

## Jakość wód podziemnych w obszarze projektowanego ujęcia w Wojkowicach (trias, GZWP Bytom)

Jacek Rózkowski<sup>1</sup>, Krzysztof Józwiak<sup>2</sup>, Sylwester Sadowski<sup>3</sup>, Sławomir Wesolowski<sup>4</sup>

Water quality of the Triassic aquifer in the area of groundwater flow to the designed well in Wojkowice (MGB Bytom). *Prz. Geol.*, 65: 1377–1382.

*Abstract.* The paper discusses the quality of water of the Triassic aquifer in an anthropogenically changed area of water inflow to the designed groundwater intake W-1 in Wojkowice. The results are based on chemical determinations and hydrochemical modelling, and document the useful character of the water. The water is of quality classes II–IV and shows increased contents of  $SO_4$ ,  $NO_3$ , Mg and high values of total hardness. Bacteriological pollution was found in springs.

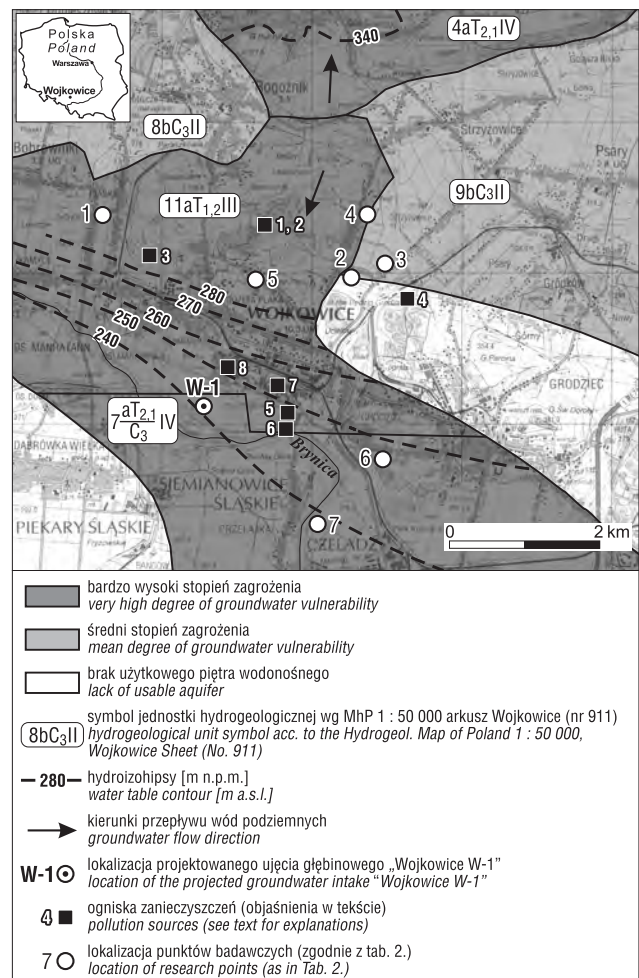
**Keywords:** groundwater quality, hydrochemical modelling, MGB Bytom, Wojkowice

Celem badań była ocena jakości wód kompleksu wodonośnego triasu w przekształconym antropogenicznie obszarze spływu wód podziemnych do projektowanego ujęcia w Wojkowicach k. Bytomia pod kątem jego przydatności do zaopatrzenia ludności w wodę pitną (Rózkowski, Sadowski, 2016). Oceny dokonano w świetle wyników badań chemizmu wód przeprowadzonych w 2016 r. oraz prac archiwalnych. Odniesiono się także do wyników modelowania hydrogeochemicznego w rejonie badań i w umiarkowanym przeobrażonym antropogenicznie obszarze porównawczym – w zlewniach Bobrka i Jaworznika.

### CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Projektowane ujęcie wód podziemnych w Wojkowicach zlokalizowano w granicach głównego zbiornika wód podziemnych Bytom (329) (Wagner i in., 1997), na obszarze leżącym na S od zwartej zabudowy Wojkowic oraz Kopalni Węgla Kamiennego „Jowisz” i zlikwidowanej cementowni. Projekt robót geologicznych na wykonanie otworu badawczo-hydrogeologicznego W-1 w Wojkowicach w celu poboru wody podziemnej z utworów węglanowych triasu na potrzeby zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia powstał w 2012 r., na zamówienie gminy Wojkowice (Kropka, 2012).

W okolicy ujęcia odsłaniają się wychodnie wapienia muszlowego i retu, przy czym poziom wodonośny wapienia muszlowego jest intensywnie drenowany wyrobiskami zlikwidowanej kopalni rud Zn i Pb, położonymi na S i SE od koryta rzeki Brynicy. Obszary spływu i zasobowy projektowanego ujęcia (ryc. 1) znajdują się w strefie bardzo wysokiego stopnia zagrożenia (Kropka, 2012; Wagner i in., 1997). W rejonie bytomskim, w spągowej części profilu ret jest wykształcony jako utwory marglisto-dolomityczne, a w części stropowej jako wapienie jamniste. Wapień muszlowy dolny jest wykształcony jako wapienie gogolińskie i dolomity kruszczońskie, środkowy jako dolomity diploporowe, a górny jako dolomity margliste lub wapienie płytkowate warstw tarnowickich (Baranowski, 1980).



**Ryc. 1.** Lokalizacja punktów badawczych i ognisk zanieczyszczeń na tle Mapy Hydrogeologicznej Polski 1 : 50 000, arkusz Wojkowice

**Fig. 1.** Location of research points and groundwater pollution sources according to the Hydrogeological Map of Poland (1 : 50 000), Wojkowice Sheet

<sup>1</sup> Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; jacek.rozkowski@us.edu.pl.

<sup>2</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; krzysztof.jozwiak@pgi.gov.pl.

<sup>3</sup> Biuro Projektowo-Konsultingowe INVESTGEO, Sosnowiecki Park Naukowo-Techniczny, ul. Wojska Polskiego 8, 41-208 Sosnowiec; sylwester.sadowski@investgeo.pl.

<sup>4</sup> Zakład Gospodarki Komunalnej, ul. Długosza 27, 42-580 Wojkowice; s.wesolowski@wojkowice.pl.

W obszarze spływu wód do projektowanego ujęcia W-1 w gminie Wojkowice znajduje się aż 8 małopowierzchniowych ognisk zanieczyszczeń (ryc. 1):

- 1) składowisko odpadów komunalnych „Recykling Wojkowice”, o pow. 1,4 ha, założone w wyrobisku poeksploatacyjnym skał węglanowych, eksploatowane w latach 1997–2015 przez 4 gminy: Wojkowice, Bobrowniki, Psary i Ożarówce;
- 2) wyrobisko odkrywkowe „Gawczyce”, od 1982 r. składowisko odpadów komunalnych, zlikwidowane przez zasypanie i pokrycie terenu darnią;
- 3) składowisko skały płonnej w wyrobisku powapiennym cementowni „Saturn” (d. kopalni wapienia „Żychcice”), o pow. 50 ha; N część wyrobiska na terenie gminy Wojkowice, o pow. 17 ha, jest wypełniona skałą płonną z KWK „Jowisz”;
- 4) zwałowisko nr 1 KWK „Jowisz” – nadpoziomowe, o pow. 5,9 ha, wysokości do 20 m; na zwałowisku odpady paleniskowe (popioły i żużle);
- 5) zwałowisko nr 2 KWK „Jowisz”, o pow. 6,8 ha; w latach 60.–80. XX w. deponowano na nim skałę płonną, materiał częściowo przepalony w wyniku procesów termicznych;
- 6) zrehabilitowane zwałowisko podziemne KWK „Grodziec”, o pow. 25 ha, głębokości 20 m, czynne w latach 60.–80. XX w.;
- 7) Tereny poprzemysłowe KWK „Jowisz” o pow. 11,8 ha;
- 8) Tereny poprzemysłowe Cementowni „Saturn”.

### METODYKA BADAŃ

W obszarze spływu wód podziemnych do projektowanego ujęcia W-1 wykonano kartowanie hydrogeologiczne, hydrologiczne i sozologiczne na obszarze ok. 8 km<sup>2</sup> oraz wytypowano do badań hydrochemicznych 2 studnie głębinowe, scharakteryzowane w opracowaniu Płatek (2000), i 4 źródła (ryc. 1), drenujące głównie poziom wodonośny retu („Stara 107”, „Długosza 36”, „Brzeziny” i „U Wnuka”). Wytypowano także 1 studnię kopaną, która ujmuje płytszy, czwartorzędowy poziom wodonośny. Do oceny jakości wód wykorzystano dane archiwalne z lat 1984–2015, dotyczące ujęć głębinowych „Rozkówka R-1” i „Przełajka” (Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Ka-

nalizacji w Będzinie, 1984–2015; Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach, 2007–2015), a także wyniki badań fizykochemicznych i mikrobiologicznych wód wymienionych dwóch studni głębinowych oraz trzech źródeł badanych w czerwcu 2016 r. i źródła Długosza, aktywnego i badanego dopiero od listopada 2016 r. W ramach badań terenowych dokonano pomiaru temperatury i pH wód, zawartości tlenu rozpuszczonego oraz PEW. Badania laboratoryjne przeprowadzono w Laboratorium Środowiskowym SGS Polska Sp. z o.o. w Pszczynie.

### WYNIKI BADAŃ SKŁADU CHEMICZNEGO WÓD

Badane wody, podobnie jak populacja wód serii węglanowej triasu zbiornika Bytom, charakteryzują się odmiennymi parametrami hydrochemicznymi niż wody pozostałych triasowych zbiorników monokliny śląsko-krakowskiej. Wody poziomu wodonośnego retu są istotnie przeobrażone. Cechują się podwyższoną mineralizacją, wielojonowymi typami, wysokimi stężeniami jonów SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, Cl, Na, Mg i tw. ogólnej, zwłaszcza ujęcia głębinowe (Różkowski i in., 1997).

Wody studni nr 3 ujęcia „Przełajka”, typu wielojonowego HCO<sub>3</sub>-Cl-SO<sub>4</sub>-Ca-Mg-Na, HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Cl-Ca-Mg-Na, HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Cl-Ca-Mg, miały w latach 2007–2016 podwyższoną mineralizację (PEW – 709–1446 μS/cm). Ze względu na stężenia NO<sub>3</sub> należały one głównie do III klasy jakości wód. Przeważnie w III klasie jakości występowały także stężenia Ca i Mg, a okresowo Zn, PO<sub>4</sub>, Cl, HCO<sub>3</sub>, w klasie IV były sporadycznie stężenia SO<sub>4</sub>. Okresowe przekroczenia dopuszczalnych koncentracji związków w wodach pitnych dotyczyły SO<sub>4</sub>, Mg i tw. ogólnej.

Także wody studni R-1 ujęcia „Rozkówka R-1” charakteryzowały się podwyższoną mineralizacją (PEW od 903 do 1307 μS/cm), miały typ HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Ca-Mg, klasę jakości głównie IV (wysokie stężenia w wodzie NO<sub>3</sub> oraz SO<sub>4</sub>). W III klasie jakości występowały przeważnie stężenia Ca, Mg, HCO<sub>3</sub>, ponadto PO<sub>4</sub> i Zn. Stężenia NO<sub>3</sub> w wodzie dynamicznie wzrosły w XXI w., przekraczając wartości dopuszczalne. Okresowo obserwowano także przekroczenia stężeń SO<sub>4</sub>, Mg i tw. ogólnej (tab. 1–2).

**Tab. 1.** Parametry wód podziemnych eksploatowanych studnią „Rozkówka R-1” w latach 1984–2015 (wg MPWiK w Będzinie, 1984–2015)

**Table 1.** Variability of concentrations of investigated parameters in groundwater from the “Rozkówka R-1” well in the period of 1984–2015 (acc. to MPWiK in Będzin, 1984–2015)

Lata Years	pH	Sucha pozostałość Dry residue [mg/dm <sup>3</sup> ]	PEW EC [μS/cm]	Twardość ogólna Total hardness [mg CaCO <sub>3</sub> /dm <sup>3</sup> ]	NH <sub>4</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]	NO <sub>3</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]
1984–1989	7,0	818–911	–	532–641	0–0,02	0–0,015	5–8
1990–1999	7,0–7,97	584–1035	1138–1271	356–661	0–0,06	0–0,003	2–11
2000–2001	7,2–7,88	912–1058	1351	594–618	0–0,05	0–0,002	2–48
2012–2015	6,63–7,6	–	1246–1291	503–683	0–0,37	0–0,022	12–59
Lata Years	Cl [mg/dm <sup>3</sup> ]	PO <sub>4</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]	Mg [mg/dm <sup>3</sup> ]	Mn [μg/dm <sup>3</sup> ]	SO <sub>4</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ]	Ca [mg/dm <sup>3</sup> ]	Fe [μg/dm <sup>3</sup> ]
1984–1989	56–86	0–0,03	55–69	0	197–256	123–141	0
1990–1999	38–121	0–0,06	41–75	0–30	93–298	85–157	1–1140
2000–2001	73–161	0,01–0,02	62–72	0	159–267	136	10–30
2012–2015	–	–	–	<10–47	48–264	–	<10–160





**Tab. 3.** Udział procentowy wybranych specjacji w wodach podziemnych  
**Table 3.** Percentage of selected species in the groundwater

Specjacja Speciation	Wody przekształcone antropogenicznie Anthropogenically altered water							Wody quasi-naturalne Quasi-natural water						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
C	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	94,05	73,98	54,14	89	89,01	80,75	87,51	86,74	90,68	91,07	92,51	87,2	89,86
	CaHCO <sub>3</sub> <sup>+</sup>	1,45	1,47	0,9	1,26	1,56	1,49	1,12	1,47	1,11	0,89	1,33	1,27	1,15
	CaCO <sub>3</sub>	1,28												
	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1,15	23,41	44,29		8,89	16,03		10,73	7,03	6,87	5,11	10,72	7,82
	CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup>	0,91			8,62			10,09						
	MgHCO <sub>3</sub> <sup>+</sup>	0,78	0,94	0,61	0,8		1,47	0,9	0,8	0,8	0,83	0,51	0,58	0,85
S	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	79,38	75,4	77,11	79,65	81,14	74,29	84,11	78,15	81,07	82,64	81,4	80,54	80,72
	CaSO <sub>4</sub>	14,1	16,22	15,04	13,07	16,65	14,46	9,23	15,68	12,6	10,89	14,6	14,67	12,88
	MgSO <sub>4</sub>	6,45	7,86	7,66	7,17	1,74	10,89	6,06	6,08	6,13	6,44	3,93	4,71	6,33
	NaSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>							0,59						
P	HPO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	48,09	28,71	16,64	43,86	47,05	33,32	48,23	41,72	48,58	50,17	52,01	43,85	47,27
	CaHPO <sub>4</sub>	20,91	14,74	7,71	17,71	23,34	15,49	12,89	19,68	17,51	15,13	21,81	18,72	17,47
	MgHPO <sub>4</sub>	13,52	10,57	5,85	13,6	3,52	17,23	12,13	11,58	13,24	14,23	8,99	9,15	13,38
	CaPO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	8,69			0,93	1,19		0,57	0,81	1,16	1,03	2,02	0,78	1,03
	MgPO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	5,6			0,71			0,54		0,87	0,97	0,83		0,79
	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	3,02	42,59	65,88	22,04	23,65	30,69	24,3	24,37	17,83	17,78	13,75	25,97	19,19
	CaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>+</sup>		1,72	2,22	0,62	0,83	1,15	0,63	0,85					0,51
	MgH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>+</sup>		1,16	1,59			1,2	0,56					0,78	
Ca	Ca <sup>+2</sup>	90,18	90,5	92,92	92,26	93,91	88,17	73,69	91,59	92,69	92,69	92,71	93,01	93,38
	CaSO <sub>4</sub>	4,09	6,38	5,28	4,84	3,47	8,83	19,37	5,48	4,38	4,76	4,3	4,44	4,06
	CaHCO <sub>3</sub> <sup>+</sup>	3,01	3	1,76	2,56	2,3	2,83	5,33	2,67	2,51	2,17	2,46	2,31	2,23
	CaCO <sub>3</sub>	2,65			0,29			1,57				0,51		
Mg	Mg <sup>+2</sup>	90,92	90,34	92,98	92,21	93,76	88,21	71,69	91,58	92,63	92,79	92,72	92,97	93,39
	MgSO <sub>4</sub>	3,98	5,9	4,84	4,7	3,27	8,18	5	4,92	3,84	4,07	3,82	3,97	3,55
	MgHCO <sub>3</sub> <sup>+</sup>	3,44	3,64	2,16	2,87	2,69	3,45	22,39	3,37	3,28	2,94	3,15	2,92	2,93
	MgCO <sub>3</sub>	1,53						0,88						

Objaśnienia do tabel 3, 4 i 5: 1–13 punkty poboru wód do badań; zlewnia Brynicy: 1) źródło Stara 107, 2) źródło Długosza 36, 3) źródło Brzeziny, 4) źródło U Wnuka, 5) studnia kopana ul. Głowackiego 95, 6) studnia Rozkówka R-1, 7) studnia Przelajka 3, 10) źródło Na Kamionce w Będzinie; zlewnia Bobrka: 8) źródło Strzemieszyce-Stawy, 9) źródło Dąbrowa Górnicza-Zakawa; zlewnia Jaworzniaka: 11) źródło w Górze Siewierskiej, 12) źródło Rogoźnik pod Buczynową Górą, 13) źródło w Twardowicach

Comments to Tables 3, 4 and 5: 1–13 water sampling sites; Brynica River drainage area: 1) spring Stara 107, 2) spring of Dlugosz 36, 3) spring Brzeziny, 4) spring U Wnuka, 5) dug well Głowackiego street 95, 6) well Rozkówka R-1, 7) well Przelajka 3, 10) spring Na Kamionce in Będzin; Bobrek River drainage area: 8) spring Strzemieszyce-Stawy, 9) spring Dąbrowa Górnicza-Zakawa; Jaworzniak River drainage area: 11) spring Góra Siewierska, 12) spring Rogoźnik at Buczynowa Góra, 13) spring in Twardowice

W obydwu typach wód podziemnych głównymi postaciami fosforu są HPO<sub>4</sub><sup>-2</sup> (średnia zawartość odpowiednio 37,99% i 47,27%) oraz H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> (średnie stężenie wynosi 30,31% i 21,70% całkowitej zawartości P) (tab. 3). Nie obserwuje się istotnego zróżnicowania w rozkładzie pozostałych form specjacyjnych (CaHPO<sub>4</sub>, MgHPO<sub>4</sub>, CaPO<sub>4</sub><sup>-</sup>, MgPO<sub>4</sub><sup>-</sup>, CaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>+</sup>, MgH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>+</sup>). Średnia zawartość CaHPO<sub>4</sub> wynosi w środowisku przekształconym antropogenicznie 16,11%, a w środowisku niemal naturalnym 18,38%, natomiast MgHPO<sub>4</sub> – 10,92% i 11,76%. W wodach zbliżonych do naturalnych średnie stężenie HPO<sub>4</sub><sup>-2</sup> wyniosło 0,06 mg/dm<sup>3</sup>, a w rejonie Wojkowic 0,20 mg/dm<sup>3</sup>. Przy braku minerałów fosforowych i tylko ewentualnych podstawieniach fosforu w składzie minerałów, głównym źródłem fosforu w obydwu podgrupach w badanym środowisku jest proces mineralizacji substancji organicznej oraz zanieczyszczenia antropogeniczne.

Główną specjacją wapnia w opisywanych typach wód jest Ca<sup>+2</sup>, którego średnia zawartość w rejonie Wojkowic wynosi 88,80%, a w obszarach porównawczych 92,68% całkowitej zawartości Ca w wodach podziemnych (tab. 3). Udział formy CaSO<sub>4</sub> w warunkach silniejszej antropopresji jest natomiast zdecydowanie wyższy (odpowiednio 7,47% i 4,57%). Forma CaHCO<sub>3</sub><sup>+</sup> występuje w podobnych ilościach (średnio 2,97 i 2,39%; tab. 3). W wodach przekształconych antropogenicznie i quasi-naturalnych średnie stężenie Ca wynosiło 126,6 i 111,1 mg/dm<sup>3</sup>. Analizując rozkład specjacji w obydwu podgrupach można stwierdzić, że źródłem występowania Ca w wodach podziemnych jest rozpuszczanie węglanowej matrycy skalnej, podrzędnie rozpuszczanie się w wodach atmosferycznego i glebowego CO<sub>2</sub>.

Główną specjacją magnezu w badanych typach wód jest Mg<sup>+2</sup>, którego średnia zawartość wynosi odpowiednio 88,59% i 92,68% całkowitej zawartości Mg w wodach

**Tab. 4.** Zakres zmienności wskaźników nasycenia (SI) wód względem wybranych faz mineralnych  
**Table 4.** Variability of the Saturation Index (SI) of selected mineral phases

Faza Phases	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	5% log <i>k</i>
Albit / <i>Albite</i> NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	-3,05	-2,02	-2,85	-2,84	-2,28	-2,11	-1,87	-	-	-	-	-	-	0,9001
Kalcyt / <i>Calcite</i> CaCO <sub>3</sub>	<b>1,12</b>	-0,13	-0,87	0,09	0,14	0,03	<b>1,03</b>	0,17	0,21	0,08	0,41	0,03	0,14	0,424
Dwutlenek węgla / <i>Carbon dioxide</i> CO <sub>2</sub>	-2,89	-1,45	-1,31	-2,08	-2,12	-1,65	-0,9	-1,94	-2,2	-2,29	-2,35	-2,04	-2,2	0,0734
Dolomit / <i>Dolomite</i> CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	<b>1,87</b>	-0,62	-2,09	-0,1	-0,73	-0,11	<b>1,85</b>	-0,14	0,04	-0,15	0,18	-0,50	-0,12	0,827
Gips / <i>Gypsum</i> CaSO <sub>4</sub> × 2H <sub>2</sub> O	-1,64	-1,24	-1,44	-1,62	-1,65	-1,12	-1,37	-1,39	-1,63	-1,68	-1,58	-1,57	-1,63	0,229
Illit / <i>Illite</i> K <sub>0,6</sub> Mg <sub>0,25</sub> Al <sub>2,3</sub> Si <sub>3,5</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	-0,61	1,79	1,09	0,74	<b>2,74</b>	1,94	1,24	-	-	-	-	-	-	2,0135
Kaolinit / <i>Kaolinite</i> Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	<b>1,69</b>	<b>4,58</b>	<b>4,51</b>	<b>3,41</b>	<b>4,54</b>	<b>4,31</b>	<b>3,72</b>	-	-	-	-	-	-	0,3718
Kwarc / <i>Quartz</i> SiO <sub>2</sub>	<b>0,38</b>	<b>0,43</b>	<b>0,43</b>	<b>0,38</b>	<b>0,41</b>	<b>0,43</b>	<b>0,41</b>	<b>0,20</b>	0,03	0,16	0,13	0,17	0,14	0,199
Krzemionka amorf. / <i>Amorphous silica</i> SiO <sub>2</sub>	-0,97	-0,94	-0,94	-0,97	-0,95	-0,94	-0,95	-1,18	-1,36	-1,23	-1,25	-1,21	-1,25	0,1509

Objaśnienia: kursywa – warunki stanu równowagi; pogrubienie – warunki przesylenia  
 Explanations: *italics* – steady-state conditions; **bold** – supersaturation conditions

**Tab. 5.** Wyniki badań temperatury i odczynu wód podziemnych  
**Table 5.** Results of field tests of temperature and water reaction in the groundwater

Punkty Point	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Temperatura Temperature [°C]	13	10,5	10,1	13,5	11,8	10,5	12,2	9	7,8	6,5	8,5	8,8	7,6
pH	8,3	6,9	6,5	7,4	7,4	7,1	7,3	7,33	7,55	7,58	7,69	7,34	7,5

podziemnych (tab. 3). Formy MgSO<sub>4</sub> i MgHCO<sub>3</sub><sup>+</sup> występują w obydwu poligonach badawczych w podobnych ilościach. W wodach quasi-naturalnych i przekształconych antropogenicznie średnie stężenie Mg wynosiło: 29,9 i 42,2 mg/dm<sup>3</sup>. Źródłem występowania Mg w wodach podziemnych jest głównie rozpuszczanie węglanowego szkieletu skalnego oraz wymiana jonowa.

W matrycy skalnej dominują minerały węglanowe związane z wapieniami i dolomitami, podrzędnie marglami (Baranowski, 1980). W rejonie Wojkowic w wodach źródła Stara Wieś i w studni „Przełajka 3” występują warunki sprzyjające wytrącaniu kalcytu, a także dolomitu; w wodach źródła Długosza – sprzyjające rozpuszczaniu kalcytu; w pozostałych punktach – charakterystyczne dla stanu równowagi w odniesieniu do kalcytu. W wodach quasi-naturalnych występują warunki stanu równowagi kalcytu i dolomitu. W obszarze przekształconym antropogenicznie kierunek zachodzenia procesów geochemicznych kształtuje antropopresja. W obszarach niemal naturalnych procesy rozpuszczania lub wytrącania minerałów węglanowych stanowią jeden z możliwych procesów kształtujących typ hydrochemiczny wód podziemnych.

W pracy przyjęto standardowe pojęcie granic wskaźnika nasycenia. Granice stanu równowagi (SI = 0) wynoszą ±5% log *k* danej reakcji. Wartości dodatnie, większe od wartości +5% log *k*, świadczą o możliwości wytrącania

(ewentualnie neutralnym zachowaniu minerału względem wód podziemnych). Wartości ujemne, mniejsze od -5% log *k*, świadczą o warunkach, w których może zachodzić rozpuszczanie minerału.

## PODSUMOWANIE

W przekształconym antropogenicznie obszarze projektowanego ujęcia W-1 w Wojkowicach wody kompleksu wodonośnego triasu charakteryzuje podwyższona mineralizacja (PEW – 480–1446 μS/cm). Są to wody twarde i bardzo twarde, typu HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Ca-Mg lub HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Cl-Ca-Mg-Na, kwalifikowane do klas jakości od II do IV. Stałe lub okresowe przekroczenia wartości dopuszczalnych dla wód pitnych odnoszą się do SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, Mg i twardości ogólnej. Jakość wód ze studni głębinowych nie wskazuje na zagrożenie bakteriologiczne. W celu uzyskania wody spełniającej standardy jakości wód pitnych, wody z ujęcia głębinowego W-1 należy mieszać z wodą dostarczaną z innego źródła o dobrych parametrach jakościowych.

Wyniki modelowania hydrogeochemicznego potwierdziły znaczące przeobrażenie antropogeniczne wód podziemnych w rejonie Wojkowic (zwłaszcza w punktach nr 2, 3, 6 i 7).

W rozkładzie specjacji stwierdzono zróżnicowanie ilościowe specjacji (C) i udziału specjacji w obszarach przekształconych antropogenicznie i quasi-naturalnych (także inne pierwiastki). Dobrym przykładem może być węgiel (w obszarach przekształconych antropogenicznie – 6 specjacji:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CaHCO}_3^+$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{MgHCO}_3^+$ , a w quasi-naturalnych 4 specjacje:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CaHCO}_3^+$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{MgHCO}_3^+$ ). Udział, np. formy  $\text{HCO}_3^-$ , mieścił się odpowiednio w granicach: 54,1–94,0% i 86,7–92,5% całkowitej zawartości C rozpuszczonego w wodzie.

Zaobserwowano również silne zróżnicowanie występowania form  $\text{HPO}_4^{2-}$ , odpowiednio 16,6–48,2% i 41,7–52,0%,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , odpowiednio 3,0–65,9% i 13,8–26,0% czy  $\text{Mg}^{+2}$ , odpowiednio 71,7–93,8% i 91,6–93,4%. Obliczone dla obszarów quasi-naturalnych wartości wskaźnika SI charakteryzują się występowaniem warunków stanu równowagi głównych minerałów matrycy skalnej – kalcytu i dolomitu (np. kalcyt SIC 0,03–0,21). Obszary o przeobrażonym antropogenicznie chemizmie wód charakteryzują się natomiast szerokim spektrum warunków – od sprzyjających rozpuszczaniu po umożliwiające wytrącanie się minerałów matrycy skalnej (np. kalcyt SIC – 0,87–1,12).

## LITERATURA

- ANDREJCZUK W., JÓŹWIAK K., RÓŹKOWSKI J. 2009 – Kształtowanie się chemizmu wód gipsowej jaskini Zołuszka (Ukraina, Mołdawia). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 436: 9–16.
- BARANOWSKI H. 1980 – Bytomski rejon złożowy [W:] RóŹkowski A. & Wilk Z. (red.), Warunki hydrogeologiczne złóż rud cynku i ołowiu regionu śląsko-krakowskiego. *Pr. Inst. Geol.*, [seria nienumerowana]: 115–120.
- JÓŹWIAK K. 2007 – Modelowanie geochemiczne jako narzędzie do identyfikacji procesów kształtujących skład chemiczny wód. [W:] *Guidebook & Abstracts. Materiały 25<sup>th</sup> Speleological School, Karst & Cryokarst and 8<sup>th</sup> GLACKIPR Symposium*, Sosnowiec–Wrocław.
- JÓŹWIAK K. 2013 – Zastosowanie modelowania geochemicznego do oceny stopnia murszenia gleb – na przykładzie Kampinoskiego Parku Narodowego. *Konf. Środowisko glebotwórcze i gleby dolin rzecznych*, Abstrakty. Ustka 10–12 czerwca 2013 r.
- JÓŹWIAK K., ANDREJCZUK V., RÓŹKOWSKI J. 2012 – Wyniki modelowania geochemicznego wód podziemnych serii gipsonośnej triasu gór Deshat Korabi. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 451: 107–114.
- KROPKA J. 2012 – Projekt robót geologicznych na wykonanie otworu badawczo-hydrogeologicznego W-1 na terenie gminy Wojkowice w celu poboru wody podziemnej z utworów węglanowych triasu dla zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia. INTERGEO Sp. z o.o. w Sosnowcu.
- MPWiK w Będzinie 1984–2015 – Wyniki badań fizykochemicznych wód studni Rozkówka z lat 1984–2015. *Arch. MPWiK Sp. z o.o. w Będzinie*.
- OKRUSZKO T., MIODUSZEWSKI W., KUCHARSKI L. (red.) 2011 – Ochrona i renaturyzacja mokradeł Kampinoskiego Parku Narodowego. *Wyd. SGGW*: 1–240.
- PLĄTEK J. 2000 – Dokumentacja (uproszczona) hydrogeologiczna zasobów eksploatacyjnych ujęcia wód podziemnych z triasowego poziomu wodonośnego, studnia „Rozkówka” – Będzin–Grodziec, Gliwice. *Arch. MPWiK Sp. z o.o. w Będzinie*.
- RÓŹKOWSKI A., CHMURA A., SIEMIŃSKI A. (red.) 1997 – Użytkowe wody podziemne Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 159.
- RÓŹKOWSKI J., JÓŹWIAK K. 2005 – Specjacyjne modelowanie hydrogeochemiczne w zbiorniku szczelinowo krasowym Jury Krakowskiej. [W:] *Współczesne Problemy Hydrogeologii*, 12: 623–631.
- RÓŹKOWSKI J., SADOWSKI S. 2016 – Ocena jakości wód podziemnych kompleksu wodonośnego triasu, z wykazaniem możliwości ich wykorzystania dla celów zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia w obszarze sływu wód podziemnych do projektowanego ujęcia głębinowego W-1 w Wojkowicach. *Sprawozdania z badań wód podziemnych za okres 2012–2015*. *Arch. MPWiK Sp. z o.o. w Będzinie*.
- RÓŹKOWSKI J., JÓŹWIAK K., ANDREJCZUK V. 2011 – Chemizm wód podziemnych serii gipsonośnej badenu w północnej części zapadliśka przedkarpackiego. [W:] *Współczesne Problemy Hydrogeologii*. Poznań–Żerków, 14–16.09.2011 r. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 445: 573–583.
- SPRAWOZDANIE z badań próbek wód z rejonu Wojkowic z okresu 02.06.–14.11.2016 r. *Arch. SGS Laboratorium Środowiskowe, Pszczyna*.
- WAGNER J., CHMURA A., SIEMIŃSKI A. 1997 – Mapa Hydrogeologiczna Polski 1 : 50 000, ark. Wojkowice. *Państw. Inst. Geol.*
- WIOŚ Katowice 2007–2015 – Wyniki badań monitoringowych wód studni Rozkówka (2230/K) i Przelajka (2228/K) – *Arch. WIOŚ Katowice*.