

Prądnik. Prace Muz. Szafera	23	91–110	2013
-----------------------------	----	--------	------

KATARZYNA ŚWIERGOLIK, JACEK RÓŻKOWSKI

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi,
41–200 Sosnowiec, ul. Będzińska 60
e-mail: kat.swiergolik@gmail.com, jacek.rozkowski@us.edu.pl

**WARUNKI WODNE W ZLEWNI SĄSPÓWKA W ŚWIETLE BADAŃ
W LATACH 2011–2012**

**Results of a study on the water conditions in the Sąspówka stream catchment
in the years 2011–2012**

Abstract. A hydrologic study of the Sąspówka Stream drainage basin in Ojców National Park and its protection zone was carried out in the hydrologic year 2011/2012. Hydrologic mapping, seasonal measurements of the flow rate and physico-chemical properties of the water from 6 springs and 7 points on flow courses and a one-time analysis of water chemical composition were done. The following were studied: the regime of the springs draining the fracture-karstic aquifer of the Upper Jurassic, water quality, the approximate quantity of the ionic downflow of the investigated springs and the Sąspówka Stream catchment as well as contacts among the surface and underground waters. Numerical model tests are required to complete description of hydrologic conditions in the Sąspówka Stream catchment that would enable the assessment of groundwater renewable resources.

Key words. Sąspówka catchment, springs, Sąspówka stream, Ojców National Park

WSTĘP

W artykule przedstawiono charakterystykę warunków hydrologicznych w krasowej zlewni Sąspówki, opracowaną na podstawie badań prowadzonych w roku hydrologicznym 2011/2012. Ten krasowy obszar (region krasowy) leżący na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego (OPN) i jego strefy ochronnej, charakteryzuje się dominacją przepływów wód we wnętrzu masywów skalnych systemami szczelinowo-kanałowymi, obecnością wywiezisk i ponorów przy ubóstwie powierzchniowej sieci rzecznej (Dowgiałło i in. red. 2002). W badaniach skoncentrowano się głównie na relacjach między wodami powierzchniowymi i podziemnymi oraz na uwarunkowaniach geogenicznych i antropogenicznych chemizmu i jakości wód źródeł i cieków Sąspówka. Badania krenologiczne w zlewni Sąspówki prowadzili wcześniej m.in. S. W. Alexandrowicz i Z. Wilk (1962), A.S. Kleczkowski (1972), I. Dynowska (1983), A. A. Różkowscy, J. Różkowski (1996, 2006), O. Pawlik (1998), W. Chełmicki red. (2001), J. Siwek (2004) i współautorka K. Świergolik (2012). Badania hydrologiczne prowadził zespół Zakładu Inżynierii Leśnej Wydziału Leśnego Akademii Rolniczej w Krakowie pod kierunkiem J. Sulińskiego (Suliński i in. 2001).

METODYKA BADAŃ

Materiały źródłowe wykorzystane w niniejszym artykule pochodzą z badań terenowych wykonywanych na obszarze zlewni Saspówki w okresie od maja 2011 r. do marca 2012 r. W lipcu 2011 r. przeprowadzono szczegółowe kartowanie hydrologiczne 21 punktów hydrologicznych, w tym 9 źródeł i 12 punktów na cieku. W omawianym okresie wykonywano sezonowe pomiary natężenia przepływu wody (z użyciem młynka hydrometrycznego typu HEGA-1) oraz badania fizykochemiczne – odczynu pH, przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW), potencjał utleniająco-redukcyjny Eh, O₂, temperatury wody i powietrza (z użyciem mierników firmy ELMETRON i WTW), w wybranych 6 źródłach i 7 punktach na cieku. Na pobranych w marcu 2012 r. próbkach wody wykonano w Laboratorium Analiz Wody Wydziału Nauk o Ziemi UŚ pełne analizy chemiczne przy użyciu chromatografów jonowych firmy Metrohm. Oznaczono stężenia w wodzie następujących jonów: Ca, Mg, Na, K, NH₄, HCO₃, F, Cl, NO₂, Br, NO₃, PO₄, SO₄.

CHARAKTERYSTYKA HYDROGEOLOGICZNA TERENU BADAŃ

Na mapie hydrogeologicznej Polski 1:50 000 arkusz Skała, obszar zlewni Saspówki znajduje się w obrębie jednostki 2 aJ₃III, gdzie głównym użytkowym poziomem wodonośnym jest szczelinowo-krasowy poziom górnourajski związany ze skałami węglanowymi (Rózkowski 1997). Głębokość zwierciadła wód podziemnych, rzędu kilku metrów, jest najmniejsza w dolinach Prądnika, Saspówki, Korzkiewki i Dłubni, gdzie eksploatowane są źródła szczelinowo-krasowe oraz płytkie studnie. Maksymalne wartości hydroizobat występują w rejonie wierzchowin, zwłaszcza na dziale wodnym między zlewniami Prądnika i Dłubni (do 100 m). Miąższość warstwy wodonośnej w dolinie Prądnika nie przekracza 50–85 m. Hydroizohipsy w obrębie wierzchowiny kształtują się na wysokości 420 m n.p.m., a w dolinie Prądnika i Saspówka na wysokości 320–340 m n.p.m.

Wydajność studni głębinowych waha się od 1 do 96 m³/h w silnie zaangażowanym tektonicznie rejonie Imbramowic w dolinie Dłubni przy zróżnicowanych depresjach. Przeważają wydatki od 3 do 35 m³/h, przy czym aż 30% studni eksploatuje wody podziemne z wydajnością poniżej 5 m³/h. Wydajność potencjalna studni wierconych wynosi 10–80 m³/h; w strefach silnie zaangażowanych tektonicznie, takich jak doliny Saspówki i Dłubni, w rejonie Jerzmanowic, Bębła, Imbramowic – sięga do 70–120 m³/h. Średni moduł zasobów odnawialnych wynosi 346 m³/d·km², natomiast zasobów dyspozycyjnych wynosi 276 m³/d·km². Parametry hydrogeologiczne studni głębinowych ujmujących wody z poziomu górnourajskiego w rejonie górnej części zlewni Prądnika, obliczone na podstawie kart otworowych, przedstawiono w tabeli 1.

W obszarze gminy Jerzmanowice-Przegonia, gdzie jest zlokalizowana dolina Saspówki, wody podziemne z utworów jury górnej obecnie są eksploatowane aktualnie przez 10 studni głębinowych. Na podstawie analiz chemicznych wód opróbowanych w tych studniach, wykonanych w latach 2009–2011 przez laboratorium Zakładu Inżynierii Środowiska „ECO–PROJECT”, udostępnionych przez Zakład Wodociągów Gminnych w Jerzmanowicach, stwierdzono że są to wody słodkie (PEW 370–770 μS/cm), słabo zasadowe (pH 7,4–7,9), średnio twarde i twarde (twardość ogólna 185–350 mg CaCO₃/dm³). Utleniałość wód KMnO₄ wynosi <0,5–1,9 mg/dm³, mętność 0–1 NTU, barwa <5–11 mg Pt/dm³. Stężenia wybranych kationów i anionów w wodzie mieszczą się w zakresie: Na 1–11, NH₄ <0,05–0,2, Fe <0,06–0,2, Mn <0,004–0,008, Cl 8–42, SO₄

3–53, NO_3 5–47 (mg/dm^3). Stężenia większości metali ciężkich w wodach podziemnych nie przekraczają $0,01 \text{ mg}/\text{dm}^3$. Na podstawie przeprowadzonych badań fizykochemicznych i bakteriologicznych stwierdzono, że wody podziemne eksploatowane na potrzeby gminy Jerzmanowice-Przebinia, za wyjątkiem ujmowanych studnią w ujęciu Sąspów „Podkalinów” (w listopadzie 2011 r.), spełniają wymagania dla wód pitnych określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z 29 marca 2007.

CHARAKTERYSTYKA ŹRÓDEŁ SZCZELINOWO-KRASOWYCH DOLINY SĄSPÓWKI

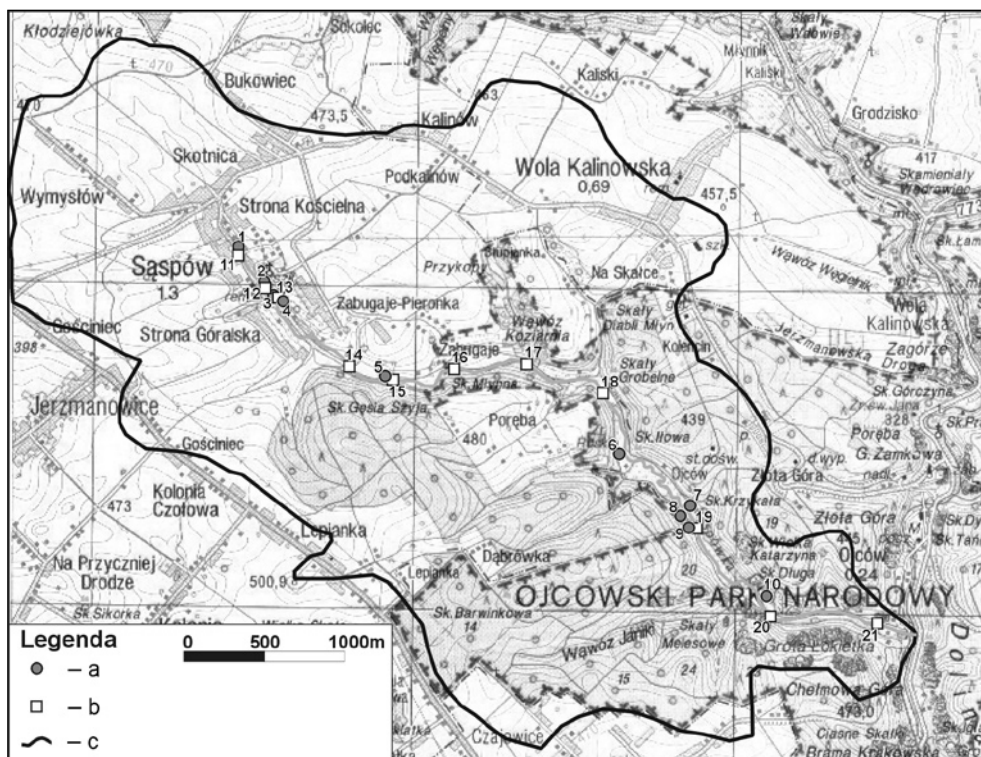
Podczas kartowania hydrologicznego w lipcu 2011 r. w zlewni Sąspówki zbadano 10 źródeł szczelinowo-krasowych zasilających potok (ryc. 1, tab. 2). Początkowe źródło znajduje się we wsi Sąspów na wysokości 425 m n.p.m. Wypływy są maskowane rumoszem, zwietrzeliną lub aluwiami. Ze względu na położenie obszaru zasilania są to źródła descenzyjne, charakter wypływu – descenzyjne i ascenzyjne, odniesienie geomorfologiczne – w większości źródła podzboczowe, rzadziej dolinne (tab. 2).

W wapieniach górnokarpackich Wyżyny Krakowskiej występują dwa systemy spękań ciosowych ortogonalnie sprzężonych, o ogólnych kierunkach biegów: NW–SE, NE–SW ($277\text{--}326^\circ$ i $26\text{--}47^\circ$) i N–S, W–E ($345\text{--}0^\circ$ i $74\text{--}90^\circ$) (Rózkowski 2006). Kierunki szczelin, z których wypływają źródła w Dolinie Sąspowskiej generalnie nawiązują do kierunków spękań ciosowych: źródło „Pod Kościołem” – 150° , źródło „Janusza” – 70° , źródło „Ruskie” – 320° , źródło „Filipowskiego” – 10° i źródło „Harcerza” – 280° .

Nisze źródłiskowe w Dolinie Sąspowskiej to z reguły niewielkie zagłębienia, o powierzchni do 5 m^2 . Powstanie większych nisz źródeł „Janusza” i „Spod Graba” wynika z odbierania wody z kilku położonych blisko siebie wypływów. W wyniku erozji wstecznej nisze źródeł ulegają powiększeniu. Przykładem tego procesu jest źródło „Spod Graba”, przy którym został uszkodzony system korzeniowy rosnącego tam graba, wskutek czego osłabione drzewo przewróciło się. Dno nisz źródłiskowych wypełniają zróżnicowane osady, od frakcji ilasto-mulastych do grubego rumoszu. We wszystkich niszach dominuje rumoszcz skalny, zwłaszcza w źródłach Sąspówki na terenie wsi Sąspów. Dno pozostałych nisz oprócz rumoszu skalnego wypełniają drobniejsze frakcje, np. w źródle „Spod Graba” i w źródle „Harcerza”. Źródła występujące w obrębie Sąspowa posiadają mało estetyczne betonowe obudowy i są wykorzystywane na potrzeby mieszkańców tej wsi i szkoły. Pozostałe źródła w Dolinie Sąspowskiej, znajdujące się na terenie OPN, są pozostawione w naturalnej formie. Źródło Ruskie jest zabezpieczone przez właściciela płotem z grubych gałęzi i wykorzystywane głównie do pojenia zwierząt domowych.

WYNIKI BADAŃ WYDAJNOŚCI ŹRÓDEŁ

Spośród zinwentaryzowanych źródeł wybrano sześć, w których sezonowo, od czerwca 2011 r. do marca 2012 r., badano wydajność oraz własności fizykochemiczne wód (tab. 3). Najniższe wydajności wynoszące $0,52\text{--}2,73 \text{ dm}^3/\text{s}$ ma źródło „Z Bunkra I”, które daje początek potokowi Sąspówka. Najbardziej wydajne jest źródło „Ruskie”, którego maksymalna wydajność sięgnęła w lipcu 2011 r. $25,61 \text{ dm}^3/\text{s}$. Średnie wydajności źródeł, na podstawie 5 sezonowych pomiarów chwilowych, przedstawiają się następująco: źródło „Z Bunkra I” – 1,09, źródło „Pod Kościołem” – 3,34, źródło „Janusza” – 9,24, źródło



Ryc. 1. Lokalizacja punktów badawczych w zlewni Saspówka: a – źródła; b – punkty na cieku; c – granice zlewni. Źródła: 1 – „Z Bunkra I”, 2 – „Pod Kościołem”, 3 – „Kóło Szkoły”, 4 – „Z Bunkra II”, 5 – „Janusza”, 6 – „Ruskie”, 7 – „Filipowskiego”, 8 – „Spod Graba”, 9 – bez nazwy, 10 – „Harcerza”. Punkty na cieku: 11 – po dopływie źródła „Z Bunkra I”, 12 – po dopływie źródła „Pod Kościołem”, 13 – po dopływie źródła „Kóło Szkoły”, 14 – na końcu Saspowa, 15 – po dopływie źródła „Janusza”, 16 – na granicy OPN, 17 – na przeciwko obserwatorium PAN, 18 – za Warzechówką, 19 – po dopływie źródła „Spod Graba”, 20 – przed odpływem młynówki, 21 – przed ujściem Saspówki w naturalnym korycie do Prądnika

Fig. 1. Location of the study points in the Saspówka catchment: a – springs; b – points on flow courses; c – catchment boundary. Springs: 1 – „Z Bunkra I”, 2 – „Pod Kościołem”, 3 – „Kóło Szkoły”, 4 – „Z Bunkra II”, 5 – „Janusza”, 6 – „Ruskie”, 7 – „Filipowskiego”, 8 – „Spod Graba”, 9 – unnamed, 10 – „Harcerza”. Points on flow courses: 11 – below the inflow from the spring „Z Bunkra I”, 12 – below the inflow from the spring „Pod Kościołem”, 13 – below the inflow from the spring „Kóło Szkoły”, 14 – at the end of the village of Saspów, 15 – below the inflow from „Janusza Spring”, 16 – at the boundary of ONP, 17 – opposite the observatory of the Polish Academy of Sciences, 18 – behind the house called Warzechówka, 19 – below the inflow from the spring „Spod Graba”, 20 – before the Młynówka outflow, 21 – before the natural Saspówka Stream bed outlet to the Prądnik

„Ruskie” – 18,96, źródło „Filipowskiego” – 4,72 i źródło „Harcerza” – 4,71 (dm^3/s). Według podziału O. Meinzera badane źródła należą do klasy V (1–10 dm^3/s), a źródło „Ruskie” do klasy IV (10–100 dm^3/s). W ciągu roku wydajności źródeł często zmieniają się w zakresie dwóch, a nawet trzech klas. Wydajność źródła „Harcerza” w okresie czerwiec – wrzesień 2011 r. wynosiła 2,5–4,0 dm^3/s , w styczniu 2012 r. aż 12 dm^3/s , a w marcu 2012 r. nie przekraczała 1,0 dm^3/s . Źródła w Dolinie Saspowskiej, badane w roku hydrologicznym 2011/2012 cechowała generalnie mała zmienność w skali rocznej. Na podstawie próbek

Tabela 1. Wybrane parametry hydrogeologiczne studni głębinowych w rejonie zlewni Sąspówki (na podstawie pomiarów pomiarowych)

Table 1. Some hydrogeological parameters of deep wells in the area of the Sąspówka catchment (on the basis of measuring pumping)

Nazwa ujęcia Groundwater intake	Wydatek Well discharge [m ³ /h]	Depresja Drawdown [m]	Zasięg oddziaływania studni Zone of well influence [m]	Zwierciadło nawiercone Confined piezometric surface met during drilling[m p.p.t.]	Zwierciadło ustalone water table[m p.p.t.]	Współ- czynnik filtracji permeability coefficient [m/s]
Bębło – Wieś	23,7	23,9	118	40,6	31,3	2,8·10 ⁻⁶
Bębło 1	12,2	1,4	60	48	42,6	2·10 ⁻⁴
Biały Kosciół – Murownia 2	14,8	23,3	189	59,6	59,0	6,3·10 ⁻⁶
Cianowice Duże	15,2	15,5	150	29	21,5	6,5·10 ⁻⁶
Jerzmanowice – Wieś	58,3	1,8	101	1,7	1,7	2,5·10 ⁻⁴
Jerzmanowice GS SCH	10,4	25,0	247	31,4	31,4	1·10 ⁻⁵
Łazy – Jawor	4,0	14,0	95	41,1	41,1	5,1·10 ⁻⁶
Obserwatorium PAN	15,0	1,0	37	6,2	5,3	3·10 ⁻⁴
Prądnik Korzkiwski	46,8	8,0	206	10	6,2	7,4·10 ⁻⁵
Sąspów – Podkalinów	1,5	8,5	37,6	43	43,0	1,6·10 ⁻⁶
Sąspów – Poręba	4,1	8,0	68	108	104,0	7,9·10 ⁻⁶
Sąspów – Wymysłów	13,7	16,8	181	55	35,0	1,1·10 ⁻⁵
Skala – Leśniczówka	0,9	16,5	80	45,5	36,2	1,3·10 ⁻⁵
Skala – Okr. Spół. Mleczarska	8,0	39,0	500	56	50,0	7,2·10 ⁻⁷
Warzechówka	1,4	1,1	13	6,7	6,7	4,8·10 ⁻⁵

Źródło: dane Centralnego Banku Danych Hydrogeologicznych HYDRO PIG-PIB

data of Central Hydrogeological Data Bank HYDRO PIG-PIB

wskaznika zmienności (R) można zaliczyć źródło „Pod Kościołem” do kategorii źródeł stałych (R = 1,62), a źródło „Harcerza” do źródeł zmiennych (R = 15,16). Pozostałe źródła należą do źródeł mało zmiennych (R od 2,60 do 5,25; tab. 3).

Sumaryczna wydajność sześciu badanych sezonowo źródeł wahała się od 27,6 dm³/s w marcu 2012 r. do 60,6 dm³/s w styczniu 2012 r. Wydajność pozostałych czterech badanych źródeł, na podstawie serii pomiarów przeprowadzonej w lipcu 2011 r., stanowiła 36% całkowitego odpływu krenologicznego. Przyjmując, że udział ten nie wykazuje istotnych zmian, wielkość odpływu krenologicznego w zlewni Sąspówki wynosiłaby szacunkowo: 64,6 dm³/s (czerwiec 2011 r.), 75,8 dm³/s (lipiec 2011 r.), 49,2 dm³/s (wrzesień 2011 r.), 94,7 dm³/s (styczeń 2012 r.) i 43,1 dm³/s (marzec 2012 r.), co odpowiada odpowiednio 37,8%,

Tabela 2. Charakterystyka źródeł w Dolinie Sąspowskiej.

Table 2. Characterization of springs in the Sąspówka Valley

Źródło „Z Bunkra I”	Początkowe źródło Sąspówki, podzbozowe, ujęte w betonową obudowę, wykorzystywane przez mieszkańców wsi. Nisza źródłiskowa o wielkości 2 m ² , dno pokryte zwietrzeliną i rumoszem. Otoczenie źródła jest zaniedbane.
Źródło „Pod Kościołem”	Źródło znajduje się u stóp stromego zbocza, podzbozowe, ujęte w betonową obudowę. Ze źródła korzystają mieszkańcy Sąspowa. Nisza źródłiskowa ma powierzchnię 1,5 m ² , dno wypełnia rumoszcz skalny.
Źródło „Kolo Szkoły”	Źródło zlokalizowane na terenie szkoły w Sąspowie, terasowe. Wypływa spod stromego zbocza i jest częściowo ujęte na potrzeby szkoły.
Źródło „Z Bunkra II”	Źródło jest od dawna wykorzystywane przez mieszkańców wsi, terasowe. W 1971 r. zostało ujęte betonową obudową. Znajduje się przy bramie jednego z budynków mieszkalnych. Wielkość niszy źródłiskowej 2 m ² , dno wypełnione jest rumoszem skalnym.
Źródło „Janusza”	Źródło znajduje się na końcu wsi Sąspów, terasowe, charakteryzujące się potrójnym wypływem. Otoczenie źródła stanowią łąki. Wielkość niszy źródłiskowej wynosi 6 m ² , na dnie mniejsze okruchy skalne i piasek. Źródło jest niezabudowane. Korzystają z niego mieszkańcy pobliskich domów, a zanim założono wodociągi w Sąspowie, użytkowała go cała wieś. Źródło „Janusza” stanowi pomnik przyrody nieożywionej.
Źródło „Ruskie”	Najwydajniejsze źródło w Dolinie Sąspowskiej, podzbozowe. Znajduje się na prywatnej posesji i korzysta z niego tylko właściciel. Wielkość niszy źródłiskowej 1,5 m ² . Źródło otoczone jest płotem z gałęzi. Dno przykryte rumoszem skalnym i drobniejszym materiałem.
Źródło „Filipowskiego”	Znajduje się przy żółtym szlaku turystycznym. Źródło jest przykryte zwietrzeliną, posiada dwa naturalne wypływy, podzbozowe. Nisza źródłiskowa ma wielkość 2 m ² i jest wyścielona rumoszem i piaskiem. Odpływ następuje ciekami o długości ok. 100 m.
Źródło „Spod Graba”	Woda wypływa poprzez warstwę zwietrzliny w kilku miejscach i tworzy niewielki strumień uchodzący do Sąspówki. Źródło znajduje się w pobliżu zalewiska utworzonego przez bobry. Tworzy jedną z większych nisz źródłiskowych, o powierzchni 8 m ² . Na dnie występuje drobny materiał piaszczysto-mulasty i większe okruchy skalne. Źródło podzbozowe.
Źródło bez nazwy	Źródło o niewielkiej wydajności, wyścielone rumoszem skalnym, przykorytowe. Znajduje się przy korycie prowadzącym wodę ze źródła „Spod Graba” do Sąspówki, około 50 m przed źródłem. Ma niewielką niszę (ok. 1 m ²), jest to źródło o naturalnym wypływie, niezagospodarowane.
Źródło „Harcerza”	Znajduje się nieco poniżej wąwozu Jamki, na łące, wśród gęstych zarośli, terasowe. Woda wypływa w dwóch miejscach poprzez warstwę zwietrzliny. Dno wyścielone jest rumoszem skalnym, mułem i materiałem organicznym. Nisza źródłiskowa ma powierzchnię 2 m ² . Swoją nazwę bierze od obozów harcerskich, które były nieopodal organizowane w pierwszych latach po wojnie. Do połowy lat 70. XX w. wodę z tego źródła czerpali mieszkańcy Czajowic, niosąc ją wiadrami przez wąwóz Jamki i Pradła.

Tabela 3. Wydajność badanych źródeł w okresie czerwiec 2011 r. – marzec 2012 r. [dm³/s]Table 3. Spring discharge studied from June 2011 to March 2012 [dm³/s]

Źródło Spring	6.06.11	25–27.07.11	26.09.11	28.01.12	29.03.12	Klasa wydajności wg O. Mainzera Yield class acc. to O. Meinzer	Wskaźnik zmienności rocznej R Annual variability index R
„Z Bunkra I”	2,73	1,79	0,76	1,27	0,52	V–VI	5,25
„Pod Kościołem”	4,79	3,51	2,96	3,83	3,06	V	1,62
„Janusza”	10,00	11,45	4,66	14,43	6,43	IV–V	3,10
„Ruskie”	–	25,61	17,98	22,38	9,85	IV–V	2,60
„Filipowskiego”	–	2,35	2,56	7,02	6,94	V	2,99
„Harcerza”	3,56	3,82	2,57	11,67	0,77	IV–V–VI	15,16

38,5%, 27,9%, 69,6% i 43,3% odpływu całkowitego. Średnio w roku hydrologicznym 2011/2012 odpływ ze źródeł wynosiłby 65,5 dm³/s i stanowiłby 43% odpływu całkowitego ze zlewni Sąspówki kontrolowanego potokiem Sąspówka. Pozostała część zasilania ciekę pochodzi ze spływu powierzchniowego oraz z dopływu wód podziemnych z regionalnego systemu przepływu w strefach dyslokacji tektonicznych (A. Rózkowski, red. 1990).

Dotychczas nie prowadzono regularnych badań wydajności źródeł w Dolinie Sąspowskiej z wyjątkiem badań A. Rózkowskiego i D. Rózkowskiej z Oddziału Górnośląskiego PIG w Sosnowcu (pomiaru cotygodniowe, dane archiwalne z lat 1967–1971; J. Rózkowski 2006). Porównując dane archiwalne z publikacji S. W. Aleksandrowicza, Z. Wilka (1962), I. Dynowskiej (1983), A. S. Kleczkowskiego (1972) z lat 1957–1974 z wynikami uzyskanymi w czasie omawianych badań terenowych (tab. 3) można zauważyć, że są one do siebie względnie zbliżone. Według nielicznych danych archiwalnych wydajność źródeł (dm³/s) kształtowała się następująco: „Z Bunkra I” (21–24.07.1958 r.) – 0,08; (11.05.1974 r.) – 0,6; źródło „Pod Kościołem” (21–24.07.1958 r.) – 0,9; (11.05.1974 r.) – 1,0; źródło „Janusza” (3.10.1957 r.) – 4,9; (18.07.1958 r.) – 3,7; (11.1965–10.1966 r.) – 0,6–6,3; (04–06.1968 r.) – 4,4; (11.05.1974 r.) – 5,0; źródło „Ruskie” (09.07.1958 r.) – 16,0; (30.07.1958 r.) – 14,1; (11.1965–10.1966 r.) 8,1–11,2; źródło „Filipowskiego” (17.07.1958 r.) – 6,2; (30.07.1958 r.) – 8,6; (11.1965–10.1966 r.) – 8,1–11,2; źródło „Harcerza” (21–24.07.1958 r.) – 8,1.

WYNIKI BADAŃ WŁASNOŚCI FIZYKOCHEMICZNYCH I CHEMIZMU WÓD DRENOWANYCH ŹRÓDŁAMI

W okresie badań wielkość przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW) w wodach źródeł mieściła się w przedziale 362–803 μ S/cm. Średnia sezonowa wartość PEW w populacji była najniższa w lipcu 2011 r., a najwyższa w marcu 2012 r. (tab. 4). Źródła „Z Bunkra I”, „Pod Kościołem” oraz „Janusza”, zlokalizowane we wsi Sąspów, wykazują ogólnie wyższe wartości PEW w wodzie niż źródła „Ruskie”, „Filipowskiego” i „Harcerza”, znajdujące się w obrębie OPN.

Tabela 4. Wartości PEW wód badanych źródeł w okresie 07.2011–03.2012 [$\mu\text{S}/\text{cm}$].Table 4. Conductivity values (PEW) of the spring water studied from July 2011 to March 2012 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Nr	Źródło	25–27.07.11	26.09.11	28.01.2012	29.03.2012	Wartość średnia Mean value
1	„Z Bunkra I”	510	614	803	677	651
2	„Pod Kościołem”	556	627	651	720	638
5	„Janusza”	533	466	585	625	552
6	„Ruskie”	463	417	514	558	488
7	„Filipowskiego”	374	362	492	533	440
10	„Harcerza”	386	418	504	543	463
Wartość średnia dla populacji źródeł Mean value for the springs		470	484	592	609	539

Wartości odczynu pH badanych wód mieściły się w zakresie od 6,31–7,35 (tab. 5). Średnie wartości pH badanych źródeł były najwyższe w lipcu 2011 r., najniższe w styczniu 2012 r. Wody źródeł „Z Bunkra I” i „Pod Kościołem”, zlokalizowane w obszarze zurbanizowanym Sąspowa miały zawsze najniższe wartości pH w wodzie. Wody źródeł w granicach OPN cechują się nieco wyższym odczynem pH niż wody w źródłach w Sąspowie (strefa ochronna OPN).

Wartości potencjału redox wód źródeł w okresie badań wynosiły od 152 do 435 mV, wartości najniższe przyjmowały we wrześniu 2011 r. (wartość średnia 210 mV), najwyższe w marcu 2012 r. (wartość średnia 316 mV). W wodach poszczególnych źródeł mieściły się w zakresach: „Z Bunkra I” 233–369, „Pod Kościołem” 179–342, „Janusza” 152–315, „Ruskie” 204–271, „Filipowskiego” 186–276, „Harcerza” 184–301 (mV).

Zawartość tlenu w wodach zmieniała się w granicach 4,3–14,10 mg/dm³. Najniższa zawartość tlenu w wodach źródeł była w styczniu 2012 r. (4,3–5,8 mg/dm³), skorelowana z niskimi temperaturami wody, najwyższy stopień natlenienia wód – w lipcu 2011 r. (5–14,1 mg/dm³). Wzdłuż biegu potoku zmienia się zawartość tlenu w wodach charakteryzowanych

Tabela 5. Wartości odczynu pH wód badanych źródeł w okresie 07.2011–03.2012

Table 5. pH values of the spring water studied from July 2011 to March 2012

Nr	Źródło	25–27.07.11	26.09.11	28.01.2012	29.03.2012
1	„Z Bunkra I”	6,53	6,75	6,31	6,65
2	„Pod Kościołem”	6,67	6,43	6,37	6,62
5	„Janusza”	7,04	6,84	6,74	7,09
6	„Ruskie”	7,35	6,76	6,74	6,59
7	„Filipowskiego”	6,69	6,78	6,49	6,57
10	„Harcerza”	6,94	6,66	6,51	6,66
Wartość średnia Mean value		6,87	6,70	6,53	6,70

Tabela 6. Zawartości tlenu w wodach badanych źródeł w okresie 07.2011–03.2012

Table 6. Oxygen content in the spring water studied from July 2011 to March 2012

Nr	Źródło	25–27.07.11		26.09.11		28.01.2012		29.03.2012	
		[%]	[mg/dm ³]	[%]	[mg/dm ³]	[%]	[mg/dm ³]	[%]	[mg/dm ³]
1	„Z Bunkra I”	67,8	7,3	76,0	8,2	40	4,6	75	8,4
2	„Pod kościołem”	46,8	5,0	56	6,2	39	4,3	54,1	6,1
5	„Janusza”	72	7,8	82	9,2	45	5,5	86,5	9,8
6	„Ruskie”	125	14	97	11,0	48	5,7	57,5	6,4
7	„Filipowskiego”	126	14,1	79,1	9,0	42	5,8	75	8,4
10	„Harcerza”	113	12,7	85,1	9,7	49	5,7	81,6	9,2
Wartość średnia Mean value		91,77	10,16	79,20	8,87	43,83	5,27	71,62	8,04

źródeł. Najniższe zawartości tlenu stwierdzono w wodach źródła „Pod Kościołem”, wartości pośrednie w źródle „Janusza”, natomiast wody źródeł w granicach OPN cechują się większym natlenieniem niż wody w źródłach na obszarze zabudowy wiejskiej (tab. 6).

Temperatura wody w źródłach zmienia się w granicach 8,0–10°C. W poszczególnych źródłach różnica między skrajnymi temperaturami wynosi zwykle 1,0–1,5 °C. Według podziału hydrogeologicznego opierającego się na kryterium średniej temperatury rocznej powietrza danego rejonu, są to wody zwykle, stałotermiczne. Największą stałość temperatury wykazuje źródło „Harcerza” (8,0–8,8°C), a najmniejszą źródło „Janusza” (6,6–9,6°C). Średnia roczna najwyższa temperatura wody występuje w źródle „Pod Kościołem”, a najniższa jest w źródle „Filipowskiego”. Zależność od warunków klimatycznych jest zauważalna, jednakże źródła te charakteryzują się raczej stałą temperaturą.

W dniu 29 marca 2012 r. opróbowano wody źródeł do badań hydrochemicznych. Badane wody są słodkie (mineralizacja ogólna 386–472 mg/dm³), typu HCO₃–Ca. Jony Ca stanowią 81–94% zawartości wszystkich kationów, a jony HCO₃ 70–86% wszystkich anionów. Stężenia w wodzie Ca, Mg i HCO₃ pochodzenia geogenicznego mieszczą się w zakresie 83–115; 1,4–3,7 i 253–311 mg/dm³. Najwyższe stężenia Ca (około 115 mg/dm³) występują w wodach źródeł „Ruskiego” i „Harcerza”. Wody źródeł we wsi Sąspów mają prawie 2-krotnie wyższe stężenia Mg niż źródła położone w OPN. Stężenia Na i K w wodzie (4,30–13,70 i 1,0–6,0 mg/dm³) są generalnie wyższe w obszarze zabudowanym. Dotyczy to także jonów NH₄ stwierdzonych tylko w wodach trzech źródeł: „Z Bunkra I” (0,325 mg/dm³), „Pod Kościołem” (0,17 mg/dm³) i „Ruskim” (0,12 mg/dm³). Siarczany występują w wodach w ilościach 1,6–32,0 mg/dm³, zwykle powyżej 10 mg/dm³, przy wyższych stężeniach w obrębie obszaru zabudowanego. Chlorki w wodach źródeł obecne są w ilościach 7,1–23,1 mg/dm³, fluorki w ilościach od 0,03 mg/dm³ (źr. „Filipowskiego”) do 0,055 mg/dm³ (źr. „Janusza”). Nie stwierdzono w wodach źródeł obecności azotynów i bromu, a także fosforanów.

W oparciu o sumę rozpuszczonych składników w wodzie, obliczona została wielkość spływu jonowego dla poszczególnych źródeł, określająca wielkość transportowanej rozpuszczonej masy skalnej. Danymi wyjściowymi do obliczenia wielkości spływu jonowego były pomierzone w marcu 2012 r. wydajności źródeł oraz wyniki badań chemizmu wód źródłanych. Wielkość spływu jonowego dla badanych źródeł wynosi: źródło „Z Bunkra I” 7,6 t/rok, źródło „Pod Kościołem” 44,6 t/rok, źródło „Janusza” 89,3 t/rok, źródło „Ruskie” 144,4 t/rok, źródło „Filipowskiego” 87,3 t/rok, źródło „Harcerza” 11,5 t/rok.

Tabela 7. Właściwości fizykochemiczne i skład chemiczny wód źródeł (29.03.2012r.).

Table 7. Physico-chemical properties and chemical composition of the spring water (29.03.2012)

Nr	1	2	5	6	7	8	10	14	18	20
Źródło	„Z Bunkra I”	„Pod Kościółem”	„Janusza”	„Ruskie”	„Filipowskiego”	„Spod Graba”	„Harcerza”	Koniec Saspowa	Saspówka za Warzechówka	Saspówka przed odpływem Młynówki
PEW [$\mu\text{S/cm}$]	677	720	625	558	533	535	543	676	613	551
pH	6,65	6,62	7,09	6,59	6,57	6,69	6,66	7,68	7,55	7,48
Eh [mV]	369	342	315	271	299	304	301	328	271	280
O ₂ [mg/dm ³]	8,40	6,08	9,79	6,40	8,42	7,57	9,15	5,18	3,58	9,23
T. wody [°C]	8,1	8,4	8,0	9,0	8,4	8,2	8,7	7,1	7,6	8,2
T. pow. [°C]	6,6	7,0	8,8	9,5	9,9	9,6	7,3	7,7	8,9	8,5
Suma skł. rozp. [mg/dm ³]	461,9	462,0	440,3	464,7	398,8	385,7	472,2	461,5	430,4	395,8
Ca ²⁺ [mg/dm ³]	83,3	96,2	102,0	115,4	94,4	89,4	115,1	86,4	97,2	94,6
Mg ²⁺ [mg/dm ³]	3,2	3,7	2,7	1,4	2,2	1,8	2,0	3,0	2,5	2,2
Na ⁺ [mg/dm ³]	10,1	12,2	8,2	13,7	4,7	4,6	4,3	10,1	7,9	6,4
K ⁺ [mg/dm ³]	5,015	5,955	3,23	1,47	1,12	1,54	1,0	3,9	3,1	1,6
NH ₄ ⁺ [mg/dm ³]	0,325	0,170	0,000	0,120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,150
HCO ₃ ⁻ [mg/dm ³]	289,8	262,4	265,4	299,0	262,4	253,2	311,2	286,8	262,4	256,3
F ⁻ [mg/dm ³]	0,043	0,038	0,055	0,034	0,030	0,034	0,032	0,036	0,034	0,028
Cl ⁻ [mg/dm ³]	17,8	20,7	13,0	23,1	7,1	7,7	8,98	18,8	13,3	10,6
NO ₂ ⁻ [mg/dm ³]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,042	0,031	0,000
Br ⁻ [mg/dm ³]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NO ₃ ⁻ [mg/dm ³]	26,7	30,4	21,6	8,9	13,2	13,3	17,3	25,5	20,8	12,1
PO ₄ ³⁻ [mg/dm ³]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,094	0,000	0,000
SO ₄ ²⁻ [mg/dm ³]	25,6	30,2	24,0	1,6	13,7	14,2	12,3	28,8	23,3	11,8

Głównym procesem fizykochemicznym, kształtującym chemizm wód badanych źródeł jest ługowanie skał węglanowych, ponieważ 78–90% transportowanego przez wodę ładunku stanowią jony HCO_3 i Ca.

Wody badanych źródeł należą do II i III klasy jakości, zgodnie z wytycznymi zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 23 lipca 2008 r. Dominują wartości stężeń składników odpowiadających wodom klasy I (Mg, Na, K, NH_4 , SO_4 , Cl, NO_2 , PO_4 , F). Stężenia HCO_3 zaliczają się do klasy II, zawartość Ca w wodach źródeł: „Ruskiego” „Janusza” i „Harcerza” nawet do III klasy jakości. Zawartości w wodach azotanów, będących składnikiem toksycznym, decydują o ogólnym zaliczeniu wód badanych źródeł do II i III klasy jakości. Pod względem przydatności do spożycia przez ludzi (Rozp. Ministra Środowiska z 2007 r.) żaden ze składników w wodach badanych źródeł nie przekracza wartości dopuszczalnych. Wyraźnie zaznacza się podział obszaru zlewni Sąspówki na dwie części – północną, w której dominuje osadnictwo wiejskie oraz południową, obejmującą głównie kompleksy leśne, objęte ochroną ścisłą w granicach OPN. W górnej części zlewni występują podwyższone stężenia większości jonów w wodzie – Mg, Na, K, Cl, NO_3 , SO_4 . W obszarze chronionym OPN obserwuje się niższe zawartości poszczególnych składników w wodach źródeł.

CHARAKTERYSTYKA POTOKU SĄSPÓWKA

Potok Sąspówka, o długości 5,8 km, bierze swój początek powyżej źródła z „Bunkra I” we wsi Sąspów na wysokości 425 m n.p.m., uchodzi do Prądnika w Ojcowie na wysokości 320 m n.p.m. Płyń w wąskim dnem doliny krasowej z NW na SE w obrębie otuliny OPN, a po około 1,5 km wpływa na obszar Parku. Zlewnia zajmuje powierzchnię 13,6 km². Głębokość doliny Sąspówki w rejonie wsi Sąspów wynosi około 30 m, w okolicy ujścia wzrasta do ponad 100 m. Dno doliny jest płaskie, a nachylenie stoków waha się w granicach 20–40°. Krętość potoku wynosi 0,77, co klasyfikuje Sąspówkę jako potok kręty. Spadek potoku przyjmuje wartość 18,1‰. Koryto Sąspówki wyżłobione jest w aluwiach, które pokrywają całe dno doliny. Głębokość koryta zwykle nie przekracza 1 m. W dolnym biegu doliny Sąspówki zlokalizowano pięć holocenijskich barier martwicowych zbudowanych z facji mchowej, stromatolitowej i facji detrytycznej (Gradziński i in. 2011). Dno potoku pokrywają okruchy wapieni, dość liczne fragmenty krzemieni. W górnym biegu Sąspówki dominują otoczaki o rozmiarach do 5 cm. W miarę zwiększania się przepływu fragmenty skalne są coraz większe, a w środkowym biegu, gdzie potok płynie wśród łąk wzrasta udział frakcji piaszczystej. Do czerwca 2011 r. koryto Sąspówki było naturalne. Później w Sąspowie, na odcinku około 100 m od początkowego źródła, koryto potoku zostało wyłożone betonowymi płytami, a na dalszym odcinku w obrębie Sąspowa zostało wyrównane i wzmocnione. Drewniana zabudowa koryta kończy się razem ze zwartą zabudową wsi. Na pozostałym odcinku koryto ma charakter naturalny. Poniżej wąwozu Jamki, około 1 km od ujścia, na Sąspówce znajduje się jaz, który kieruje część wody do Młynówki, zasilającej pierwotnie młyn i tartak u wylotu Doliny Sąspowskiej, a od połowy lat 30. XX w. prowadzi wodę do stawów hodowlanych (Baścik, Partyka 2011).

Warunki wodne modyfikuje aktywność bobrów wprowadzonych do OPN w 1985 r., które osiedliły się w dwóch stanowiskach: w rejonie osady Warzechówka (powyżej punktu pomiarowego nr 18) i w rejonie źródła „Spod Graba”. W latach 2005–2007 w rejonie stanowiska I bobry wybudowały łącznie 11 tam na odcinku ok. 300 m. Tamy spowodowały

Tabela 8. Obserwacje zaników wody w Sąspówce w okresie 06.2007 r. – 06.2009 r. (dane udostępnione przez dr A. Klasę z Ojcowskiego Parku Narodowego)

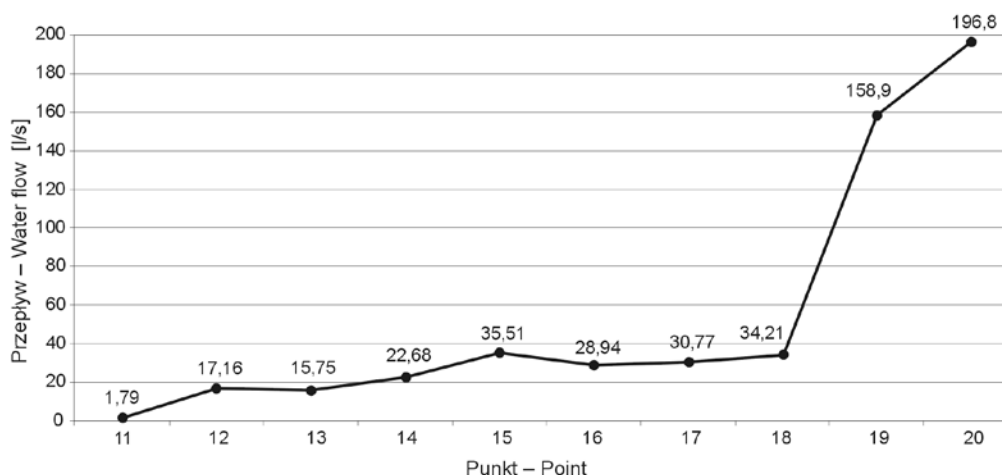
Table 8. Observations of water disappearance in the Sąspówka stream from June 2007 to June 2009 (data after A. Klasa from Ojców National Park)

12.12.2008 r.	Zanik Sąspówki na odcinku od grobli przy osadzie Warzechówka do ujścia źródła Ruskiego
26.03.2009 r.	Ponowne pojawienie się potoku na ww. odcinku
7.05.2009 r.	Ponowny zanik Sąspówki na ww. odcinku
18.06.2009 r.	Sąspówka ponownie płynie na całej długości koryta
Wg obserwacji pracowników OPN:	
06.2007 r.	Woda w Sąspówce nie płynie na odcinku od grobli przy osadzie Warzechówka do ujścia źródła Ruskiego
18.08–19.09.2007 r.	Sąspówka nadal nie płynie na ww. odcinku
02.2008 r.	Sąspówka nadal nie płynie na ww. odcinku
6.02.2009 r.	Odcinek za tamą bobrową koło Warzechówki jest suchy
19.03.2009	Sąspówka płynęła do połowy długości łąki za tamą przy Warzechówce
26.03.2009 r.	Sąspówka płynie całym korytem
16.04.2009 r.	Za tamą bobrową dwa strumienie wody – jeden wsiąka w łąkę, drugi płynie korytem. Równocześnie zaobserwowano wzmożoną aktywność źródeł poniżej tego odcinka
30.06.2009 r.	Woda płynie całym korytem Sąspówki, nadmiar wody rozlewa się poza koryto

utworzenie zalewiska, które wiosną 2007 r. miało powierzchnię 1225 m² i pojemność ponad 600 m³. W okolicy źródła „Spod Graba” zlokalizowane jest II stanowisko obejmujące odcinek ok. 800 m (do Wąwozu Jamki), na którym zwierzęta te wybudowały 6 tam (Klasa, Partyka, 2009). Obserwuje się okresowe ucieczki wody z potoku Sąspówka do podłoża (tab. 8). Nie można wykluczyć uaktywnienia się systemu podziemnych kanałów krasowych, które odprowadzają wodę z koryta. Wskazywałyby na to niewielkie źródła, które w tym samym czasie uaktywniły się kilkaset metrów poniżej wyschniętego odcinka (Klasa, Partyka 2008, 2009).

WYNIKI BADAŃ NATĘŻENIA PRZEPIYU W SĄSPÓWCE

W lipcu 2011 r. wykonano pomiary natężenie przepływu w cieku w 10 punktach (ryc. 2). Natężenie przepływu wody w górnym biegu potoku wzrastało powoli z powodu m.in. infiltracji wód w podłoże na odcinkach – między źródłami „Pod Kościołem” i „Koło Szkoły” oraz między źródłem „Janusza” i granicą OPN. Wyraźny wzrost przepływu nastąpił za osadą Warzechówka. Powyżej punktu pomiarowego nr 18 znajduje się dawne stanowisko bobrów wraz z tamą oraz utworzonym przez nią zalewiskiem. We wszystkich sezonach zaznacza się dynamiczny wzrost przepływu na odcinku między Warzechówką



Ryc. 2. Natężenie przepływu wody w potoku Saspówka w lipcu 2011 r.

Fig. 2. Water flow rate in the Saspówka stream in July 2011

a źródłem „Spod Graba” (tab. 9) spowodowany drenażem krenologicznym (źródła „Ruskie”, „Filipowskiego” i „Spod Graba”) oraz wzmożonym zasilaniem z głębszego systemu przepływu w strefach dyslokacji tektonicznych. We wrześniu 2011 r. na odcinku między obserwatorium PAN i osadą Warzechówka (powyżej punktu pomiarowego nr 18), w miejscu gdzie niegdyś bytowały bobry, odnotowano spadek przepływu w potoku o 20 dm³/s. W pozostałych okresach na odcinku tym przyrost natężenia przepływu jest niewielki. W styczniu 2012 r. infiltracja wód w podłoże zaznaczyła się na odcinku między ujściem źródła „Spod Graba”, a jazem odprowadzającym wodę do stawów hodowlanych pstrąga. Pstrągarnia posiada pozwolenie wodnoprawne uprawniające do poboru wody z Saspówki w ilości do 120 dm³/s. Z uzyskanych pomiarów hydrometrycznych wynika, że w badanych okresach Młynówka odprowadzała od 40 do 100 dm³/s wody.

Tabela 9. Natężenie przepływu wody w wybranych punktach w Saspówce [dm³/s] w okresie 06.2011–03.2012 r.Table 9. Water flow intensity at some points of Saspówka stream (dm³/s) from June 2011 to March 2012

Nr	Punkt – Point	Data – Date				
		06.06. 2011	25–27.07. 2011	26.09. 2011	28.01. 2012	29.03. 2012
11	po dopływie źródła „Z Bunkra I”	2,77	–	0,63	1,13	0,47
14	na końcu Saspowa	20,09	22,68	16,06	16,04	12,65
17	naprzeciwko obserwatorium PAN	–	30,77	40,84	47,13	26,02
18	za Warzechówką	–	34,21	20,98	52,12	26,11
19	po dopływie źródła „Spod Graba”	157,25	158,90	–	154,08	90,15
20	przed odpływem Młynówki	170,69	196,80	176,49	194,49	99,39
21	przed ujściem do Prądnika	128,21	107,25	75,60	106,12	53,54

Reakcja przepływu w cieku na opady atmosferyczne jest bardzo szybka, zwłaszcza na rozlewne deszcze w lipcu. Podwyższone stany wody w potoku zwykle notuje się także w okresach roztopowych. Rok hydrologiczny 2011/2012 nie był typowy, charakteryzował się bardzo niskimi temperaturami powietrza w lutym i niewielką retencją śnieżną. Dominowało zasilanie gruntowe Sąspówki w warunkach obniżającego się zwierciadła wód podziemnych. Stąd w środkowym i dolnym biegu potoku pomierzono niższe wartości przepływu tego potoku w marcu w porównaniu ze styczniem 2012 r. Badania hydrometryczne chwilowe w październiku 1998 r. udokumentowały natężenie przepływu w wysokości 17 dm³/s na końcu Sąspowa oraz 116 dm³/s przed odpływem Młynówki (Rózkowski 2006).

Wartości odpływu jednostkowego (dm³/s·km²) dla zlewni Sąspówki, o powierzchni 13,6 km² w kolejnych seriach pomiarowych kształtowały się na poziomie: 12,6 (czerwiec 2011 r.), 14,5 (lipiec 2011 r.), 13,0 (wrzesień 2011 r.), 10,0 (styczeń 2012 r.) i 7,3 (marzec 2012 r.), średnio 11,5 dm³/s·km². Odpływ jednostkowy w okresie czerwiec – wrzesień był podobny, natomiast w sezonie zimowym wartość odpływu była nawet o połowę niższa niż latem. Pomiary natężenia przepływu wody w Sąspówce miały wyłącznie charakter chwilowy. Ocena odnawialności zasobów wód podziemnych w zlewni Sąspówki wymaga numerycznych badań modelowych.

WŁASNOŚCI FIZYKOCHEMICZNE I CHEMIZM WÓD SĄSPÓWKI

Własności fizykochemiczne wód Sąspówki były badane w siedmiu punktach (ryc. 1, tab. 10). Temperatura wody w okresie badań wahała się od 0°C do 13°C, przyjmując średnią wartość około 8°C. Woda w potoku wyraźnie reaguje na zmiany temperatury powietrza. Najniższą temperaturę wody stwierdzono w punkcie nr 18 za Warzechówką w styczniu 2012 r. w warunkach obecności pokrywy lodowej na potoku. Zwarta pokrywa lodowa występowała od rejonu Warzechówki do ujścia źródła „Ruskiego”, które wyprowadzało cieplejsze wody. Powyżej koryto było częściowo pokryte lodem. Najwyższą temperaturę stwierdzono w czerwcu 2011 r. w profilu na końcu Sąspowa. W obszarach wzmoczonego zasilania krenologicznego wody Sąspówki są względnie cieplejsze zimą i względnie chłodniejsze latem.

Odczyn pH wód w potoku zmieniał się w zakresie 6,65–8,19. Najwyższe wartości pH pomierzono w czerwcu 2011 r., a najniższe we wrześniu. Odczyn wód potoku jest wyższy niż w wodach źródeł, stąd obniżał się po wzmocnionym zasilaniu krenologicznym. PEW w wodach potoku mieści się w przedziale 389–676 μS/cm, co odpowiada mineralizacji 236–410 mg/dm³. Wartości PEW w wodach potoku są niższe niż w wodach źródeł. Najniższe wartości odnotowano we wrześniu 2011 r., a najwyższe w styczniu 2012 r. Wielkości PEW w wodzie obniżają się wzdłuż biegu potoku i są najniższe przed odpływem Młynówki, co dokumentuje proces samooczyszczania się Sąspówki w obszarze chronionym OPN, w warunkach ograniczonej antropopresji i zwiększonego natężenia przepływu wody w cieku. Nieznaczny wzrost PEW przed ujściem Sąspówki do Prądnika może być związany z oddziaływaniem antropogenicznym Ojcowa. Potencjał redox w wodach potoku zmienia się w granicach 126–338 mV, osiągając wartości najniższe we wrześniu 2011 r., a maksymalne w marcu 2012 r. Zawartość tlenu w wodach Sąspówki zmienia się od 3,1–14,7 mg/dm³. Wartości najniższe stwierdzono w okresie zimowym, kiedy znaczna część potoku była pokryta lodem. Największe natlenienie wód miało miejsce w lipcu i wrześniu 2011 r., co mogło wynikać z dużego natężenia przepływu wody w potoku.

Tabela 10. Własności fizykochemiczne wód Sąspówki badane w okresie 06.2011–03.2012

Table 10. Physico-chemical properties of Sąspówka stream water analyzed from June 2011 to March 2012

Nr	Punkt pomiarowy Study point	Data – Date	pH	PEW [μ S/ cm]	Eh [mV]	O ₂ [%/mg/dm ³]	T. wody [°C]	T. pow. [°C]
11	Sąspówka po dopływie źr. „Z Bunkra I”	26.09.2011	7,02	0,473	177	88/9,5	10,3	14,1
		28.01.2012	6,77	0,617	217	42/5	6,5	-7,8
		29.03.2012	6,96	0,650	338	82,5/9,61	8,0	6,2
14	Sąspówka na końcu Sąspowa	6.06.2011	8,04	0,608	174	93,8/9,71	12,8	29,0
		25–27.07.2011	7,85	0,592	244	72/7,5	11,2	14,8
		26.09.2011	7,77	0,572	158	90/9,5	11,0	13,8
		28.01.2012	7,34	0,645	187	40/5,4	1,2	-6,1
17	Sąspówka naprzeciwko obserwatorium PAN	25–27.07.2011	7,76	0,472	–	141/14,8	11,0	16,0
		26.09.2011	7,63	0,498	136	90/9,8	10,2	13,4
		28.01.2012	6,93	0,597	182	36/5,05	0,4	-6,3
		29.03.2012	7,62	0,623	294	79/9,21	7,4	9,0
18	Sąspówka za Warzechówką	25–27.07.2011	8,19	0,467	175	143/14,7	11,9	18,0
		26.09.2011	7,83	0,503	202	93,6/9,97	11,3	14,2
		28.01.2012	7,17	0,490	168	22/3,1	-0,1	-6,0
		29.03.2012	7,55	0,613	271	31,3/3,58	7,6	8,9
19	Sąspówka po dopływie źr. "Spod Graba"	6.06.2011	7,14	0,508	192	118,3/12,68	11,7	16,0
		25–27.07.2011	7,31	0,412	194	116/12,7	9,7	16,3
		26.09.2011	7,15	0,389	259	84,3/9,38	9,6	15,9
		28.01.2012	6,91	0,516	169	41/5,1	4,8	-5,0
		29.03.2012	7,04	0,530	261	82,8/9,36	8,2	9,6
20	Sąspówka przed odpływem Młynówki	6.06.2011	7,57	0,506	178	135,6/14,35	10,8	16,4
		25–27.07.2011	7,67	0,391	205	67/7,3	9,6	18,0
		26.09.2011	7,27	0,406	157	87/9,72	9,5	18,9
		28.01.2012	7,02	0,519	168	43/5,4	4,5	-4,5
		29.03.2012	7,48	0,551	280	81,5/9,23	8,2	8,5
21	Sąspówka przed ujściem do Prądnika	6.06.2011	7,75	0,503	153	86,4/9,11	11,1	18,3
		25–27.07.2011	7,62	0,439	232	93/10	10,0	15,0
		26.09.2011	6,65	0,418	126	88,7/9,83	9,9	16,7
		28.01.2012	7,21	0,570	170	40/5,2	3,0	-6
		29.03.2012	7,41	0,540	269	71,9/8,19	8,1	9,7

Obecność zalewisk utworzonych przez bobry może być przyczyną obniżenia zawartości tlenu w wodzie (warunki sprzyjające eutrofizacji) oraz zmian termiki wód poniżej tamy bobrowej za Warzechówką (punkt pomiarowy nr 18).

W marcu 2012 r., zostały pobrane trzy próbki wody do analiz chemicznych z punktów pomiarowych: na końcu Sąspowa, za Warzechówką (punkt pomiarowy nr 18), przed odpływem Młynówki (tab. 7). Skład chemiczny wód Sąspówki jest zbliżony do chemizmu wód źródeł. W wodach Sąspówki są obecne fluorki (0,028–0,036 mg/ dm³), azotyny (do 0,042 mg/dm³) oraz fosforany (w obrębie Sąspowa – w ilości 0,094 mg/ dm³). Wartości

większości wskaźników fizykochemicznych jak i zawartości jonów w wodzie, z wyjątkiem NH_4 , maleją w kolejnych profilach pomiarowych. Sytuacja ta wynika ze zmiany zagospodarowania terenu i warunków krążenia wód podziemnych. W górnym biegu Sąspówki mamy do czynienia z antropopresją związaną z osadnictwem wiejskim i gospodarką rolną. W niższym biegu potok wpływa na obszar OPN, następuje wzmożone zasilanie korytowe oraz ze źródeł, powodujące rozcieńczenie obecnych w potoku substancji. Stan chemiczny wód ulega poprawie. Własności fizykochemiczne oraz stężenia większości składników w wodach na całej długości potoku, według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9.11.2011 r. mieszczą się w I klasie jakości. Stężenie azotanów w wodzie przekraczają zawartości dla klasy II na końcu Sąspowa, a w profilach pomiarowych – za Warzechówką (punkt pomiarowy nr 18) i przed odpływem Młynówki klasyfikują badane wody do II klasy jakości.

Wielkość spływu jonowego dla zlewni Sąspówki, obliczona metodą hydrometryczną dla pomiarów z marca 2012 r., wynosi 1240 t/rok. Około 90% transportowanego ładunku stanowią jony HCO_3 i Ca. Wielkość denudacji chemicznej dla obszaru zlewni Sąspówki wynosiłaby 91,2 t/rok·km², co odpowiada 33,8 mm/1000 lat, i jest wyższa od publikowanych wartości dla obszaru WKC 15,4–24,7 m³/km²·rok (Pulina, 1992; Tyc, 1997; Kostrakiewicz, 1999; Rózkowski, 2006). Należy ją traktować jako orientacyjną i wymaga ona zweryfikowania przez dłuższy ciąg pomiarowy.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Źródła w Dolinie Sąspowskiej, głównie descenzyjne i podboczowe, drenują szczelinowo – krasowy poziom wodonośny jury górnej. Kierunki wypływu wód (źródło Pod Kościołem 150°, źródło Janusza 70°, źródło Ruskie 320°, źródło Filipowskiego 10°, źródło Harcerza 280°) nawiązują do głównych kierunków spękań ciosowych stwierdzonych w wapieniach górnourajskich Wyżyny Krakowskiej. Wydajność badanej populacji źródeł w roku hydrologicznym 2011/2012 mieściła się w zakresie 0,5–25 dm³/s. Wartości wskaźnika zmienności rocznej (R) kwalifikowały źródło „Pod Kościołem” do kategorii źródeł stałych (R = 1,62), „Harcerza” do źródeł zmiennych (R = 15,16), pozostałe do źródeł mało zmiennych (R od 2,60 do 5,25).

Wody badanych źródeł są słodkie (mineralizacja od 220 do 490 mg/ dm³), typu HCO_3 -Ca, słabokwaśne i słabozasadowe (pH 6,3–7,4), termicznie zwykłe (8,0–10°C), a zawartość w nich tlenu jest typowa dla wód gruntowych (4–14 mg/ dm³). Dominacja procesu rozpuszczania skał węglanowych warunkuje wysokie stężenia jonów Ca (83–115 mg/ dm³) i HCO_3 (253–311 mg/ dm³) w wodach źródłanych. Udział pozostałych jonów jest drugorzędny (Mg 1,4–3,7 mg/dm³; Na 4,3–13,7 mg/dm³; K 1,0–3,7 mg/ dm³; NH_4 0,0–0,3 mg/ dm³; Cl 7–23 mg/ dm³; SO_4 2–30 mg/ dm³; NO_3 9–30 mg/ dm³). Wielkość spływu jonowego badanych źródeł, obliczona w oparciu o pomierzone w marcu 2012 r. wydajności źródeł oraz wyniki badań chemizmu, wynosiła: źródło „Z Bunkra I” – 7,6 t/rok, „Pod Kościołem” – 44,6 t/rok, „Janusza” – 89,3 t/rok, „Ruskie” – 144,4 t/rok, „Filipowskiego” – 87,3 t/rok, „Harcerza” – 11,5 t/rok. 78–90% transportowanego przez wodę ładunku stanowią jony HCO_3 i Ca.



Ryc. 3. Dolina Saspowska w Ojcowskim Parku Narodowym. Fot. J. Partyka

Fig. 3. Saspówka Valley in the Ojców National Park. Photo by J. Partyka

Jakość wód badanych źródeł nawiązuje do charakteru użytkowania obszaru. Dominują wody II i III klasy jakości. Podwyższone stężenia azotanów w wodzie występują w Saspowie i decydują o jakości wód źródłanych w obszarze wiejskim. Pod względem przydatności do spożycia przez ludzi żaden ze składników w wodach badanych źródeł nie przekracza wartości dopuszczalnych.

Saspówka jest potokiem płynącym w głębokim jarze krasowym (ryc. 3). Zasilana jest w znaczącym stopniu przez badane źródła – w roku hydrologicznym 2011/2012 w ilości około 45–95 dm³/s, przy pomierzonych natężeniach przepływu w przekroju kluczowym (powyżej jazu odprowadzającego wodę do Młynówki) wynoszących, w zależności od natężenia zasilania, od 99 do 197 dm³/s. Lokalnie zaznacza się infiltracja wód potoku w podłoże. W dwóch miejscach na korycie Saspówki znajdują się siedliska bobrów, przed którymi utworzyły się zalewiska. Na podstawie dotychczasowych obserwacji można wnioskować, że istnieje powiązanie między zwiększoną retencją powierzchniową spowodowaną działalnością bobrów a ucieczkami wody do górotworu. Badania ilościowe tego zjawiska wymagałyby przynajmniej kilkuletnich obserwacji i badań hydrometeorologicznych. Natężenie przepływu w Saspówce wzrastające umiarkowanie do Warzechówki (do punktu pomiarowego nr 18) do poziomu 20–50 dm³/s, w dolnym biegu dynamicznie wzrasta do 100–200 dm³/s, co można wiązać zarówno z zasilaniem ze źródeł descenzyjnych, jak i z

głębszego systemu przepływu w strefach dyslokacji tektonicznych. Reakcja przepływu w cieką na opady atmosferyczne jest bardzo szybka, zwłaszcza na lipcowe ulewy. Rok hydrologiczny 2011/2012 nie był typowy, charakteryzował się bardzo niskimi temperaturami powietrza w lutym i niewielką retencją śnieżną. Dominowało zasilanie gruntowe Sąspówki w warunkach obniżającego się zwierciadła wód podziemnych. Stąd w środkowym i dolnym biegu potoku pomierzono niższe wartości przepływu w cieką w marcu w porównaniu ze styczniem 2012 r. Średnia roczna wartość odpływu jednostkowego dla badanej zlewni, obliczona na podstawie uzyskanych wyników badań sezonowych wynosiła $11,5 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$.

Skład chemiczny wód Sąspówki nawiązuje do chemizmu wód źródeł i charakteru zagospodarowania obszaru. Różnicą jest obecność w wodach Sąspówki fluorków, azotanów oraz fosforanów. Własności fizykochemiczne oraz stężenia większości składników w wodach na całej długości potoku zawierają się w I klasie jakości. Stężenie azotanów w wodzie przekraczają zawartości dla klasy II w Sąspowie, a w profilach pomiarowych – nr 18 i przed odpływem Młynówki klasyfikują badane wody do II klasy jakości. Wielkość spływu jonowego dla zlewni Sąspówki obliczona metodą hydrometryczną, na podstawie pomiarów wielkości przepływu w cieką oraz analiz chemicznych wód wykonanych w marcu 2012 r., wynosi 1240 t/rok, denudacji chemicznej $91,2 \text{ t}/\text{rok}\cdot\text{km}^2$, co odpowiada $33,8 \text{ mm}/1000 \text{ lat}$. Należy ją traktować jako orientacyjną i wymaga ona zweryfikowania przez dłuższy ciąg pomiarowy, na co wskazują znacznie niższe wartości przepływów wód w potoku Sąspówka z okresu 07.1987–10.1990, obliczone w oparciu o wskazania stanów wody rejestrowanych przez limnigrafy (Suliński i in. 2001).

Dla kompleksowego rozpoznania warunków hydrogeologicznych w zlewni Sąspówki niezbędne jest wykonanie numerycznych badań modelowych i w efekcie ocena odnawialności i zasobów wód poziomu górnojurajskiego. Pomocne w tym celu byłoby wprowadzenie specjalistycznego oprzyrządowania zlewni umożliwiającego ciągłą rejestrację natężenia przepływu cieką, a także wykorzystanie danych z istniejących automatycznych stacji opadowych. Należałoby również prowadzić regularne i szczegółowe pomiary położenia zwierciadła wody w okolicznych studniach oraz pomiary wydajności wybranych źródeł. Z rejestracjami wielkości opadów, stanu wód podziemnych i powierzchniowych powinny być skorelowane badania chemizmu wód.

PIŚMIENNICTWO

Alexandrowicz S. W., Wilk Z. 1962. *Budowa geologiczna i źródła doliny Prądnika w Ojcowskim Parku Narodowym*. „Ochrona Przyrody”, **28**: 187–210.

Baścik M., Partyka J. 2011. *Wody na Wyżynach Olkuskiej i Miechowskiej. Zlewnie Prądnika, Dłubni i Szreniawy*. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ. OPN. Kraków-Ojców, ss. 104.

Chełmicki W. (red.). 2001. *Źródła Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej. Zmiany w latach 1973-2000*. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ. Kraków, ss. 127.

Dowgiałło J., Kleczkowski A. S., Macioszczyk T., Rózkowski A. (red.). 2002. *Słownik hydrogeologiczny*. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa, ss. 461.

Dynowska I. 1983. *Źródła Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej*. „Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej”, **9**: 1–244.

Gradziński M., Stworzewicz E., Ślusarz M. 2011. *Odstonięcie martwicy wapiennej [w dolinie Sąspowskiej]*, [w:] *Materiały 45 Sympozjum Speleologicznego w Ojcowie*, red. M. Gradziński, J. Partyka, J. Urban. Sekcja Speleologiczna Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika. Kraków, s. 18.

Klasa A., Partyka J. 2008. *Czy bobry spowodowały zanik wody w środkowym biegu Sąspówki w Ojcowskim Parku Narodowym?* „Parki Narodowe”, **1**: 19–21.

Klasa A., Partyka J. 2009. *Stanowiska bobrów europejskich *Castor fiber* L. w Dolinie Sąspowskiej (Ojcowski Park Narodowy) w latach 2005–2007 w porównaniu z latami 1985–1992*. „Parki Narodowe i Rezerwy Przyrody”, **28**: 83–96.

Kleczkowski A. S. 1972. *Wody powierzchniowe i podziemne Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej*. „Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej”, **1**: 31–67.

Kostrakiewicz L. 1999. *Denudacja chemiczna skał węglanowych na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego i obrzeża*. „Chrońmy Przyrodę Ojczystą”, **55**, 6: 55–68.

Pawlik O. 1998. *Wybrane problemy hydrologiczne rejonu Ojcowskiego Parku Narodowego*. Praca magisterska. Archiwum Wydziału Nauk o Ziemi UŚ. Sosnowiec, ss. 244.

Pulina M. 1992. *Denudacja krasowa*, [w:] *Metody hydrochemiczne w geomorfologii dynamicznej. Wybrane problemy*, red. A. Kostrzewski, M. Pulina. Wyd. UŚ-UAM. Poznań – Katowice, s. 16–39.

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 29 marca 2007 w sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz. U. 2007 nr 61, poz. 417).

Rozporządzenia Ministra Środowiska z 23 lipca 2008 roku w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych. Dz. U. 2008 nr 143, poz. 896).

Rozporządzenia Ministra Środowiska z 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu kwalifikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. Dz. U. 2011 nr 257, poz. 1545).

Rózkowski A. red. 1990. *Szczelinowo-krasowe zbiorniki wód podziemnych Monokliny Śląsko – Krakowskiej i problemy ich ochrony*. Podprogram CPBP 04.10. Ochrona i kształtowanie środowiska przyrodniczego. Z. **57**. Wyd. SGGW-AR. Warszawa, ss. 123.

Rózkowski J. 1996. *Przeobrażenia składu chemicznego wód krasowych południowej części Wyżyny Krakowskiej (zlewnia Rudawy i Prądnika)*. Wyd. UŚ. Katowice, ss. 108.

Rózkowski J. 1997. *Mapa hydrogeologiczna Polski 1: 50 000, arkusz Skala*. PiG. Warszawa.

Rózkowski J. 2006. *Wody podziemne utworów węglanowych południowej części Jury Krakowsko-Częstochowskiej i problemy ich ochrony*. „Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego”, **2430**: 1–263.

Siwek J. 2004. *Źródła w zlewniach Prądnika, Dłubni i Szreniawy. Naturalne i antropogeniczne uwarunkowania jakości wód*. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ. Kraków, ss. 98.

Suliński J., Owsiak K., Sułkowski S. 2001. *Odływ wody ze zlewni potoku Sąspówka w Ojcowskim Parku Narodowym*, [w:] *Badania naukowe w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej*, red. J. Partyka. Ojców, s. 106–108.

Świergolik K. 2012. *Warunki hydrologiczne w obszarze krasowym zlewni Sąspówki (Wyżyna Krakowska)*. Praca magisterska. Archiwum Wydziału Nauk o Ziemi UŚ. Sosnowiec, 135 s.

Tyc A. 1997. *Wpływ antropopresji na procesy krasowe Wyżyny Śląsko-Krakowskiej na przykładzie obszaru Olkusz–Zawiercie*. „Kras i Speleologia”, [nr specjalny], 2: 1–176.

SUMMARY

A hydrologic study of the Sąspówka Stream drainage basin in Ojców National Park and its protection zone was carried out in the hydrologic year 2011/2012. Hydrologic mapping, seasonal measurements of the flow intensity and physico-chemical properties of the water from 6 springs and 7 points on flow courses and a one-time complete analysis of water chemical composition were done. Springs in the Sąspówka Valley drain a fracture-karstic Upper Jurassic aquifer. In 2011/2012 the yield of the springs was from 0.5 to 25 dm³ and they were mostly low variable springs (R from 2.60 to 5.25). The water of the springs is of the HCO₃-Ca chemical type (concentration of Ca in water is 80–115 mg/dm³ and HCO₃ is 253–311 mg/dm³). It is freshwater (conductivity PEW: 360–800 μS/cm), low acid or low alkaline (pH: 6.3–7.4) and, taking into account the temperature (8.0–10°C), common. The approximate quantity of ionic downflow of particular springs ranges from 8 to 144 t/year (measurement from March 2012). The quality of the spring water is dependent on the management of the area. The water of the second and third classes of water quality is dominant when a rising nitrate concentration is taken into account. The Sąspówka Stream flows through a karstic canyon. The intensity of the flow in the Sąspówka Stream measured before the Młynówka outflow was 99–197 dm³/s. The Sąspówka is recharged by the investigated surface springs in an amount of about 45–95 dm³/s, and is also recharged by submerged springs. Locally, the infiltration of stream water into the bed can be observed. This is connected with the karstic structure of the formation and probably changes in the water environment due to the activity of beavers. The average annual value of specific underground runoff for the Sąspówka catchment was 11.5 dm³.km². The value of ionic downflow calculated using the hydrometric method was 1240 t/year and the approximate amount of chemical denudation was 91.2 t/year.km². The chemical composition of the Sąspówka Stream water is connected with the chemistry of spring water and the management of the area. Numerical model tests would be necessary in order to provide the comprehensive characterization of hydrogeologic conditions in the Sąspówka Stream catchment.