ, Warszawa, 35/36: 246-254.
3. Chomutowska H., Wilamowski K., 2012. Badania stanu fizykochemicznego wód na terenie Puszczy Białowieskiej. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, IOŚ, Warszawa, 54:190-199.
4. Górniak A., 1999. Wody Parku Krajobrazowego Puszczy Knyszyńskiej. *Park Krajobrazowy Puszczy Knyszyńskiej*, Supraśl.
5. Górniak A., Jakatierynczuk-Rudczyk E., 1992. Charakterystyka hydrochemiczna wybranych źródeł Puszczy Knyszyńskiej. Praca wykonana na zlecenie Zarządu Parku Krajobrazowego Puszczy Knyszyńskiej, Białystok.
6. Jekatierynczuk-Rudczyk E., 2003. Transformacja składu chemicznego wody w strefie źródeł niskich. *Przeł. Geol.*, 51, 11: 966.

7. Kiedryńska L., Papciak D., Granops M., 2006. Chemia sanitarna. SGGW, Warszawa.
8. Kondracki J., 1998: Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa, 440.
9. Książkiewicz M., 1979. Geologia dynamiczna. Wyd. Geol., Warszawa.
10. Łoszewski H., 2000. Największe źródło Puszczy Knyszyńskiej i konieczność jego ochrony. Białostoczczyzna 1/57/2000. Białostockie Towarzystwo Naukowe.
11. Łoszewski H., 1995. Źródła na terenie Białegostoku i potrzeba ich ochrony. Białostoczczyzna 4/40/2000. Białostockie Towarzystwo Naukowe.
12. Macioszczyk A., Dobrzyński D., 2002. Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych, Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, 448.
13. Malzahn E., Chomutowska H., 2009. Ocena zmian czynników abiotycznych w Puszczy Białowieskiej. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 540: 247-258.
14. Matthess G., Ubell K., 1983. Lehrbuch der Hydrogeologie. Band 1. Allgemeine Hydrogeologie – Grundwasserhaushalt. Gebr. Borntraeger, Berlin – Stuttgart.
15. Mazurek M., 2010. Hydrogeomorfologia obszarów źródliskowych (dorzecze Parsęty, Polska NW). Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań. Seria Geografia nr 92., 140.
16. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 9 listopada 2011 r. (Dz. U. z 2011 r. Nr 257, poz. 1545).