

WYDAJNOŚĆ ŹRÓDEŁ W ZLEWNI POTOKU BUKOWEGO W BESKIDZIE ŚLĄSKIM

Marek Madzia¹, Sebastian Krywult¹

¹ Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, e-mail: mmadzia@ath.bielsko.pl

STRESZCZENIE

Potok Bukowy jest prawobrzeżnym dopływem rzeki Brennicy, a zlewnia leży w granicach administracyjnych gminy Brenna. W zlewni potoku o powierzchni 2,76 km² zidentyfikowano 15 źródeł, w których w 2014 r. wykonano kilka serii pomiarów wydajności. Otrzymane wyniki umożliwiły klasyfikację źródeł pod względem ich wydajności w odniesieniu do wartości podawanych w literaturze. Ponadto uzyskane wyniki umożliwiły określenie wielu parametrów, wśród których można wyróżnić: zmienność wydajności źródeł, stopień uźródłowienia terenu, wydajność źródeł w oparciu o klasyfikację Meinzera oraz na podstawie prowadzonego monitoringu przepływów wody w przekroju zamykającym określono współczynnik drenowania zlewni. Prowadzone równocześnie pomiary przewodności elektrycznej i temperatury wody w umożliwiły wyodrębnienie zbiorników alimentacyjnych dla poszczególnych źródeł.

Słowa kluczowe: wydajność źródeł, stopień uźródłowienia, zbiorniki alimentacyjne

THE DISCHARGE OF SPRINGS IN THE BUKOWY STREAM CATCHMENT IN THE SILESIA BESKIDS

ABSTRACT

The Bukowy stream is the right-bank tributary of the Brennica river, and the river catchment is situated within the administrative borders of Brenna commune. In the stream's 2.76 square kilometer catchment 15 springs have been identified, in which several series of discharge measurements were made in 2014. The results allowed the springs to be classified according to their discharge capacity in relation to the values existing in scientific literature. Moreover, thanks to the results, it was possible to define numerous parameters such as: variability of spring discharge, degree of springs occurrence in a given area, capacity of springs according to Meinzer's classification; and basing on the monitoring of the water discharge in the cross-section closing the catchment its draining rate was determined. The simultaneous measurements of electrical conductivity and temperature of water allowed to separate maintenance tanks for given springs.

Keywords: springs discharge, degree of springs occurrence, maintenance tanks

WSTĘP

Wydajność oraz ilość źródeł zależy od gęstości i głębokości wcięcia dolin. Im gęstość sieci dolin jest większa, tym zbiorniki alimentacyjne zasilające źródła są mniej rozległe, co skutkuje ich mniejszą zasobnością. Natomiast im większa jest głębokość dolin nacinających warstwy wodonośne, w tym większym stopniu warstwy wodonośne mogą być drenowane. Dlatego tereny górskie będące obszarami znacznego rozdolinienia

charakteryzują się dużą liczbą mało wydajnych źródeł [Dynowska 1986].

Wśród czynników wpływających na wydajność źródeł można wymienić:

- pojemność wodna drenowanej części zbiornika (powyżej rzędnej wypływu),
- wielkość zasilania meteorycznego,
- odległość wypływu od obszaru zasilania,
- przepuszczalność hydrauliczna utworów skalnych,
- rozkład w czasie zasilania meteorycznego,

- ciśnienie hydrostatyczne zbiornika wód podziemnych zasilającego źródło [Dowgiałło i in. 2002].

Znaczna wydajność źródła odzwierciedla stopień rozwinięcia sieci szczelin i kanałów umożliwiających zasilanie wypływu z rozległego obszaru. Mogą nawet w znaczny sposób wykraczać poza zasięg zlewni topograficznych [Baścik, Siwek 2013].

Źródła odznaczają się przeważnie reżimem roztopowo-deszczowym. Istotny wpływ na wydajność mają warunki klimatyczne, przede wszystkim aspekt zalegania i topnienia pokrywy śnieżnej, a także rozkład i ilość opadów atmosferycznych oraz temperatura w ciągu roku. Na ogół charakteryzują się największą wydajnością w okresie roztopów, z kolei najniższy wydatek występuje w zimie. Czas reakcji na roztopy w źródłach o stosunkowo dużej wydajności jest najkrótszy i wynosi około 5–23 dni, za to małe źródła o wypływie $1\text{--}2\text{ dm}^3\cdot\text{s}^{-1}$ mają większe opóźnienie rzędu nawet 60 dni. Opady w szybki sposób zmieniają stopień wypływu. Czas reakcji nie przekracza 5 dni [Baścik, Siwek 2013].

Istotny wpływ na zmienność wydajności ma położenie źródła. Duża zmienność jest charakterystyczna przede wszystkim dla źródeł położonych w wysokich partiach zlewni, na stokach w pobliżu działów wodnych. Ma to związek z niewielkim zasięgiem zbiorników alimentacyj-

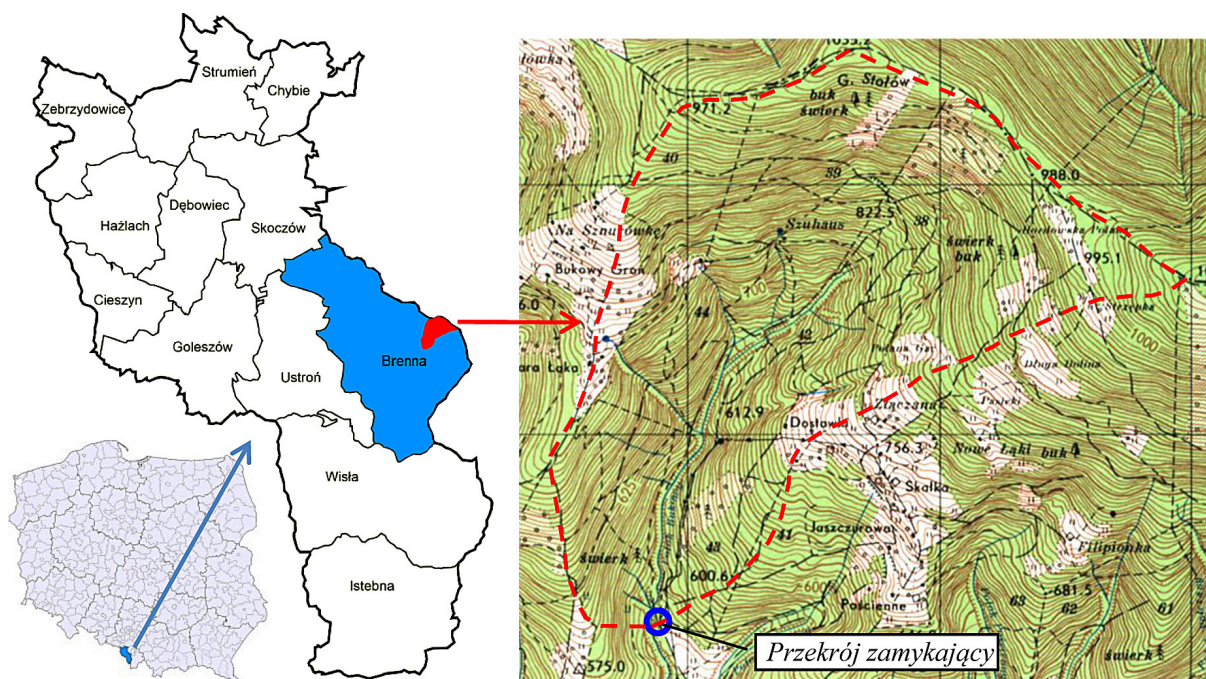
nych. W niższych partiach zlewni, gdzie woda drenowana jest z rozległych zbiorników alimentacyjnych występuje mała zmienność wydatku [Dynowska 1986].

Zmiany wydajności mogą wynikać również z antropopresji, która może spowodować obniżenie zwierciadła wód. Wiąże się to z występowaniem lejów depresyjnych charakterystycznych m.in. dla obszarów eksploatacji górniczej czy na terenach w pobliżu ujęć wód głębinowych. Zmienność wydatku źródeł w ciągu roku oraz czas ich reakcji na zasilanie są wskaźnikami często wykorzystywanymi do oceny warunków krążenia wód podziemnych i związanej z tym zasobności zasilającego zbiornika [Baścik, Siwek 2013].

OBSZAR BADAŃ

Zlewnia badawcza potoku Bukowego znajduje się na terenie miejscowości Brenna, która położona jest na południu Polski w województwie śląskim i powiecie cieszyńskim. Brenna wraz z miejscowościami Górki Małe i Górki Wielkie tworzy gminę Brenna o łącznej powierzchni $95,5\text{ km}^2$ [Szner 2000].

Potok Bukowy jest prawobrzeżnym dopływem rzeki Brennicy. Zlewnia znajduje się w północno-wschodniej części Beskidu Śląskiego. Granica zlewni przebiega przez najwyższy szczyt w tym rejonie Trzy Kopce (1082 m n.p.m.).



Rys. 1. Obszar badań na tle Polski, powiatu cieszyńskiego i gminy Brenna

Fig. 1. The area of research in the perspective of Poland, Cieszyn district and Brenna commune

Źródła potoku znajdują się na wysokości 770 m n.p.m. Obszar badawczy do przekroju zamykającego na wysokości 530 m n.p.m. w km 1+200 zamyka zlewnię o powierzchni 2,76 km² (rys. 1).

Pod względem struktury geologicznej obszar zlewni należy do płaszczowiny godulskiej, wchodzącej w skład serii śląskiej. Utwory skalne budują warstwy godulskie środkowe i górne. Na powierzchni wśród utworów czwartorzędowych dominują gliny pyłaste, rzadziej gliny piaszczyste z domieszką rumoszu. Osady rzeczne nie posiadają formy wykształconej, nie mają istotnego znaczenia w strukturze geologicznej doliny.

Brenna należy do podkarpackiej dzielnicy klimatycznej i jest położona na styku zimnych mas powietrza górskiego i ciepłego powietrza z południa. Jest to przyczyną nieregularności pogody, dużych wahań temperatury w ciągu roku, czy dnia [Szner 2000].

METODYKA BADAŃ

W badanej zlewni potoku Bukowego zidentyfikowano 15 źródeł (rys. 2). Prace badawcze polegały na pomiarach wydajności źródeł i prowadzone były w okresie od 05.07.2014 do 29.09.2014. Pomiary wykonano pięciokrotnie w każdym źródle w cyklu nieregularnym, zależnym od pogody (rys. 3).

Pomiary wydajności źródeł oraz przepływu w przekroju zamykającym zlewnię wykonywano

metodą znacznikową (znacznik NaCl) za pomocą sondy pomiarowej *LOGOTRONIC* wykorzystującej system pomiarowy *QTRACE* działającej na zasadzie konduktometru. Ponadto w przekroju zamykającym zlewnię zainstalowano czujnik ciśnieniowy *diver* firmy *SOLINST*, który zapisywał stany wody w jednogodzinnych odstępach czasu oraz stałowy pręt pełniący rolę wodowskazu pałowego. Wykonanie pomiarów przepływu w tym przekroju przy zmieniających się stanach wody umożliwiło wyznaczenie krzywej konsumpcyjnej oraz hydrogramu odpływu.

Wartości opadów dobowych pozyskano z internetowego serwisu Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej www.pogodynka.pl. Na podstawie odczytanych wyników z 6 najbliższych stacji pomiarowych (Brenna, Brenna Leśnica, Błatnia, Szczyrk, Wisła Malinka i Ustroń-Równica), wyznaczono metodą krigingu w programie *Surfer 8.0* uśrednione wartości opadów dla zlewni potoku Bukowego.

ANALIZA WYNIKÓW

Analizę oparto na danych z pięciu serii pomiarowych wydajności źródeł i przepływu w przekroju zamykającym zlewnię. Na podstawie tych danych określono parametry charakteryzujące źródła i obszar badawczy.

Zmienność wydajności źródeł

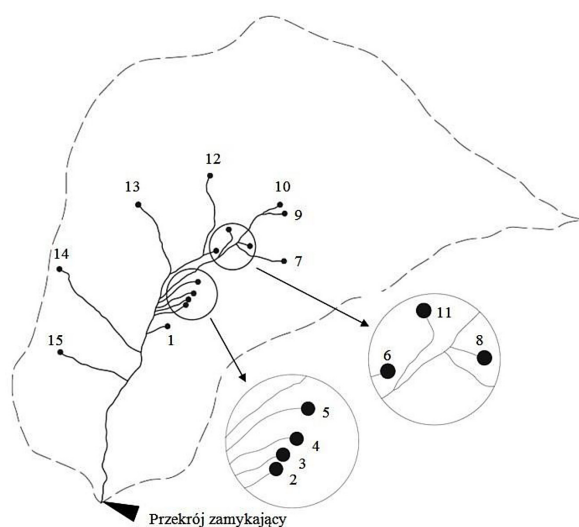
Zmienność wydajności źródeł jest określana za pomocą wskaźnika zmienności R . Jest to iloraz wydajności maksymalnej do minimalnej:

$$R = \frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} \quad (1)$$

gdzie: $Q_{\max}$ – wydajność maksymalna źródła [dm³·s⁻¹],
 $Q_{\min}$ – wydajność minimalna źródła [dm³·s⁻¹].

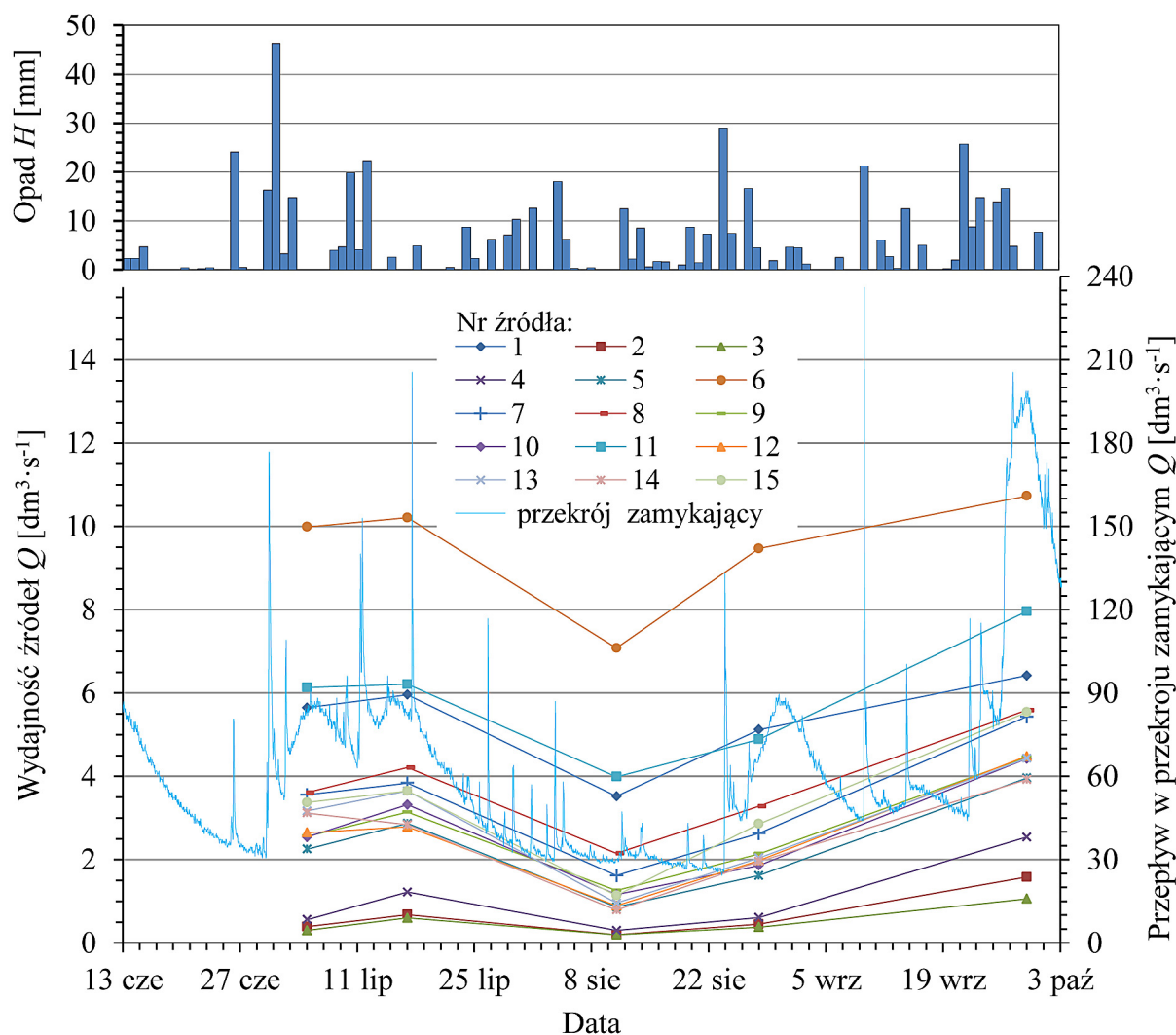
Źródła dzielimy na: stałe ($R = 1-2$), mało zmienne ($R = 2-10$), zmienne ($R = 10-50$) i bardzo zmienne ($R > 50$).

Karpaty Zewnętrzne charakteryzują się występowaniem licznych, ale niewielkich wypływów o wydatkach w granicach 1 dm³·s⁻¹. Spotykane są także źródła o stosunkowo dużych wydajnościach sięgających nawet 10 dm³·s⁻¹. Średnia wydajność źródeł w Beskidach jest nieco więk-



Rys. 2. Rozmieszczenie źródeł w zlewni potoku Bukowego

Fig. 2. The distribution of springs in the catchment of the Bukowy stream



Rys. 3. Wydajności źródeł na tle hydrogramu odpływu ze zlewni potoku Bukowego i opadów atmosferycznych w okresie badawczym w 2014 r.

Fig. 3. The capacity of springs against the flow hydrograph from the Bukowy stream catchment during the research period in 2014

sza w porównaniu z pozostałą częścią Karpat Zewnętrznych i wynosi do $3 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a niekiedy więcej [Dynowska 1986].

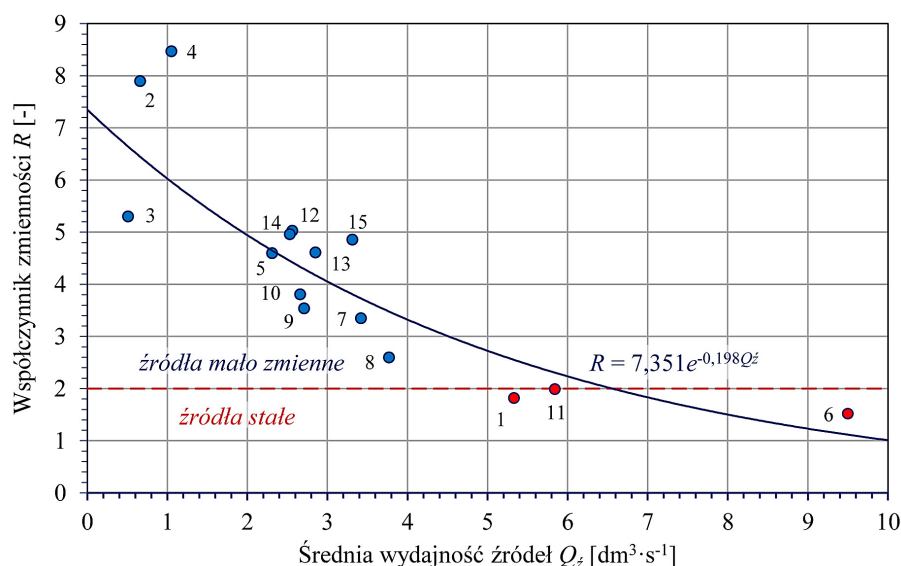
Badane wypływy, poza nielicznymi wyjątkami, cechują się wydajnością w granicach typowych dla swojego obszaru występowania. Średnie wartości ich wydatków oscylują wokół $3 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Według współczynnika zmienności, w badanej zlewni dominują źródła mało zmienne ($R=2-10$), które stanowią 80% wszystkich występujących wypływów. Natomiast 3 źródła charakteryzują się stałą wydajnością (tabela 1 i rys. 5).

Źródła o większej wydajności charakteryzują się większą stabilnością wypływu, ich współczynnik zmienności osiąga najmniejsze wartości. Spadek wydatku źródła zwiększa wartość współczynnika R . Zaobserwowano malejącą tendencję war-

tości współczynnika zmienności wypływu wraz ze zwiększaniem się wydajności źródła (rys. 4).

Wydajność źródeł wg klasyfikacji Meinzera

Jedną z ważniejszych klasyfikacji wypływów jest podział ze wzg. na wydajność (wydatek). Najbardziej znaną jest ośmiostopniowa klasyfikacja zaproponowana przez Meinzera [1927] [za: Moniewski 2007], z której wynika, że niemal 87% badanych źródeł zalicza się do V klasy wydajności (przedział wydajności od $0,631$ do $6,31 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ – wartości przedziałów wynikają z przeliczenia jednostek anglosaskich). Jedynie dwa źródła cechują się wartościami wydatków wykraczającymi poza ten przedział: źródło nr 6, którego średnia wydajność osiąga $9,50 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$



Rys. 4. Zależność pomiędzy współczynnikiem zmienności wydajności źródeł a średnią wydajnością
Fig. 4. The relation between the ratio of variability in springs discharge and the average discharge

Tabela 1. Określenie współczynnika zmienności i klasyfikacja wg Meinzera na podstawie wydajności źródeł
Table 1. The determination of the variability ratio and the Meinzer classification according to the discharges of springs

Nr źródła	Wydajność źródeł [dm³·s⁻¹]			Współczynnik zmienności R	Klasa wg Meinzera
	średnia	maksymalna	minimalna		
1	5,33	6,42	3,52	1,82	V
2	0,66	1,58	0,2	7,90	V
3	0,51	1,06	0,2	5,30	VI
4	1,05	2,54	0,3	8,47	V
5	2,31	3,96	0,86	4,60	V
6	9,50	10,73	7,08	1,52	IV
7	3,42	5,43	1,62	3,35	V
8	3,77	5,59	2,15	2,60	V
9	2,71	4,46	1,26	3,54	V
10	2,66	4,42	1,16	3,81	V
11	5,84	7,96	3,99	1,99	V
12	2,56	4,48	0,89	5,03	V
13	2,85	4,43	0,96	4,61	V
14	2,53	3,92	0,79	4,96	V
15	3,31	5,54	1,14	4,86	V

(IV klasa – wydajność od 6,31 do 28,3 dm³·s⁻¹) oraz źródło nr 3, którego średnia wartość wydatku kształtuje się na poziomie 0,51 dm³·s⁻¹ (VI klasa – wydajność od 0,0631 do 0,631 dm³·s⁻¹) (tabela 1 i rys. 5).

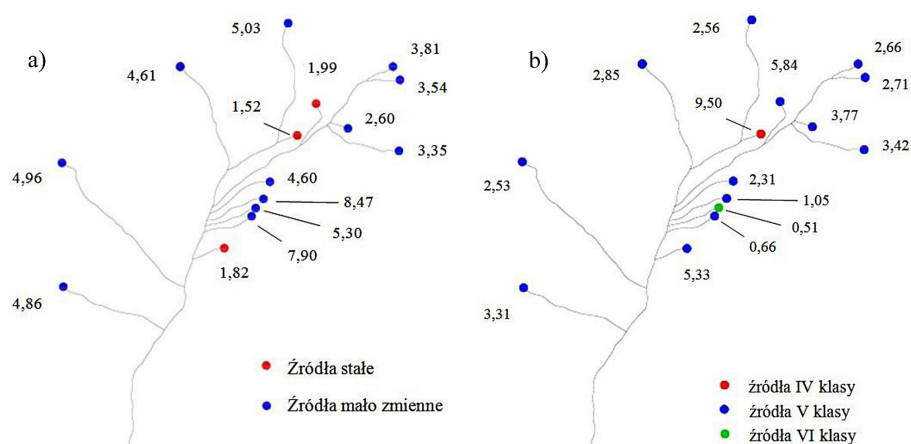
Stopień uźródłowienia terenu

Uźródłowienie terenu (gęstość występowania źródeł, wskaźnik krenologiczny) to liczba źródeł przypadająca na 1 km² powierzchni terenu:

$$\rho_{\dot{z}_r} = \frac{L_{\dot{z}_r}}{A} \quad (2)$$

gdzie: $L_{\dot{z}_r}$ – liczba źródeł,
 A – powierzchnia zlewni [km²].

Karpaty stanowią obszar o największej liczbie wypływów w Polsce. Jednak wielkość wskaźnika krenologicznego jest przestrzennie bardzo zróżnicowana. Beskid Śląski charakteryzuje się gęstością ok. 4–5 źródeł na km² [Pawlik-Dobrowolski 1965]. Taka wartość wynika przede wszystkim z rzeźby terenu, który jest silnie rozcięty wieloma dolinami. Rozmieszczenie wypływów jest nieregularne, przy czym ich gęstość wzrasta wraz z początkiem cieku.



Rys. 5. Rozmieszczenie źródeł wg: a) współczynnika zmienności, b) średniej wydajności i klasyfikacji wg Meinzera

Fig. 5. The distribution of springs according to: a) variability ratio, b) average discharge and classification according to Meinzer

W przypadku potoku Bukowego uźródłowienie wynosi 5,38 źródeł na km².

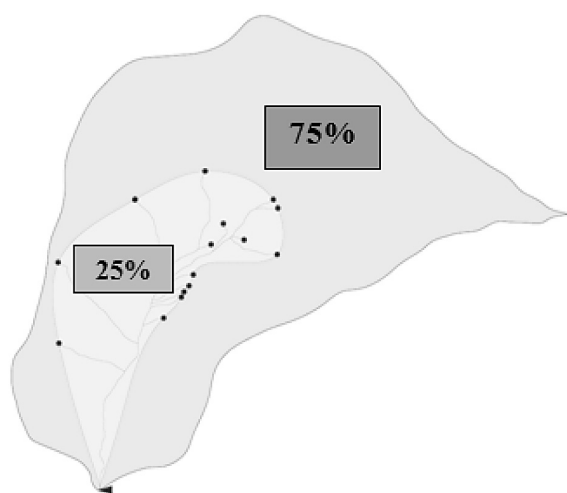
Jednak powierzchnia, na której skoncentrowane są źródła zajmuje zaledwie 25% badanej zlewni potoku Bukowego (rys. 6). Północna i wschodnia część zlewni jest całkowicie pozbawiona wpływów wód podziemnych. W obrębie badanego obszaru zaznacza się pewna regionalizacja, która najprawdopodobniej jest wynikiem występującej budowy geologicznej i rzeźby terenu.

Grupy źródeł

Podobne właściwości fizyko-chemiczne wody w źródłach mogą stanowić kryterium przydziału

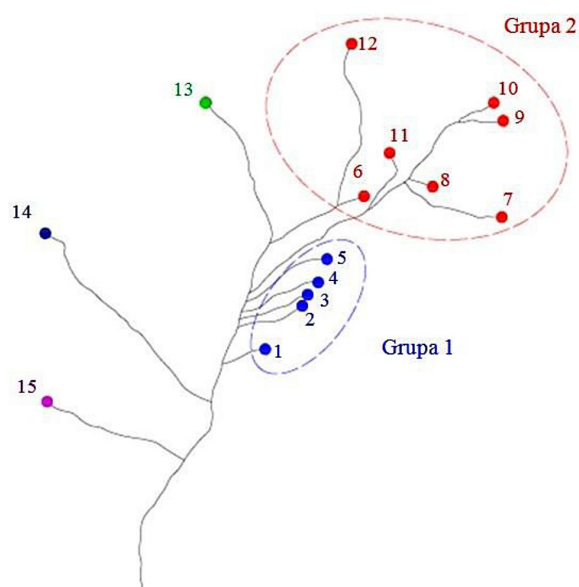
źródeł do poszczególnych grup, które zasilane są z oddzielnych zbiorników alimentacyjnych.

W badanej zlewni wyróżniono 2 grupy oraz trzy pojedyncze źródła (rys. 7 i tabela 2), które odbiegają od pozostałych grup, ale również nie wykazują wzajemnego podobieństwa względem siebie. Wypływy w 1 grupie położone są w bliskich odległościach względem siebie. Charakteryzują się niską wartością średniej przewodności elektrycznej (61–63,8 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) oraz stosunkowo wysoką temperaturą wody (9,9–10,5 °C). W 2 grupie źródła łączą podobny względem siebie przedział wartości przewodności elektrycznej (71,2–74,8 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), a także niższa temperatura wody (8,5–8,8 °C). Wyjątek stanowi jedynie źró-



Rys. 6. Koncentracja źródeł w zlewni potoku Bukowego

Fig. 6. The concentration of springs in the Bukowy stream catchment



Rys. 7. Grupy źródeł

Fig. 7. Groups of springs

Tabela 2. Średnia przewodność elektryczna i średnia temperatura wody w źródłach**Table 2.** Average electrical conductivity and average water temperature in springs

Nr źródła	Wysokość bezwzględna h_n [m n.p.m.]	Wydajność średnia Q_{sr} [dm ³ ·s ⁻¹]	Średnia przewodność elektryczna Co [μS·cm ⁻¹]	Średnia temperatura wody T [°C]	Grupa
1	605	5,33	63,8	10,0	1
2	670	0,66	61,0	10,5	
3	665	0,51	63,0	9,9	
4	665	1,05	63,5	10,0	
5	670	2,31	63,0	10,1	
6	655	9,50	71,2	8,5	2
7	750	3,42	71,8	8,7	
8	710	3,77	74,8	8,6	
9	750	2,71	73,2	8,8	
10	740	2,66	74,6	9,3	
11	665	5,84	73,0	8,7	
12	770	2,56	72,4	8,5	
13	745	2,85	68,6	9,6	
14	765	2,53	73,8	8,8	
15	770	3,31	69,8	9,8	

dło nr 10, którego średnia temperatura wody wyniosła 9,3 °C.

Położenie źródeł w określonych grupach wskazuje, że wraz ze wzrostem wysokości bezwzględnej, maleją wartości wydatku źródeł (rys. 8). Potwierdza to przynależność źródeł do konkretnych zbiorników alimentacyjnych.

Współczynnik drenowania zlewni

Współczynnik drenowania zlewni jest miarą udziału wypływów w odpływie rzeczny:

$$w_D = \frac{Q_z}{Q_c} \cdot 100\% \quad (3)$$

gdzie: w_D – współczynnik drenowania zlewni [%],

Q_z – sumaryczna wydajność wypływów w zlewni [dm³·s⁻¹],

Q_c – przepływ całkowity cieku [dm³·s⁻¹].

Źródła odgrywają ważną rolę w zasilaniu rzek, a szczególnie podczas okresów bezopadowych. W okresie badawczym w przekroju zamykającym zlewnię ze źródeł pochodziło nawet 90,1% wody (tabela 3 i rys. 9). Resztę stanowił spływ powierzchniowy i ukryty drenaż korytowy.

Natomiast wraz ze wzrostem przepływu zmniejsza się udział źródeł w zasilaniu potoku. Jest to oczywiście związane z opadami, które są przyczyną wzrostu przepływu w wyniku działania spływu powierzchniowego.

Częste występowanie opadów atmosferycznych przyczyniło się do zmian poziomu wód

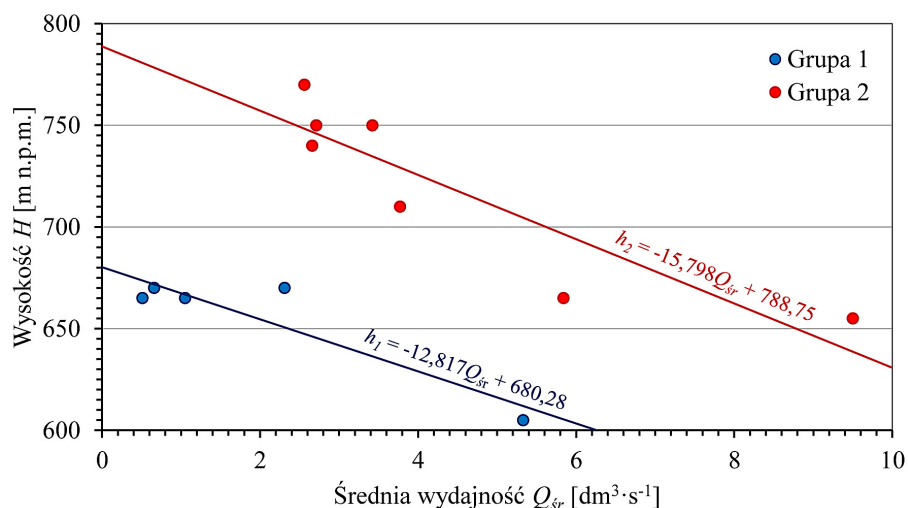
gruntowych i w głębszych warstwach, wpływając tym samym na średnią wydajność wypływów. Ponadto wysokie wartości opadów atmosferycznych sprawiły, że obok źródeł właściwych mogły pojawić się powiązane z nimi hydraulicznie wypływy okresowe.

Po zweryfikowaniu materiału terenowego przyjęto, że wszystkie zidentyfikowane wypływy można sklasyfikować jako źródła. Okres przeprowadzania badań zaznaczył się częstymi opadami atmosferycznymi, stąd nie wystąpiło zjawisko zaniku źródeł i tym samym nie określono źródeł okresowych.

Wzrost wydajności zaznacza się też po długotrwałych opadach rozlewnych. Opady nawałne w zasadzie nie wpływają na wzrost wydajności [Dynowska 1986]. Częste występowanie nawałnych opadów atmosferycznych w lipcu i sierpniu przyczyniło się do zwiększenia stanu wody w przekroju zamykającym, jednak ich burzowy charakter sprawił, że podziemne zbiorniki alimentacyjne nie zostały w pełni odbudowane i nie wpłynęły tym samym znacząco na wydajność źródeł.

Najbardziej charakterystycznym pomiarem cechuje się badanie z dnia 29.09.2014, gdzie zmierzony przepływ w przekroju zamykającym miał wartość najwyższą i wyniósł 156,40 dm³·s⁻¹. Wzrósł on niemal dwukrotnie w stosunku do poprzedniego pomiaru, a wydatek najbardziej zmiennego źródła zwiększył się wtedy prawie trzykrotnie. Zanotowana wartość wystąpiła po kilkudniowych opadach ciągłych.

Drugim wyróżniającym się pomiarem jest badanie wykonane 11.08.2014. Przeprowadzono

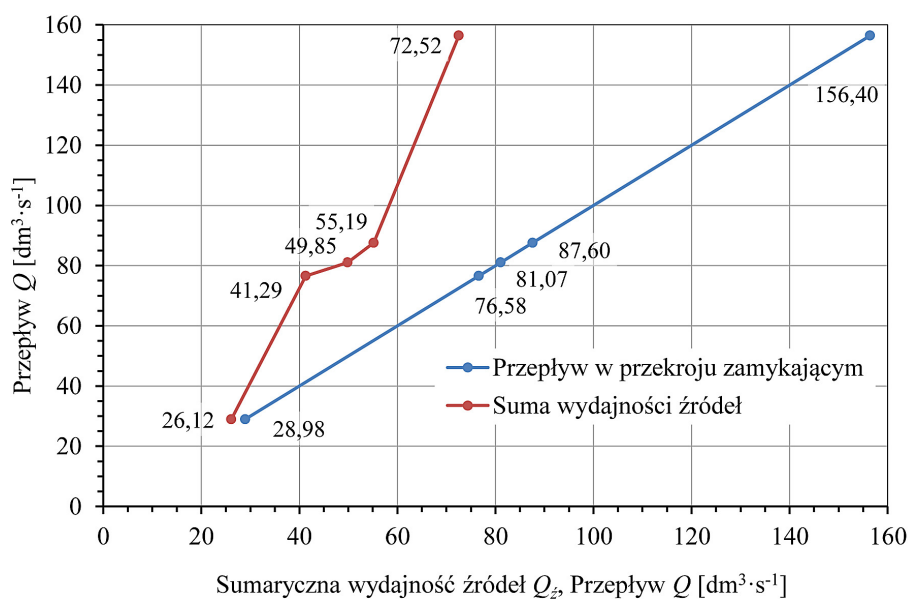


Rys. 8. Zależność średniej wydajności źródeł od wysokości bezwzględnej
Fig. 8. The relationship between the average springs discharge and the absolute height

Tabela 3. Współczynnik drenowania zlewni

Table 3. Catchment draining rate

Data	Przepływ w przekroju zamykającym zlewnię $Q_p [\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	Suma wydajności źródeł w zlewni $Q_z [\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	Współczynnik drenowania zlewni $w_d [\%]$
05.07.2014	81,07	49,85	61,5
17.07.2014	87,60	55,19	63,0
11.08.2014	28,98	26,12	90,1
29.08.2014	76,58	41,29	53,9
29.09.2014	156,40	72,52	46,4



Rys. 9. Zestawienie wydajności źródeł w zlewni z przepływem w przekroju zamykającym
Fig. 9. A comparison of spring discharge in the catchment with the discharge in the cross-section closing the catchment

go po dłuższym okresie bezopadowym, poprzedzonym długotrwałymi opadami o niewielkim natężeniu. Sprawilo to, że infiltracja wody opadowej w grunt zasilila zbiorniki wód podziemnych. W rezultacie, w dniu przeprowadzenia badań spływ powierzchniowy miał małe znaczenie wskutek upływu czasu, za to zasilone zbiorniki alimentacyjne wykazywały wysokie wartości wydatków, przez co potok w ponad 90% był zasilany wodą ze źródeł.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonej analizy wyciągnięto następujące wnioski:

1. Na badanym obszarze zidentyfikowano 15 źródeł. Uźródłowienie badanego terenu wyniosło $5,38 \text{ źródeł} \cdot \text{km}^{-2}$.
2. Najwyższą wydajność odnotowano podczas ostatniego pomiaru w źródle nr 6, która wyniosła $10,73 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Natomiast najniższą wartość wypływu równą $0,20 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ zanotowano podczas trzeciej serii badań w źródle nr 2 i 3. Średnia wartość wydatków źródeł waha się od $0,51 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dla źródła nr 3 do $9,50 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dla źródła nr 6.
3. Z wykonanych pomiarów wynika, że najwięcej jest źródeł o małych wydajnościach około $3 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, które zalicza się do V klasy wydajności wg Meinzera (87%). Tylko źródło nr 3 uzyskało mniejszą wartość wydajności (VI klasa). Natomiast jedno źródło (nr 6) przekroczyło wartość graniczą wydajności, osiągając

IV klasę wydajności wg Meinzera.

4. W badanej zlewni dominują źródła mało zmienne stanowiące 80% wszystkich występujących wypływów.
5. W zlewni zidentyfikowano dwie grupy źródeł zasilane z oddzielnych zbiorników alimentacyjnych, w obrębie których źródła położone wyżej wykazują mniejsze wartości wydatków od źródeł wypływających niżej.

LITERATURA

1. Baścik M., Siwek J. 2013. Przyrodnicze i antropogeniczne przemiany źródeł Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej oraz ich rola w krajobrazie naturalnym i kulturowym. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
2. Dowgiałło J., Kleczkowski A. S., Macioszczyk T., Rózkowski A. 2002. Słownik hydrogeologiczny. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
3. Dynowska I. 1986. Regionalne zróżnicowanie źródeł w Polsce. Folia Geographica, Series Geographica-Physica, 18.
4. Moniewski P. 2007. Podstawowe pojęcia, typologie i klasyfikacje współczesnej krenologii. w: Jokiel P., Moniewski P., Ziulkiewicz M., (red.), Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne, Regina Poloniae, Częstochowa, 15–29.
5. Pawlik-Dobrowolski J. 1965. Uźródłowienie południowej Polski. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, 12, 7–41.
6. Szner R. 2000. Przewodnik po gminie Brenna. Urząd Gminy Brenna, Brenna.