

ZMIANY WYDAJNOŚCI ŹRÓDEŁ W WIERZCHOWISKACH W LATACH 1970–2012 (ROZTOCZE ZACHODNIE)

CHANGES IN SPRING DISCHARGE IN WIERZCHOWISKA IN THE YEARS 1970–2012 (WESTERN ROZTOCZE)

ZDZISŁAW MICHALCZYK¹, ŁUKASZ CHABUDZIŃSKI²

Abstrakt. W opracowaniu przedstawiono zmiany wydajności dwu zespołów źródeł w Wierzchowiskach, położonych na obszarze Roztocza Zachodniego, dających początek górnej Sannie. Podstawą opracowania były własne pomiary wydajności wykonywane od 1970 r., uzupełnione danymi publikowanymi. Średnia wydajność, obliczona z ponad 190 pomiarów wykonanych w latach 1959–2012, wynosiła w źródłach Dworskich $48,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a w Stokach $128,7 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Zmiany wydajności obu źródeł były zbliżone, z dominacją rytmu wieloletniego. Reakcja źródeł na zasilanie, podobnie jak i stanów wód podziemnych poziomu roztoczańskiego, następuje po dłuższym okresie występowania wysokich lub niskich opadów atmosferycznych. W ujęciu miesięcznym, nie stwierdzono bezpośrednich relacji między zasilaniem i wydajnością źródeł. Jest to efekt powolnego przepływu wody opadowej przez grubą strefę aeracji, w której część stropową tworzą osady lessu eolicznego.

Słowa kluczowe: źródła, wydajność, dynamika, Roztocze.

Abstract. The paper presents changes in the discharge rate of two spring complexes in Wierzchowiska, Western Roztocze, which give rise to the upper Sanna River. The study was based on own measurements of discharge carried out since 1970 and complemented with published data. The mean discharge rate calculated for over 190 measurements performed in 1959–2012 was $48.0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ in the Dworskie springs and $128.7 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ in the Stoki spring. The changes in the discharge rate of both types of springs were comparable, with the dominance of a long-term rhythm. The reaction of the springs to recharge, likewise in the case of groundwater table in Roztocze, occurs after a long-term period of high or low atmospheric precipitation levels. On a monthly basis, no direct correlations were found between recharge and discharge of the springs. This was related to the slow rate of precipitation water flow through the thick aeration zone, the top part of which is represented by aeolian loess sediments.

Key words: springs, discharge, dynamics, Roztocze.

WSTĘP

Obszar Roztocza Zachodniego charakteryzuje się występowaniem źródeł o dużej wydajności, zasilanych wodami krążącymi w skałach węglanowych kredy górnej. Są to, po wywierzyskach tatrzańskich, najwydajniejsze źródła w Polsce (Chełmicki i in., 2011). Spełniają one istotną rolę w kształtowaniu zasobów wodnych rzek Roztocza, szcze-

gólnie w ich górnych odcinkach, dostarczając w okresach bezopadowych niemal 100% wody płynącej. W zależności od uwarunkowań geologicznych, tworzą one kilkukilometrowe strefy licznych wypływów o małej wydajności. Źródła funkcjonują jako pojedyncze obiekty o dużym wydatku lub tworzą zespoły blisko położonych pojedynczych

¹ Uniwersytet Marii-Skłodowskiej Curie, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej, Zakład Hydrologii, ul. Kraśnicka 2c, d, 20-718 Lublin; e-mail: zdzislaw.michalczyk@umcs.lublin.pl

² Uniwersytet Marii-Skłodowskiej Curie, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej, Pracownia Geoinformacji, ul. Kraśnicka 2c, d, 20-718 Lublin; e-mail: lchabudzinski@gmail.com

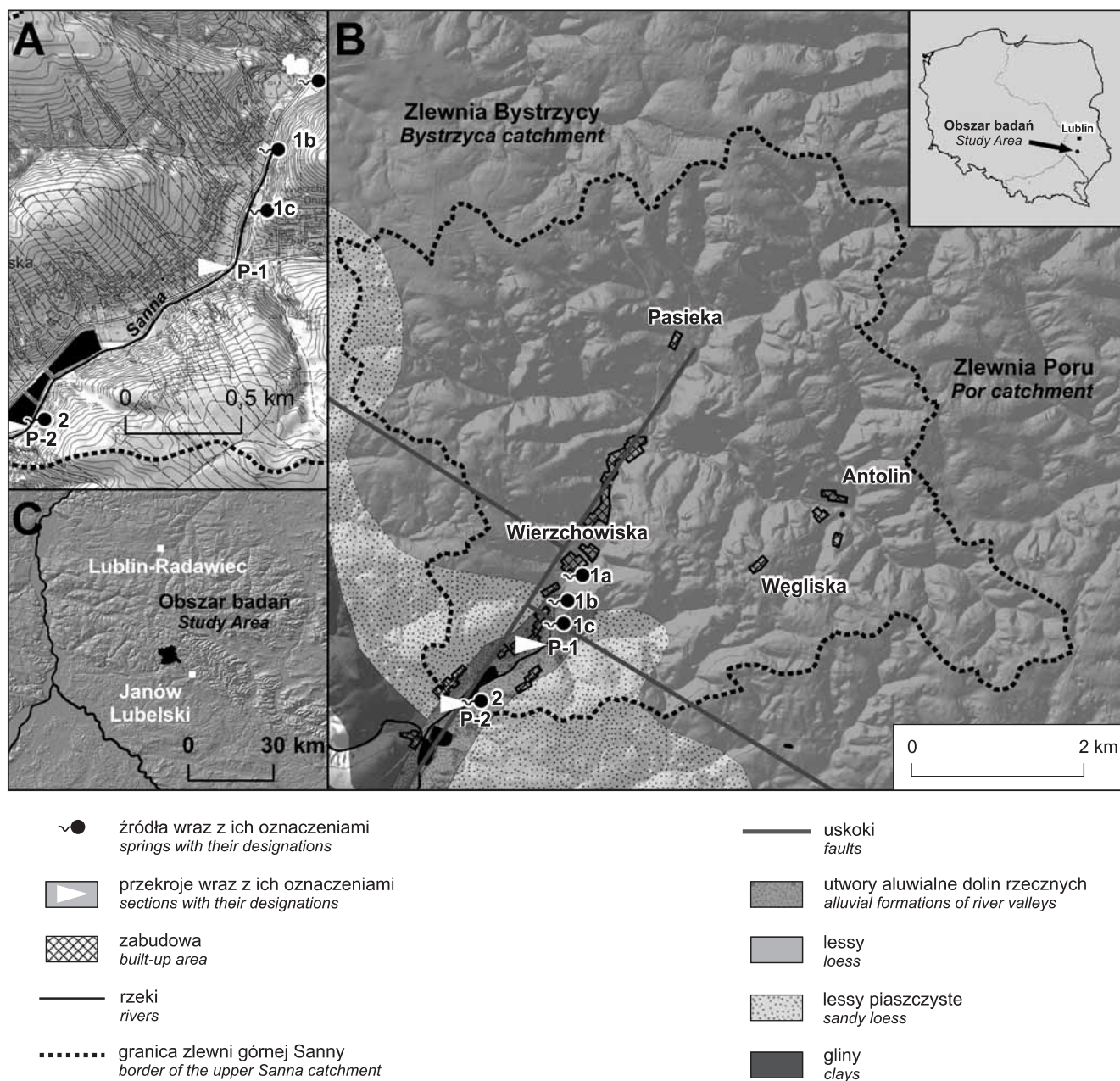
obiektów cechujących się zróżnicowaną wydajnością (Michalczyk, 1993, 1996). Jednym z takich zespołów są wypływy szczelinowo-warstwowe znajdujące się w Wierzchowiskach, które dają początek Sannie. Jest to rzeka II-rzędu, która odwadnia południowo-zachodni skłon Roz-

tocza Zachodniego, charakteryzujący się skomplikowanymi warunkami występowania i krążenia wód podziemnych. Celem niniejszego opracowania jest charakterystyka dynamiki i reżimu wydajności źródeł górnej Sanny wraz z oceną czynników decydujących o ich wieloletniej zmienności.

METODY BADAŃ

Źródła w Wierzchowiskach mają jedną z najdłuższych serii obserwacyjnych na Wyżynie Lubelskiej i Roztoczu. Pierwsze dane, dotyczące ich wydajności, pochodzą z 1959 r. i zostały przedstawione w opracowaniu „Wody podziemne kredy

lubelskiej” (Paczyński i in., 1965). Systematyczne pomiary wydajności źródła rozpoczęte w 1970 r., są prowadzone do chwili obecnej (Michalczyk, 1983, 1996; Chabudziński, 2009). Ze względu na warunki terenowe oraz zróżnicowaną



wydajność źródeł, pomiary wykonywano w dwóch przekrojach młynkiem hydrometrycznym. Jeden z nich P-1, znajdował się na rzece Sannie i odzwierciedlał sumaryczną wydajność źródeł Dworskich oznaczonych nr 1a, 1b, 1c (fig. 1), natomiast drugi P-2 został zlokalizowany na odpływie ze źródła Stoki – nr 2 (fig. 1). W latach 1970–1977, 2000, 2005–2007 i 2010–2012 w tych przekrojach niemal każdego miesiąca były wykonywane pomiary ilości płynącej wody.

W celu określenia szczegółowych zmian wydajności źródeł Dworskich w latach 1970–1974 prowadzono codzienne odczyty stanów wody na wodowskazie założonym w profilu P-1 (fig. 1). Ponadto, każdego roku w latach 1990–2005, w okresie późnej wiosny, były wykonywane przez pracowników Zakładu Hydrologii UMCS, kontrolne pomiary wydajności źródeł w przekrojach P-1 oraz P-2.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU

Podłoże skalne roztoczańskiej zlewni Sanny, w tym warstwę wodonośną, tworzą opoki i wapienie kampanu oraz opoki i gezy mastrychtu, a lokalnie również wapienie neogeńskie (Malinowski 1974; Malinowski, Mojski, 1978). Skały wieku kredowego odsłaniają się w dnach głębokich rozcięć erozyjnych zlewni górnej Sanny w Wierchowiskach oraz w niszach źródłiskowych. Na skałach węglanowych zalega warstwa osadów czwartorzędowych o zróżnicowanej miąższości (maksymalnie do kilkunastu metrów). Na powierzchni terenu dominują lessy oraz utwory lessopodobne, które przykrywają zarówno skały węglanowe, jak i gliny zwałowe, stwierdzone lokalnie w strefie działu wodnego Sanny i Bystrzycy

(fig. 1B). Głębokość występowania pierwszego i zarazem głównego – roztoczańskiego poziomu wód podziemnych – zmienia się od kilku metrów, w strefach dna doliny rzecznej, do 60–70 m, w obszarach wierchowinowych. Zwierciadło wody w dnie doliny górnej Sanny utrzymuje się na wysokości około 220 m n.p.m., a w strefie działu wodnego wzrasta do 260 m n.p.m. Jest nachylone do den suchych dolin oraz do doliny rzecznej, do której jest kierowany podziemny spływ wody. W świetle badań hydrogeologicznych prędkość przepływu wody podziemnej zmienia się od kilku (w strefach wododziałowych) do kilkudziesięciu (strefy dolin) metrów na dobę (Malinowski, 1974).

CHARAKTERYSTYKA ŹRÓDEŁ

Pierwszy, najwyżej położony wypływ wody podziemnej nr 1a (fig. 1), znajduje się na wysokości 225 m n.p.m. Woda podziemna wypływa okresowo, raz na kilkanaście lat, tylko w czasie bardzo wysokich stanów wód podziemnych. Źródła nr 1b i 1c znajdują się pod stromym zboczem doliny, w pobliżu szkoły w Wierchowiskach. Woda wypływa w niszach źródłanych oddalonych od siebie o około 300 m (1b i 1c na fig. 1A), znajdujących się na wysokości 223 i 224 m n.p.m. Wypływ następuje ze szczelin w opokach oraz z piasku, pokrywającego dna nisz źródłiskowych. W drugiej połowie XX wieku największa ilość wody wypływała ze źródła 1c, co stanowiło ponad 90% sumarycznej wydajności. W ostatnich latach wypływ 1b jest bardziej wydajny i daje obecnie niemal 80% sumarycznej wydajności zespołu źródeł Dwor-

skich w profilu P-1. Około 1,2 km poniżej pierwszych wypływów znajduje się, pod stromym zboczem o ekspozycji północnej, najwydajniejsze źródło – Stoki, oznaczone nr 2 (fig. 1). Na wysokości około 220 m n.p.m., w wydłużonej niszy, na odcinku około 60 m, są skupione w 10 grupach szczelinowe wypływy wody. Ponadto, okresowo woda podziemna wydobywa się z wypływów pulsujących, znajdujących się w dnie niszy. Poniżej źródła tworzy się strumień o długości 80 m zasilający górną Sannę, na którym został zlokalizowany przekrój pomiarowy P-2. Położenie źródeł nawiązuje do przebiegu głównych elementów rzeźby terenu oraz tektoniki, co uwidacznia się w ich położeniu w pobliżu ujęć długich suchych dolin, które zostały wypreparowane w strefach spękań skał podłoża.

WYDAJNOŚĆ ŹRÓDEŁ

Na figurach 2, 3 zestawiono miesięczne pomiary wydajności źródeł Dworskich i Stoki za dwa wybrane okresy ośmioletnie, a dane charakterystyczne zamieszczono w tabeli 1. Wyniki pomiarów natomiast z całego okresu badań, wykonywanych późną wiosną, zestawiono na figurze 4.

W latach 1970–2012 minimalne wydajności zarejestrowano w 1991 r. w źródle Stoki – $48,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, natomiast ze źródeł Dworskich nie było w tym czasie odpływu. Był to okres bardzo niskich stanów wód podziemnych, związany z niskim zasilaniem atmosferycznym w latach 1988–1992. Wydajności maksymalne wystąpiły w letnich miesiącach 2000 r. i wyno-

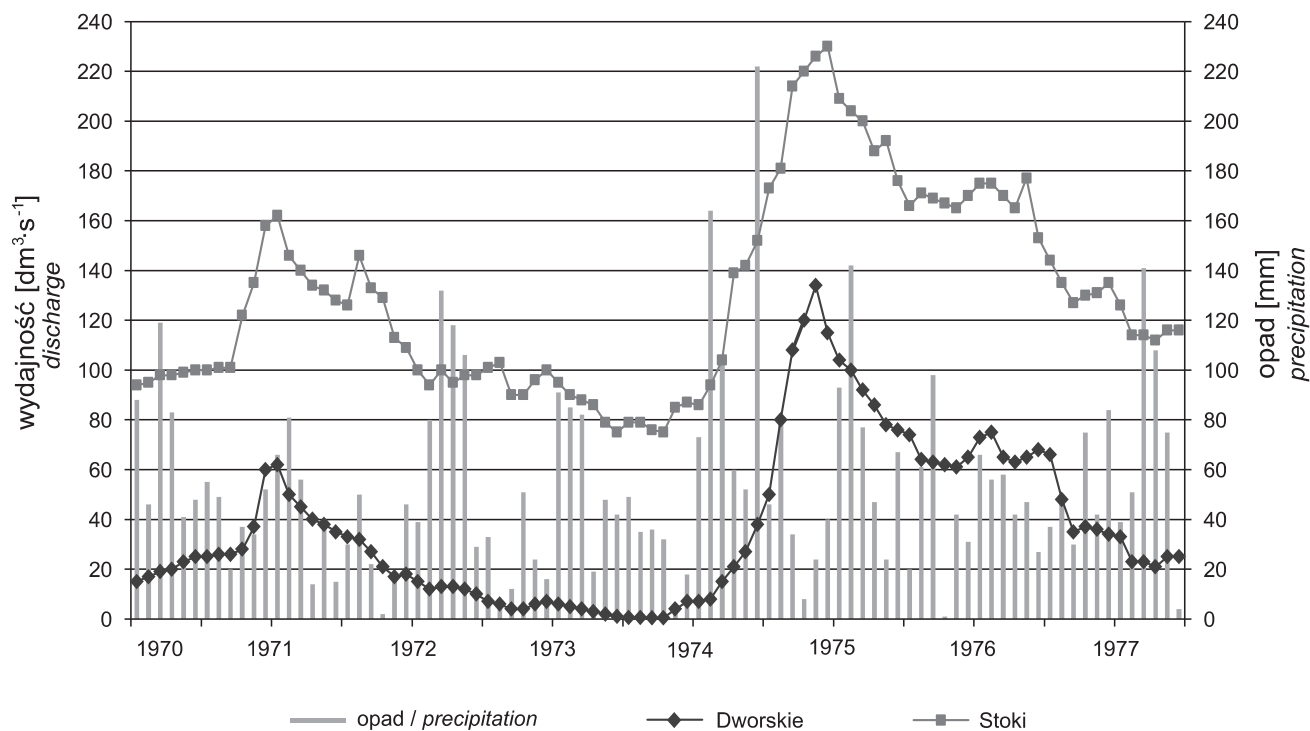


Fig. 2. Miesięczne wydajności [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] źródeł w Wierzchowiskach w latach 1970–1977 na tle opadów [mm] ze stacji Janów Lubelski

Monthly discharge rates [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] of springs in Wierzchowiska in 1970–1977 in relation to precipitation [mm] recorded at the Janów Lubelski weather station

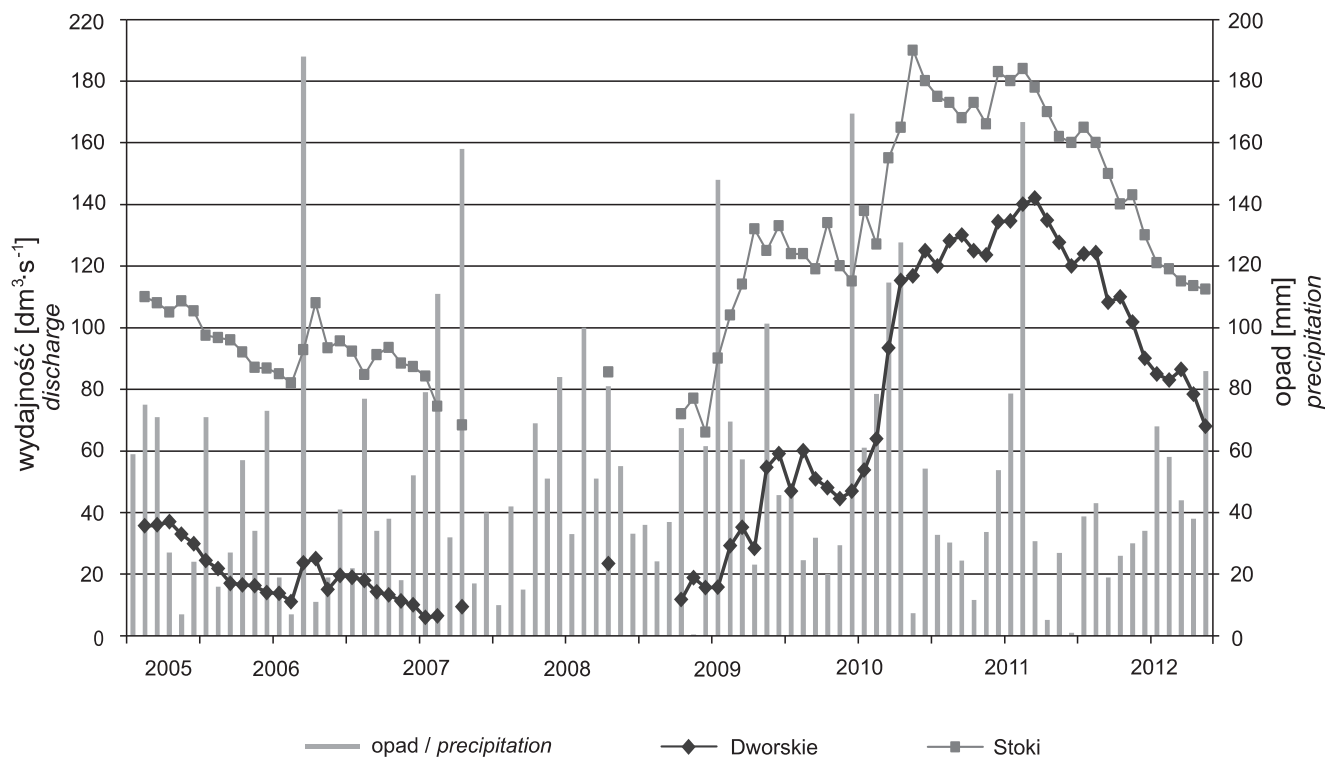


Fig. 3. Miesięczne wydajności [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] źródeł w Wierzchowiskach w latach 2005–2012 na tle opadów [mm] ze stacji Lublin–Radawiec

Monthly spring discharge rates [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] in Wierzchowiska in 2005–2012 in relation to precipitation [mm] recorded at the Lublin–Radawiec weather station

Tabela 1

Charakterystyczne wydajności źródeł w Wierchowiskach [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
 Typical spring discharge rates in Wierchowiska [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

Wydajność	Dworskie			Stoki		
	1970–1977 <i>n</i> = 90	2005–2012 <i>n</i> = 77	1959–2012 <i>n</i> = 192	1970–1977 <i>n</i> = 90	2005–2012 <i>n</i> = 77	1959–2012 <i>n</i> = 195
Średnia	37,2	62,0	48,0	122,1	130,1	128,7
Minimalna	0,4	5,9	0,0	66,0	75,0	48,4
Maksymalna	134,0	142,0	198,0	190,0	230,0	241,3

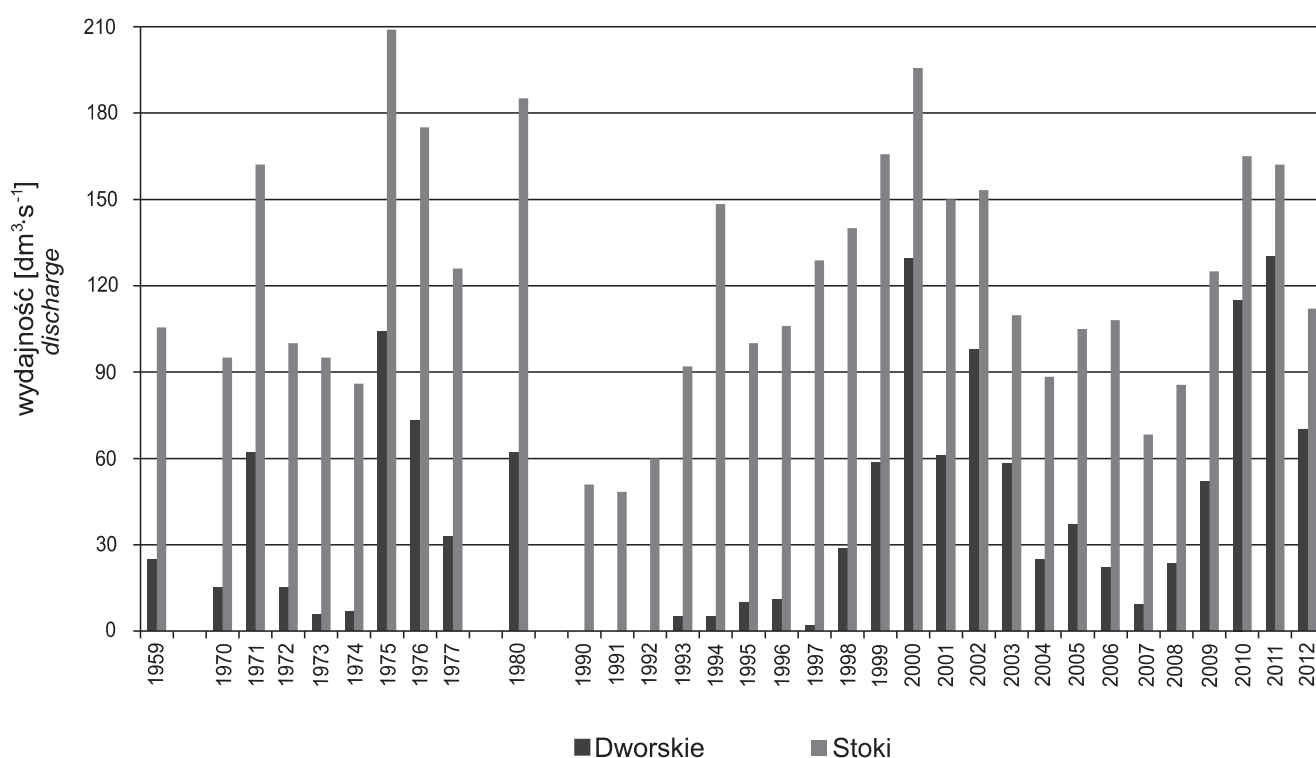


Fig. 4. Zestawienie corocznych pomiarów wydajności źródeł w Wierchowiskach wykonywanych w okresie późnej wiosny (maj/czerwiec) [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

Summary of annual measurements of spring discharge rates in Wierchowiska performed during late spring (May/June) [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

siły odpowiednio $241,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ w źródle Stoki oraz $198,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ w źródłach Dworskich.

W pierwszym okresie pomiarów stacjonarnych, od 1970 r., notowano wzrost zasobności wodnej z maksimum w 1971 r., a w latach następnych – spadek do 1974 r. Po wyjątkowo wysokich opadach jesienią 1974 r. odnotowano w okresie wiosny 1975 r. bardzo wysokie wydajności źródeł (fig. 2). W kolejnych dwu latach wydajność zdecydowanie zmniejszała się. Od 1990 do 2000 r. stwierdzono powolny

wzrost wydajności źródeł, a w następnych latach, do 2007 r. – nierównomierne zmniejszanie się ilości wypływającej wody (fig. 4). W latach 2008–2010 wydajność wzrosła, a po 2011 r. odnotowano jej spadek. Niewątpliwie zmiany te były spowodowane wystąpieniem okresów o niskim i wysokim zasilaniu opadami atmosferycznymi (fig. 3). Terminy ich pojawiania się, podobnie jak i w Wąwolnicy, nawiązują do aktywności Słońca (Michalczyk, Turczyński, 1999).

DYSKUSJA

W ujęciu ogólnym zmiany wydajności źródeł w Wierzchowiskach, w latach 1970–1977 i 2005–2012, były zbliżone. W obu okresach zaznacza się wieloletni rytm zmian wydajności źródeł, z wystąpieniem wysokich i niskich wartości. Zarówno w latach 1970–1977, jak i 2005–2012 krzywa wzrostu wydajności była bardziej stroma niż krzywa opadania, natomiast przejście od wysokich do niskich wydajności trwało trzy lata, co wskazuje na powolne opróżnianie zbiornika wód podziemnych. W ujęciu rocznym słabo zaznacza się rytm sezonowy, nawiązujący do zwykle wyższego zasilania wód podziemnych w okresie jesienno-zimowym. Maksymalne lub minimalne wydajności źródeł były wielokrotnie obserwowane na początku lub pod koniec roku hydrologicznego – w zależności od tendencji wzrostowej lub spadkowej zmian zasobów wody podziemnej. Miesięczne sumy opadów atmosferycznych w Janowie Lubelskim (fig. 2) oraz w Radawcu (fig. 3) jednoznacznie wskazują na brak bezpośrednich relacji między zasilaniem i wydajnością źródeł. Średnie wydajności w poszczególnych okresach, szczególnie w źródłach Dworskich, bardzo się różniły. W tabeli 1 podano liczbę pomiarów oraz charakterystyczne wydajności źródeł dla analizowanych okresów oraz w całej serii danych 1959–2012. Średnia wydaj-

ność źródeł Dworskich wynosiła $48,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, przy skrajnych wartościach $0,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ oraz $198,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, co klasyfikuje je jako źródła okresowe (Pazdro, Kozerski, 1990). W źródle nr 2 – Stoki, wydajności charakterystyczne w poszczególnych seriach obserwacyjnych miały mniejszy zakres zmienności niż w Dworskich. Średnia ich wydajność wynosiła $128,7 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a współczynnik nieregularności miał wartość prawie 5. Należy zwrócić uwagę, że źródła Dworskie nie miały odpływu od maja 1990 r. do marca 1993 r., a woda stagnowała tylko w niszy źródłiskowej wypływu 1c oraz w betonie wykorzystywanym do nabierania wody. Z obserwacji wynika, że brak odpływu zarejestrowano również na początku lat sześćdziesiątych XX wieku. Źródła w Wierzchowiskach cechują się dużą zasobnością ich zlewni podziemnych. Na podstawie analizy wydajności, z okresu reżimu własnego źródła w latach 1970–1977, obliczono, że przy całkowitym braku zasilania wydajność źródeł Dworskich po upływie 1 roku zmniejszyła się czterokrotnie, a w Stokach dwukrotnie (Michalczyk, 1983). Natomiast po upływie 2,5 roku wydajność źródeł Dworskich zbliżałaby się do zera, a ze Stoków wypływałoby około $46 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, nieco mniej niż minimalna obserwowana jego wartość wydatku.

PODSUMOWANIE

Źródła w Wierzchowiskach są interesującymi obiektami badawczymi, zróżnicowanymi pod względem wydajności oraz jej dynamiki. Miejsca wypływu znajdują się nieco powyżej połączenia się doliny rzecznej i dużej bocznej formy erozyjnej, rozwiniętej w strefie spekań głębokiego podłoża.

Analiza wydajności źródeł i zasilania atmosferycznego jednoznacznie wskazuje na brak bezpośrednich prostych relacji między opadem i zasobnością wodną. Wzrost wydajności źródeł, jak również podniesienie stanów wód podziemnych poziomu roztoczańskiego, następuje po okresie wysokiego zasilania. Wydłużona reakcja stanów wód podziemnych oraz wydajności źródeł wynika z powolnego przepływu wody

przez grubą warstwę lessu. Wysokie wydajności źródeł w latach 2000, 2010 i 1975 wystąpiły z przesunięciem kilku miesięcy po wysokich opadach atmosferycznych. Z zestawionych wartości wynika prosty wieloletni rytm zmian wydajności źródeł, nawiązujący do serii lat o wysokim i niskim zasilaniu atmosferycznym. Poprawne wyznaczenie współczynnika nieregularności wydatku źródła wymaga posiadania danych z okresu niskiej i wysokiej zasobności wodnej. Przy jego szacowaniu nie należy deklaratorywnie przyjmować relatywnie krótkich okresów obserwacji, np. 3 lata z danymi każdego dnia czy 7 lat z danymi tygodniowymi, gdyż w tym czasie zmiany wydajności źródła mogą być niewielkie.

LITERATURA

- CHABUDZIŃSKI Ł., 2009 — Wydajność wybranych źródeł w strefie krawędzi Wyżyny Lubelskiej i Rostocza. *W: Zasoby i ochrona wód. Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych* (red. R. Bogdanowicz, J. Fac-Beneda): 399–402. Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- CHEŁMIŃSKI W., JOKIEL P., MICHALCZYK Z., MONIEW-SKI P., 2011 — Distribution, discharge and regional characteristics of springs in Poland. *Episodes*, **34**, 4: 244–256.
- MALINOWSKI J., 1974 — Hydrogeologia Rostocza Zachodniego. *Pr. Hydrogeol., S. spec.*, **6**: 1–91.
- MALINOWSKI J., MOJSKI J. E., 1978 — Mapa geologiczna Polski. 1:200 000. Lublin. A – Mapa utworów powierzchniowych, B – Mapa bez utworów czwartorzędowych. Wyd. Geol. (1981), Warszawa.
- MICHALCZYK Z., 1983 — Źródła Sanny w Wierzchowiskach. *Ann. UMCS, Sect. B*, **35/36**: 175–192.

- MICHALCZYK Z., 1993 — Źródła zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. Wyd. UMCS, Lublin.
- MICHALCZYK Z., 1996 — Źródła Roztocza – monografia hydrograficzna. Wyd. UMCS, Lublin.
- MICHALCZYK Z., TURCZYŃSKI M., 1999 — Charakterystyka hydrologiczna źródeł w Wąwolnicy na Wyżynie Lubelskiej. *Ann. UMCS, Sect.B*, **54**: 217–234.
- PACZYŃSKI B., JARZĄBEK-GAŁĄZKOWA H., MICHALSKA M., 1965 — Wody podziemne regionu kredy lubelskiej. Inst. Geol., Warszawa.
- PAZDRO Z., KOZERSKI B., 1990 — Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., Warszawa.

SUMMARY

The paper presents changes in the discharge rate of two spring complexes in Wierchowiska located in the upper Sanna River catchment, which collects water from the western slopes of Roztocze. Their location is associated with the course of the main elements of terrain features and tectonics. In the zone of active water exchange, the upper Sanna catchment area is composed of Campanian opokas and limestone and Maastrichtian opokas and gaizes covered with a thick loess layer. The depth to the main water table varies from several metres at the edge of the valley bottom to 60–70 m in the plateau areas. The study was based on own hydrometric measurements carried out at various frequencies since 1970 and complemented with published data. In 1970–1977 and 2005–2012, monthly measurements of flow rate were performed, and daily water levels were recorded periodically. In turn, in 1990–2005, spring efficiency was assessed during the late spring period. The mean discharge rates of the Dworskie springs (192 measurements) and the Stoki

spring (195 measurements) in 1959–2012 were $48.0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ and $128.7 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, respectively. The maximum discharge rate was recorded in 2010, and the minimum – in 1990, when the upper springs did not yield discharge. The irregularity coefficient for the discharge of the Stoki spring was 5. Owing to availability of data from the Institute of Meteorology and Water Management, the capacity of atmospheric recharge was compared for the Janów Lubelski and Lublin–Radawiec weather stations. The data collected demonstrate a long-term rhythm of changes in the spring discharge related to cyclic periods of high and low precipitation rates. No direct correlations were found between the monthly precipitation sums and spring efficiency. Calculations indicate large groundwater resources available to spring drainage and their slow depletion rate. The changes in spring discharge rate in the regression phase take place relatively slowly, which is a characteristic feature in areas of occurrence of a crevasse-layered water body covered by loess deposits in the aeration zone.

