

ZRÓŻNICOWANIE I SEZONOWA ZMIENNOŚĆ CHEMIZMU WYBRANYCH ŹRÓDEŁ ZLEWNI POTOKU OLCZYSKIEGO W TATRACH

Sabina Wójcik

Diversity and seasonal variability of water chemistry of selected springs in the Olczycki Stream catchment in the Tatra Mts

Abstract: The paper presents the influence of two factors: geology and meteorological conditions on the differentiation and the seasonal variability of the head waters chemism in the Olczycki Stream catchment in the Tatra Mts. During field work basic physico-chemical properties of water and the springs discharge were measured using the volumetric method. In the hydro-chemical laboratory of the IGiGP UJ were marked the ion concentration: Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, NH₄⁺, Li⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, F⁻, Br⁻ (DIONEX ISC-2010). The total hardness (T_o), carbonate (T_w), not carbonate (T_{nw}) mineralization (M) and concentrations H⁺ were calculated. The characterized physico-chemical properties were analysed both for the passive (I–III, X–XII) and active (IV–IX) periods of the year. Water of the investigated sources is low alkaline, normal, soft and sweet. According to Mainzer's efficiency classification the Eliaszy springs belong to class V, while that No. 3 to class VI (Pazdro 1977). According to the Szczukariw-Prikłowski classification these waters belongs to the HCO₃–Ca–Mg type (Maciaszczyk 1987). Minimum average values of ion concentrations were found during the active period, maximum – during the passive one; however these values in both the periods are similar. The research showed the occurrence of spatial differentiation and seasonal variability of water physico-chemical properties of the investigated springs. In the spatial differentiation of these properties appeared the influence of geology of the springs alimony area. In turn, the seasonal variability of physico-chemical properties derives from meteorological conditions before and during fieldwork. The highest concentrations of most ions occurred during autumn and winter low waters, while the lowest ones during high waters caused by snow melting and rainfall. Similar results were by A. Wolanin and M. Żelazny (2010), which allows to state that the studied springs are characterized with a typical reaction to atmospheric conditions.

Keywords: spring, water physico-chemical properties, Tatra Mountains

ZRÓŻNICOWANIE I SEZONOWA ZMIENNOŚĆ CHEMIZMU WYBRANYCH ŹRÓDEŁ ZLEWNI POTOKU OLCZYSKIEGO W TATRACH

Sabina Wójcik

Diversity and seasonal variability of water chemistry of selected springs in the Olczycki Stream catchment in the Tatra Mts

Abstract: The paper presents the influence of two factors: geology and meteorological conditions on the differentiation and the seasonal variability of the head waters chemism in the Olczycki Stream catchment in the Tatra Mts. During field work basic physico-chemical properties of water and the springs discharge were measured using the volumetric method. In the hydro-chemical laboratory of the IGiGP UJ were marked the ion concentration: Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, NH₄⁺, Li⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, F⁻, Br⁻ (DIONEX ISC-2010). The total hardness (T_o), carbonate (T_w), not carbonate (T_{nw}) mineralization (M) and concentrations H⁺ were calculated. The characterized physico-chemical properties were analysed both for the passive (I–III, X–XII) and active (IV–IX) periods of the year. Water of the investigated sources is low alkaline, normal, soft and sweet. According to Mainzer's efficiency classification the Eliaszk springs belong to class V, while that No. 3 to class VI (Pazdro 1977). According to the Szczukariw-Prikłoński classification these waters belongs to the HCO₃–Ca–Mg type (Maciaszczyk 1987). Minimum average values of ion concentrations were found during the active period, maximum – during the passive one; however these values in both the periods are similar. The research showed the occurrence of spatial differentiation and seasonal variability of water physico-chemical properties of the investigated springs. In the spatial differentiation of these properties appeared the influence of geology of the springs alimony area. In turn, the seasonal variability of physico-chemical properties derives from meteorological conditions before and during fieldwork. The highest concentrations of most ions occurred during autumn and winter low waters, while the lowest ones during high waters caused by snow melting and rainfall. Similar results were by A. Wolanin and M. Żelazny (2010), which allows to state that the studied springs are characterized with a typical reaction to atmospheric conditions.

Keywords: spring, water physico-chemical properties, Tatra Mountains

Zarys treści: W pracy przedstawiono wpływ budowy geologicznej oraz warunków meteorologicznych na zróżnicowanie i sezonową zmienność chemizmu trzech źródeł w lewobrzeżnej części zlewni Potoku Olczyskiego. Podczas prac terenowych zmierzono podstawowe cechy fizyczno-chemiczne wody oraz wydajność źródeł metodą wolumetryczną, a w laboratorium IGiGP UJ metodą chromatografii jonowej oznaczono stężenie jonów, w tym jonów głównych, związków biogennych i mikroelementów. Stwierdzono wpływ budowy geologicznej na skład chemiczny badanych wód oraz zmienność ich chemizmu w ciągu roku spowodowaną głównie opadami deszczu i topnieniem pokrywy śnieżnej.

Słowa kluczowe: źródło, cechy fizyczno-chemiczne wód, Tatry

Wprowadzenie

Obszar Tatr był przedmiotem licznych badań hydrochemicznych. Prowadzili je głównie: K. Oleksynowa i T. Komornicki (1956, 1957ab, 1958, 1960, 1961, 1964, 1989ab, 1990), którzy scharakteryzowali chemizm tatrzańskich źródeł, również tych w zlewni Potoku Olczyskiego. Z. Ziemońska (1974) określiła podstawowe cechy fizyczno-chemiczne źródeł. K. Wit i Z. Ziemońska (1960) zinwentaryzowały źródła oraz przedstawiły ich wydajność i gęstość w poszczególnych tatrzańskich zlewniach. K. Oleksynowa (1970) scharakteryzowała geochemicznie wody tatrzańskie. Badaniem cech fizyczno-chemicznych potoków, w tym również Olczyskiego, zajmowali się m.in. D. Małecka (1989) oraz K. Oleksynowa, T. Komornicki (1989, 1996), którzy podzielili tatrzańskie zlewnie ze względu na budowę geologiczną na: osadowe, krystaliczne i mieszane. Dokładnie zbadane zostały także tatrzańskie wywierzyska – badane przez: D. Małecką, W. Humnickiego (1989) oraz D. Małecką (1996, 1997), którzy określili przebieg stanów wody oraz cechy fizyczno-chemiczne tych źródeł, a ostatnio G. Barczyk (2004, 2008) scharakteryzował hydrochemicznie większość wywierzysk w Tatrach i opisał ich obszary alimentacyjne, wykorzystując metody znacznikowe. Badania wód w Tatrach odbywały się również w ramach prac magisterskich. Dotyczyły one m.in. naturalnych uwarunkowań cech fizyczno-chemicznych wód potoków tatrzańskich oraz wód źródłanych (Krzemień 1980; Rakoczy 1980; Bednarczyk 2007; Pytlowana 2007; Sikora 2007; Antosz 2008; Plenzler 2008). Charakterystykę cech fizyczno-chemicznych źródeł w zlewni Potoku Olczyskiego – m.in. badanych w niniejszej pracy – przedstawiły J. Kątnik i A. Leśniak (2007), a wpływ budowy geologicznej na rozmieszczenie wód podziemnych w tej dolinie opisała A. Staszak (2007).

Warto zauważyć, że sezonowość składu chemicznego wód źródłanych w Tatrzańskim Parku Narodowym rzadziej była przedmiotem badań, częściej bowiem zajmowano się sezonową zmiennością chemizmu potoków niż źródeł. K. Oleksynowa i T. Komornicki (1965) przedstawili kształtowanie się cech fizyczno-chemicznych wód w piętnastu tatrzańskich potokach. Ci sami autorzy (Oleksynowa, Komornicki 1996), na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzili, że różnice mineralizacji wód potoków w czasie są niewielkie – nie przekraczają 25% wartości średnich, a mineralizacja ta oscyluje wokół tych wartości. Zmienność cech fizyczno-chemicznych potoków tatrzańskich badali ostatnio M. Żelazny i in. (2009). Określili oni sezonową zmienność $EC_{25^{\circ}C}$, suchej pozostałości oraz pH wody wybranych potoków tatrzań-

skich. K. Nickel (2009) przedstawiła zmiany dobowe oraz sezonowe chemizmu wód potoków: Dolincańskiego, Bobrowieckiego i Małych Korycisk. Badając zmienność chemizmu źródeł, A. Wolanin i M. Żelazny (2010) stwierdzili zróżnicowanie chemizmu wód podziemnych w zlewniach Potoku Chochołowskiego i Potoku Kościeliskiego ze względu na rodzaj budowy geologicznej w zależności od pory roku.

Cel i metody badań

Celem autorki było określenie zróżnicowania wydajności i cech fizyczno-chemicznych trzech źródeł w Dolinie Olczyskiej w Tatrach oraz ich sezonowej zmienności w zależności od budowy geologicznej oraz warunków meteorologicznych. Badaniem objęto źródła: Eljasza Północne, czyli N (72¹), Eljasza Południowe, czyli S (71¹), oraz źródło nr 3 (65¹; ryc. 1).

Prace terenowe prowadzono co miesiąc, od stycznia do grudnia 2009 roku. W pobranych 35 próbach wody zmierzono w terenie przewodność elektrolityczną właściwą ($EC_{25^{\circ}C}$), temperaturę i pH (Elmetron CX-401). W czasie pierwszego badania terenowego nie pobrano próby wody ze źródła Eljasza N, jednak, ze względu na ścisły związek pomiędzy oboma źródłami Eljasza, „brakujące” stężenia jonów obliczono, korzystając z funkcji liniowej. Wydajności źródeł zmierzono metodą wolumetryczną. W laboratorium hydrochemicznym Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego metodą chromatografii jonowej oznaczono Ca^{2+} ,

Ryc. 1. Położenie badanych źródeł

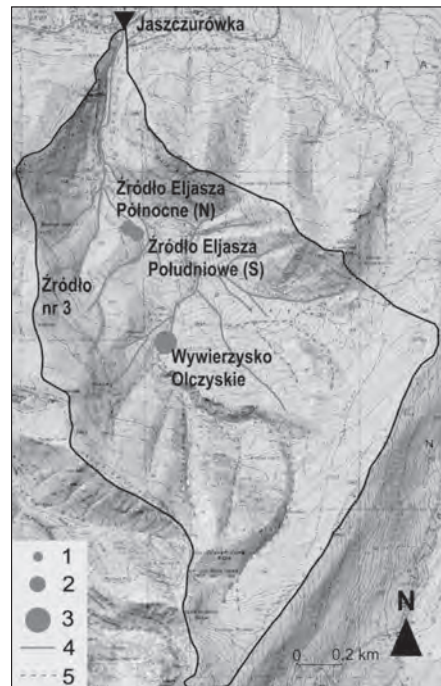
Objaśnienia: 1 – źródło o wydajności $0,5-2,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 2 – źródło o wydajności $2,0-10,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 3 – źródło o wydajności $>10,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 4 – ciek stały, 5 – ciek okresowy

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Mapa topograficzna 1:10 000*, 1988.

Fig. 1. Location of investigated springs

Explanations: 1 – spring discharge $0,5-2,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 2 – spring discharge $2,0-10,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 3 – spring discharge $>10,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 4 – permanent stream, 5 – periodic stream

Source: autor's own work based on the *Mapa: topograficzna 1:10 000*, 1988.



¹ Numeracja według K. Oleksynowej i T. Komornickiego (1989).

Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Li^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , F^- , Br^- (DIONEX ISC-2010). Obliczono twardość ogólną (To), węglanową (Tw), niewęglanową (Tnw), mineralizację (M) i stężenia H^+ . Twardość ogólną obliczono jako sumę rCa^{2+} i rMg^{2+} , za twardość węglanową przyjęto stężenie jonu $rHCO_3^-$, zaś twardość niewęglanową obliczono jako różnicę pomiędzy nimi. Mineralizację obliczono jako sumę oznaczonych jonów. Pod względem hydrochemicznym sklasyfikowano wody badanych źródeł według Szczukariewa-Prikłońskiego (Maciaszczyk 1987). W odniesieniu do uwarunkowań meteorologicznych scharakteryzowano cechy fizyczno-chemiczne dla okresu pasywnego i aktywnego. Za okres pasywny przyjęto miesiące o ujemnych temperaturach powietrza (I–III, X–XII), a okres aktywny objął pozostałe miesiące (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/wdc/index.php>; Łajczak 1996). Dodatkowo w wyznaczaniu okresu aktywnego i pasywnego wzięto pod uwagę zmiany wydajności źródeł. Obliczono również sumy opadów dla tygodni poprzedzających badania terenowe.

Obszar badań

Badane źródła są położone w lewobrzeżnej części zlewni Potoku Olczyskiego w mezoregionie Tatry Regłowe, mikroregionie Regle Kuźnicko-Olczyckie (Balon 2001). Wszystkie reprezentują typ stokowy, rumoszkowy. Źródła Eliasza są położone na wysokości prawie 1000 m n.p.m., na wschodnich stokach Wysokiego. Źródło nr 3 jest położone w górnej części stoku Wysokiego, na wysokości około 1060 m n.p.m.

Pod względem tektonicznym zlewnia Potoku Olczyskiego leży prawie w całości w obrębie płaszczyny regłowej dolnej, która wewnątrz zlewni składa się z jednostek Suchego Wierchu i Małej Świnicy (Kotański 1963). Badane źródła znajdują się na obszarze o skomplikowanej budowie geologicznej, co potwierdza analiza map (tab. 1). Źródła Eliasza odwadniają utwory glacyfluwialne (Bac-Moszaszwili i in. 1979; Nemcok 1986) i utwory węglanowe (Trafas 1985). Źródło nr 3 jest natomiast położone w strefie kontaktu łupków z utworami węglanowymi (tab. 1).

Zlewnia Potoku Olczyskiego według M. Hessa (1965) leży w dwóch piętrach klimatycznych – umiarkowanie chłodnym i chłodnym. W czasie poborów próbek najwyższą średnią dobową temperaturę powietrza zanotowano w lipcu ($15,7^{\circ}C$), a najniższą w styczniu ($-6,6^{\circ}C$). W okresie pasywnym w 2009 roku suma opadów wynosiła 517,9 mm, a w aktywnym – 739,9 mm. W ciągu tygodnia poprzedzającego badania terenowe wartości dobowej sumy opadów (ryc. 2) wahały się w granicach od zera (sierpień) do 70,6 mm (lipiec; <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/wdc/index.php>).

Wyniki

Woda badanych źródeł pod względem odczynu jest słabo zasadowa, temperatury – zwykła, pod względem twardości – miękka, mineralizacji – słodka. Według klasyfikacji Szczukariewa-Prikłońskiego woda ta należy do typu HCO_3^-Ca-Mg (Maciaszczyk 1987); na podstawie klasyfikacji wydajności Mainzera Źródła Eliasza należą do V klasy, natomiast źródło nr 3 – do VI klasy (Pazdro 1977, tab. 2).

Minimalne wartości wydajności źródeł zanotowano w okresie pasywnym (w grudniu – Źródło Eliasza N i nr 3, w styczniu – Źródło Eliasza S) a maksymalne – w okresie

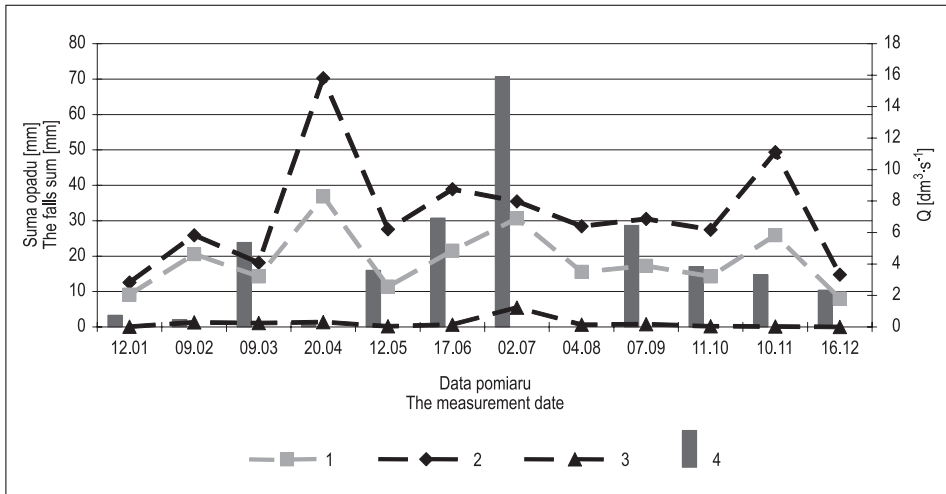
Tab. 1. Badane źródła na tle budowy geologicznej

Table 1. Investigated springs versus geological formations

Źródła Springs		Mapy geologiczne Geological maps
Eliasza N i S Elias N and S	Nr 3 No 3	
Utwory geologiczne Geological formations		
gliny, rumosz gliniasty, zwietrzliny kamieniste	łupki margliste ciemnoszare z wkładkami piaskowców i wapieni marglistych	1979 1:10 000 S. Sokołowski, W. Jaczynowska (red.)
żwirowo-piaszczyste osady fluwioglacialne, gruzowo- -gliniaste osady morenowe	strefa kontaktu łupków, zielenkawych piaskowców, wapieni organodetrytycznych z szarymi wapieniami detrytycznymi	1979 1:30 000 Bac-Moszaszwili M. i in.
margle, wapienie, czarne łupki	strefa kontaktu margli, wapieni, czarnych łupków z czerwonymi, zielonymi łupkami ilastymi z ławicami dolomitów lub kwarcytów	1985 1:50 000 K. Trafas (red.)
osady glacialfluwialne	strefa kontaktu szarych organodetrytycznych wapieni z ciemnoszarymi, czarnymi wapieniami, krynoidowymi i oolitowymi wapieniami	1986 1:50 000 J. Nemock (red.)

aktywnym – w kwietniu (oba źródła Eliasza) i lipcu (źródło nr 3). Zanotowany wzrost wydajności w czerwcu i lipcu w źródłach Eliasza był związany z występowaniem opadów deszczu. Dobowe sumy opadów z tygodnia poprzedzającego badania w tych miesiącach wynosiły 30,7 mm w czerwcu i 70,6 mm w lipcu. Jednak najwyższa wydajność źródeł Eliasza była spowodowana topnieniem pokrywy śnieżnej: w kwietniu – $8,29 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (N), $15,81 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (S) i w listopadzie – $5,82 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (N), $11,11 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (S). W źródle nr 3 natomiast w ciągu roku najbardziej zaznaczał się wpływ opadów deszczu na wzrost wydajności. Maksymalną wydajność w tym źródle zanotowano w lipcu ($1,23 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Wpływ topnienia pokrywy śnieżnej na wzrost wydajności w tym źródle był mniejszy (ryc. 2).

W składzie chemicznym wód podziemnych dominował wśród kationów Ca^{2+} , a wśród anionów – HCO_3^- . Stężenie jonów Li^+ , NO_2^- , PO_4^{3-} , Br było poniżej limitu detekcji. W wyniku badań stwierdzono, że źródła Eliasza charakteryzowały się niższymi wartościami cech fizyczno-chemicznych w stosunku do źródła nr 3 (tab. 2). Dodatkowo w miesięcznym kształtowaniu się skrajnych wartości stężenia dominujących jonów zanotowano zróżnicowanie pomiędzy tymi źródłami. Analizując przebieg dominującego kationu i anionu w źródłach, stwierdzono, że w Źródle Eliasza S wyraźny wzrost wydajności w kwietniu i listopadzie spowodował spadek stężenia jonu Ca^{2+} w tych dwóch miesiącach, natomiast spadek HCO_3^- wystąpił jedynie w kwietniu. Jednak warto zauważyć, że minimalne wartości stężenia tych jonów zanotowano w maju



Ryc. 2. Wydajność badanych źródeł na tle sumy opadów z siedmiu dni poprzedzających pobór prób

Objaśnienia: 1 – Źródło Eliasza Północne (N), 2 – Źródło Eliasza Południowe (S), 3 – Źródło nr 3, 4 – tygodniowa suma opadu z siedmiu dni poprzedzających badanie terenowe

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych meteorologicznych: <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/wdc/index.php>.

Fig. 2. Discharge of the investigated springs versus the rainfall sum from seven days before sampling

Explanations: 1 – Elias North Spring, 2 – Elias South Spring, 3 – No. 3 spring, 4 – the rainfall sum from seven days before field research

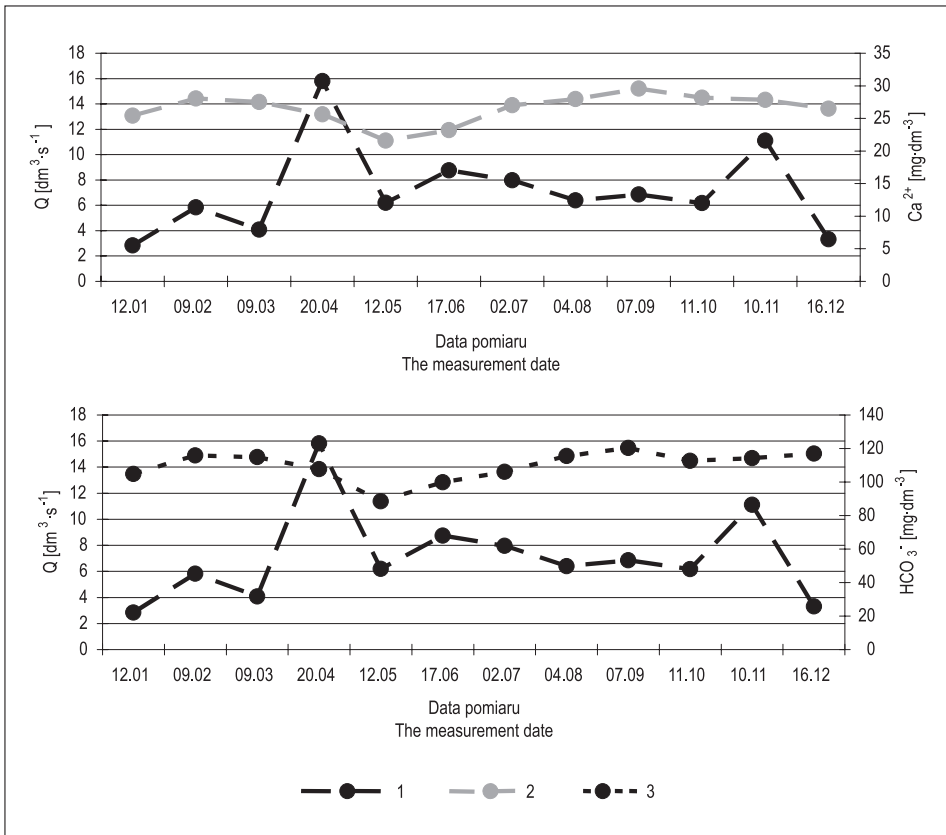
Source: autor's own work based on meteorological data: <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/wdc/index.php>.

(Ca^{2+} – 21,59 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$; HCO_3^- – 88,49 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), a maksymalne wartości we wrześniu (Ca^{2+} – 29,56 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ i HCO_3^- – 120,35 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) (tab. 2, ryc. 3a). Podobnie stężenie tych jonów kształtowało się w Źródle Eliasza N, co potwierdza wysoki współczynnik korelacji pomiędzy cechami fizyczno-chemicznymi wód w tych źródłach (tab. 3).

Z kolei w źródle nr 3 wzrost wydajności w lipcu zaznaczył się wzrostem stężenia Ca^{2+} i spadkiem stężenia HCO_3^- . W źródle tym stwierdzono natomiast spadek stężeń Ca^{2+} jako reakcję na topnienie śniegu w listopadzie oraz wyraźny wzrost tych stężeń – w kwietniu przy niewielkim wzroście wydajności źródła. Podobnie jak i w źródłach Eliasza minimalną wartość Ca^{2+} stwierdzono w maju (41,96 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$). W miesiącu tym zanotowano również spadek stężenia HCO_3^- , jednak minimalna zawartość tego jonu wystąpiła w lipcu (135,01 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, tab. 2, ryc. 3b). W miesięcznym przebiegu mineralizacji w źródłach najwyższe wartości stwierdzono (podobnie jak i stężenia jonów) w miesiącach zimowych. Wyraźny spadek mineralizacji w źródłach Eliasza zanotowano w maju – 125,37 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (N), 126,17 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (S), natomiast w źródle nr 3 wyraźny spadek zaznaczył się w lutym i lipcu (213,66 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) (tab. 2, ryc. 4a). Rozkład tem-

Tab. 2. Wartości minimalne, średnie oraz maksymalne cech fizyczno-chemicznych badanych źródeł
 Table 2. Minimum, average and maximum values of physico-chemical properties of the investigated springs

Źródło Spring	Wartości min., śred., maks. Minimum, average, maximum values	Q	EC ₂₅ :°C	T	pH		mg·dm ⁻³												mval·dm ⁻³			
					°C		H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	M	To	Tw	Trw	
Ełasza N	min.	1,8	147,4	4,2	7,32	0,000005	21,19	6,04	0,58	0,33	0,011	88,35	6,20	0,36	1,29	0,019	125,37	1,56	1,45	0,04		
	miesiąc	XII	V	I	IX	III	V	VII	VI	IV	XI	V	V	IV	VII	V	V	V	V	V	XI	
	śr.	4,22	173,43	5,2	8,08	0,000013	26,64	7,14	0,84	0,43	0,03	110,30	8,20	0,55	1,71	0,03	155,88	1,92	1,81	0,11		
	maks.	8,29	191,7	5,9	8,63	0,000019	29,81	8,54	1,01	0,51	0,07	120,32	10,36	0,74	2,08	0,036	168,34	2,07	1,97	0,25		
	miesiąc	IV	IX	IX	III	VIII	IX	I	I	I,VI	I	IX	III	II	III	IX	IX	IX	IX	IX	I	
Ełasza S	min.	2,83	147,9	4,0	7,5	0,000005	21,59	5,85	0,57	0,36	0,010	88,49	6,25	0,44	1,29	0,017	126,17	1,58	1,45	0,01		
	miesiąc	I	V	XII	IX	III	V	VII	VI	II	XI	V	V	VI	VII	IV	V	V	V	V	XII	
	śr.	7,11	173,72	5,3	8,09	0,000013	26,54	7,06	0,87	0,46	0,03	109,77	8,31	0,59	1,67	0,03	155,33	1,90	1,80	0,11		
	maks.	15,81	191,4	6,2	8,85	0,000018	29,56	8,50	1,08	0,58	0,073	120,35	10,42	0,82	2,09	0,041	165,46	2,05	1,97	0,25		
	miesiąc	IV	VIII	VII	III	VIII, XI	IX	I	I	I	IX	III	III	III	III	XI	III	III	III	IX	I	
Nr 3	min.	0,005	240,3	0,6	7,65	0,000004	41,96	6,91	0,47	0,37	0,002	135,01	19,28	0,66	5,13	0,0003	213,66	2,73	2,21	0,46		
	miesiąc	XII	II	XII	V	III	V	VII	VI	II	II	VII	II	IV	VI	IV, V, VII	VII	VII	VII	XI		
	śr.	0,22	261,29	5,1	8,26	0,000010	43,29	9,32	0,71	0,60	0,05	144,81	22,50	1,05	5,51	0,03	227,93	2,93	2,37	0,55		
	maks.	1,23	292,5	7,6	8,85	0,000016	45,67	11,83	1,43	0,99	0,12	153,34	26,35	2,11	6,28	0,049	243,18	3,13	2,51	0,68		
	miesiąc	VII	XII	VIII	III	I	IV	I	V	V	VI	I	I	V	XII	X	I	I	I	I	X	

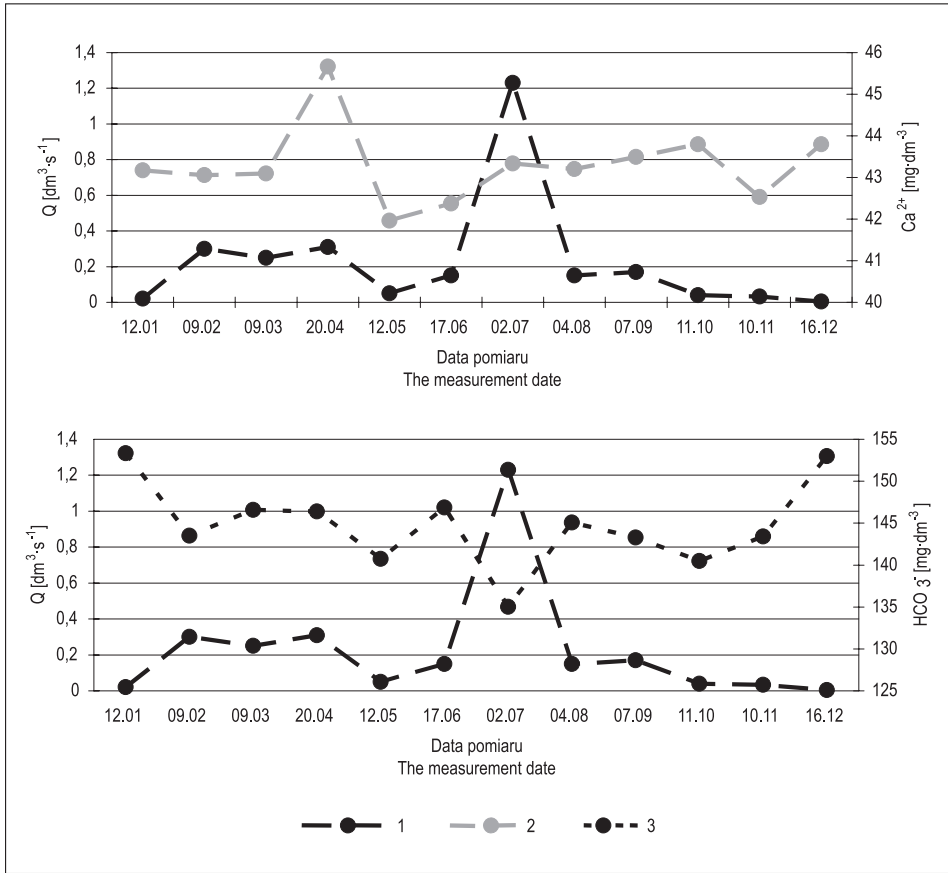


Ryc. 3a. Przebieg wydajności i stężenia Ca^{2+} , HCO_3^- w Źródle Eliasza S

Objaśnienia: 1 – Q, 2 – Ca^{2+} , 3 – HCO_3^-

Fig. 3a. The course of discharge and concentration of Ca^{2+} , HCO_3^- in Elias South Spring

Explanations: 1 – Q, 2 – Ca^{2+} , 3 – HCO_3^-



Ryc. 3b. Przebieg wydajności i stężenia Ca^{2+} , HCO_3^- w źródle nr 3

Objaśnienia: 1 – Q, 2 – Ca^{2+} , 3 – HCO_3^-

Fig. 3b. The course of discharge and concentration of Ca^{2+} , HCO_3^- in No. 3 spring

Explanations: 1 – Q, 2 – Ca^{2+} , 3 – HCO_3^-

peratury wody w badanych źródłach w ciągu roku nawiązywał do zmian temperatury powietrza w poszczególnych porach roku (ryc. 4b).

Minimalne średnie wartości stężeń jonów stwierdzono w czasie okresu aktywnego (najczęściej w kwietniu, maju, czerwcu, lipcu), maksymalne w okresie pasywnym (najczęściej w styczniu, marcu). Należy jednak zaznaczyć, że średnie wartości cech fizyczno-chemicznych w tych okresach niewiele się różniły (tab. 4).

Dyskusja i wnioski

Przeprowadzone badania wykazały występowanie przestrzennego zróżnicowania i sezonowej zmienności cech fizyczno-chemicznych wody badanych źródeł. W zróżnicowaniu przestrzennym cech fizycznych i chemicznych, podobnie jak u A. Wolanin i M. Żelaznego (2010), zaznaczył się bardzo wyraźnie wpływ budowy geologicznej obszaru alimentacyjnego źródła. Skład chemiczny źródła nr 3 jest charakterystyczny dla wód drenujących utwory węglanowe. Charakteryzuje się ono wysoką mineralizacją oraz stężeniem poszczególnych jonów, jak również najniższymi wydajnościami. Z kolei źródła Eliasza drenują prawdopodobnie zbiornik wodonośny zbudowany z innych utworów, o czym świadczą niższe wartości

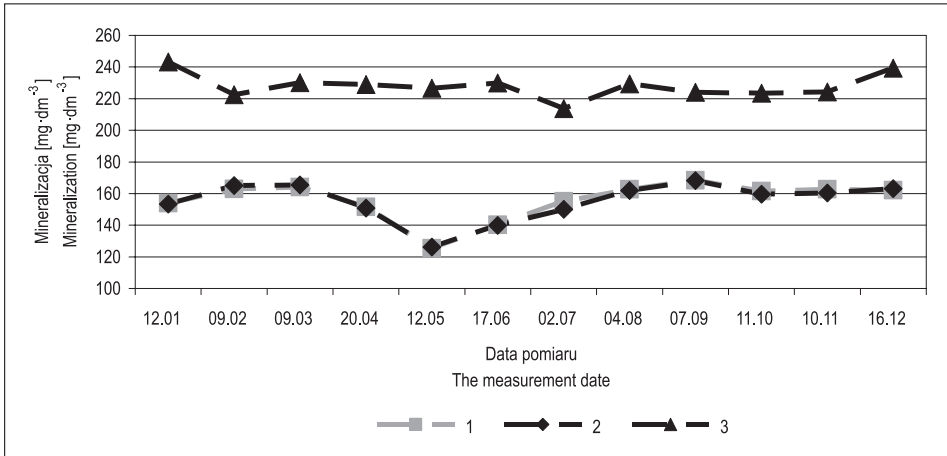
większości cech fizyczno-chemicznych niż w źródle nr 3. Możliwe, że źródła Eliasza stanowią część systemu wywierzysskowego zlewni Potoku Olczyńskiego (Pociask-Karteczka i in. 2010).

Tab. 3. Współczynniki korelacji (r) cech fizyczno-chemicznych pomiędzy źródłami Eliasza N i S

Table 3. Correlation coefficients (r) of physico-chemical properties between the Elias North and South springs

Cechy fizyczno-chemiczne Physico-chemical properties	r
EC ₂₅ °C	0,95
Temperatura wody / Water temperature	0,92
pH	0,97
H ⁺	0,97
Ca ²⁺	0,99
Mg ²⁺	0,99
Na ⁺	0,96
K ⁺	0,60
NH ₄ ⁺	0,83
HCO ₃ ⁻	0,98
SO ₄ ²⁻	0,99
Cl ⁻	0,92
NO ₃ ⁻	0,95
F ⁻	0,78
M	0,99
T _w	0,98
T _{nw}	0,72
T _o	0,99

Sezonowe zmiany cech fizyczno-chemicznych wynikają z uwarunkowań meteorologicznych (drugi z czynników obok budowy geologicznej wpływający na cechy fizyczno-chemiczne wody) – wielkości opadów oraz miąższości i tempa topnienia pokrywy śnieżnej w okresie roztopów. Ogólnie można stwierdzić, że najwyższe stężenia większości jonów występowały w czasie niżówek jesiennych (IX) i zimowych (I–III, XII), natomiast najniższe były w czasie wezbrań roztopowych (IV–VI) i deszczowych (VII). Podobne wyniki prezentują A. Wolanin i M. Żelazny (2010); można więc stwierdzić, że badane źródła charakteryzują się typową reakcją na warunki atmosferyczne. Szczegółowe określenie relacji: warunki meteorologiczne – cechy fizyczno-chemiczne, jest trudne do interpretacji ze względu na brak dostępu do informacji meteorologicznych w cytowanych publikacjach.

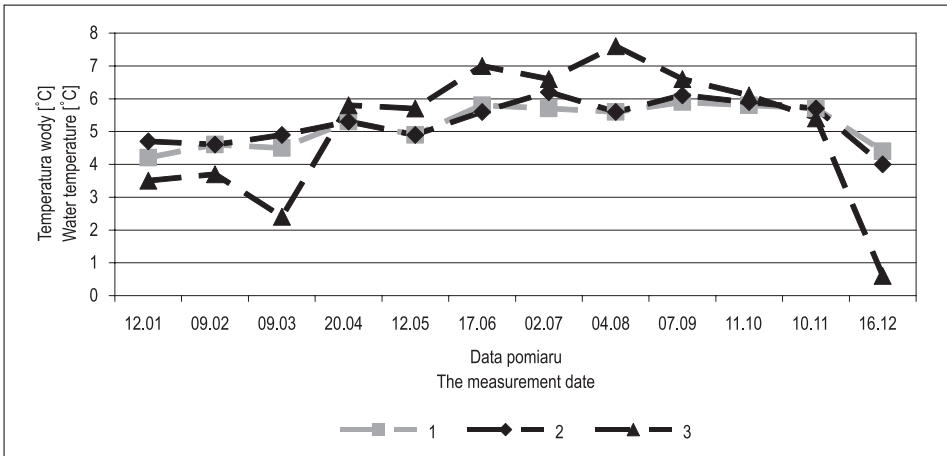


Ryc. 4a. Zmiany mineralizacji wody w badanych źródłach

Objaśnienia: 1 – Źródło Eliasza N, 2 – Źródło Eliasza S, 3 – źródło nr 3

Fig. 4a. The change in water mineralization in the investigated springs

Explanations: 1 – Elias North Spring, 2 – Elias South Spring, 3 – No. 3 spring



Ryc. 4b. Zmiany temperatury wody w badanych źródłach

Objaśnienia: 1 – Źródło Eliasza N, 2 – Źródło Eliasza S, 3 – źródło nr 3

Fig. 4b. The change of the water temperature in the investigated springs

Explanations: 1 – Elias North Spring, 2 – Elias South Spring, 3 – No. 3 spring

Tab. 4. Średnie wartości cech fizyczno-chemicznych badanych źródeł w okresie aktywnym (A) i pasywnym (P)
 Table 4. Mean values of physico-chemical properties of the investigated springs during their active (A) and passive (P) period

Spring	Okres Period	Q dm ³ s ⁻¹	EC _{25°C} μS·dm ⁻³	T °C	pH	mg·dm ⁻³											M	To	Tw	Tnw
						H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻				
Eliaszka N	A	5,0	169,9	5,5	7,9	0,000015	25,96	6,55	0,76	0,43	0,02	107,34	7,36	0,47	1,63	0,03	150,55	1,83	1,76	0,08
	P	3,5	177,0	4,9	8,2	0,000012	27,31	7,72	0,92	0,43	0,03	113,26	9,05	0,63	1,79	0,03	161,21	2,00	1,86	0,14
Eliaszka S	A	8,7	168,2	5,6	8,0	0,000014	25,83	6,47	0,78	0,48	0,02	106,32	7,47	0,50	1,60	0,02	149,51	1,82	1,74	0,08
	P	5,6	179,3	5,0	8,2	0,000012	27,26	7,64	0,96	0,45	0,03	113,22	9,15	0,67	1,74	0,03	161,15	1,99	1,86	0,13
Nr 3	A	0,3	259,4	6,6	8,2	0,000010	43,34	8,74	0,75	0,64	0,06	142,90	22,47	1,04	5,44	0,02	225,41	2,88	2,34	0,54
	P	0,1	263,2	3,6	8,4	0,000010	43,24	9,90	0,67	0,56	0,04	146,72	22,53	1,06	5,58	0,03	230,45	2,97	2,40	0,57

Literatura

- Antosz K., 2008, *Naturalne czynniki warunkujące zróżnicowanie przestrzenne i zmiany składu chemicznego wód powierzchniowych i podziemnych dolin wierchowych na przykładzie Doliny Strążyskiej*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Bac-Moszaszwili M., Burchart M., Głazek J., Iwanow A., Jaroszewski W., Kotański Z., Lefeld J., Mastella L., Oziomkowski W., Roniewicz P., Skupiński A., Westwalewicz-Mogilska E., 1979, *Mapa geologiczna Tatr Polskich 1:30 000*, Wyd. Geol., Warszawa.
- Balon J., 2001, *Physicogeographical regionalization of the Tatra National Park (Poland)*, *Ekologia (Bratislava)*, 20, Suppl. 4/2001, 116–122.
- Barczyk G., 2004, *Recent Results of the Dye Tracer Tests of the Chochołowskie Vacluse Spring karst system (Western Tatra MTs.)*, *Acta Geologica Polonica*, Vol. 54, 169–177.
- Barczyk G., 2008, *Tatrzańskie wywierzyska. Krasowe systemy wywierzyskowe Tatr Polskich*, Wydawnictwa Tatrzańskiego Parku Narodowego, Zakopane.
- Bednarczyk E., 2007, *Naturalne uwarunkowania cech fizykochemicznych wód powierzchniowych i podziemnych w Tatrach Zachodnich na przykładzie Doliny Tomanowej*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Hess M., 1965, *Piętra klimatyczne w Polskich Karpatach Zachodnich*, *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, 11.
- Kątnik J., Leśniak A., 2007, *Zróżnicowanie cech fizyczno-chemicznych wód w zlewni Potoku Olczyskiego*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Kotański Z., 1963, *Stratygrafia i litologia triasu regli zakopiańskich*, *Acta Geologica Polonica*, 13, 328–335.
- Krzemień E., 1980, *Stosunki wodne zlewni Potoku Strążyskiego w Tatrach*, praca magisterska Zakład Geomorfologii, praca magisterska, IGiGP UJ, Kraków.
- Łajczak A., 1996, *Hydrologia* [w:] Z. Mirek, Z. Głowaciński, K. Klimek, H. Piękoś-Mirkowa (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Wyd. Tatrzański Park Narodowy, Zakopane–Kraków, 169–196.
- Maciaszczyk A., 1978, *Hydrochemia*, Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Małecka D., 1989, *Wpływ opadów atmosferycznych na kształtowanie chemizmu wód w obrębie masywu tatrzańskiego*, *Przegląd Geol.* 10, 504–510.
- Małecka D., Humnicki W., 1989, *Rola warunków hydrodynamicznych w kształtowaniu reżimu Wywierzyska Olczyskiego*, *Przegląd Geologiczny*, 37, 78–84.
- Małecka D., 1996, *Hydrogeologiczna charakterystyka Tatr w świetle badań monitoringowych* [w:] Z. Mirek, Z. Głowaciński, K. Klimek, H. Piękoś-Mirkowa (red.) *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Tatrzański Park Narodowy, Zakopane–Kraków, 19–30.
- Małecka D., 1997, *Źródła masywu tatrzańskiego*, *Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geogr. Phys.*, 2, 9–26.
- Mapa topograficzna w skali 1:10 000*, 1988 [w:] *Tatry Polskie*, Arkusz nr 4 Jaszczurówka, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego WP.
- Mapa topograficzna w skali 1:10 000*, 1988, *Tatry Polskie*, Arkusz nr 9 Kasprowy Wierch, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego WP.
- Nemcok J., (red.), 1986, *Geologiczna Mapa Tatier 1:50 000*, Geologický Ústav Dioniza Stura, Bratislava.

- Nickel K., 2009, *Naturalne czynniki warunkujące zróżnicowanie przestrzenne, zmiany wewnątrzdobowe, sezonowe chemizmu wód na przykładzie potoków Dolinczańskiego, Bobrowieckiego i Małych Korycisk w Tatrach Zachodnich*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Oleksynowa K., 1970, *Charakterystyka geochemiczna wód tatrzańskich*, Acta Hydrobiol., 12, 1–110.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1956, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. I. Dolina Strążyska*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 1, 33–51.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1957a, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. II. Dolina Białego*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 3, 113–126.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1957b, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. III. Dolina Małej Łąki*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 3, 127–146.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1958, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. IV. Dolina Kościeliska*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 5, 13–44.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1960, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. V. Dolina Chochotowska*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 7, 17–48.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1961, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. VI. Dolina Rybiego Potoku i Dolina Roztoki*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 8, 37–66.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1964, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. VII. Dolina Waksmundzka i Dolina Filipki*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 11, 19–49.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1965, *The chemical composition of water in the Polish Tatra Mountains, and the problem of its variation in time, Limnological investigations in the Tatra Mountains and Dunajec River Basin*, Komitet Zagosp. Ziemi Górskich PAN, 11, 91–111.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1989a, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. VIII. Dolina Suchej Wody*, Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, 241, ser. Rolnictwo, 28, 3–31.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1989b, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. IX. Dolina Olczyńska*, Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, 28, 33–54.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1990, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. X. Dolina Bystrej*, Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, ser. Rolnictwo, 29, 3–31.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1996, *Chemizm wód* [w:] Mirek Z., Głowaciński Z., Klimek K., Piękoś-Mirkowa H. (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Wyd. Tatrzański Park Narodowy, Zakopane–Kraków, 197–214.
- Pazdro Z., 1977, *Hydrogeologia ogólna*, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- Pociask-Karteczka J., Wójcik S., Żelazny M., 2010, *Hydrochemical evidences of hydraulic connection between crystalline and carbonate aquifers (the Tatra Mts., East-Central Europe)* [w:] *Ground-water Quality Sustainability Extended Abstracts*, CD, XXXVIII IAH Congress, Kraków.
- Plenzler J., 2008, *Zróżnicowanie cech fizycznych i chemicznych źródeł na północnym progu Tatr Polskich*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Pytlowana A., 2007, *Naturalne uwarunkowania cech fizykochemicznych wód powierzchniowych i podziemnych w Tatrach Zachodnich na przykładzie Doliny Pyszniańskiej*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Rakoczy G., 1980, *Charakterystyka koncentracji rumowiska rzecznego i rozpuszczonego w zlewni Bystrego w okresach niżówkowych*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.

- Sikora A., 2007, *Naturalne uwarunkowania cech fizykochemicznych wód powierzchniowych i podziemnych w węglanowej części Tatr Zachodnich na przykładzie Doliny Miętusiej*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Sokołowski S., Jaczynowska W. (red.), 1979, *Mapa geologiczna Tatr Polskich 1:10 000*, arkusz Kopieniec, Wydawnictwa Geologiczne.
- Staszak A., 2007, *Wpływ budowy geologicznej na rozmieszczenie i cechy wypływów w zlewni Potoku Olczyskiego*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Trafas K. (red.), 1985, *Atlas Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Wojskowe Zakłady Kartograficzne, Zakopane–Kraków.
- Wit Z., Ziemońska Z., 1960, *Hydrografia Tatr Zachodnich. Objasnienia do mapy hydrograficznej „Tatry Zachodnie” 1:50 000*, Instytut Geografii PAN, Kraków.
- Wolanin A., Żelazny M., 2010, *Sezonowe zmiany chemizmu wód źródeł tatrzańskich w zlewniach Potoku Chochołowskiego i Potoku Kościeliskiego w 2009 roku* [w:] T. Ciupa, R. Suligowski (red.), *Woda w badaniach geograficznych*, Instytut Geografii Uniwersytet Jana Kochanowskiego, Kielce, 339–347.
- Ziemońska Z., 1974, *O hydrografii Polskich Tatr*, Czas. Geogr., 65, 63–74.
- Żelazny M., Wolanin A., Płaczowska E., 2009, *Przestrzenne zróżnicowanie i sezonowe zmiany cech fizyczno-chemicznych wód potoków Kościeliskiego i Chochołowskiego w Tatrach Zachodnich* [w:] B. Bogdanowicz, J. Fac-Beneda (red.), *Zasoby i ochrona wód. Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych*, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 461–466.
- <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/wdc/index.php> (dostęp: 18.03.2011).

Sabina Wójcik
Uniwersytet Jagielloński,
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej,
ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków,
e-mail: sabina.wojcik@uj.edu.pl

Zarys treści: W pracy przedstawiono wpływ budowy geologicznej oraz warunków meteorologicznych na zróżnicowanie i sezonową zmienność chemizmu trzech źródeł w lewobrzeźnej części zlewni Potoku Olczyskiego. Podczas prac terenowych zmierzono podstawowe cechy fizyczno-chemiczne wody oraz wydajność źródeł metodą wolumetryczną, a w laboratorium IGiGP UJ metodą chromatografii jonowej oznaczono stężenie jonów, w tym jonów głównych, związków biogennych i mikroelementów. Stwierdzono wpływ budowy geologicznej na skład chemiczny badanych wód oraz zmienność ich chemizmu w ciągu roku spowodowaną głównie opadami deszczu i topnieniem pokrywy śnieżnej.

Słowa kluczowe: źródło, cechy fizyczno-chemiczne wód, Tatry

Wprowadzenie

Obszar Tatr był przedmiotem licznych badań hydrochemicznych. Prowadzili je głównie: K. Oleksynowa i T. Komornicki (1956, 1957ab, 1958, 1960, 1961, 1964, 1989ab, 1990), którzy scharakteryzowali chemizm tatrzańskich źródeł, również tych w zlewni Potoku Olczyskiego. Z. Ziemońska (1974) określiła podstawowe cechy fizyczno-chemiczne źródeł. K. Wit i Z. Ziemońska (1960) zinwentaryzowały źródła oraz przedstawiły ich wydajność i gęstość w poszczególnych tatrzańskich zlewniach. K. Oleksynowa (1970) scharakteryzowała geochemicznie wody tatrzańskie. Badaniem cech fizyczno-chemicznych potoków, w tym również Olczyskiego, zajmowali się m.in. D. Małecka (1989) oraz K. Oleksynowa, T. Komornicki (1989, 1996), którzy podzielili tatrzańskie zlewnie ze względu na budowę geologiczną na: osadowe, krystaliczne i mieszane. Dokładnie zbadane zostały także tatrzańskie wywierzyska – badane przez: D. Małecką, W. Humnickiego (1989) oraz D. Małecką (1996, 1997), którzy określili przebieg stanów wody oraz cechy fizyczno-chemiczne tych źródeł, a ostatnio G. Barczyk (2004, 2008) scharakteryzował hydrochemicznie większość wywierzysk w Tatrach i opisał ich obszary alimentacyjne, wykorzystując metody znacznikowe. Badania wód w Tatrach odbywały się również w ramach prac magisterskich. Dotyczyły one m.in. naturalnych uwarunkowań cech fizyczno-chemicznych wód potoków tatrzańskich oraz wód źródłanych (Krzemień 1980; Rakoczy 1980; Bednarczyk 2007; Pytlowana 2007; Sikora 2007; Antosz 2008; Plenzler 2008). Charakterystykę cech fizyczno-chemicznych źródeł w zlewni Potoku Olczyskiego – m.in. badanych w niniejszej pracy – przedstawiły J. Kątnik i A. Leśniak (2007), a wpływ budowy geologicznej na rozmieszczenie wód podziemnych w tej dolinie opisała A. Staszak (2007).

Warto zauważyć, że sezonowość składu chemicznego wód źródłanych w Tatrzańskim Parku Narodowym rzadziej była przedmiotem badań, częściej bowiem zajmowano się sezonową zmiennością chemizmu potoków niż źródeł. K. Oleksynowa i T. Komornicki (1965) przedstawili kształtowanie się cech fizyczno-chemicznych wód w piętnastu tatrzańskich potokach. Ci sami autorzy (Oleksynowa, Komornicki 1996), na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzili, że różnice mineralizacji wód potoków w czasie są niewielkie – nie przekraczają 25% wartości średnich, a mineralizacja ta oscyluje wokół tych wartości. Zmienność cech fizyczno-chemicznych potoków tatrzańskich badali ostatnio M. Żelazny i in. (2009). Określili oni sezonową zmienność $EC_{25^{\circ}C}$, suchej pozostałości oraz pH wody wybranych potoków tatrzań-

skich. K. Nickel (2009) przedstawiła zmiany dobowe oraz sezonowe chemizmu wód potoków: Dolincańskiego, Bobrowieckiego i Małych Korycisk. Badając zmienność chemizmu źródeł, A. Wolanin i M. Żelazny (2010) stwierdzili zróżnicowanie chemizmu wód podziemnych w zlewniach Potoku Chochołowskiego i Potoku Kościeliskiego ze względu na rodzaj budowy geologicznej w zależności od pory roku.

Cel i metody badań

Celem autorki było określenie zróżnicowania wydajności i cech fizyczno-chemicznych trzech źródeł w Dolinie Olczyskiej w Tatrach oraz ich sezonowej zmienności w zależności od budowy geologicznej oraz warunków meteorologicznych. Badaniem objęto źródła: Eliasza Północne, czyli N (72¹), Eliasza Południowe, czyli S (71¹), oraz źródło nr 3 (65¹; ryc. 1).

Prace terenowe prowadzono co miesiąc, od stycznia do grudnia 2009 roku. W pobranych 35 próbach wody zmierzono w terenie przewodność elektrolityczną właściwą ($EC_{25^{\circ}C}$), temperaturę i pH (Elmetron CX-401). W czasie pierwszego badania terenowego nie pobrano próby wody ze źródła Eliasza N, jednak, ze względu na ścisły związek pomiędzy oboma źródłami Eliasza, „brakujące” stężenia jonów obliczono, korzystając z funkcji liniowej. Wydajności źródeł zmierzono metodą wolumentryczną. W laboratorium hydrochemicznym Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego metodą chromatografii jonowej oznaczono Ca^{2+} ,

Ryc. 1. Położenie badanych źródeł

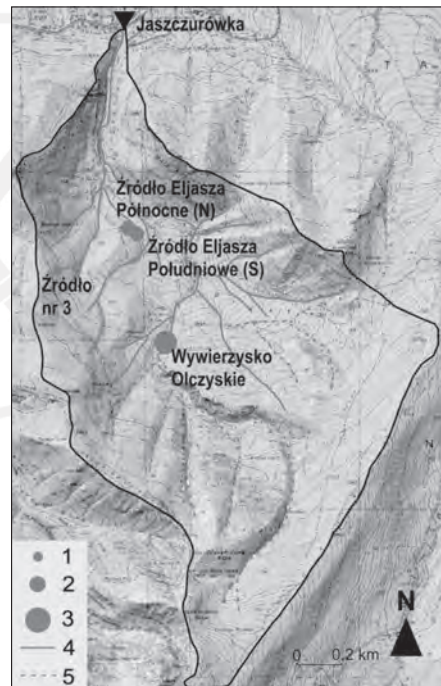
Objaśnienia: 1 – źródło o wydajności $0,5-2,0 \text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$, 2 – źródło o wydajności $2,0-10,0 \text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$, 3 – źródło o wydajności $>10 \text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$, 4 – ciek stały, 5 – ciek okresowy

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Mapa topograficzna 1:10 000*, 1988.

Fig. 1. Location of investigated springs

Explanations: 1 – spring discharge $0,5-2,0 \text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$, 2 – spring discharge $2,0-10,0 \text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$, 3 – spring discharge $>10,0 \text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$, 4 – permanent stream, 5 – periodic stream

Source: autor's own work based on the *Mapa: topograficzna 1:10 000*, 1988.



¹ Numeracja według K. Oleksynowej i T. Komornickiego (1989).

Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Li^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , F^- , Br^- (DIONEX ISC-2010). Obliczono twardość ogólną (T_o), węglanową (T_w), niewęglanową (T_{nw}), mineralizację (M) i stężenia H^+ . Twardość ogólną obliczono jako sumę rCa^{2+} i rMg^{2+} , za twardość węglanową przyjęto stężenie jonu $rHCO_3^-$, zaś twardość niewęglanową obliczono jako różnicę pomiędzy nimi. Mineralizację obliczono jako sumę oznaczonych jonów. Pod względem hydrochemicznym sklasyfikowano wody badanych źródeł według Szczukariewa-Prikłońskiego (Maciaszczyk 1987). W odniesieniu do uwarunkowań meteorologicznych scharakteryzowano cechy fizyczno-chemiczne dla okresu pasywnego i aktywnego. Za okres pasywny przyjęto miesiące o ujemnych temperaturach powietrza (I–III, X–XII), a okres aktywny objął pozostałe miesiące (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/wdc/index.php>; Łajczak 1996). Dodatkowo w wyznaczaniu okresu aktywnego i pasywnego wzięto pod uwagę zmiany wydajności źródeł. Obliczono również sumy opadów dla tygodni poprzedzających badania terenowe.

Obszar badań

Badane źródła są położone w lewobrzeżnej części zlewni Potoku Olczyskiego w mezoregionie Tatry Regłowe, mikroregionie Regle Kuźnicko-Olczyckie (Balon 2001). Wszystkie reprezentują typ stokowy, rumoszkowy. Źródła Eliasza są położone na wysokości prawie 1000 m n.p.m., na wschodnich stokach Wysokiego. Źródło nr 3 jest położone w górnej części stoku Wysokiego, na wysokości około 1060 m n.p.m.

Pod względem tektonicznym zlewnia Potoku Olczyskiego leży prawie w całości w obrębie płaszczyny regłowej dolnej, która wewnątrz zlewni składa się z jednostek Suchego Wierchu i Małej Świnicy (Kotanski 1963). Badane źródła znajdują się na obszarze o skomplikowanej budowie geologicznej, co potwierdza analiza map (tab. 1). Źródła Eliasza odwadniają utwory glacialfluwialne (Bac-Moszaszwili i in. 1979; Nemcok 1986) i utwory węglanowe (Trafas 1985). Źródło nr 3 jest natomiast położone w strefie kontaktu łupków z utworami węglanowymi (tab. 1).

Zlewnia Potoku Olczyskiego według M. Hessa (1965) leży w dwóch piętrach klimatycznych – umiarkowanie chłodnym i chłodnym. W czasie poborów próbek najwyższą średnią dobową temperaturę powietrza zanotowano w lipcu ($15,7^{\circ}C$), a najniższą w styczniu ($-6,6^{\circ}C$). W okresie pasywnym w 2009 roku suma opadów wynosiła 517,9 mm, a w aktywnym – 739,9 mm. W ciągu tygodnia poprzedzającego badania terenowe wartości dobowej sumy opadów (ryc. 2) wahały się w granicach od zera (sierpień) do 70,6 mm (lipiec; <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/wdc/index.php>).

Wyniki

Woda badanych źródeł pod względem odczynu jest słabo zasadowa, temperatury – zwykła, pod względem twardości – miękka, mineralizacji – słodka. Według klasyfikacji Szczukariewa-Prikłońskiego woda ta należy do typu HCO_3^-Ca-Mg (Maciaszczyk 1987); na podstawie klasyfikacji wydajności Mainzera Źródła Eliasza należą do V klasy, natomiast źródło nr 3 – do VI klasy (Pazdro 1977, tab. 2).

Minimalne wartości wydajności źródeł zanotowano w okresie pasywnym (w grudniu – Źródło Eliasza N i nr 3, w styczniu – Źródło Eliasza S) a maksymalne – w okresie

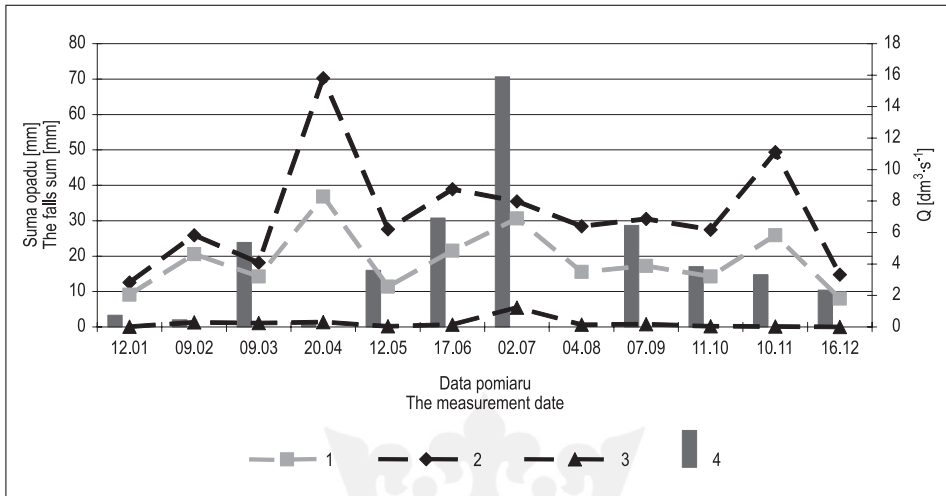
Tab. 1. Badane źródła na tle budowy geologicznej

Table 1. Investigated springs versus geological formations

Źródła Springs		Mapy geologiczne Geological maps
Eliasza N i S Elias N and S	Nr 3 No 3	
Utwory geologiczne Geological formations		
gliny, rumoszczy gliniaste, zwietrzliny kamieniste	łupki margliste ciemnoszare z wkładkami piaskowców i wapieni marglistych	1979 1:10 000 S. Sokołowski, W. Jaczynowska (red.)
żwirowo-piaszczyste osady fluwio-glacialne, gruzowo- gliniaste osady morenowe	strefa kontaktu łupków, zielonkawych piaskowców, wapieni organodetrytycznych z szarymi wapieniami detrytycznymi	1979 1:30 000 Bac-Moszaszwili M. i in.
margle, wapień, czarne łupki	strefa kontaktu margli, wapieni, czarnych łupków z czerwonymi, zielonymi łupkami ilastymi z ławicami dolomitów lub kwarcytów	1985 1:50 000 K. Trafas (red.)
osady glacialne	strefa kontaktu szarych organodetrytycznych wapieni z ciemnoszarymi, czarnymi wapieniami, krynoidowymi i oolitowymi wapieniami	1986 1:50 000 J. Nemock (red.)

aktywnym – w kwietniu (oba źródła Eliasza) i lipcu (źródło nr 3). Zanotowany wzrost wydajności w czerwcu i lipcu w źródłach Eliasza był związany z występowaniem opadów deszczu. Dobowe sumy opadów z tygodnia poprzedzającego badania w tych miesiącach wyniosły 30,7 mm w czerwcu i 70,6 mm w lipcu. Jednak najwyższą wydajność źródeł Eliasza była spowodowana topnieniem pokrywy śnieżnej: w kwietniu – $8,29 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (N), $15,81 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (S) i w listopadzie – $5,82 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (N), $11,11 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (S). W źródle nr 3 natomiast w ciągu roku najbardziej zaznaczał się wpływ opadów deszczu na wzrost wydajności. Maksymalną wydajność w tym źródle zanotowano w lipcu ($1,23 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Wpływ topnienia pokrywy śnieżnej na wzrost wydajności w tym źródle był mniejszy (ryc. 2).

W składzie chemicznym wód podziemnych dominował wśród kationów Ca^{2+} , a wśród anionów – HCO_3^- . Stężenie jonów Li^+ , NO_2^- , PO_4^{3-} , Br^- było poniżej limitu detekcji. W wyniku badań stwierdzono, że źródła Eliasza charakteryzowały się niższymi wartościami cech fizyczno-chemicznych w stosunku do źródła nr 3 (tab. 2). Dodatkowo w miesięcznym kształtowaniu się skrajnych wartości stężenia dominujących jonów zanotowano zróżnicowanie pomiędzy tymi źródłami. Analizując przebieg dominującego kationu i anionu w źródłach, stwierdzono, że w Źródle Eliasza S wyraźny wzrost wydajności w kwietniu i listopadzie spowodował spadek stężenia jonu Ca^{2+} w tych dwóch miesiącach, natomiast spadek HCO_3^- wystąpił jedynie w kwietniu. Jednak warto zauważyć, że minimalne wartości stężenia tych jonów zanotowano w maju



Ryc. 2. Wydajność badanych źródeł na tle sumy opadów z siedmiu dni poprzedzających pobór prób

Objaśnienia: 1 – Źródło Eliasza Północne (N), 2 – Źródło Eliasza Południowe (S), 3 – Źródło nr 3, 4 – tygodniowa suma opadu z siedmiu dni poprzedzających badanie terenowe

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych meteorologicznych: <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/wdc/index.php>.

Fig. 2. Discharge of the investigated springs versus the rainfall sum from seven days before sampling

Explanations: 1 – Elias North Spring, 2 – Elias South Spring, 3 – No. 3 spring, 4 – the rainfall sum from seven days before field research

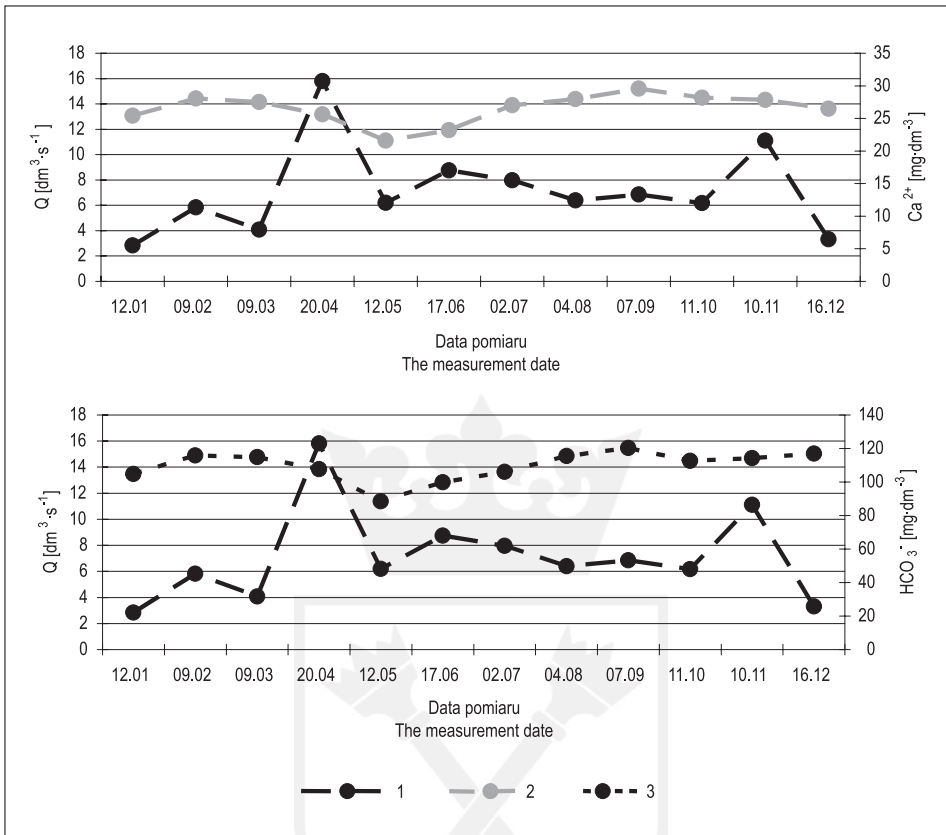
Source: autor's own work based on meteorological data: <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/wdc/index.php>.

(Ca^{2+} – 21,59 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$; HCO_3^- – 88,49 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), a maksymalne wartości we wrześniu (Ca^{2+} – 29,56 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ i HCO_3^- – 120,35 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) (tab. 2, ryc. 3a). Podobnie stężenie tych jonów kształtowało się w Źródle Eliasza N, co potwierdza wysoki współczynnik korelacji pomiędzy cechami fizyczno-chemicznymi wód w tych źródłach (tab. 3).

Z kolei w źródle nr 3 wzrost wydajności w lipcu zaznaczył się wzrostem stężenia Ca^{2+} i spadkiem stężenia HCO_3^- . W źródle tym stwierdzono natomiast spadek stężeń Ca^{2+} jako reakcję na topnienie śniegu w listopadzie oraz wyraźny wzrost tych stężeń – w kwietniu przy niewielkim wzroście wydajności źródła. Podobnie jak i w źródłach Eliasza minimalną wartość Ca^{2+} stwierdzono w maju (41,96 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$). W miesiącu tym zanotowano również spadek stężenia HCO_3^- , jednak minimalna zawartość tego jonu wystąpiła w lipcu (135,01 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, tab. 2, ryc. 3b). W miesięcznym przebiegu mineralizacji w źródłach najwyższe wartości stwierdzono (podobnie jak i stężenia jonów) w miesiącach zimowych. Wyraźny spadek mineralizacji w źródłach Eliasza zanotowano w maju – 125,37 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (N), 126,17 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (S), natomiast w źródle nr 3 wyraźny spadek zaznaczył się w lutym i lipcu (213,66 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) (tab. 2, ryc. 4a). Rozkład tem-

Tab. 2. Wartości minimalne, średnie oraz maksymalne cech fizyczno-chemicznych badanych źródeł
Table 2. Minimum, average and maximum values of physico-chemical properties of the investigated springs

Źródło Spring	Wartości min., śred., maks. Minimum, average, maximum values	Q	EC ₂₅ :°C	T	pH		H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻	M	T ₀	T _w	T _{nw}	mval·dm ⁻³
					°C																	
Ełlasza N	min.	1,8	147,4	4,2	7,32	0,000005	21,19	6,04	0,58	0,33	0,011	88,35	6,20	0,36	1,29	0,019	125,37	1,56	1,45	0,04		
	miesiąc	XII	V	I	IX	III	V	VII	VI	IV	XI	V	V	IV	VII	V	V	V	V	V	V	XI
	śr.	4,22	173,43	5,2	8,08	0,000013	26,64	7,14	0,84	0,43	0,03	110,30	8,20	0,55	1,71	0,03	155,88	1,92	1,81	0,11		
	maks.	8,29	191,7	5,9	8,63	0,000019	29,81	8,54	1,01	0,51	0,07	120,32	10,36	0,74	2,08	0,036	168,34	2,07	1,97	0,25		
	miesiąc	IV	IX	IX	III	VIII	IX	I	I	I,VI	I	IX	III	III	II	III	IX	IX	IX	IX	I	I
Ełlasza S	min.	2,83	147,9	4,0	7,5	0,000005	21,59	5,85	0,57	0,36	0,010	88,49	6,25	0,44	1,29	0,017	126,17	1,58	1,45	0,01		
	miesiąc	I	V	XII	IX	III	V	VII	VI	II	XI	V	V	VI	VII	IV	V	V	V	V	V	XII
	śr.	7,11	173,72	5,3	8,09	0,000013	26,54	7,06	0,87	0,46	0,03	109,77	8,31	0,59	1,67	0,03	155,33	1,90	1,80	0,11		
	maks.	15,81	191,4	6,2	8,85	0,000018	29,56	8,50	1,08	0,58	0,073	120,35	10,42	0,82	2,09	0,041	165,46	2,05	1,97	0,25		
	miesiąc	IV	VIII	VII	III	VIII, XI	IX	I	I	I	I	IX	III	III	III	XI	III	III	III	III	IX	I
Nr 3	min.	0,005	240,3	0,6	7,65	0,000004	41,96	6,91	0,47	0,37	0,002	135,01	19,28	0,66	5,13	0,0003	213,66	2,73	2,21	0,46		
	miesiąc	XII	II	XII	V	III	V	VII	VI	II	II	VII	II	IV	VI	IV, V, VII	VII	VII	VII	VII	XI	XI
	śr.	0,22	261,29	5,1	8,26	0,000010	43,29	9,32	0,71	0,60	0,05	144,81	22,50	1,05	5,51	0,03	227,93	2,93	2,37	0,55		
	maks.	1,23	292,5	7,6	8,85	0,000016	45,67	11,83	1,43	0,99	0,12	153,34	26,35	2,11	6,28	0,049	243,18	3,13	2,51	0,68		
	miesiąc	VII	XII	VIII	III	I	I	IV	I	V	V	VI	I	I	V	X	X	I	I	I	I	X

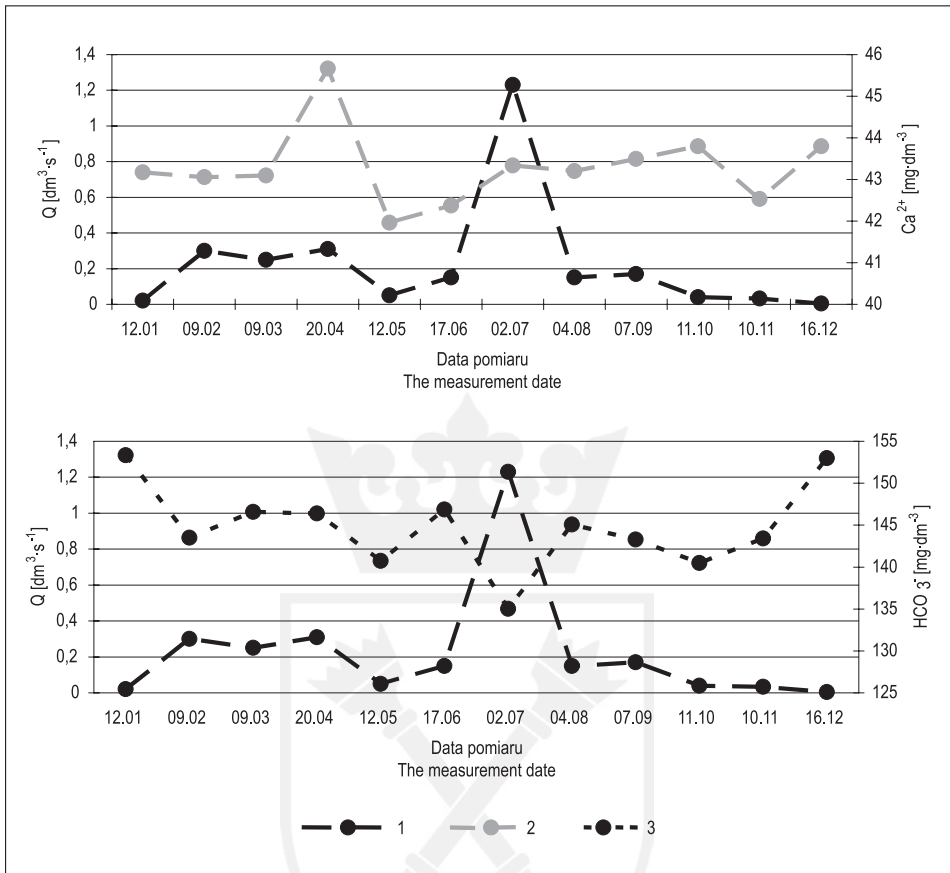


Ryc. 3a. Przebieg wydajności i stężenia Ca^{2+} , HCO_3^- w Źródle Eliasza S

Objaśnienia: 1 – Q, 2 – Ca^{2+} , 3 – HCO_3^-

Fig. 3a. The course of discharge and concentration of Ca^{2+} , HCO_3^- in Elias South Spring

Explanations: 1 – Q, 2 – Ca^{2+} , 3 – HCO_3^-



Ryc. 3b. Przebieg wydajności i stężenia Ca^{2+} , HCO_3^- w źródle nr 3

Objaśnienia: 1 – Q, 2 – Ca^{2+} , 3 – HCO_3^-

Fig. 3b. The course of discharge and concentration of Ca^{2+} , HCO_3^- in No. 3 spring

Explanations: 1 – Q, 2 – Ca^{2+} , 3 – HCO_3^-

peratury wody w badanych źródłach w ciągu roku nawiązywał do zmian temperatury powietrza w poszczególnych porach roku (ryc. 4b).

Minimalne średnie wartości stężeń jonów stwierdzono w czasie okresu aktywnego (najczęściej w kwietniu, maju, czerwcu, lipcu), maksymalne w okresie pasywnym (najczęściej w styczniu, marcu). Należy jednak zaznaczyć, że średnie wartości cech fizyczno-chemicznych w tych okresach niewiele się różniły (tab. 4).

Dyskusja i wnioski

Przeprowadzone badania wykazały występowanie przestrzennego zróżnicowania i sezonowej zmienności cech fizyczno-chemicznych wody badanych źródeł. W zróżnicowaniu przestrzennym cech fizycznych i chemicznych, podobnie jak u A. Wolanin i M. Żelaznego (2010), zaznaczył się bardzo wyraźnie wpływ budowy geologicznej obszaru alimentacyjnego źródła. Skład chemiczny źródła nr 3 jest charakterystyczny dla wód drenujących utwory węglanowe. Charakteryzuje się ono wysoką mineralizacją oraz stężeniem poszczególnych jonów, jak również najniższymi wydajnościami. Z kolei źródła Eliasza drenują prawdopodobnie zbiornik wodonośny zbudowany z innych utworów, o czym świadczą niższe wartości

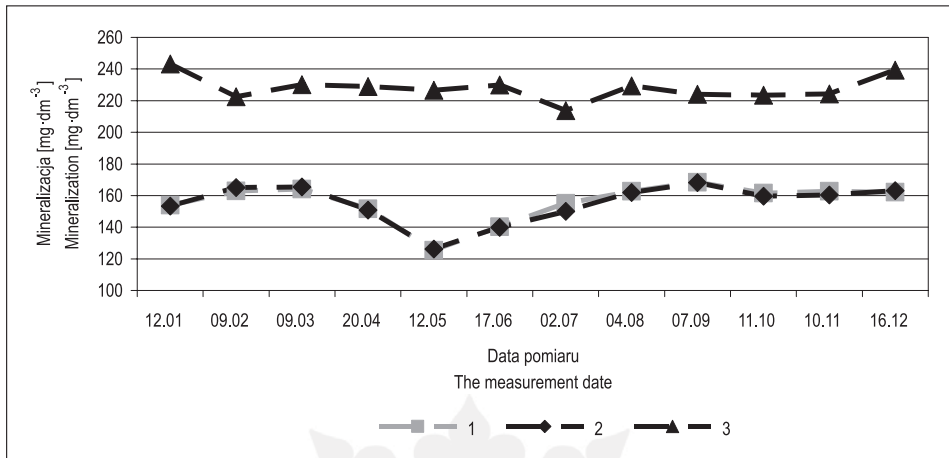
w źródle nr 3. Możliwe, że źródła Eliasza stanowią część systemu wywierzysskowego zlewni Potoku Olczyńskiego (Pociask-Karteczka i in. 2010).

Tab. 3. Współczynniki korelacji (r) cech fizyczno-chemicznych pomiędzy źródłami Eliasza N i S

Table 3. Correlation coefficients (r) of physico-chemical properties between the Elias North and South springs

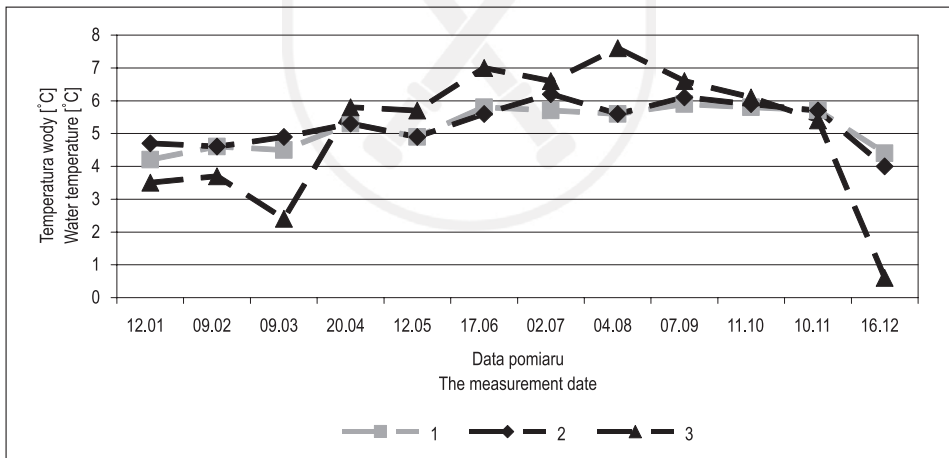
Cechy fizyczno-chemiczne Physico-chemical properties	r
EC _{25°C}	0,95
Temperatura wody / Water temperature	0,92
pH	0,97
H ⁺	0,97
Ca ²⁺	0,99
Mg ²⁺	0,99
Na ⁺	0,96
K ⁺	0,60
NH ₄ ⁺	0,83
HCO ₃ ⁻	0,98
SO ₄ ²⁻	0,99
Cl ⁻	0,92
NO ₃ ⁻	0,95
F ⁻	0,78
M	0,99
T _w	0,98
T _{nw}	0,72
T _o	0,99

Sezonowe zmiany cech fizyczno-chemicznych wynikają z uwarunkowań meteorologicznych (drugi z czynników obok budowy geologicznej wpływający na cechy fizyczno-chemiczne wody) – wielkości opadów oraz miąższości i tempa topnienia pokrywy śnieżnej w okresie roztopów. Ogólnie można stwierdzić, że najwyższe stężenia większości jonów występowały w czasie niżówek jesiennych (IX) i zimowych (I–III, XII), natomiast najniższe były w czasie wezbrań roztopowych (IV–VI) i deszczowych (VII). Podobne wyniki prezentują A. Wolanin i M. Żelazny (2010); można więc stwierdzić, że badane źródła charakteryzują się typową reakcją na warunki atmosferyczne. Szczegółowe określenie relacji: warunki meteorologiczne – cechy fizyczno-chemiczne, jest trudne do interpretacji ze względu na brak dostępu do informacji meteorologicznych w cytowanych publikacjach.



Ryc. 4a. Zmiany mineralizacji wody w badanych źródłach
 Objasnienia: 1 – Źródło Eliasza N, 2 – Źródło Eliasza S, 3 – źródło nr 3

Fig. 4a. The change in water mineralization in the investigated springs
 Explanations: 1 – Elias North Spring, 2 – Elias South Spring, 3 – No. 3 spring



Ryc. 4b. Zmiany temperatury wody w badanych źródłach
 Objasnienia: 1 – Źródło Eliasza N, 2 – Źródło Eliasza S, 3 – źródło nr 3

Fig. 4b. The change of the water temperature in the investigated springs
 Explanations: 1 – Elias North Spring, 2 – Elias South Spring, 3 – No. 3 spring

Tab. 4. Średnie wartości cech fizyczno-chemicznych badanych źródeł w okresie aktywnym (A) i pasywnym (P)
 Table 4. Mean values of physico-chemical properties of the investigated springs during their active (A) and passive (P) period

Spring	Okres Period	Q dm ³ s ⁻¹	EC _{25°C} μS·dm ⁻³	T °C	pH	mg·dm ⁻³											M	To	Tw	Tnw
						H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	F ⁻				
Eliaszka N	A	5,0	169,9	5,5	7,9	0,000015	25,96	6,55	0,76	0,43	0,02	107,34	7,36	0,47	1,63	0,03	150,55	1,83	1,76	0,08
	P	3,5	177,0	4,9	8,2	0,000012	27,31	7,72	0,92	0,43	0,03	113,26	9,05	0,63	1,79	0,03	161,21	2,00	1,86	0,14
Eliaszka S	A	8,7	168,2	5,6	8,0	0,000014	25,83	6,47	0,78	0,48	0,02	106,32	7,47	0,50	1,60	0,02	149,51	1,82	1,74	0,08
	P	5,6	179,3	5,0	8,2	0,000012	27,26	7,64	0,96	0,45	0,03	113,22	9,15	0,67	1,74	0,03	161,15	1,99	1,86	0,13
Nr 3	A	0,3	259,4	6,6	8,2	0,000010	43,34	8,74	0,75	0,64	0,06	142,90	22,47	1,04	5,44	0,02	225,41	2,88	2,34	0,54
	P	0,1	263,2	3,6	8,4	0,000010	43,24	9,90	0,67	0,56	0,04	146,72	22,53	1,06	5,58	0,03	230,45	2,97	2,40	0,57

Literatura

- Antosz K., 2008, *Naturalne czynniki warunkujące zróżnicowanie przestrzenne i zmiany składu chemicznego wód powierzchniowych i podziemnych dolin wierchowych na przykładzie Doliny Strążyskiej*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Bac-Moszaszwili M., Burchart M., Głazek J., Iwanow A., Jaroszewski W., Kotański Z., Lefeld J., Mastella L., Oziomkowski W., Roniewicz P., Skupiński A., Westwalewicz-Mogilska E., 1979, *Mapa geologiczna Tatr Polskich 1:30 000*, Wyd. Geol., Warszawa.
- Balon J., 2001, *Physicogeographical regionalization of the Tatra National Park (Poland)*, *Ekologia (Bratislava)*, 20, Suppl. 4/2001, 116–122.
- Barczyk G., 2004, *Recent Results of the Dye Tracer Tests of the Chochołowskie Vacluse Spring karst system (Western Tatra MTs.)*, *Acta Geologica Polonica*, Vol. 54, 169–177.
- Barczyk G., 2008, *Tatrzańskie wywierzyska. Krasowe systemy wywierzyskowe Tatr Polskich*, Wydawnictwa Tatrzańskiego Parku Narodowego, Zakopane.
- Bednarczyk E., 2007, *Naturalne uwarunkowania cech fizykochemicznych wód powierzchniowych i podziemnych w Tatrach Zachodnich na przykładzie Doliny Tomanowej*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Hess M., 1965, *Piętra klimatyczne w Polskich Karpatach Zachodnich*, *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, 11.
- Kątnik J., Leśniak A., 2007, *Zróżnicowanie cech fizyczno-chemicznych wód w zlewni Potoku Olczego*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Kotański Z., 1963, *Stratygrafia i litologia triasu regli zakopiańskich*, *Acta Geologica Polonica*, 13, 328–335.
- Krzemień E., 1980, *Stosunki wodne zlewni Potoku Strążyskiego w Tatrach*, praca magisterska Zakład Geomorfologii, praca magisterska, IGiGP UJ, Kraków.
- Łajczak A., 1996, *Hydrologia* [w:] Z. Mirek, Z. Głowaciński, K. Klimek, H. Piękoś-Mirkowa (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Wyd. Tatrzański Park Narodowy, Zakopane–Kraków, 169–196.
- Maciaszczyk A., 1978, *Hydrochemia*, Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Małecka D., 1989, *Wpływ opadów atmosferycznych na kształtowanie chemizmu wód w obrębie masywu tatrzańskiego*, *Przegląd Geol.* 10, 504–510.
- Małecka D., Humnicki W., 1989, *Rola warunków hydrodynamicznych w kształtowaniu reżimu Wywierzyska Olczego*, *Przegląd Geologiczny*, 37, 78–84.
- Małecka D., 1996, *Hydrogeologiczna charakterystyka Tatr w świetle badań monitoringowych* [w:] Z. Mirek, Z. Głowaciński, K. Klimek, H. Piękoś-Mirkowa (red.) *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Tatrzański Park Narodowy, Zakopane–Kraków, 19–30.
- Małecka D., 1997, *Źródła masywu tatrzańskiego*, *Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geogr. Phys.*, 2, 9–26.
- Mapa topograficzna w skali 1:10 000*, 1988 [w:] *Tatry Polskie*, Arkusz nr 4 Jaszczurówka, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego WP.
- Mapa topograficzna w skali 1:10 000*, 1988, *Tatry Polskie*, Arkusz nr 9 Kasprowy Wierch, Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego WP.
- Nemcok J., (red.), 1986, *Geologická Mapa Tatier 1:50 000*, Geologický Ústav Dioniza Stura, Bratislava.

- Nickel K., 2009, *Naturalne czynniki warunkujące zróżnicowanie przestrzenne, zmiany wewnątrzdobowe, sezonowe chemizmu wód na przykładzie potoków Dolinzańskiego, Bobrowieckiego i Małych Korycisk w Tatrach Zachodnich*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiP UJ, Kraków.
- Oleksynowa K., 1970, *Charakterystyka geochemiczna wód tatrzańskich*, Acta Hydrobiol., 12, 1–110.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1956, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. I. Dolina Strążyska*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 1, 33–51.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1957a, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. II. Dolina Białego*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 3, 113–126.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1957b, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. III. Dolina Małej Łąki*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 3, 127–146.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1958, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. IV. Dolina Kościeliska*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 5, 13–44.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1960, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. V. Dolina Chochotowska*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 7, 17–48.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1961, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. VI. Dolina Rybiego Potoku i Dolina Roztoki*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 8, 37–66.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1964, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. VII. Dolina Waksmundzka i Dolina Filipki*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 11, 19–49.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1965, *The chemical composition of water in the Polish Tatra Mountains, and the problem of its variation in time, Limnological investigations in the Tatra Mountains and Dunajec River Basin*, Komitet Zagosp. Ziemi Górskich PAN, 11, 91–111.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1989a, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. VIII. Dolina Suchej Wody*, Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, 241, ser. Rolnictwo, 28, 3–31.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1989b, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. IX. Dolina Olczyńska*, Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, 28, 33–54.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1990, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. X. Dolina Bystrej*, Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, ser. Rolnictwo, 29, 3–31.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1996, *Chemizm wód* [w:] Mirek Z., Głowaciński Z., Klimek K., Piękoś-Mirkowa H. (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Wyd. Tatrzański Park Narodowy, Zakopane–Kraków, 197–214.
- Pazdro Z., 1977, *Hydrogeologia ogólna*, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- Pociask-Karteczka J., Wójcik S., Żelazny M., 2010, *Hydrochemical evidences of hydraulic connection between crystalline and carbonate aquifers (the Tatra Mts., East-Central Europe)* [w:] *Groundwater Quality Sustainability Extended Abstracts*, CD, XXXVIII IAH Congress, Kraków.
- Plenzler J., 2008, *Zróżnicowanie cech fizycznych i chemicznych źródeł na północnym progu Tatr Polskich*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiP UJ, Kraków.
- Pytlowana A., 2007, *Naturalne uwarunkowania cech fizykochemicznych wód powierzchniowych i podziemnych w Tatrach Zachodnich na przykładzie Doliny Pyszniańskiej*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiP UJ, Kraków.
- Rakoczy G., 1980, *Charakterystyka koncentracji rumowiska rzeczno i rozpuszczonego w zlewni Bystrego w okresach niżówkowych*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiP UJ, Kraków.

- Sikora A., 2007, *Naturalne warunki cech fizykochemicznych wód powierzchniowych i podziemnych w węglanowej części Tatr Zachodnich na przykładzie Doliny Miętusiej*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Sokołowski S., Jaczynowska W. (red.), 1979, *Mapa geologiczna Tatr Polskich 1:10 000*, arkusz Kopieniec, Wydawnictwa Geologiczne.
- Staszak A., 2007, *Wpływ budowy geologicznej na rozmieszczenie i cechy wypływów w zlewni Potoku Olczyskiego*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Trafas K. (red.), 1985, *Atlas Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Wojskowe Zakłady Kartograficzne, Zakopane–Kraków.
- Wit Z., Ziemońska Z., 1960, *Hydrografia Tatr Zachodnich. Objasnienia do mapy hydrograficznej „Tatry Zachodnie” 1:50 000*, Instytut Geografii PAN, Kraków.
- Wolanin A., Żelazny M., 2010, *Sezonowe zmiany chemizmu wód źródeł tatrzańskich w zlewniach Potoku Chochołowskiego i Potoku Kościeliskiego w 2009 roku* [w:] T. Ciupa, R. Suligowski (red.), *Woda w badaniach geograficznych*, Instytut Geografii Uniwersytetu Jana Kochanowskiego, Kielce, 339–347.
- Ziemońska Z., 1974, *O hydrografii Polskich Tatr*, Czas. Geogr., 65, 63–74.
- Żelazny M., Wolanin A., Płaczkowska E., 2009, *Przestrzenne zróżnicowanie i sezonowe zmiany cech fizyczno-chemicznych wód potoków Kościeliskiego i Chochołowskiego w Tatrach Zachodnich* [w:] B. Bogdanowicz, J. Fac-Beneda (red.), *Zasoby i ochrona wód. Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych*, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 461–466.
- <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/wdc/index.php> (dostęp: 18.03.2011).

Sabina Wójcik
Uniwersytet Jagielloński,
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej,
ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków,
e-mail: sabina.wojcik@uj.edu.pl

