

CHARAKTERYSTYKA KRENOLOGICZNA MASYWÓW GÓRSKICH ZIEMI KŁODZKIEJ NA PODSTAWIE BAZY DANYCH „ŹRÓDŁO”

SPRING HYDROGEOLOGY OF MOUNTAINOUS AREAS OF KŁODZKO REGION ON THE BASIS “ŹRÓDŁO” DATABASE

SEBASTIAN BUCZYŃSKI¹, STANISŁAW STAŚKO¹, MAGDALENA MODELSKA¹,
TOMASZ OLICHWER¹, ROBERT TARKA¹

Abstrakt. W artykule opisano bazę źródeł Sudetów Środkowych jako podstawę do ilościowej i jakościowej charakterystyki krenologicznej masywów górskich Ziemi Kłodzkiej. Głównym obiektem analizy były góry: Bardzkie, Złote, Bialskie, Bystrzyckie, Orlickie, Stołowe i Krowiarki oraz Masyw Śnieżnika. Szczegółowa analiza krenologiczna wykazała, że głównymi czynnikami wpływającymi na gęstość występowania źródeł oraz liczbę źródeł okresowych na obszarach charakteryzujących się zbliżonymi warunkami klimatycznymi i podobnym wykształceniem litologicznym, jest zróżnicowanie morfologiczne oraz pozycja źródła w polu hydrodynamicznym. Wykazano, że najwyższe wydajności źródeł oraz pH wód stwierdza się na obszarach występowania skał węglanowych, które dzięki określonym parametrom hydrogeologicznym stanowią uprzywilejowane systemy przepływu oraz znacznie modyfikują skład chemiczny wód infiltracyjnych i allochtonicznych.

Słowa kluczowe: baza danych, źródła, Sudety.

Abstract. A spring database for the Central Sudetes was used for quantitative and qualitative spring hydrology characteristics of some massifs in the Kłodzko region. The main study area covered the Bardzkie, Złote, Bialskie, Bystrzyckie, Orlickie, Stołowe and Krowiarki Mountains and the Śnieżnik Massif. Detailed spring hydrology analysis in areas with the same lithology and climatic conditions shows that the main factors influencing on the spring density index and the amount of periodic springs is the relief and the position in the flow system. The greatest discharge of springs and pH values of groundwater were observed in areas of carbonate rocks which are preferential collectors. Additionally carbonate rocks considerably modify the chemical composition of infiltration and allochthonous water.

Key words: database, springs, Sudety Mts.

WSTĘP

Dotychczasowe prace związane z kartowaniem hydrogeologicznym, prowadzone na terenie Polski i obejmujące pomiary w otworach studziennych oraz obserwacje wszystkich przejawów zawodnienia, w tym źródeł i wysięków, wskazują na znaczną różnorodność gęstości występowania źródeł i ich wydajności (Pazdro, Kozerski, 1990). Do obszarów o największym wskaźniku krenologicznym, wynoszącym 37,3, zaliczyć można źródłową część zlewni Wisły w Karpatach

fliszowych, gdzie w paśmie Baraniej Góry na obszarze 53,4 km² zlokalizowano 1995 źródeł o przeciętnych wydajnościach do 0,1 dm³/s (Waksmuldzki, 1972). W odróżnieniu od Karpat fliszowych, obszar Niżu Polskiego jest ubogi w źródła, a ich wydajności są dużo niższe. Wskaźnik krenologiczny na tym obszarze wynosi 0,01, a występowanie źródeł ogranicza się do głęboko wciętych dolin (Pazdro, Kozerski, 1990; Chełmicki i in., 2010). Stosunkowo rzadko

¹ Uniwersytet Wrocławski, Instytut Nauk Geologicznych, pl. M. Borna 9, 50-204 Wrocław; e-mail: sebastian.buczynski@ing.uni.wroc.pl, stanislaw.stasko@ing.uni.wroc.pl, magdalena.modelska@ing.uni.wroc.pl, tomasz.olichwer@in.uni.wroc.pl, robert.tarka@ing.uni.wroc.pl

źródła występują również w piaskowcach liasu, między Skarżyskiem-Kamienną a Ostrowcem Świętokrzyskim. Tam, na powierzchni 400 km² zlokalizowano 150 źródeł, zatem wskaźnik krenologiczny wynosi 0,37. Przeciętna wydajność źródła na tym obszarze wynosi 0,3–1,0 dm³/s (Szpakiewicz, 1973). Znacznie większe wydajności źródeł zarejestrowano na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej (Pawlak, 1965 za Pazdro, Kozerski, 1990) i w rejonie Niecki Nidziańskiej (Dynowska, 1964; Niedzielski, 1971), gdzie przeciętne wartości wydajności wynoszą odpowiednio 30–100 dm³/s i 20–80 dm³/s. Do obszarów o największych wydajnościach źródeł, dochodzących do 3500 dm³/s, zaliczyć można Tatry Zachodnie (Wit, Ziemońska, 1960) oraz Roztocze Zachodnie, na którym źródło krasowe w Zaporzu osiąga wydajność 313 dm³/s (Małecka, 1981; Michalczyk, 2001; Humnicki, 2003).

Niestety, stan wiedzy na temat źródeł w Polsce, pomimo że nasz kraj charakteryzuje się jednym z najniższych w Europie wskaźników krenologicznych, jest niezadowalający. Niedostateczny jest nie tylko stan zinwentaryzowania źródeł w poszczególnych regionach kraju, lecz również, a może przede wszystkim, stopień rozpoznania składu chemicznego ich wód oraz reżimu wydajności i jego powiązań z charakterem i zasobnością drenowanych poziomów wodonośnych (Jokiel, 2007). Szereg prac wskazuje, że znajomość położenia, charakteru i wydajności źródeł stanowi jedną z najważniejszych przesłanek umożliwiających rozpoznanie warunków hydrogeologicznych obszaru (Buczyński i in., 2003;

Chełmicki, 2006; Ciężkowski, 2001; Jokiel, 2007; Michalczyk, 2001; Małecka, Małecki, 1998; Staško, 2002; Wcisło i in., 2010). Autorzy ci w swych pracach zwracają uwagę na brak całościowego i kompleksowego zestawienia źródeł w jednolitej bazie danych. Baza taka umożliwiłaby szybkie i kompleksowe tworzenie szerokiej gamy analiz i map tematycznych dotyczących zasobów i jakości wód podziemnych. Są one podstawą zarówno opracowań naukowych, jak i decyzyjnych z zakresu gospodarki wodnej. Dlatego też, w Instytucie Nauk Geologicznych Uniwersytetu Wrocławskiego, w ramach grantu 4 T12B 027 29 – Baza danych i mapa źródeł Ziemi Kłodzkiej, udokumentowano źródła wód podziemnych na obszarze obejmującym wschodnią część Sudetów o powierzchni 1250 km², w tym m.in. Masyw Śnieżnika, góry: Bardzkie, Bystrzyckie, Orlickie, Stołowe, Złote i Krowiarki. Efektem końcowym badań jest elektroniczna baza danych, będąca uzupełnieniem już istniejących baz hydrogeologicznych: „Banku Hydro”, „Systemu Obserwacji Hydrogeologicznych” (SOH), „Mineral” i „Krystal”. Baza ta, do stworzenia której wykorzystano prace z lat 1900–2008, pozwala określić dynamikę środowiska krenologicznego Sudetów, wynikającą ze zmian wywołanych przez czynniki zarówno naturalne, jak i sztuczne. Jest ona również głosem w dyskusji o wysychaniu i obniżaniu się położenia źródeł w Polsce, co według niektórych badaczy jest obserwowane w coraz większym tempie nie tylko na terenach zurbanizowanych, ale również obszarach *quasi*-naturalnego krajobrazu (Jokiel, 2007).

METODYKA

INFORMACJE OGÓLNE

Podstawą do analiz krenologicznych masywów górskich Ziemi Kłodzkiej jest stworzona wcześniej baza danych „Źródło”. W trakcie jej tworzenia dokonano archiwizacji i weryfikacji istniejących danych, opracowań naukowych (w tym: prac magisterskich, doktorskich, habilitacyjnych, dokumentacji, ekspertyz itp.) oraz przeprowadzono uzupełniające kartowanie terenowe źródeł na obszarach słabo rozpoznanych (Góry Białskie, część Gór Złotych, Góry Bardzkie). Zestawione w bazie informacje obejmują dane archiwalne – od 1893 r. (Leppla, 1900) oraz najnowsze – z początku 2008 r. (badania własne). Część współczesnych informacji archiwalnych (rozpraw naukowych) oraz danych zebranych w czasie kartowania hydrogeologicznego wykonanego podczas realizacji projektu udostępniono w formie elektronicznej. Pozostałe dane archiwalne, stanowiące również ogromny zasób wiedzy na temat źródeł, istniały w tradycyjnej formie papierowej, wymagającej reambulacji do wersji elektronicznej. Zestawienia uzupełniono o informacje uzyskane w publikowanych mapach i bazach danych, które swoją tematyką obejmowały przedmiot badań niniejszego grantu (mapy hydrogeologiczne Polski 1:50 000 i 1:200 000, mapy turystyczne, baza „Krystal”, „Bank Hydro 2000”, SOH).

Tworząc bazę „Źródło”, gromadzono dane dotyczące ilości i jakości wód podziemnych. Pierwsza faza objęła zestawienie i uporządkowanie istniejących rozproszonych danych i pomiarów. Zebrane i opracowane dane posłużyły do usystematyzowania informacji archiwalnych, wizualizacji i procesu weryfikacyjnego z zastosowaniem programu MapInfo. Do badań właściwości fizykochemicznych wód wytypowano obszary niedostatecznie rozpoznane pod względem hydrochemicznym. We wszystkich punktach badawczych wykonano oznaczenia właściwości fizycznych wód.

Rozpoznanie terenowe źródeł obejmowało dokładną lokalizację źródła przy użyciu globalnego systemu pozycjonowania GPS, pomiary właściwości fizykochemicznych wód (PEW, pH, temperatura), dokumentację fotograficzną wybranych obiektów, pobranie próbek wód w wytypowanych punktach do analiz chemicznych i pomiary wydajności źródeł. Integralną część bazy stanowią również dane ze stacjonarnych urządzeń pomiarowych zainstalowanych na źródłach, rejestrujące ich wydajność.

Od strony technicznej prace zostały zrealizowane przy użyciu programów komputerowych umożliwiających stworzenie profesjonalnej bazy danych (program Access) i platformy GIS (program MapInfo). W niniejszym artykule, ze względu na jego ograniczoną objętość, skoncentrowano się na

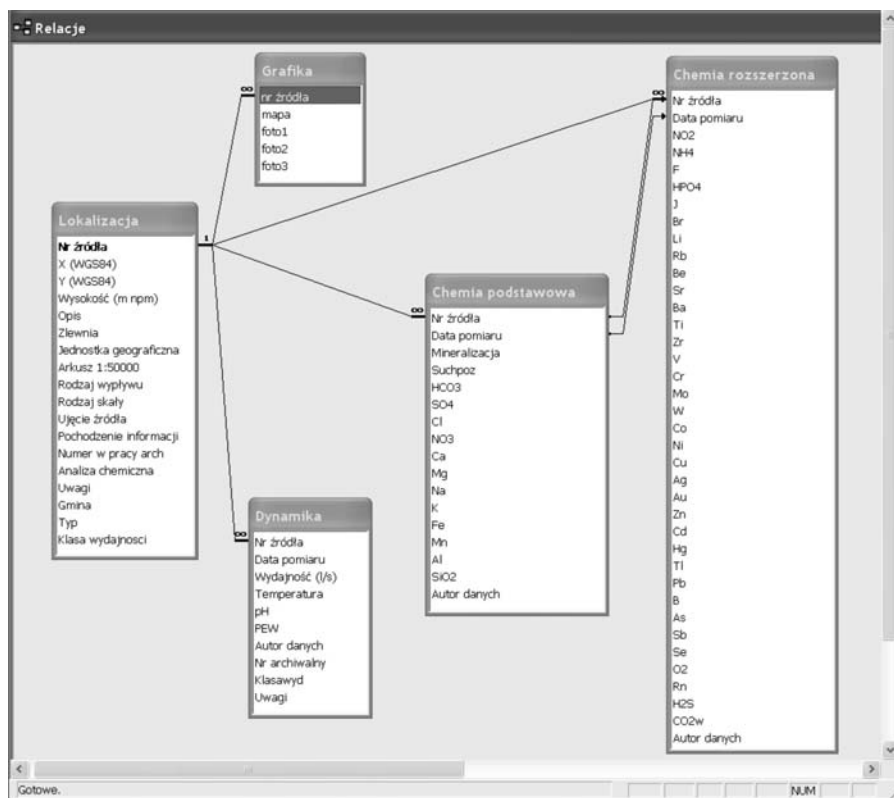


Fig. 1. Struktura bazy „Źródło”

Structure of the „Źródło” database

reżimie wydajności i wybranych właściwościach fizykochemicznych wód źródłanych oraz krótkiej charakterystyce krenologicznej maszywów górskich z pominięciem wyników badań składu chemicznego wód, które szczegółowo omówiono w sprawozdaniu z grantu 4 T12B 027 29 (Staško i in., 2008).

FORMA OPRACOWANIA DANYCH

W wyniku kompilacji szeregu danych źródłowych, utworzono numeryczną mapę topograficzną (pole pracy) zbudowaną z sześciu nakładek tematycznych, stanowiących osobne warstwy i obejmujących następujące grupy tematyczne:

- arkusze mapy topograficznej,
- granice jednostek fizycznogeograficznych,
- granice zlewni,
- granice gmin,
- arkusze Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000,
- lokalizacja źródeł (baza „Źródło”).

Interaktywna baza danych źródeł Ziemi Kłodzkiej „Źródło” została opracowana w programie MS Access. Wszystkie dane zostały zebrane w pięciu tabelach, połączonych odpowiednimi relacjami, obejmujących katalogi (pliki): Lokalizacja, Dynamika, Chemia podstawowa, Chemia rozszerzona, Grafika (fig. 1).

Główna warstwa o nazwie „baza Źródło” zawiera wszystkie informacje podstawowe, dotyczące charakterystyki i położenia źródła: numer źródła, rzędną terenu (m n.p.m.), ujęcie źródła (tak/nie), formę ujęcia (opis słowny), formę wypływu (źródło – Z, wysięk – W, źródłisko – ZR), rodzaj

skały, z której wypływa, autora pracy archiwalnej, symbol w pracy archiwalnej, inne uwagi, Q okresowe (pomiaru okresowe lub stacjonarne wydajności źródła: 0 – pomiar jednokrotny, 1 – pomiary okresowe), skład chemiczny wód (0 – nie, 1 – tak), długość i szerokość geograficzną (układ WGS 84), kod (1 – prace naukowe: magisterskie, doktorskie, badania własne, artykuły naukowe itp.; 2 – ekspertyzy, dokumentacje; 3 – arkusze Mapy hydrogeologicznej Polski 1:200 000; 4 – „Bank Hydro”; 5 – arkusze Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000; 6 – źródła mineralne; 7 – mapy turystyczne, 8 – mapy hydrograficzne). W przypadku, gdy źródła występowały w kilku kategoriach materiałów źródłowych, jako kod główny przyjmowano kategorię inną niż 1, a informacje o pozostałych kategoriach dopisywano w uwagach.

Tabela 1

Klasy wydajności źródeł na potrzeby bazy danych Spring discharge classes in the database

Klasa	Wydajność [dm ³ /s]
I	<0,1
II	0,1–<0,5
III	0,5–<1
IV	1–<5
V	5–<10

Pola: „analiza chemiczna” i „klasa wydajności” mogą być na bieżąco aktualizowane. Polu „analiza chemiczna” przypisywana jest wartość „tak” w przypadku, gdy są dostępne takie dane w jednej z tabel „Chemia”. Klasa wydajności źródła przypisywana jest na podstawie średniej wydajności danego źródła (z danych zebranych w tabeli „Dynamika”). W tabeli 1 przedstawiono klasy wydajności, przyjęte w niniejszym artykule.

Na potrzeby tworzonej bazy dokonano podziału zlewniowego, wyznaczając obszary z zachowaniem stref wododziałowych o powierzchni od około 40 do około 80 km² i wydzielono jednostki fizycznogeograficzne. W tym celu wykorzystano mapę Kondrackiego i Walczaka, zamieszczoną w Atlasie Śląska Dolnego i Opolskiego (Pawlak red., 1997). Dokonano jednak pewnych uogólnień zgodnie z tabelą 2.

W tabeli „Dynamika” zebrano następujące dane: numer punktu, data pomiaru, wydajność (dm³/s), temperatura (°C), pH, przewodnictwo elektrolityczne właściwe (μS/cm), autor danych oraz numer archiwalny punktu. Dane o składzie

chemicznym wody zebrano w dwóch tabelach z podziałem na składniki główne i podrzędne. Podziału takiego dokonano ze względu na niewielkie ilości analiz zawierających oznaczenie składników podrzędnych. Ostatnia tabela „Grafika” zawiera mapki lokalizacyjne źródeł oraz dostępne fotografie.

Analizę wyników można przeprowadzać zarówno przy wykorzystaniu platformy GIS, jak i bazy danych w programie MS Access, gdzie można łączyć informacje o poszczególnych źródłach lub źródłach spełniających zadane kryteria. Opcja „karta źródła” umożliwi przeglądanie poszczególnych źródeł oraz wyszukiwanie głównych informacji dotyczących danego źródła (fig. 2). Oprócz danych lokalizacyjnych są tam również podstawowe dane statystyczne dotyczące wydajności – wartość minimalna, maksymalna i średnia z liczbą pomiarów, a także wartość minimalna oraz maksymalna temperatury, pH, przewodnictwa elektrolitycznego właściwego, mineralizacji i suchej pozostałości z liczbą pomiarów.

Tabela 2

Jednostki fizycznogeograficzne przyjęte w bazie danych

Physiogeographic units used in the database

Jednostki według Kondrackiego i Walczaka (Pawlak red., 1997)	Jednostki przyjęte w bazie
Grzbiet Zachodni	Góry Bardzkie
Przełom Bardzki	
Grzbiet Wschodni	
Obniżenie Lasówek	
Obniżenie Łącznej	
Garb Golińca	Wzgórza Ścinawskie
Dolina Ścinawki	
Wzgórza Ścinawskie	
Góry Stołowe	Góry Stołowe
Obniżenie Dusznicko-Szczytnieńskie	
Obniżenie Kudowy	Góry Orlickie
Wzgórza Lewińskie	
Góry Orlickie	
Kotlina Kłodzka	Kotlina Kłodzka
Wzgórza Rogówki	
Dolina Orlicy	Góry Bystrzyckie
Góry Bystrzyckie	
Wysoczyzna Łomnicy	Obniżenie Bystrzycy Kłodzkiej
Obniżenie Bystrzycy Kłodzkiej	
Wysoczyzna Idzikowska	
Dolina Białej Łądeckiej	Kotlina Łądecka
Kotlina Łądecka	
Krowiarki	Krowiarki
Góry Złote	Góry Złote
Śnieżnik Kłodzki	Śnieżnik Kłodzki
Dolina Górnej Białej Łądeckiej	Góry Białskie
Góry Białskie	
Wzniesienie Międzyzyleskie	Wzniesienie Międzyzyleskie

Karta źródła 1961

X (WGS84)	Y (WGS84)	Wysokość (m npm)	Typ
16,3974	50,3281	862	
Zlewnia	Jednostka geograficzna	Arkusz 1:50000	
Bystrzyca Dusznicka po Kamieniu	Góry Orlickie	932 Mostowice	
Gmina	Rodzaj wypływu	Ujęcie źródła	
Duszniki-Zdrój	źródłisko	<input checked="" type="checkbox"/>	
Rodzaj skały	Klasa wydajności	Pochodzenie informacji	
łupki łuszczycowe	VI (10-50)	MHP 50	
Opis	Uwagi		
Źródłisko to daje początek Bystrzycy Dusznickiej. Położone jest powyżej wsi Zieleniec w połowie drogi pomiędzy ostatnimi zabudowaniami wsi a budynkami WOP. Tworzyje niemal 30			kręgi betonowe
Q min (l/s)	Q max (l/s)	Q śr. (l/s)	Liczba pomiarów
30	99,4	40,2	19
Charakterystyka	Wartość		Liczba pomiarów
	minimalna	maksymalna	
Temperatura	5,1	8,2	13
pH	6,2	8,48	20
PEW mS/cm	82,4	158	22
Mineralizacja mg/l	568,503	603,943	7
Such poz. mg/l	72	98	2

Fig. 2. Przykładowy panel i karta źródła do przeglądania danych w bazie

The example-panel and the spring card to the browse the database

WYNIKI

Podczas kartowania hydrogeologicznego na obszarze m.in. masywów górskich Ziemi Kłodzkiej (fig. 3) obejmującym 385,66 km², stwierdzono 1883 przejawy zawodnienia w postaci źródeł, wysięków i źródlisk. Prace przeprowadzono w różnym czasie i przy różnych stanach wód w obrębie tych samych obszarów. Bez szczegółowej analizy, z tak zróżnicowanych wyników nie można uzyskać średniego wskaźnika krenologicznego masywów górskich Sudetów Środkowych. Ze względu na ograniczenia objętościowe artykułu, analizie nie poddano także wyników badań szeregów czasowych dla zmienności sezonowej i wieloletniej, co w przyszłości będzie zapewne przedmiotem kolejnej pracy autorów.

Spośród naturalnych wypływów wód podziemnych najliczniej reprezentowane są źródła. Stanowią one 60,4%. Po-

zostałe wypływy to wysięki – 32,6% i źródlika – 7,0%. Na podstawie 6159 rekordów (2407 pomiarów wydajności, 2022 pomiary temperatury wody, 854 pomiary pH i 876 pomiarów PEW) mediana wydajności całej populacji wyniosła 0,27 dm³/s, natomiast temperatury wody, pH i PEW – odpowiednio 6,5°C; 6,55 i 85,5 μs/cm.

Szczegółowa analiza krenologiczna poszczególnych zlewni i masywów górskich oddalonych od siebie maksymalnie o 50 km, charakteryzujących się zbliżonymi warunkami klimatycznymi (Pawlak red., 1997) i podobnym wykształceniem litologicznym skał, wskazuje na znaczną różnorodność wskaźnika krenologicznego oraz ich wydajności, temperatury, pH i przewodnictwa. Do obszarów o najwyższym wskaźniku krenologicznym, przekraczającym 11 źródeł/km², należy zlewnia Morawki w Masywie Śnieżnika (do 25,8 – tab. 3,

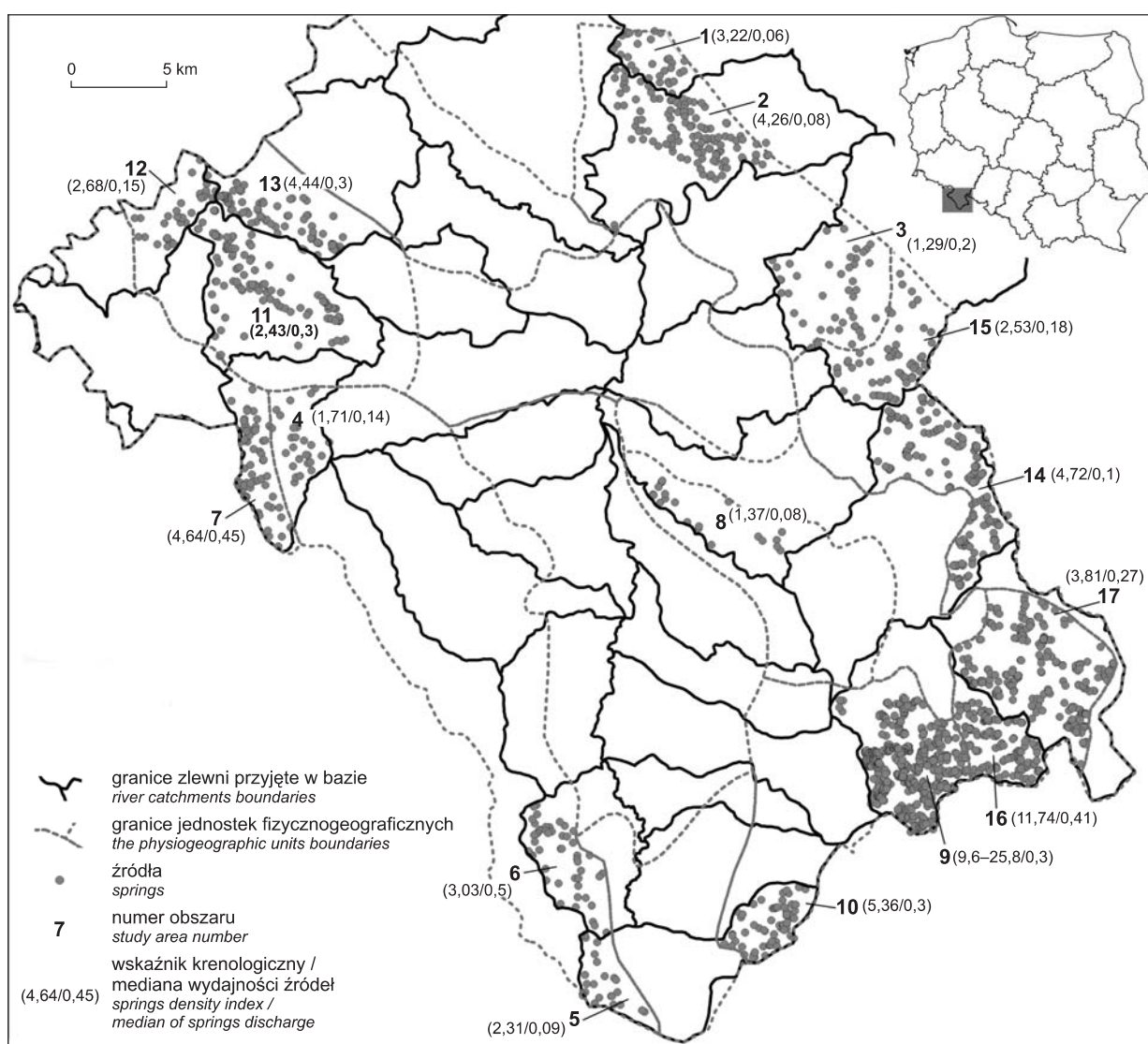


Fig. 3. Lokalizacja źródeł i obszarów badań na tle jednostek fizycznogeograficznych i zagregowanych zlewni

Location of springs and study areas on the background of physiogeographic units and river catchments

fig. 3) oraz sąsiadujący z nim od wschodu obszar Gór Białskich (zlewnia Morawki – 11,74). Do najuboższych pod względem występowania źródeł należy zlewnia Ożarskiego Potoku i Trującej w Górach Bardzkich (1,29), Białej Łądeckiej w Krowiarkach (1,37) i Bystrzycy Dusznickiej w Górach Bystrzyckich (1,71).

Pomimo stosunkowo wysokiej średniej arytmetycznej wydajności wypływów, wynoszącej ponad 1 dm³/s (tab. 3), analizowane źródła są najczęściej źródłami o średnich i nis-

kich wydajnościach (mediana 0,27 dm³/s). Korzystnie pod tym względem wypadają zlewnie: Różanej w Górach Bystrzyckich (mediana 0,5 dm³/s) i Bystrzycy Dusznickiej w Górach Orlickich (mediana 0,45 dm³/s). Na tym tle korzystnie wypada również zlewnia Morawki w Górach Białskich, gdzie mediana wydajności źródła wynosi 0,41 dm³/s (fig. 3).

Przytoczone powyżej wartości średniego wskaźnika krenologicznego i mediany wydajności źródeł pozwalają w przybliżeniu określić moduł odpływu źródłanego na po-

Tabela 3

Charakterystyka krenologiczna analizowanych masywów górskich

Spring hydrology characteristics of the analysed massifs

Numer obszaru	Góry/zlewnia	Powierzchnia [km ²]	Sumaryczna liczba źródeł	Wskaźnik krenologiczny	Wydajność min/mediana/max [dm ³ /s] (liczba danych)	Moduł odpływu źródłanego [dm ³ /s·km ²]	Wysięki/źródła/źródlika [%]
1	Bardzkie/Budzówka	9,32	30	3,22	0,01/0,06/0,77 (28)	0,21	29/60/11
2	Bardzkie/Jasinica-Studew	28,89	123	4,26	0,01/0,08/0,89 (119)	0,32	19/71/10
3	Bardzkie/Ożarski-Trująca	32,65	42	1,29	0,01/0,2/0,9 (15)	0,26	60/40/0
4	Bystrzyckie/Bystrzyca Dusznicka	15,77	27	1,71	0,02/0,14/0,86 (23)	0,24	9/91/0
5	Bystrzyckie/Nysa Kłodzka	9,95	23	2,31	0,03/0,09/0,92 (18)	0,21	56/44/0
6	Bystrzyckie/Różana	17,51	53	3,03	0,02/0,5/12,0 (44)	1,51	48/48/4
7	Orlickie/Bystrzyca Dusznicka	13,97	65	4,65	0,03/0,45/99,4 (72)	2,09	11/87/2
8	Krowiarki/Biała Łądecka	15,31	21	1,37	0,04/0,08/5,5 (15)	0,11	33/42/25
9	Śnieżnik/Morawka	28,11	613	9,6–25,8*	0,01/0,3/53,9 (1068)	5,31	25/71/4
10	Śnieżnik/Nysa Kłodzka	13,06	70	5,36	0,1/0,3/3,15 (62)	1,61	44/56/0
11	Stołowe/Kamienny Potok	50,16	122	2,43	0,01/0,3/12 (106)	0,73	47/45/8
12	Stołowe/Metuja	13,05	35	2,68	0,02/0,15/1,2 (30)	0,40	40/31/29
13	Stołowe/Piekło-Pośna	18,47	82	4,44	0,01/0,3/20 (67)	1,33	24/70/6
14	Złote/Biała Łądecka	35,59	168	4,72	0,01/0,1/6,0 (148)	0,47	32/66/2
15	Złote/Ożarski-Trująca	24,54	62	2,53	0,01/0,18/1,6 (50)	0,46	50/41/9
16	Białskie/Morawka	15,25	179	11,74	0,01/0,41/9,74 (257)	4,81	16/81/3
17	Białskie/Biała Łądecka	44,06	168	3,81	0,01/0,27/20 (285)	1,03	11/83/6
Podsumowanie:		385,66	1883	–	śr. arytmetyczna 1,03 mediana 0,27	–	33/60/7

* w zależności od okresu przeprowadzenia badań terenowych depending on the hydrogeological mapping season

szczególnych obszarach. Największy odpływ źródłany, utożsamiany z lokalnym systemem przepływu, zanotowano w obrębie zlewni Morawki w Masywie Śnieżnika – $5,31 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$ i Górach Białskich – $4,81 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$. Wartości powyżej $1 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$ uzyskano w Górach Orlickich (zlewni Bystrzyca Dusznicka), Masywie Śnieżnika (zlewni Nysy Kłodzkiej), Górach Bystrzyckich (zlewni Różanej), Górach Stołowych (zlewni Piekło-Pośna) i Górach Białskich (zlewni Białej Łądeckiej). Najniższy odpływ

źródłany, nieprzekraczający $0,25 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$, zanotowano w Krowiarkach ($0,11 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$), Górach Bystrzyckich zlewni Nysy Kłodzkiej ($0,21 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$) i Bystrzyca Dusznicka ($0,24 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$) oraz Górach Bardzkich w zlewni Buszówki ($0,21 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$).

Najwyższe temperatury wód źródłanych stwierdzono na dwóch obszarach Gór Bardzkich (zlewni Budzówki i zlewni Ożarskiego Potoku – Trującej). Minimalne stwierdzone temperatury wód wyniosły $8,0\text{--}9,9^\circ\text{C}$, a mediany odpowiednio:

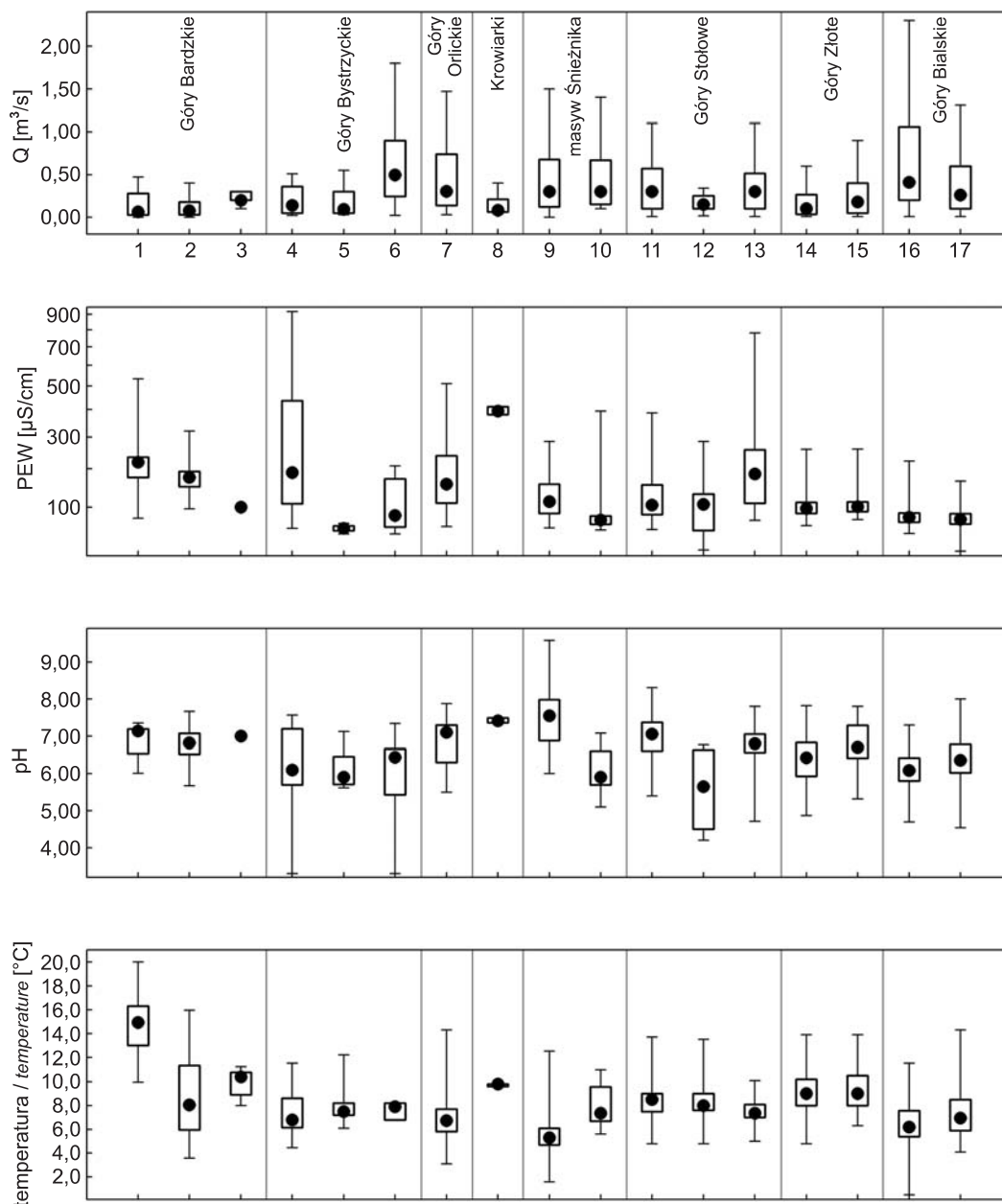


Fig. 4. Podstawowe parametry statystyczne wartości wydajności (Q), przewodności elektrycznej właściwej (PEW), odczynu (pH) i temperatury na obszarach badań (1–17)

- mediana, \square 25–75%, \perp zakres minimum–maksimum (dla Q – zakres nieodstających z pominięciem wartości maksymalnych)

Basic statistical parameters of the spring discharge (Q), electric conductivity (PEW), pH index (pH) and water temperature for study areas (1–17)

- median, \square 25–75%, \perp minimum–maximum range (for Q – the range without maximum values)

14,9 i 10,4°C. Wysokie mediany temperatury wody, przekraczające 9°C, zanotowano także w Krowiarkach i Górach Żółtych (fig. 4).

Najwyższe wartości pH przekraczające 7 zanotowano w Masywie Śnieżnika (zlewnia Morawki), Krowiarkach, Górach Orlickich, Górach Bardzkich (zlewnia Buszówki) oraz na obszarze zlewni Kamiennego Potoku w Górach Stołowych. Najniższe, nieprzekraczające 6, zaobserwowano w Górach Stołowych (zlewnia rzeki Metuja) i Bystrzyckich

(zlewnia Nysy Kłodzkiej). Najwyższe wartości mediany przewodnictwa elektrycznego wody stwierdzono w Krowiarkach i Górach Bardzkich (zlewnia Buszówki) i na obszarze zlewni Bystrzycy Dusznickiej w Górach Bystrzyckich, najniższe zaś w południowej części Gór Bystrzyckich w obrębie zlewni Nysy Kłodzkiej (fig. 4), na obszarze dwóch analizowanych zlewni Gór Białskich (Morawce i Białej Łądeckiej) oraz w obrębie zlewni Nysy Kłodzkiej w Masywie Śnieżnika.

WNIOSKI

Kompleksowa inwentaryzacja wypływów wód oraz ujednolicenie i zestawienie wyników pomiarów krenologicznych w bazie „Źródło” pozwoliło wyciągnąć wnioski dotyczące zróżnicowania gęstości ich występowania, wydajności i podstawowych parametrów fizykochemicznych wód. Jednocześnie ujawniono szereg problemów, które należy wziąć pod uwagę w trakcie kompilacji badań archiwalnych, gdyż bezkrytyczne uwzględnianie tych wyników może powodować istotne błędy.

Według dotychczasowych badań gęstość występowania źródeł, ich wydajność i parametry fizykochemiczne zależą m.in. od wykształcenia litologicznego skał, wysokości i intensywności opadów atmosferycznych, zróżnicowania geomorfologicznego, zaangażowania tektonicznego oraz roślinności. Czynniki te w głównej mierze determinują również możliwość zasilania, przepływu i drenażu w poszczególnych systemach krążenia wód (Buczyński, Rzonca, 2011; Tarka, 2006). Na obszarach o małych nachyleniach terenu występowanie źródeł ogranicza się głównie do głęboko wciętych dolin, a wydajności wykartowanych wypływów są niskie. Na terenach tych w głównej mierze następuje zasilanie warstw wodonośnych, a wypływy wód podziemnych na powierzchnię następują głównie w wyniku dopływu dokorytowego do rzek (Olichwer, 2007).

Podobnie jak w przypadku analizowanych masywów górskich Sudetów Środkowych, wyższym wskaźnikiem krenologicznym charakteryzują się obszary o dużej deniwelacji terenu, zróżnicowanej morfologii oraz zaangażowaniu tektonicznym, co objawia się szeregiem głęboko i ostro wciętych dolin. Jednakże w wyniku prac przeprowadzonych na tych samych obszarach, w zależności od pory roku oraz wielkości i intensywności opadów poprzedzających prace, zróżnicowanie wskaźnika krenologicznego oraz wielkości wydajności może być różne. Na przykład w obrębie zlewni Morawki w Masywie Śnieżnika, charakteryzującej się znaczną deniwelacją terenu (844 m), w zależności od autora i okresu prowadzenia prac terenowych wartość wskaźnika krenologicznego waha się od 5,6 (Staško, Tarka, 1994) przez 9,6 (Kryza, 1983); 11,74 (Gorączko, 1986) do 25,83 (Jaszczyszyn, 1995). Może to świadczyć o występowaniu dużej liczby źródeł

okresowych. Podobnie w przypadku zlewni Zieleńca w Górach Orlickich, gdzie różnica wysokości terenu na niewielkiej odległości zmienia się z 1036 na 575 m n.p.m., wskaźnik krenologiczny w zależności od stanu wód ulegał zmianie w przedziale 2,7–5,7 źródeł/km². Na obszarach o mniejszym zróżnicowaniu morfologicznym nie obserwuje się takich zmienności wskaźnika. Dość duże rozbieżności występują również w przypadku obszarów podmokłych i źródlisk, gdzie liczba wypływów uzależniona jest od stanów wód, miejsca wykonywania pomiarów, a także dokładności i doświadczenia badacza.

Wydajności źródeł oraz wartości pH wód w obrębie naturalnych obszarów górskich są wyższe tam, gdzie występują skały węglanowe. W takich przypadkach maksymalne wydajności źródeł mogą być kilkunastokrotnie wyższe od wydajności źródeł na obszarach sąsiadujących. Przykładem mogą być obszary w Masywie Śnieżnika i w Górach Orlickich oraz sąsiadujące z nimi od wschodu obszary w Górach Białskich i Górach Bystrzyckich (fig. 3). W pierwszych z nich (9 i 7) stwierdzono skały węglanowe, natomiast w drugich (16 i 4) ich brak. Maksymalna zarejestrowana wydajność źródeł i pH wód w przypadku obszaru 9 wynosi odpowiednio 53,9 i 9,6 dm³/s, natomiast na obszarze 16 odpowiednio 9,4 i 7,3 dm³/s. W przypadku Gór Orlickich i Gór Bystrzyckich dysproporcja wydajności jest jeszcze większa i wynosi 98,5 dm³/s ($Q = 99,4$ dm³/s w Górach Orlickich, $Q = 0,86$ dm³/s w Górach Bystrzyckich). Szczególnym przypadkiem są obszary występowania torfowisk, które charakteryzują się wysokimi wartościami PEW, niskimi pH i niskim wskaźnikiem krenologicznym.

W analizie nie uwzględniono zaangażowania tektonicznego poszczególnych obszarów, które według niektórych autorów (Pacheco, Alencão, 2002; Buczyński, Rzonca, 2011) dość istotnie wpływa na gęstość występowania źródeł. Innym czynnikiem determinującym wyniki jest jakość materiałów archiwalnych o różnej szczegółowości, które nie zawsze pozwalają precyzyjnie odczytać lokalizację wypływu. Obecnie, przy zastosowaniu podczas kartowania hydrogeologicznego techniki GPS, problem ten został wyeliminowany, jednak powszechnie stosuje się ją dopiero od kilku lat.

LITERATURA

- BUCZYŃSKI S., RZONCA B., 2011 — Effects of crystalline massif tectonics on groundwater origin and catchment size of a large spring area in Zieleniec, Sudety Mountains, SW Poland. *Hydrogeol. Journal* (w druku).
- BUCZYŃSKI S., STAŚKO S., RZONCA B., 2003 — O potrzebie stworzenia bazy danych źródeł. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*, t. 11, cz. 1. Wyd. Bud. Wod. i Inż. Środ. Polit. Gd., Gdańsk: 253–258.
- CHEŁMICKI P., 2006 — Przestrzenna baza danych pomiarowych na przykładzie bazy danych źródeł dorzecza Dłubni. *Prz. Geol.*, **54**, 8: 689–692.
- CHEŁMICKI W., JOKIEL P., MICHALCZYK Z., MONIEWSKI P., 2010 — Rozmieszczenie i wydajność źródeł w Polsce. *W: Hydrologia w ochronie i kształtowaniu krajobrazu*, t. 2 (red. A. Magnuszewski). *Monografie PAN*, **69**: 229–241.
- CIEŻKOWSKI W., 2001 — O potrzebie uznania niektórych źródeł w Sudetach za pomniki przyrody. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*, t. 10, cz. 2. Wyd. Sudety, Wrocław: 483–486.
- DYNOWSKA I., 1964 — Obieg wody w obszarze wyżynnym zbudowanym z marglu kredowego na przykładzie dorzecza górnej Szreniawy. *Zesz. Nauk. UJ. Pr. Geogr.*, **8**.
- GORĄCZKO W., 1986 — Hydrogeologia źródeł w górnej części zlewni Kamienicy ze szczególnym uwzględnieniem chemizmu wód podziemnych (praca magisterska). Arch. Uniw. Wrocław, Wrocław.
- HUMNICKI W., 2003 — Odpyły podziemny w wybranych zlewniach Pienińskiego Parku Narodowego. *Pieniny – Przyroda i Człowiek*, **8**: 41–51.
- JASZCZYSZYN J., 1995 — Wpływ systemów krasowych zlewni Kleśnicy na zasoby wodne i ich ochronę (praca magisterska). Arch. Uniw. Wrocław, Wrocław.
- JOKIEL P., 2007 — Źródła – wodne perełki na granicy Terry i Hadesu. *W: Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne* (red. P. Jokiel i in.). Wyd. Nauk Geogr. UŁ. Wyd. Regina Poloniae, Częstochowa: 7–13.
- KRYZA H., 1983 — Wody podziemne północnej części Masywu Śnieżnika. *W: Współczesne problemy hydrogeologii regionalnej*. Wyd. Uniw. Wrocław, Wrocław: 55–77.
- LEPPLA A., 1900 — Glatzer Neisse unter Berücksichtigung der Zwecke des Ausschusses zur Untersuchung der Wasserverhältnisse in den der Ueberschwemmungsgefahr besonders ausgesetzten Flussgebieten. Geologisch-hydrographische Beschreibung des Niederschlagsgebietes. Berlin.
- MAŁECKA D., 1981 — Hydrogeologia Podhala. *Pr. Hydrogeol.*, ser. spec., **14**: 5–187.
- MAŁECKA D., MAŁECKI J., 1998 — Warunki hydrogeologiczne i hydrochemiczne oraz określenie działań mających na celu ochronę rezerwatu Niebieskie Źródła. *Monografie Kom. Gosp. Wod. PAN*, **14**.
- MICHALCZYK Z., 2001 — Źródła Wyżyny Lubelskiej i Rostocza. Wyd. UMCS, Lublin.
- NIEDZIELSKI H., 1971 — Warunki występowania wód w górnej kredzie Wyżyny Miechowskiej. *Prz. Geogr.*, **43**, 4.
- OLICHWER T., 2007 — Zasoby wód podziemnych Ziemi Kłodzkiej. *Acta Univ. Vratisl.*, **3022**. *Hydrogeologia*.
- PACHECO F.A.L., ALENCOÃO A.M.P., 2002 — Occurrence of springs in massifs of crystalline rocks, northern Portugal. *Hydrogeol. Journal*, **10**, 2: 239–253.
- PAWLAK I., 1965 — Warunki hydrogeologiczne Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej – od Liswarty do rowu krzeszowickiego. *W: Z badań hydrogeologicznych w Polsce*, t. 2. Wyd. Geol., Warszawa.
- PAWLAK W. red., 1997 — Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego. Wyd. Uniw. Wrocław, Wrocław.
- PAZDRO Z., KOZERSKI B., 1990 — Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., Warszawa.
- STAŚKO S., 2002 — Zawodnienie szczelinowych skał krystalicznych w Sudetach. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **404**: 249–262.
- STAŚKO S., TARKA R., MODELSKA M., BUCZYŃSKI S., OLICHWER T., 2008 — Sprawozdanie merytoryczne z realizacji projektu badawczego: Baza danych i mapa źródeł Ziemi Kłodzkiej. Wrocław. <http://www.sebu.ing.uni.wroc.pl/baza.htm>
- STAŚKO S., TARKA R., 1994 — Obliczanie zasobów wód podziemnych w obszarach górskich na przykładzie badań w wybranych zlewniach Sudetów. *Zesz. Nauk. Akad. Roln.*, **248**: 279–286.
- SZPAKIEWICZ M., 1973 — Wody podziemne w utworach liasu północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich na obszarze przyległym do doliny Kamiennej. *Biul. Inst. Geol.*, **277**.
- TARKA R., 2006 — Hydrogeologiczna charakterystyka utworów kredy w polskiej części Sudetów. *Acta Univ. Vratisl.*, **2884**. *Hydrogeologia*.
- WAKSMULDZKI K., 1972 — Wpływ środowiska geograficznego na charakter wypływów wody podziemnej w źródłowej części zlewni Wisły. Arch. Inst. Geogr. UJ, Kraków.
- WCISŁO M., STAŚKO S., BUCZYŃSKI S., 2010 — Czy modelować małe zlewnie w terenach górskich? *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **442**: 159–166.
- WIT K., ZIEMOŃSKA Z., 1960 — Hydrografia Tatr Zachodnich. Objąsnienia do mapy hydrograficznej „Tatry Zachodnie 1:50 000”. Inst. Geogr. PAN, Kraków.

SUMMARY

Analysis of springs in the mountainous massif of the Kłodzko region was evaluated based on the “Źródło” database. During the creation of this database, existing archive data were collected and verified, and additional field survey and mapping were performed in poorly recognized areas.

Based on archival work from the period of 1900–2005 and own research from the period of 2005–2008, 1883 springs, seepages and large spring areas have been recorded over the area of 385.6 km² (covering the mountainous massif of the Kłodzko District). The study included spring locations

and measurements of spring discharge, water temperature, pH and EC. The most common are springs – 60.4%. The remaining population includes seepages (32.6%) and large spring areas (7%). Based on 6159 records (2407 discharge measurements, 2022 water temperature values, 854 pH values and 876 EC measurements), the mean values for the whole group are calculated at 0.27 L/s, 6.5°C, 6.55 and 85.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectively.

Detailed analysis of springs showed variable spring density, discharge, water temperature, pH value and electrical conductivity of water, despite the fact that similar geological and climatic conditions were observed across the area of 50 km.

The highest values of spring density, over 11 springs per 1 km², occur in the Śnieżnik Massif and Bialskie Mts. The lowest number of springs was recorded in the Bardzkie Mts., Krowiarki Mts. and Bystrzyckie Mts. The highest values of average discharges, over 0.4 L/s, were evaluated in the Bystrzyckie Mts., Orlickie Mts. and Bialskie Mts. The value of groundwater runoff from a spring for the mountainous

massif varies from 0.11 L/s·km² in the Krowiarki Mts. up to 5.32 L/s·km² in the Morawka River catchment located in the Śnieżnik Massif.

The values of pH showed the highest average of 7.4 in the Śnieżnik Massif and Krowiarki Mts. The lowest values were below 5.7 in the Stołowe Mts. High electrical conductivity of water is noticed in the Krowiarki Mts. and Bystrzyckie Mts. The highest water temperature values of over 9°C were measured in the Bardzkie Mts., Krowiarki Mts. and Złote Mts. In the Western Sudetes, the highest value of spring density is observed in areas of variable land elevation and morphology as well as degree of tectonic deformation, which is associated with deep and steep valleys. The highest values of spring discharge are associated with the area of carbonate rocks, where spring discharge is several times higher in comparison with the surrounding area. Special places are associated with peat bogs, where high EC values and low pH and spring density values are observed.