

## WSTĘPNE WYNIKI BADAŃ HYDROGEOLOGICZNYCH ŹRÓDEŁ W GÓRACH ORLICKICH (REJON ZIELEŃCA I ZÁKOUTI)

### PRELIMINARY HYDROGEOLOGICAL RESULT OF SPRINGS STUDIES IN ORLICKIE MTS. (ZIELENIEC AND ZÁKOUTI AREA)

SEBASTIAN BUCZYŃSKI<sup>1</sup>, BARTŁOMIEJ RZONCA<sup>2</sup>

**Abstrakt.** W artykule zaprezentowano wyniki kartowania hydrogeologicznego oraz badań pH, przewodności elektrolitycznej właściwej i temperatury wód źródłanych pogranicza Polski i Czech w okolicach Zieleńca i Zákouti. Celem badań była charakterystyka krenologiczna źródeł występujących w sąsiadujących ze sobą zlewniach tj. górnej części zlewni Bystrzycy Dusznickiej w Polsce (kartowanie - VI.2004) i rzeki Bělá w Czechach (kartowanie VI.2011). Większość źródeł reprezentuje VI klasę wydajności według klasyfikacji Meinzera (0,1–1 dm<sup>3</sup>/s). Wyższe wydajności źródeł stwierdzono w zlewni Bystrzycy Dusznickiej, gdzie aż w 12 wypływach zanotowano wartości powyżej 1 dm<sup>3</sup>/s. W zlewni rzeki Bělá jedynie 3 wypływy miały wydajność powyżej litra. Również w źródłach zlewni Bystrzycy zanotowano wyższe wartości pH i przewodność elektrolityczną właściwą. Jednocześnie w wypływach na tym obszarze stwierdzono niższą temperaturę wód podziemnych. Wyniki badań wskazują, że źródła występujące po stronie polskiej są związane z głębszym systemem krążenia wód (przewyszczającym głębokość pokryw zwietrzelinowych) niż źródła w sąsiadującej zlewni rzeki Bělá.

**Słowa kluczowe:** źródła, krenologia, Sudety, Góry Orlickie.

**Abstract.** The paper presents the results of hydrogeological mapping and research on pH, electrical conductivity and temperature of spring waters at the Polish-Czech border in the Zieleniec and Zákouti area. The purpose of the study was to characterise spring hydrology in the neighbouring catchments i.e. the upper part of the Bystrzyca Dusznicka River catchment in Poland (hydrogeological mapping in June, 2004) and the Belá River catchment in the Czech Republic (hydrogeological mapping in June 2011). Most of the springs represent Meinzer's class 6 (0.1–1 L/s). However, higher spring discharge rates were found in the Bystrzyca catchment, where 12 springs yielded values more than 1 L/s. This catchment area was also characterized by higher values of pH and electrical conductivity of water. The water in the springs of this area was cooler, too. The research results indicate that the springs occurring on the Polish side are associated with a deeper water circulation system than the springs in the neighbouring Belá catchment<sup>130</sup>

**Key words:** springs, spring hydrology, Sudety Mts., Orlickie Mts.

---

<sup>1</sup> Uniwersytet Wrocławski, Instytut Nauk Geologicznych, Zakład Hydrogeologii Podstawowej, pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław;  
e-mail: sebastian.buczynski@ing.uni.wroc.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Zakład Hydrologii, ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków;  
e-mail: b.rzonca@geo.uj.edu.pl

## WSTĘP

Problematyka krenologiczna Gór Orlickich w okolicach Zieleńca poruszana w pracach (Kryza, 1975; Bartnik, Walisch, 1997; Bartnik, 2007) koncentrowała się na zasileniu i drenażu wód podziemnych tego rejonu lub charakterystyce zróżnicowania przestrzennego wybranych cech fizykochemicznych wód podziemnych i powierzchniowych.

W pracach tych szczególny nacisk kładziono na zespół źródeł dających początek Bystrzycy Dusznickiej. Źródła te, pomimo położenia w odległości zaledwie 700 metrów od wododziału kontynentalnego (granicy zlewni Morza Bałtyckiego i Morza Północnego), stanowią jeden z największych wpływów w polskich Sudetach. Przy powierzchni zlewni

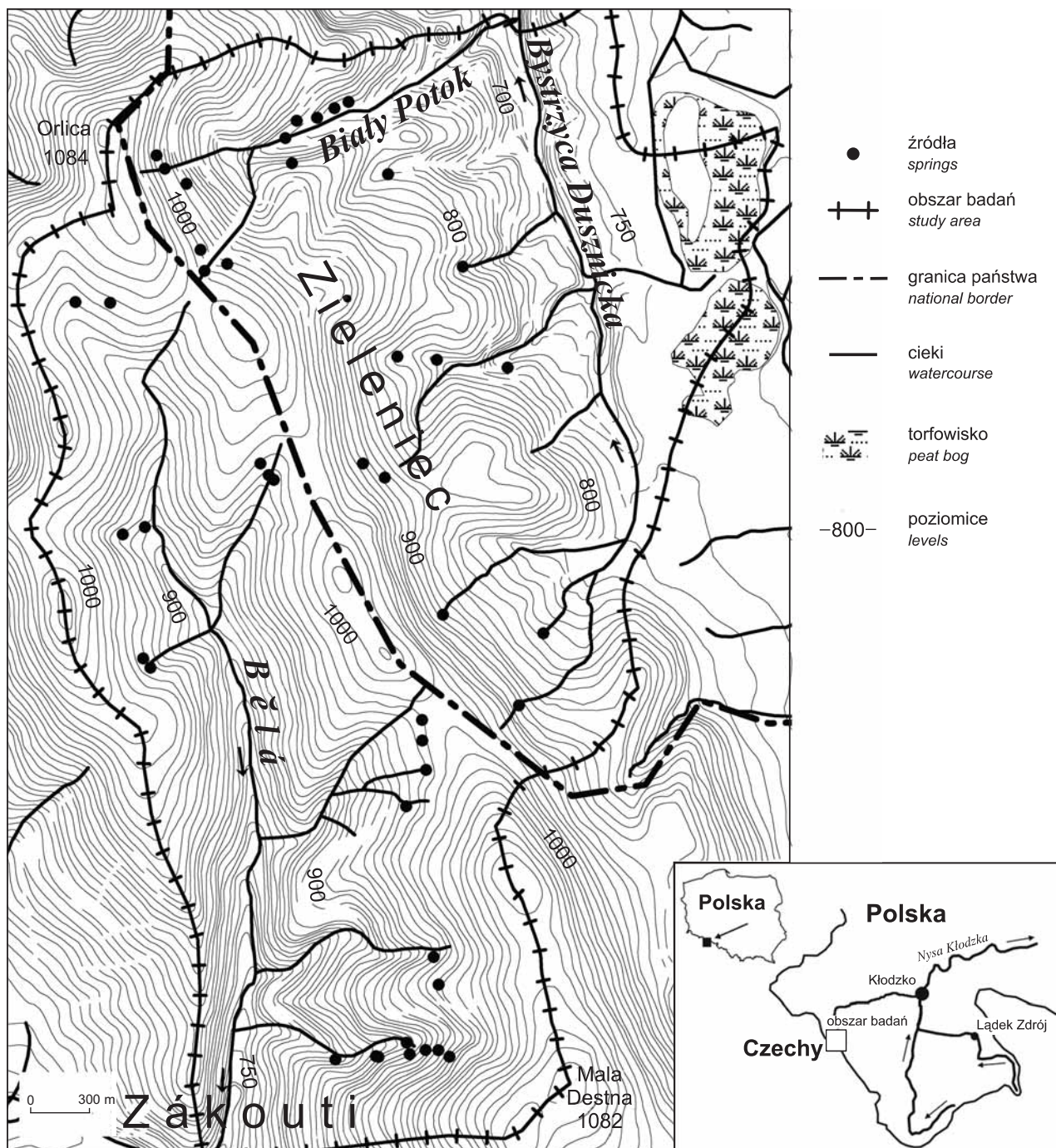


Fig. 1. Lokalizacja źródeł na tle sieci hydrograficznej

Location of the springs and the river network

topograficznej, wynoszącej jedynie 0,218 km<sup>2</sup> wydajność źródła dochodzi do 100 dm<sup>3</sup>/s. Dotychczasowe badania wskazują, że źródło to zawdzięcza swoje istnienie sieci głębokich uskoków i szczelin, które umożliwiają przepływ wody nie tylko pomiędzy sąsiadującymi zlewniami po stronie polskiej (Kryza, 1975), ale również z górnej części zlewni rzeki Bělá (Republika Czeska), oddzielonej kontynentalnym działem wodnym (Buczyński, Rzonca, 2011).

Niestety do tej pory źródła po czeskiej stronie (zlokalizowane w zlewni rzeki Bělá) nie były przedmiotem badań. W świetle dotychczasowych wyników rozpoznanie tych wpływów ma istotne znaczenie dla obszarów zasilania i drenażu źródeł oraz schematu formowania się zasobów wodnych w skałach krystalicznych.

## OBSZAR I METODY BADAŃ

Obszar badań jest położony w Górach Orlickich na pograniczu Polski i Czech. Kartowaniem krenologicznym objęto zlewnię rzeki Bělá – po miejscowość Zákouti oraz zlewnię Bystrzycy Dusznickiej – zamykając obszar badań za dopływem Białego Potoku (fig. 1). Źródła i inne naturalne wypływy wód podziemnych, znajdujące się powszechnie na tym obszarze, stanowią jedyną dostępną informację o warunkach występowania i krążenia wód podziemnych. Najbliższe odwierty są zlokalizowane w odległości ok. 2 km w miejscowościach Podgórze i Lasówka.

Średnia roczna temperatura powietrza w rejonie Zieleńca wynosi 4,5°C, przy średnich miesięcznych temperaturach z wielolecia 1951–1980 w przedziale od –4,5°C w styczniu do 12,5°C w lipcu. Wysokość średnich rocznych opadów atmosferycznych wynosi na badanym terenie od 1250 do 1400 mm (Pawlak, 1997). Najwyższe opady występują w lipcu i sierpniu i osiągają 114–143 mm/m-c (Wiszniewski, 1953), najniższe zaś notuje się w lutym i marcu (86–95 mm/m-c).

Niniejsze opracowanie stanowi prezentację wyników szczegółowego kartowania krenologicznego (VI.2011) w górnej części zlewni rzeki Bělá w Górach Orlickich, na obszarze o pow. 8,95 km<sup>2</sup>. Celem badań była charakterystyka, uwzględniająca zarówno liczbę źródeł, jak i parametry fizykochemiczne wód. Badania własne zestawiono z wynikami kartowania źródeł wykonanymi po stronie polskiej (VI.2004), w górnej części zlewni Bystrzycy Dusznickiej (na obszarze o pow. 9,95 km<sup>2</sup>). W celu oznaczenia zmienności własności fizykochemicznych oraz składu chemicznego wód tego rejonu, syntetycznemu opracowaniu poddano analizy chemiczne wód, które pobrane zostały w latach 2003–2007 ze źródła Bystrzycy Dusznickiej.

Zasadniczą część wykonanych badań polegała na jednokrotnym kartowaniu hydrogeologicznym. Prace terenowe obejmowały wyznaczenie położenia wypływu za pomocą odbiornika GPS oraz pomiary wydajności i określenie podstawowych cech fizykochemicznych wody (temperaturę, pH, przewodność elektrolityczną właściwą /PEW/).

Opróbowanie 15-krotne strefy źródłkowej Bystrzycy Dusznickiej, wraz z pomiarem temperatury wód, przeprowadzono przy różnych wydajnościach, które można utożsamiać z różnymi stanami wód podziemnych (fig. 2). Oznaczenia Fe<sup>3+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SiO<sub>2</sub> zostały wykonane spektrofotometrem HACH DR/2000, natomiast oznaczenia Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> metodą AAS (spektrometrem absorpcji atomowej PyeUnicom SP9).

W trakcie kartowania krenologicznego w zlewni rzeki Bělá zarejestrowano 23 powierzchniowe przejawy zawodnienia w postaci źródeł i wycieków. W stosunku do powierzchni skartowanego obszaru równej 8,95 km<sup>2</sup> daje to wskaźnik krenologiczny 2,6 źródeł na km<sup>2</sup>. Z kolei na obszarze zlewni Bystrzycy Dusznickiej kartowanie wykazało 22 przejawy zawodnienia, ze wskaźnikiem krenologicznym wynoszącym 2,21 źródeł na km<sup>2</sup> (fig. 1). Rzędne wpływów w przypadku źródeł rzeki Bělá, mieszczą się w przedziale 775–1088 ze średnią 939 m n.p.m., natomiast po stronie polskiej rzędne wpływów wynoszą od 789 do 1103 ze średnią 898 m n.p.m.

## WYNIKI

Źródła w badanych zlewniach mają najczęściej małe wydajności, przy czym zdecydowanie większe wypływy stwierdzono w przypadku źródeł występujących w zlewni Bystrzycy Dusznickiej (0,12–5,4 dm<sup>3</sup>/s) niż w zlewni Bělá (0,02–1,9 dm<sup>3</sup>/s). Wyjątkowo na tym tle wypada strefa źródłkowa Bystrzycy Dusznickiej w Zieleńcu, której średnia wydajność wynosi około 40 dm<sup>3</sup>/s (tab. 1).

Średnia temperatura wód w badanych wypływach wynosiła 7,2°C, przy czym wyższą średnią temperaturę stwierdzono w źródłach położonych w zlewni rzeki Bělá (8,6°C) niż w źródłach zlewni Bystrzycy Dusznickiej (5,8°C). W przypadku PEW wyższą średnią wartość zanotowano w zlewni Bystrzycy Dusznickiej (148 μS/cm) niż w zlewni Bělá (81 μS/cm). Średnie wartości pH wyniosły odpowiednio 6,7 i 6,2.

Badania składu chemicznego przeprowadzone we wszystkich porach roku i przy różnych stanach wód (fig. 2) wykazały, że wody strefy źródłkowej w Zieleńcu są wodami wodorowęglanowo-wapniowymi. Są to wody słodkie o mineralizacji nie przekraczającej 157 mg/dm<sup>3</sup> (42–156,2 mg/dm<sup>3</sup>), pH mieszczącym się w granicach 6,2–8,4 i stabilnej temperaturze w zakresie 5,2–5,8°C.

Tabela 1

**Charakterystyka wydajności źródeł i wybranych właściwości fizyko-chemicznych wód źródłanych w analizowanych zlewniach**  
 Characterisation of spring discharge rates and selected physicochemical properties of spring water in the analysed catchments

Zlewnia Catchment	$Q$ [dm <sup>3</sup> /s] min/śred/max	Temp [°C] min/śred/max	pH min/śred/max	PEW [μS/cm] min/śred/max
Bělá	0,02/0,49/1,94	6,0/8,6/14,2	5,1/6,2/6,6	30/81/550
Bystrzyca Dusznicka	0,12/2,97/40,0	3,1/5,8/8,2	5,5/6,7/7,8	63/148/291

Jej skład chemiczny (opisany poniżej za pomocą wzoru Kurlowa) wskazuje, że oprócz dominującej zawartości wodorowęglanów (62,5–95,6 mg/dm<sup>3</sup>) i wapnia (17,3–26,5 mg/dm<sup>3</sup>) w stosunkowo dużych ilościach występuje jon magnezowy (1,8–7,3 mg/dm<sup>3</sup>). Stężenia pozostających jonów kształtowały się na poziomie: Na<sup>+</sup> (1,2–6,4 mg/dm<sup>3</sup>); K<sup>+</sup> (0,6–1,3 mg/dm<sup>3</sup>), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (7,5–13,3 mg/dm<sup>3</sup>), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (1,8–10,0 mg/dm<sup>3</sup>) oraz Cl<sup>-</sup> (1,8–5,0 mg/dm<sup>3</sup>).

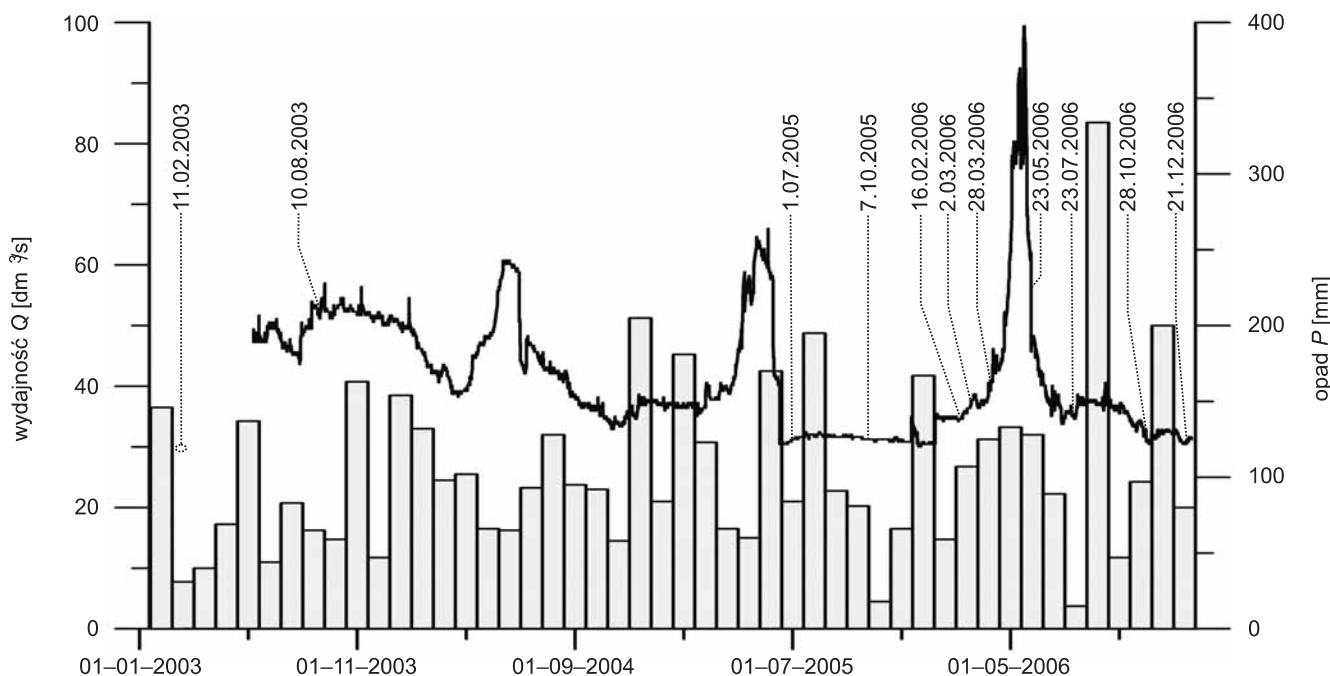
stałych jonów kształtowały się na poziomie: Na<sup>+</sup> (1,2–6,4 mg/dm<sup>3</sup>); K<sup>+</sup> (0,6–1,3 mg/dm<sup>3</sup>), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (7,5–13,3 mg/dm<sup>3</sup>), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (1,8–10,0 mg/dm<sup>3</sup>) oraz Cl<sup>-</sup> (1,8–5,0 mg/dm<sup>3</sup>).

$$M^{42-157} \frac{HCO_3^{74-90} SO_4^{2-15} NO_3^{6-14} Cl^{4-9}}{Ca^{60-90} Mg^{11-36} Na^{4-18} K^{1-2}}$$

## WNIOSKI

W ramach przeprowadzonych prac zinwentaryzowano źródła, występujące w Górach Orlickich w okolicach Zielénca i Zákouti. Większość źródeł, podobnie jak na pozostałym obszarze Sudetów Środkowych i Wschodnich (Buczyński i in., 2011), reprezentuje VI klasę wydajności według klasyfikacji Meinzera (0,1–1 dm<sup>3</sup>/s). Jednak w przypadku zlewni Bystrzyca aż 12 źródeł należy do V lub do IV (źródło By-

strzyca Dusznickiej) klasy wydajności. W zlewni rzeki Bělá jedynie w 3 wypływach zanotowano wydajność powyżej 1 dm<sup>3</sup>/s. Badania wykazały, że pomimo podobnej budowy geologicznej, wielkości i intensywności opadów, wysokości temperatur, pokrycia terenu czy rzędnych wypływów, źródła Bystrzyca Dusznickiej charakteryzują się większymi wydajnościami oraz wyższymi wartościami pH i przewodności



**Fig. 2.** Wydajność strefy źródłiskowej w Zieléncu (maj 2003–grudzień 2006) na tle wysokości miesięcznych sum opadów (styczeń 2003–grudzień 2006) z zaznaczonymi miejscami opróbowania (poza okresem objętym na wykresie, próbki pobrano 20.02.2007; 05.05.2007; 06.07.2007; 13.10.2007)

Discharge rates in the Zieleniec spring area (May 2003–Dec. 2006) versus monthly precipitation totals (Jan. 2003–Dec. 2006) with the sampling points indicated (out of graph fetch time of sample 20.02.2007; 05.05.2007; 06.07.2007; 13.10.2007)

elektrolitycznej właściwej. Źródła zlokalizowane w zlewni Bystrzyca Dusznickiej cechują się jednocześnie niższą temperaturą wód na wypływie (5,8°C). Temperatura ta, pomimo wykonywania pomiarów w jednym z cieplejszych miesięcy (czerwcu), jest zbliżona do średniej rocznej temperatury powietrza na tym obszarze (4,5°). Dane te, wraz z danymi o stabilnej temperaturze wód źródłiska Bystrzyca Dusznickiej mieszczącej się w przedziale 5,2–5,8°C wskazują, że źródła, występujące po stronie polskiej są związane z głębszym systemem krążenia wód niż źródła w sąsiadującej zlewni rzeki Bělá. Szacunkowa głębokość krążenia może wynosić od około 9 (Szewczyk, 2005) do 18 metrów (Pazdro, Kozerski, 1990). Są to głębokości stałych temperatur w Polsce, poniżej której wody mają temperaturę zbliżoną do średniej rocznej temperatury powietrza na danym obszarze. Głębokości te wskazują, że system krążenia przewyższa głębokość

pokryw zwietrzelinowych, rumoszu skalnego czy glin deluwialnych osiagających w Sudetach do 1 do 10 metrów (Staśko, 2002).

Temperatura wód źródłanych w zlewni rzeki Bělá, wynosząca średnio 8,6°C, była zbliżona do średniej temperatury powietrza w czerwcu, co wskazuje na stosunkowo płytkie krążenie wód podziemnych w obrębie pokryw zwietrzelinowych.

Na głębsze i dłuższe krążenie wód podziemnych w masywie skalnym zlewni Bystrzyca wskazuje również wyższa o 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$  średnia wartość przewodności oraz wyższa wartość pH. Jednak wartości te mogą być większe ze względu na niewielkie wystąpienia skał węglanowych kartowanych po stronie polskiej. Nawet stosunkowo krótki kontakt wód z tymi skałami może prowadzić do zwiększenia wartości pH i przewodności.

## LITERATURA

- BARTNIK A., 2007 — Zróznicowanie przestrzenne wybranych cech fizykochemicznych wód źródeł zlewni Bystrzyca Dusznickiej. *W: Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne* (red. P. Jokić i in.): 181–191. Wyd. Regina Poloniae, Częstochowa.
- BARTNIK A., WALISCH M., 1997 — Źródła Bystrzyca Dusznickiej. *Acta Univ. Lodz. – Folia Geogr. Phys.*, 2: 61–72.
- BU CZYŃSKI S., MODELSKA M., OLI CHWER T., TARKA R., STAŚKO S., 2011 — Charakterystyka krenologiczna masywów górskich Ziemi Kłodzkiej na podstawie bazy danych „Źródło”. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 445: 17–26.
- BU CZYŃSKI S., RZONCA B., 2011 — Effects of crystalline massif tectonics on groundwater origin and catchment size of a large spring area in Ziemeńca, Sudety Mts., SW Poland. *Hydrogeol. J.*, 19: 1085–1101.
- KRYZA J., 1975 — Ziemeńca - źródła Bystrzyca Dusznickiej. *W: Przewodnik XLVII Zjazdu PTG w Świdnicy* (red. A. Grocholski): 268–273. Wyd. Geol. Warszawa.
- PAWLAK W. (red.), 1997 — Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego. Wyd. UWroc., Wrocław.
- PAZDRO Z., KOZERSKI P., 1990 — Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., Warszawa.
- STAŚKO S., 2002 — Zawodnienie szczelinowych skał krystalicznych w Sudetach. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 404: 249–262.
- SZEW CZYK J., 2005 — Wpływ zmian klimatycznych na temperaturę podpowierzchniową Ziemi. *Prz. Geol.*, 53, 1: 77–86.
- WISZNIEWSKI W., 1953 — Atlas opadów atmosferycznych w Polsce 1891–1930. Wyd. Komunik., Warszawa.

## SUMMARY

The paper presents the results of hydrogeological mapping and research on pH, electrical conductivity and temperature of spring waters in the Ziemeńca area of the Orlickie Mts. The objective was to characterise hydraulic conditions of hard rocks in the upper part of the Bystrzyca Dusznicka River catchment in Poland and the Bělá River catchment in the Czech Republic. Investigations demonstrated that the spring density index in the Bystrzyca Dusznicka and Bělá catchments is 2.2 and 2.6 springs per  $\text{km}^2$ , respectively. Discharge rate values of the springs were estimated between 0.12 L/s–40 L/s (Bystrzyca) and 0.02 L/s–1.94 L/s (Bělá). Most of the springs represent Meinzer's class 6 (0.1–1 L/s). Average groundwater temperature measured in the Bělá River springs is 8.6°C and the values vary within a wide range from 6.0 to 14.2°C. Lower temperatures were observed in Bystrzyca Dusznicka catchment. Lower average values of

pH and PEW were observed in the Bělá River. Ziemeńca spring area water is dominated by  $\text{HCO}_3^-$  (62.5–95.6 mg/L), and  $\text{Ca}^{2+}$  (17.3–26.5 mg/L) ions. It is a fresh water with mineralization not exceeding 157 mg/L (42–156.2 mg/L), pH in range 6.2–8.4 and the stable temperature between 5.2 and 5.8°C. Water temperature of the springs located in the Bystrzyca catchment is lower (5.8°C) than that from the springs in the Bělá catchment (8.6°C). Although the water temperature was measured in one of the warmer months (June), it was close to the average annual air temperature in the area (4.5°C) in the Bystrzyca catchment, while the water temperature of springs in the Bělá catchment was similar to the average air temperature in June. The results indicate that the springs occurring on the Polish side are associated with a deeper water circulation system than the springs in the neighbouring Bělá catchment.

