





Tabela 1

## Wybrane dane fizykochemiczne analizowanych wód

Major physicochemical parameters of the waters

Dane	Ustroń odw. U-3	Poreęba Wielka odw. IG 1	Rabka odw. IG 2	Krynica odw. Zuber III	Wysowa odw. Aleksandra	Wysowa odw. W-15	Lubatówka odw. Lubatówka 12	Iwonicz odw. Elin7	Rymanów odw. RZ-6	Rymanów odw. RZ-7
SSS [g/dm <sup>3</sup> ]	100,3	23,7	24,6	25,6	24,4	5,9	17,5	6,3	3,0	1,5
pH	6,7	8,6	6,5	7,0	6,9	6,4	6,9	7,2	6,9	7,2
temp. [°C]	20	42,1	20,0	8,6	9,4	10,5	23	16,3	14	14
CO <sub>2</sub> [g/dm <sup>3</sup> ]	brak	brak	brak	2,2	1,9	2,6	0,61	0,67	0,25	brak
[mg/dm <sup>-3</sup> ]										
Na <sup>+</sup>	25880	7567	8835	6311	6606	1502	6143	1991	872	375
K <sup>+</sup>	607	627	89,3	337,2	128,8	42	37,7	19,4	15	7,8
Ca <sup>2+</sup>	8230	4,9	72,1	174,1	279,8	112	62,8	41,4	70,5	65,6
Mg <sup>2+</sup>	2282	2,3	41,2	304,4	30,0	28,3	70	12,2	8,7	15
Ba <sup>2+</sup>	1,3	9,9	1,9	0,56	5,6	1,3	21	4,6	3,4	1,7
Si <sup>2+</sup>	367	2,5	40,7	0,81	1,9	0,5	15,5	4,1	2,9	1,6
Fe <sup>2+</sup>	18	1,1	1,8	4,7	20,7	5,7	1,1	0,8	1,9	0,3
Mn <sup>2+</sup>	0,6	0,04	0,08	0,08	0,78	0,4	0,01	0,07	0,07	0,04
F <sup>-</sup>	0,9	1,6	0,8	0,28	0,3	0,3	0,83	0,89	0,6	0,6
Cl <sup>-</sup>	62900	7465	14084	968	3618	709	7456	2028	849	365
Br <sup>-</sup>	320	18,4	37,4	5,2	13,6	3,7	38	9,1	1,8	1,0
I <sup>-</sup>	14,2	4,8	25,8	0,34	3,5	0,7	16,9	2,3	0,5	0,4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,5	46,8	0,5	49,2	3,5	3,0	0,65	0,94	0,1	7,4
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	107	7757	829	17141	12732	3258	3428	2089	1164	604
HBO <sub>2</sub>	34,7	117,1	528,5	11,8	868	203	146,6	94,8	65,5	20,6
H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	1,9	41,8	16,2	36,6	11,7	9,9	16,8	13,3	14	12,7

W Wysowej do badań wytypowano wody udostępnione odwiertem Aleksandra i odwiertem W-15. Odwiert Aleksandra o głębokości 100 m ujmuje szczywy z warstw inoceramowych o mineralizacji 24,7 g/dm<sup>3</sup> typu HCO<sub>3</sub>-Cl-Na+CO<sub>2</sub>+I+Fe. Szczywy z odwiertu Aleksandra uważane są za najbardziej zbliżone do typowych wód diagenetycznych (Duliński i in., 2017). Odwiert W-15 o głębokości 76 m udostępnia szczywę z warstw inoceramowych o mineralizacji 5,9 g/dm<sup>3</sup> typu HCO<sub>3</sub>-Cl-Na+CO<sub>2</sub> (tab. 1).

Wodę z Lubatówki pobrano z odwiertu Lubatówka-12 o głębokości 958 m. Woda ujęta w interwale 625–958 m z I, II i III piaskowca ciężkowickiego to termalna woda kwasowęgłowa o temperaturze 23°C, mineralizacji 17,5 g/dm<sup>3</sup> i o typie Cl-HCO<sub>3</sub>-Na+CO<sub>2</sub>+I (tab. 1).

W Iwoniczu do badań pobrano wodę z odwiertu Elin 7 o głębokości 1030 m. Obecnie wodę ujmuje się z głębokości 85–238 m z II piaskowca ciężkowickiego. Woda o mineralizacji 6,3 g/dm<sup>3</sup> to woda kwasowęgłowa typu Cl-HCO<sub>3</sub>-Na+CO<sub>2</sub>+I (tab. 1).

Do realizowanych badań pobrano również wodę z Rymanowa z odwiertów RZ-6 i RZ-7. Odwiert Rymanów RZ-6 o głębokości 250 m ujmuje wodę kwasowęgłową z I piaskowca ciężkowickiego o mineralizacji 3,0 g/dm<sup>3</sup> typu HCO<sub>3</sub>-Cl-Na+CO<sub>2</sub>. Odwiert RZ-7 o głębokości 178 m ujmuje w I piaskowcu ciężkowickim wodę o mineralizacji 1,5 g/dm<sup>3</sup> typu HCO<sub>3</sub>-Cl-Na (tab. 1).

Analizowane wody z Lubatówki, Iwonicza-Zdroju i Rymanowa-Zdroju współwystępują ze złożami bituminów, a obecny w nich dwutlenek węgla należy wiązać z procesami metanogenezy, czyli bakteryjnej przemiany materii organicznej, której produktami są metan i dwutlenek węgla (Zuber i in., 2007; Rajchel, 2012).

#### METODY OZNACZANIA SKŁADU FIZYKOCHEMICZNEGO WÓD

Próbki wód chlorkowych do badań mikrobiologicznych i chemicznych pobrano jednocześnie w okresie IX–XI 2013 r. W terenie zmierzono parametry nietrwałe wód: temperaturę, pH, przewodnictwo elektrolityczne właściwe (PEW), wykorzystując przenośny miernik firmy WTW 340i/set. Stężenie jonów HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> oznaczano metodą miareczkowania z wykorzystaniem roztworu 10% kwasu solnego i wskaźnika w postaci oranżu metylowego. Zawartość wolnego dwutlenku węgla oznaczano aparatem karat. Do badań składu chemicznego pobierano próbki wód do jednorazowych butelek 100 ml wykonanych z polietylenu. Po pobraniu próbki przewożono ją w lodówce terenowej do laboratorium. Stężenia jonów głównych określano za pomocą spektrometru emisyjnego z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP-OES) Plasm 40 firmy Perkin Elmer. Stężenia mikroelementów oznaczono za pomocą spektrometru masowego z plazmą wzbudzoną



należność taksonomiczną izolatów. W tym celu posłużono się ogólnosiwiatową bazą sekwencji BLAST.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Analizowane wody chlorkowe charakteryzują się mineralizacją od 1,5 do 100,3 g/dm<sup>3</sup>.

Są to głównie wody słone (mineralizacja 5–35 g/dm<sup>3</sup>), dwie należą do słonawych (1–5 g/dm<sup>3</sup>), a jedna reprezentuje solankę (mineralizacja od 35 g/dm<sup>3</sup>). Odczyn wód pH jest zawarty w przedziale od 6,4 do 8,6, a temperatura od 8,6 do 42,1°C. Zawartość CO<sub>2</sub> w szczawach i wodach kwasowęglowych jest zawarta w przedziale 0,25–2,60 g/dm<sup>3</sup> (tab. 1). Zawartość poszczególnych jonów waha się w szerokich granicach i wynosi w mg/dm<sup>3</sup>: Na<sup>+</sup> od 375 do 25 880; Ca<sup>2+</sup> od 4,9 do 8230,0; Mg<sup>2+</sup> od 2,3 do 2282,0; Fe<sup>2+</sup> 0,3 do 20,7; Cl<sup>-</sup> od 365 do 62 900; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> od 0,1 do 49,2; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> od 107 do 17 141 (tab. 1).

Liczebność badanych grup drobnoustrojów była bardzo zróżnicowana w poszczególnych próbkach. Najwyższą ogólną liczbę komórek mikroorganizmów odnotowano w próbce z odwiertu Poręba Wielka IG 1 – 1461,05 × 10<sup>3</sup> ml (tab. 2), a najniższą w próbce z odwiertu Rymanów RZ-7 – 29,44 × 10<sup>3</sup>/ml. W wodzie tej również nie stwierdzono mikroorganizmów chemoautotroficznych, a liczebność bakterii heterotroficznych była stosunkowo niska. W związku z tym skażenie materią glebową jest mało prawdopodobne. Ponadto tezę tę potwierdzają dominujące taksony bakterii. Są to bakterie typowo wodne, zdolne do wzrostu przy znikomych

stężeniach związków odżywczych (*Pseudomonas* sp., *Pseudomonas fluorescens*). Natomiast obecność w tej wodzie *Planomicrobium flavidum* może być pewnym zaskoczeniem. Wynika to z tego, że woda ta jest mało zmineralizowana, natomiast bakteria ta preferuje środowiska umiarkowanie zasolone (Jung i in., 2009).

Niewątpliwie do najciekawszych wód, z mikrobiologicznego punktu widzenia, należą wody z tych ujęć, w których stwierdzono najwięcej mikroorganizmów chemoautotroficznych lub takich, które wykazywały wzrost na podłożu minimalnym. Są to wody z Krynicy odw. Zuber III, Poręby Wielkiej odw. IG 1, Wysowej odw. Aleksandra, Iwonicza odw. Elin 7 i ewentualnie Lubatówki odw. Lubatówka 12.

W wodzie z odw. Zuber III w Krynicy sytuacja jest najciekawsza, gdyż na pożywkach dla mikroorganizmów chemoautotroficznych uzyskano ogółem więcej mikroorganizmów niż na pożywkach dla heterotrofów. Wynik taki jednoznacznie wskazuje, że mamy do czynienia ze zbiorowiskiem mikroorganizmów pochodzących z dość głębokiego odwiertu, nieskażonego zanieczyszczeniami glebowymi. Dominującymi taksonami, które wyhodowano z wody tego ujęcia były *Rhodococcus* sp., *Bogoriella caseinolytic*, *Nesterenkonia* sp., *Planococcus* sp. Wyizolowana tu *Bogoriella caseinolytic* to promieniowiec, po raz pierwszy opisany w alkalicznych jeziorach sodowych Afryki. Należy do mikroorganizmów halofilnych, preferujących dość mocno alkaliczne środowiska (Groth i in., 1997).

W wodzie z odwiertu Poręba IG 1 ogólna liczba mikroorganizmów jest dość znaczna (1461,05 × 10<sup>3</sup>). Jednak przy tak wysokiej ogólnej liczbie mikroorganizmów, liczebność

Tabela 2

Wyniki analiz mikrobiologicznych badanych wód  
Results of microbiological analyses of the waters

Ujęcie	OLM [komórki × 10 <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ]	Liczebność mikroorganizmów heterotroficznych [jtk/cm <sup>3</sup> ]		Liczebność mikroorganizmów chemoautotroficznych [jtk/cm <sup>3</sup> ]		Dominujące szczepy bakterii. Identyfikacja na podstawie sekwencji genów 16S rRNA
		tlenowe	beztlenowe	tlenowe	beztlenowe	
Poręba Wielka IG 1	1461,05	2000	1000	100	500	<i>Halomonas</i> sp.; <i>Belliella baltica</i> ; <i>Halomonas nitritophilus</i> ; <i>Aquiflexum</i> sp.; <i>Bacillus simplex</i>
Wysowa Aleksandra	408,45	63	78	15	29	<i>Belliella</i> sp.; <i>Halomonas</i> sp.; <i>Aquiflexum</i> sp.
Wysowa W-15	113,64	7	50	10	0	<i>Micrococcus luteus</i> ; <i>Rhodococcus</i> sp.; <i>Psychrobacillus psychrodurans</i> ; <i>Kocura polustris</i> ;
Lubatówka Lubatówka 12	493,08	500	200	0	100	<i>Microcella alkaliphila</i> ; <i>Halomonas</i> sp.; <i>Pseudomonas stutzeri</i>
Iwonicz Elin 7	526,20	140	140	50	45	<i>Pseudomonas mandelli</i> ; <i>Hydrogenophaga taeniospiralis</i>
Rymanów RZ-6	117,75	4,5	2,5	0	0	<i>Rhizobium</i> sp. – bardzo liczne; <i>Micrococcus luteus</i> ;
Rymanów RZ-7	29,44	135	170	0	0	<i>Pseudomonas</i> sp.; <i>Planomicrobium flavidum</i> ; <i>Pseudomonas fluorescens</i>
Krynica Zuber III	324,68	500	2000	1000	750	<i>Rhodococcus</i> sp.; <i>Bogoriella caseinolytic</i> ; <i>Nesterenkonia</i> sp.; <i>Planococcus</i> sp.
Ustroń U-3	383,12	0	0	0	0	brak izolatów
Rabka IG 2	74,68	0	0	0	0	brak izolatów



## LITERATURA

- ADHIKARI R.R., KALLMEYER J., 2010 – Detection and quantification of microbial activity in the subsurface. *Chemie der Erde*, **70** (Supplement 3): 135–143.
- CHRZAŚTOWSKI J., 1965 – Ekshalacje metanu w Rabce Zdroju na tle budowy geologicznej. *Zesz. Nauk. AGH., Geologia*, **6**: 75–100.
- DULIŃSKI M., DEMBSKA-SIĘKA P., RAJCHEL L., GORCZYCA Z., 2017 – Zmienność parametrów chemicznych i izotopowych wody z odwiertu Franciszek w Wysowej Zdroju. *Prz. Geol.*, **65**, 11/1: 951–955.
- GROTH I., SCHUMANN P., RAINEV F.A., MARTIN K., SCHUE-TZE B., AUGSTEN K., 1997 – Bogoriella caseilytica gen. nov., sp. nov., a new alkaliphilic actinomycete from a soda lake in Africa. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, **47**: 788–794.
- JANG S.H., KIM J., KIM J., HONG S.L., LEE C., 2012 – Genome sequence of cold-adapted *Pseudomonas mandelii* strain JR-1. *J. Bacteriol.*, **12**: 3263.
- JUNG Y.T., KANG S.J., OH T.K., YOON J.H., KIM B.H., 2009 – *Planomicrobium flavidum* sp. nov., isolated from a marine solar saltern, and transfer of *Planococcus stackebrandtii* Mayilraj et al. 2005 to the genus *Planomicrobium* as *Planomicrobium stackebrandtii* comb. nov. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, **59**: 2929–2933.
- KALWASIŃSKA A., DEJA-SIKORA E., BURKOWSKA-BUT A., SZABO A., FELFÖLDI T., KOSOBUECKI P., KRAWIEC A., WALCZAK M., 2018 – Changes in bacterial and archaeal communities during the concentration of brine at the graduation towers in Ciechocinek spa (Poland). *Extremophiles*, **22**: 233–246.
- KRAWIEC A., DEJA-SIKORA E., KARWASIŃSKA A., 2018 – Bakterie uczestniczące w przemianach związków siarki w wodach leczniczych rejonu Buska-Zdroju. *Acta Balneol.*, **60**, 4: 245–252.
- LEBKOWSKA M., KARWOWSKA E., 2010 – Mikroorganizmy występujące w wodach siarczkowych. *Balneologia Polska*, **52**: 60–63.
- ONSTOTT T.C., PHELPS T.J., KIEFT T., COLWELL F.S., BALKWILL D.L., FREDRICKSON J.K., BROCKMAN F.J., 1998 – A global perspective on the microbial abundance and activity in the deep subsurface. *W: Enigmatic Microorganisms and Life in Extreme Environments* (red. J. Seckbach): 489–499. Kluwer Publisher.
- RAJCHEL L., 2009 – Występowanie i wykorzystanie wód chlorkowych Rabki-Zdroju. *Geol. AGH*, **35**, 2/1: 271–278.
- RAJCHEL L., 2012 – Szczawy i wody kwasowęglowe Karpat polskich. Wydaw. AGH, Kraków.
- RAJCHEL L., CZOP M., 2012 – Hydrogeochemical modeling of chloride mineral water from Rabka spa (Carpathian Mountains, Poland). *Geol. Quart.*, **56**, 4: 681–690.
- RAJCHEL L., RAJCHEL J., WOŁOWSKI K., 2002 – Microorganisms in selected sulphuric springs of the Polish Carpathians. *Geol. Quart.*, **46** (2): 189–198.
- RAJCHEL L., ŚLIWA T., WALIGÓRA J., 2007 – Uwagi o wodach leczniczych Ustronia. *W: „Współczesne Problemy Hydrogeologii i Ochrony Środowiska AGH, Kraków*, **13**, 3: 969–976.
- SAND W., 2003 – Microbial life in geothermal waters. *Geothermics*, **32**: 655–667.
- ŚWIDZIŃSKI H., 1972 – Geologia i wody mineralne Krynicy. PAN, Oddział w Krakowie. *Pr. Geol.*, **70**: 1–105.
- TIARO I., MORAIS P.V., COSTA M.S., VERISSIMO A., 2006 – *Microcella alkaliphila* sp. nov., a novel member of the family Microbacteriaceae isolated from a non-saline alkaline groundwater, and emended description of the genus *Microcella*. *Int. J. Syst. Vol. Microbiol.*, **10**: 2313–2316.
- WALCZAK M., DEJA-SIKORA E., KALWASIŃSKA A., POLATOWSKI M., KRAWIEC A., 2017 – Distribution of bacteria in the mineral waters of the Polish Lowlands. *Geol. Quart.*, **1**: 177–185.
- WHITMAN W.B., COLEMAN D.C., WIEBE W.J., 1998 – Prokaryotes: The unseen majority. *Proc. National Acad. Sci. USA*, **95**: 6578–6583.
- WILLEMS A., BUSSE J., GOOR M., POT B., FALSEN E., JANTZEN E., HOSTE B., GILS M., KERSTERS K., AULING G., DELEY J., 1989 – *Hydrogenophaga*, a new genus of Hydrogen-Oxidizing bacteria that includes *Hydrogenophaga flava* comb. nov. (formerly *Pseudomonas flava*), *Hydrogenophaga palleronii* (formerly *Pseudomonas palleronii*), *Hydrogenophaga pseudoflava* (formerly *Pseudomonas pseudoflava* and “*Pseudomonas carboxydoflava*”), and *Hydrogenophaga taeniospiralis* (formerly *Pseudomonas taeniospiralis*). *Int. J. System. Bacteriol.*, **7**: 319–333.
- ZUBER A., RÓŻAŃSKI K., CIĘŻKOWSKI W., 2007 – Metody znacznikowe w hydrogeologii. Poradnik metodyczny. Oficyna Wydaw. PWroc., Wrocław.

## SUMMARY

Physical, chemical and microbiological tests of chloride waters from the Carpathian area have shown their high chemical and microbiological diversity. Mineralization of the examined waters ranged from 5 to 35 g/dm<sup>3</sup>. The reaction of these waters was similar, while the temperature varied significantly from 8.6 to over 42.0°C. The results of microbiological tests showed that microorganisms were present in all examined waters. However, the number of examined micro-

organism groups was low. The greatest number of microorganisms was found in the Poręba Wielka IG 1 intake, while the lowest one in the Rabka IG 2 intake. The identification of isolates showed that most of the shots contained microorganisms adapted to the conditions prevailing there, e.g. the presence of halophilic bacteria in saline waters. Surprisingly, the waters also contain microorganisms, e.g. *Rhizobium* genus – typical for the soil environment.

