

## ZMIANY WYDAJNOŚCI I CECH FIZYCZNO-CHEMICZNYCH WODY ŹRÓDŁA W PLISZCZYNIE KOŁO LUBLINA

### CHANGES IN DISCHARGE AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF SPRING WATER IN PLISZCZYN NEAR LUBLIN

ZDZISŁAW MICHALCZYK<sup>1</sup>, STANISŁAW CHMIEL<sup>1</sup>, SŁAWOMIR GŁOWACKI<sup>2</sup>, JOANNA SPOŚÓB<sup>1</sup>, BEATA ZIELIŃSKA<sup>1</sup>

**Abstrakt.** W okolicy Lublina istnieją liczne wypływy wód podziemnych o wysokiej i dość regularnej wydajności. Szczegółowe informacje o ich występowaniu były zbierane w Zakładzie Hydrografii (obecnie Hydrologii i Klimatologii) UMCS w Lublinie od II połowy XX w. W wytypowanych źródłach prowadzono powtarzane pomiary ich wydajności oraz analizowano cechy fizyczne i chemiczne wpływającej wody. Źródło w Pliszczynie znajduje się w dolnej części zlewni Ciemięgi, która sąsiaduje z obszarem Lublina. Pierwsze pojedyncze pomiary wydajności przeprowadzono w latach 1964–1965. Od 1980 r. wykonywano corocznie przynajmniej jeden pomiar, natomiast w latach 1995–2005 prowadzono je niemal w każdym miesiącu oraz pobierano wodę do analiz własności fizycznych i chemicznych. Średnia łączna wydajność źródła obliczona ze 136 pomiarów wykonanych w latach 1964–2017 wynosiła  $42,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a skrajne wartości osiągnęły 20,9 i  $78,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . W opracowaniu przeanalizowano zmiany wydajności źródła i cech fizyczno-chemicznych wody, zwrócono uwagę na relacje między opadem atmosferycznym, wydajnością źródła i stanem retencji wody podziemnej oraz przepływem rzeki Ciemięgi.

**Słowa kluczowe:** źródło, zmiany wydajności, właściwości fizyczno-chemiczne, Wyżyna Lubelska.

**Abstract.** There are many groundwater springs of high and regular discharge in the Lublin area. Particular information about their occurrence has been collected at the Department of Hydrography (currently Department of Hydrology and Climatology) of Maria Curie-Skłodowska University in Lublin since the second half of the 20<sup>th</sup> century. Discharge of the springs has been measured and analyses of physical and chemical properties of water have been conducted. The spring in Pliszczyn is located in the lower part of the Ciemięga River catchment, adjoining the city of Lublin. First individual measurements of spring discharge were conducted in 1964–1965. Since 1980, at least one measurement per year has been conducted. However, in 1995–2005, spring discharges were measured once a month and water samples for physical and chemical analyses were taken. The mean spring discharge, determined based on 136 measurements in 1964–2017, was  $42.6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , and the extreme values were 20.9 and  $78.5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . The paper presents the changes of spring discharge and physical and chemical properties of water, as well as the relationship between catchment water resources, precipitation, and the Ciemięga River discharge.

**Key words:** spring, changes of spring discharge, physical and chemical properties, Lublin Upland.

## WSTĘP

Źródło w Pliszczynie jest usytuowane w dolnej części dorzecza Ciemięgi, położonego na północnym skraju Wyżyny Lubelskiej, w środkowej części lubelsko-podlaskiego (IX) regionu hydrogeologicznego (Paczyński, 1995; Pa-

czyński, Sadurski, 2007). Jego obszar przylega lub znajduje się w granicach administracyjnych Lublina (fig. 1). Dorzecze o powierzchni  $157,1 \text{ km}^2$  jest rozciągnięte na długości 30 km, jego szerokość w górnej części wynosi 10 km, a w środkowej i dolnej zwęża się do 3–6 km. Ciemięga bierze początek na rzędnej 226 m n.p.m. w Motyczu Leśnym,

<sup>1</sup> Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej, al. Kraśnicka 2D, 20-718 Lublin;  
e-mail: hydrografia@poczta.umcs.lublin.pl.

<sup>2</sup> Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej, ul. Leszka Czarnego 3, 20-610 Lublin;  
e-mail: slawomir.glowacki@wody.gov.pl.

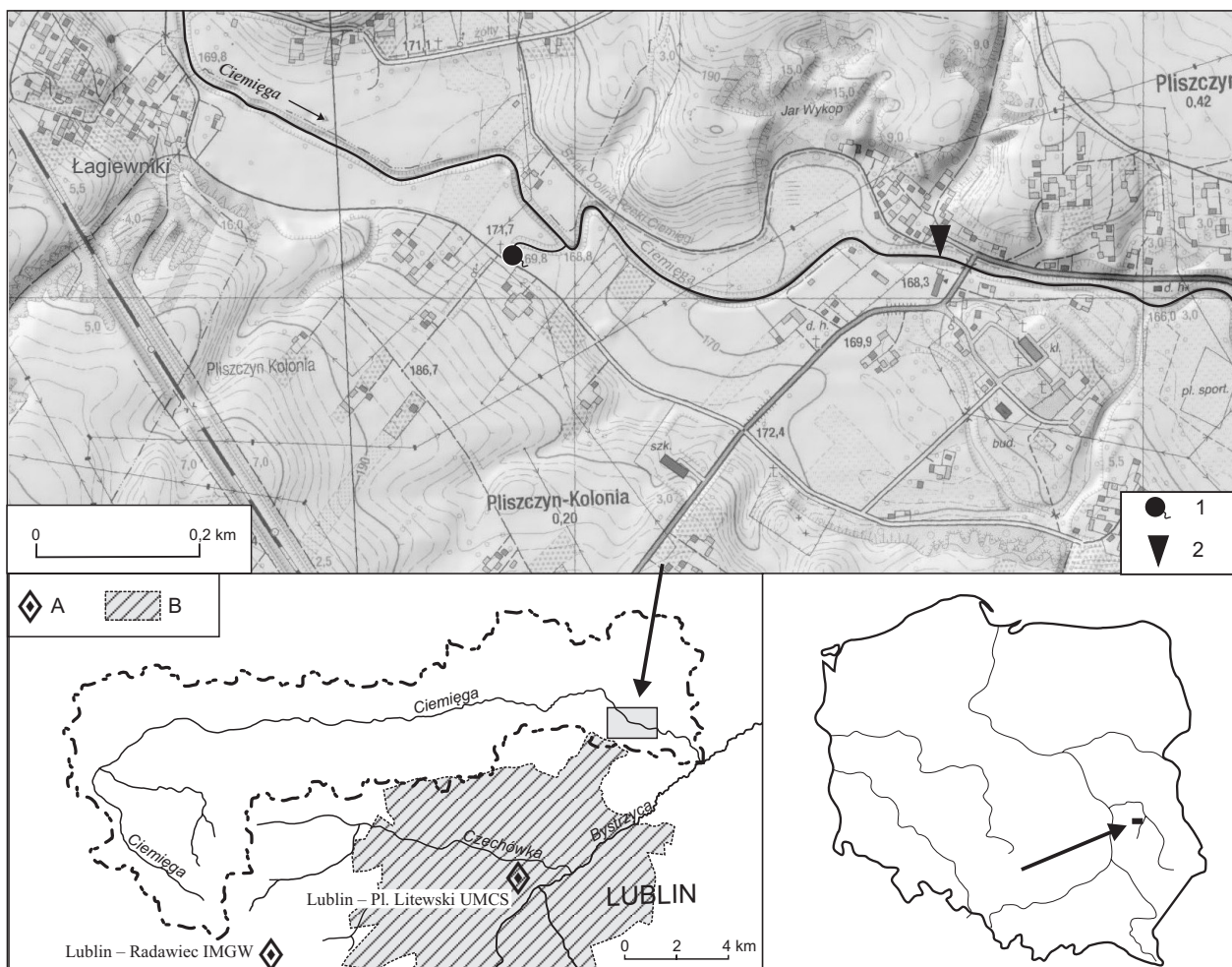


Fig. 1. Położenie źródła w Pliszczynie

1 – źródło, 2 – wodowskaz Pliszczyn na rzece Ciemięga, A – stacja meteorologiczna, B – obszar miasta Lublin

Location of spring in Pliszczyn

1 – spring, 2 – water gauge Pliszczyn on the Ciemięga River, A – meteorological station, B – Lublin city

a uchodzi do Bystrzycy w Sobianowicach na wysokości ok. 160 m n.p.m. Długość rzeki wynosi 41 km, spadki podłużne doliny w górnym odcinku nie osiągają 1‰, a w dolnym nieco przekraczają 2‰. Dno doliny rzecznej, szerokie w górnym biegu, zwęża się w odcinku środkowym i dolnym do 200–300 m, przybierając charakter przełomu. Pod jej krańcami, lub przy korycie, istnieją liczne źródła oraz wypływy nieskoncentrowane, stałe i równomiernie zasilające Ciemięgę wodami podziemnymi.

W dorzeczu Ciemięgi funkcjonuje bardzo dużo wypływów wód podziemnych, z których ok. 50 ma charakter źródeł o skoncentrowanym odpływie wody. Ich rozmieszczenie jest bardzo nierównomierne, najwięcej znajduje się w środkowej części zlewni. Są to wypływy o małej wydajności, sporadycznie przekraczającej  $1 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Michalczyk, Rederowa, 1993; Michalczyk i in., 1997). Największe z nich występują w Dysie i Łagiewnikach (po kilka  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) oraz w Baszkach (trzy wypływy o wydajności od 17 do  $38 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Najwydajniejszym źródłem jest wypływ w Pliszczynie, który znaj-

duje się pod prawym zboczem doliny Ciemięgi. Rzędna źródła wynosi 171 m n.p.m. Woda wydobywa się z licznych szczelin usytuowanych pod zboczami i w dnie niszy o średnicy ok. 10 m. Jest ona porośnięta roślinnością hydrofilną, a na jej zboczach rosną wierzby i olchy oraz świerki. Poniżej niszy tworzy się strumień odprowadzający wodę źródlaną do Ciemięgi. Źródło było i jest miejscem zaopatrzenia w wodę sąsiednich gospodarstw, a także dla przyjeżdżających z Lublina i okolic. Walory źródła oraz jego lokalne znaczenie podkreśla kapliczka wybudowana obok niszy, mieszkańcy nazywają je źródłem św. Jana.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W ramach rozpoznania hydrograficznego Wyżyny Lubelskiej w Zakładzie Hydrografii UMCS w 1964 r. wykonano pierwsze pomiary najwydajniejszych źródeł w zlewni Ciemięgi. W następnych latach podjęto problematykę dotyczącą

występowania źródeł (Niemiec, 1972) i dynamiki odpływu (Świątek, 1977). Pracownicy Zakładu Hydrologii UMCS rozpoczęli systematyczne pomiary źródła w Pliszczynie w 1980 r., w czasie badań rejonu ujęcia wód podziemnych w Turce k. Lublina (Michalczyk, Turczyński, 1988). Natomiast w latach 1992 oraz 1995–2005 wykonywano niemal comiesięczne pomiary wydajności źródła w ramach oceny stanu zasobów wodnych i walorów przyrodniczych dorzecza Ciemięgi (Michalczyk i in., 1997, 2007). W następnych latach coroczne pomiary wykonywano w trakcie realizacji monitoringu źródeł Wyżyny Lubelskiej i Rostocza, prowadzonego przez Zakład Hydrologii UMCS (Michalczyk i in., 2015). W całym cyklu zbierania danych pomiary wydajności prowadzono z zastosowaniem młynka hydrometrycznego. Równocześnie pobierano próbki wody do analiz cech fizyczno-chemicznych, wykonywanych w laboratorium Zakładu Hydrologii. Ponadto w 1996 r. wykonano w akredytowanym laboratorium WIOŚ w Lublinie analizy czterech próbek wody pobranej w różnych sezonach (Michalczyk, 1996). Oznaczono w nich 35 wskaźników fizyczno-chemicznych wody, w tym metale ciężkie i miano Coli.

W celu oceny zasobów wodnych zlewni Ciemięgi, w 1981 r. rozpoczęto standardowe obserwacje stanów wody na wodowskazie założonym w dolnym biegu Ciemięgi oraz wykonywano systematyczne pomiary przepływu. Materiały te wykorzystano do oceny zmian retencji zlewni zestawionej za lata 1981–2016.

Celem pracy jest charakterystyka dynamiki wydajności źródła w Pliszczynie, z podkreśleniem jej związku ze zmianami zasilania atmosferycznego oraz stanu retencji w zlewni Ciemięgi. Zwrócono również uwagę na zmiany podstawowych właściwości fizycznych i chemicznych wody źródlanej.

## WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Zasobność wodna zlewni wynika głównie z budowy geologicznej, rzeźby i warunków meteorologicznych. Podłoże skalne zlewni Ciemięgi jest zbudowane z margli i opok mastrychtu górnego oraz zalegających na nich paleocen-skich geiz i wapieni marglistych. Skąły te lokalnie są przykryte piaskami i mułkami kwarcowymi oligocenu, na których spoczywają piaski, piaski gliniaste ze żwirami oraz glina zwałowa (Harasimiuk, Henkiel, 1982). Na wierzchowinach zalega less o miąższości od kilku do 25 m. Wąskie dno doliny wypełniają holocenijskie namuły, mady, torfy i osady aluwialne.

Na przeważającej części zlewni wody podziemne tworzą jeden zbiornik wodonośny, wytworzony w skałach piętra kredowego oraz paleogeńsko-neogeńskiego i czwartorzędowego. Podstawowe znaczenie dla kształtowania zasobów i krążenia wody mają szczelinowo-warstwowe skały kredy górnej, wykształcone w postaci margli i opok mastrychtu górnego. Na powierzchni terenu są one widoczne w niszach źródliskowych oraz w dnach głęboko wciętych wąwozów. Swobodne zwierciadło wody występuje w strefie doliny rzecznej na głębokości 0,5–2,0 m (Michalczyk, 1997), a na

wierzchowinach miąższość strefy aeracji wzrasta do 30 m (fig. 2).

Wysokość występowania zwierciadła wody podziemnej nawiązuje do rzędnej dna dolin rzecznych Bystrzycy i Ciemięgi stanowiących lokalną bazę drenażu (Michalczyk, 1997). Znaczenie Ciemięgi w układzie zwierciadła wód podziemnych wzrasta wraz z oddalaniem się od doliny recepienta (fig. 3). Drenujący charakter rzeki i doliny przejawia się w dość dużym zasilaniu Ciemięgi wodami podziemnymi oraz w istnieniu ok. 50 źródeł (Michalczyk, Rederowa, 1993). Zwierciadło wody podziemnej w sąsiedztwie źródła w Pliszczynie występuje na rzędnej terenu ok. 170 m n.p.m. Jego wysokość podnosi się od dna doliny Ciemięgi ku działom wodnym.

W roku przeciętnym roczna suma opadów wynosi ok. 580 mm, z czego na półrocze zimowe przypada 210 mm, a na letnie 370 mm. Średni przepływ Ciemięgi w profilu Pliszczyn, obliczony na podstawie własnych obserwacji wodowskazowych i pomiarów przepływu, w latach 1981–2016 wynosił  $0,53 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Jego wartość odpowiada odpływowi jednostkowemu  $3,50 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^2$  i wskaźnikowi odpływu 110,0 mm. W półroczu chłodnym przepływ miał wartość  $0,61 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a w ciepłym  $0,44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Najwyższe przepływy stwierdzano w okresie wiosennym, a najniższe w miesiącach letnich. Rzeka i jej dolina na całej długości drenuje zasoby podziemne, których obecność przejawia się w źródłach dostarczających w dłuższych okresach bezopadowych ponad 80% płynącej wody oraz w lokalnym utrzymywaniu się obszarów podmokłych. W latach 1981–2017 wielkość jednostkowego odpływu podziemnego, obliczonego metodą Wundta (średnia z minimalnych przepływów miesięcznych), wynosi  $2,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^2$ . Jego wartość w czasie przepływów niżówkowych nie spada poniżej  $0,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^2$ . Z wielolet-

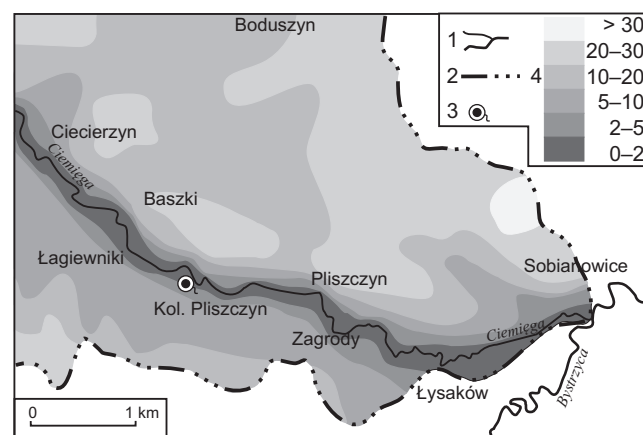
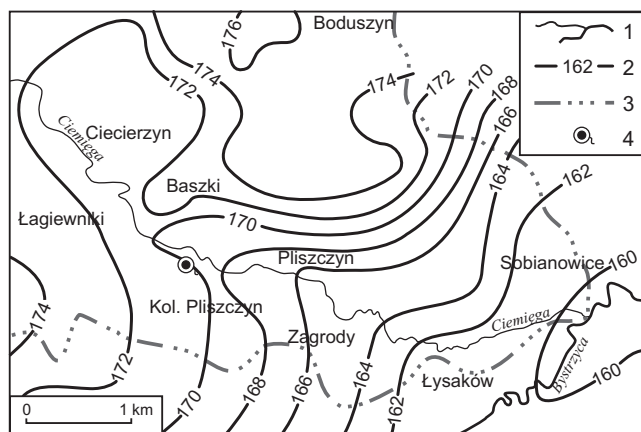


Fig. 2. Głębokość występowania zwierciadła wody podziemnej w dolnej części zlewni Ciemięgi

1 – rzeka, 2 – powierzchniowy dział wodny, 3 – źródło, 4 – głębokość występowania zwierciadła wody [m]

Depth to the groundwater table  
in the lower part of the Ciemięga River catchment

1 – river, 2 – surface water divide, 3 – spring, 4 – depth to groundwater [m]



**Fig. 3. Ukształtowanie zwierciadła wody podziemnej w dolnej części zlewni Ciemięgi**

1 – rzeki, 2 – hydroizohipsa, 3 – powierzchniowy dział wodny, 4 – źródło

Groundwater table contour map  
in the lower part of the Ciemięga River catchment

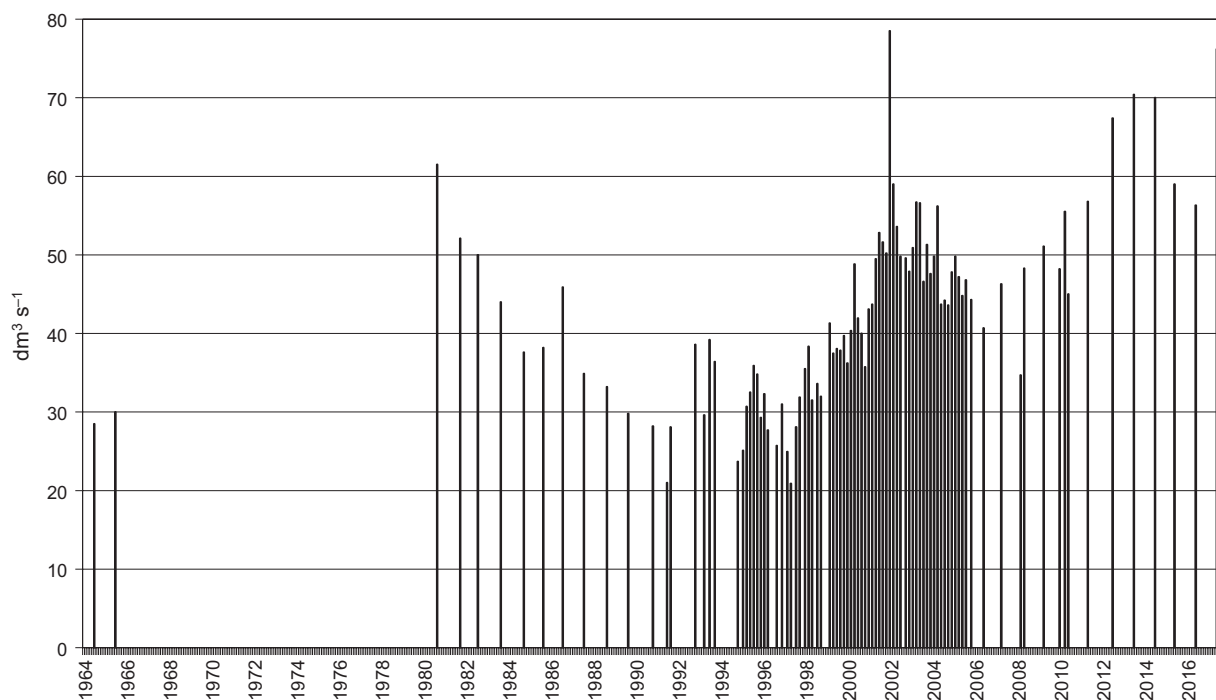
1 – rivers, 2 – groundwater table contour, 3 – surface water divide, 4 – spring

nich obserwacji wynika, że podstawowe znaczenie dla uzupełniania zasobów wód podziemnych miały opady półrocza zimowego. Opady półrocza letniego (V–X), o przeciętnej intensywności i wysokości, zwykle nie powodowały dużego wzrostu przepływu rzeki. Natomiast po intensywnych opadach deszczu pojawia się krótkotrwały spływ powierzchniowy (Michalczyk i in., 1997, 2007).

## DYNAMIKA WYDAJNOŚCI ŹRÓDŁA I JEJ UWARUNKOWANIA

Pierwszy pomiar wydajności źródła w Pliszczynie, wykonany w lipcu 1964 r., wykazał wypływ wody w ilości  $28,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , rok później stwierdzono  $30,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (fig. 4). Następny pomiar, wykonany we wrześniu w 1980 r., udokumentował dwukrotnie wyższą wydajność. W kolejnych latach rejestrowano systematyczne zmniejszanie się wydajności (z wyjątkiem 1986 r.), aż do 1992 r., kiedy stwierdzono tylko  $21 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . W latach 1993–1999 wydajność źródła mieściła się w granicach  $21\text{--}40 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Od 2000 r. ilość wypływającej wody sukcesywnie zwiększała się, aż do maksymalnej wydajności  $78,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  w 2002 r. W latach 2003–2010 wydajność źródła utrzymywała się na poziomie od 40 do  $58 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a w kolejnych latach wzrosła do  $70 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . W czerwcu 2017 r. wydajność źródła wynosiła  $76,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Dane z całego okresu pomiarowego wskazują na istotny trend rosnący wydajności źródła w ostatnim dwudziestoleciu. Średni wydatek źródła obliczony ze 136 pomiarów wykonanych w latach 1964–2017 wyniósł  $42,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a skrajne wydajności osiągnęły  $20,9$  i  $78,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Zebrany materiał wskazuje na zdecydowanie wieloletni rytm zmian wydajności źródła, na który są nałożone zmiany sezonowe. Wysokie wydajności zarejestrowano w latach 1981–1982, 2000–2005, 2011–2014 i w 2017 r., a niskie – w latach 1964–1965 i 1989–1997. W poszczególnych latach skrajne roczne wydajności zarejestrowano w różnych miesiącach. Jest to uwarunkowane wieloletnimi zmianami wydajności i występowaniem ich ekstremalnych wartości na początku lub pod koniec roku. Po zestawieniu miesięcznych



**Fig. 4. Zmiany wydajności źródła w Pliszczynie (pomiaru w latach 1964–2017)**

Changes in discharge of spring in Pliszczyn (measurements in 1964–2017)

wydajności na podstawie danych za lata 1995–2005 uzyskano niewielkie różnice wydatku w poszczególnych miesiącach (fig. 5). Średnia wydajność źródła,  $40,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , była zbliżona do średniej uzyskanej ze wszystkich pomiarów wykonanych w latach 1964–2017. W rytmie miesięcznym, wydatek utrzymywał się na poziomie  $40 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Najwyższe wartości pojawiły się w styczniu, a najniższe w czerwcu (fig. 5). Zwykle najwyższe wydajności występowały w okresie późnej wiosny, po uzupełnianiu zasobów wód podziemnych z retencji śnieżnej lokalnego krążenia. Podobne zmiany sezonowe i wieloletnie stwierdzono w innych źródłach zlewni Ciemięgi (Michalczyk i in., 2010).

Duża i stabilna wydajność źródła w Pliszczynie wynika z jego położenia w strefie głównych dyslokacji tektonicznych (Harasimiuk, Henkiel, 1982). Strefa ta drenuje wody podziemne, które wydostają się na powierzchnię po zmianie kierunku biegu doliny, wynikającego ze strukturalnego układu szczelin w opokach i margli kredowych. Miejsce wypływu znajduje się powyżej zbiegu dyslokacji związanych z doliną Bystrzycy i doliną Ciemięgi (Harasimiuk, Henkiel, 1982), a więc w strefie o zwiększonych możliwościach przepływu wód w spękanych skałach kredy górnej. Z układu hydroizohips (fig. 3) trudno wskazać obszar zasilania źródła. Natomiast, na podstawie wartości jednostkowego odpływu podziemnego w zlewni Ciemięgi oraz w zlewni Bystrzycy (Michalczyk i in., 1997), jego powierzchnię można szacować na kilkanaście  $\text{km}^2$ .

Z wieloletnich obserwacji i pomiarów oraz prowadzonych badań w sąsiednich źródłach (Michalczyk i in., 2010) wynika, że zmiany wydajności źródeł, podobnie jak i stanów wód podziemnych piętra kredowego, następują w cyklach wieloletnich. Źródła nie reagują bezpośrednio na pojedyncze, nawet bardzo wysokie opady. Stabilizacja wydatku źródła dokonuje się w długim okresie, nawiązującym do regionalnej zasobności wód piętra kredowego. Potwierdzenia wskazanych związków poszukiwano przez zestawienie stanu retencji obliczonej z miesięcznych bilansów wodnych zlewni Ciemięgi. Miesięczne sumy opadu przyjęto ze stacji

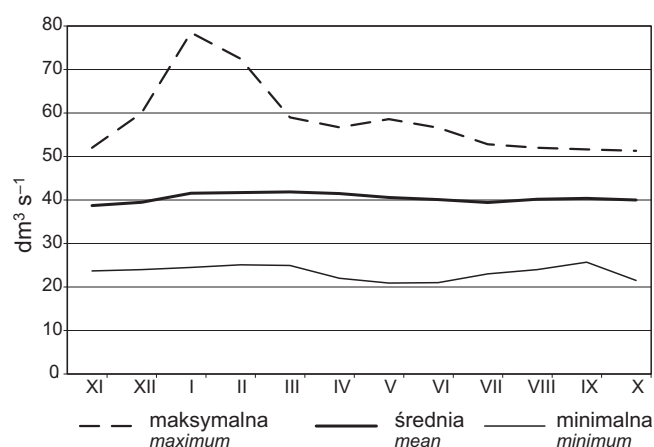


Fig. 5. Charakterystyczne wydajności źródła w latach 1995–2005

Characteristic spring discharges in 1995–2005

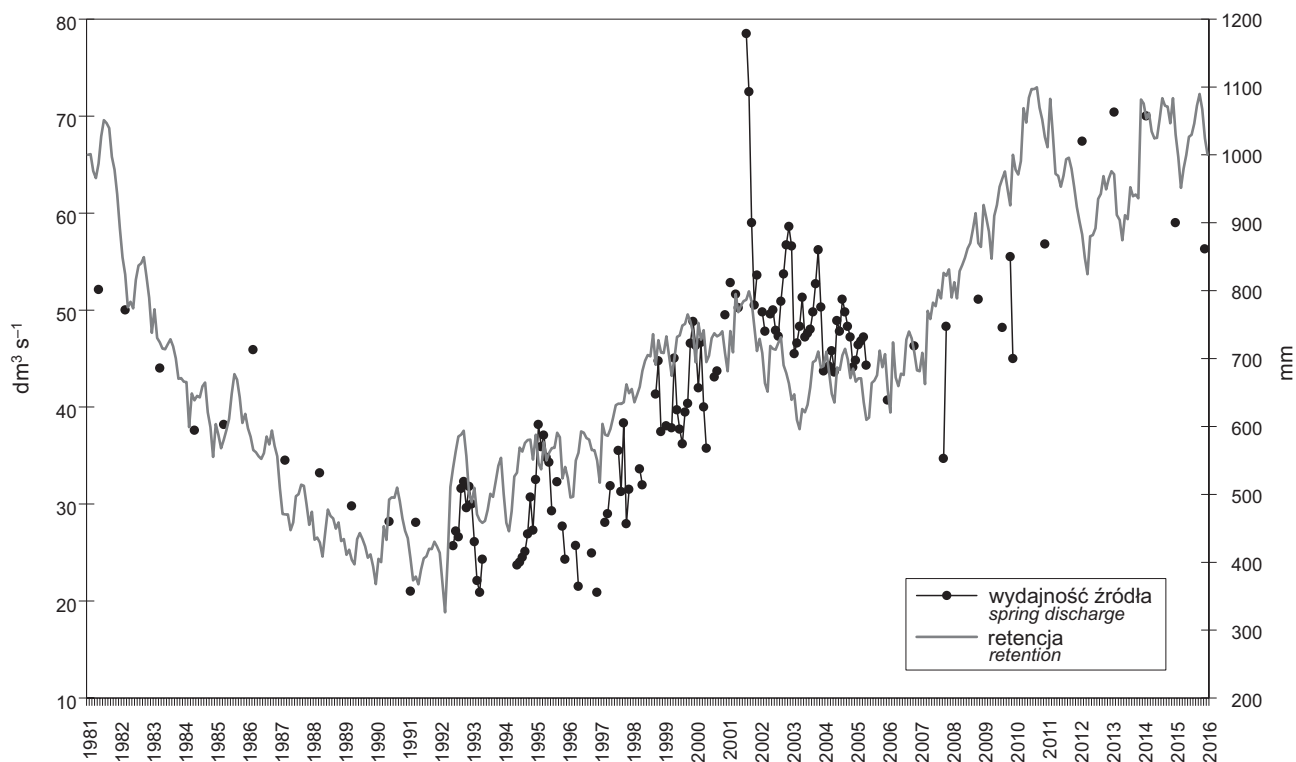
Radawiec, położonej tuż poza działem wodnym najwyższej części zlewni Ciemięgi. Warstwę odpływającej wody obliczono z obserwacji wodowskazowych prowadzonych w profilu Pliszczyn. Wielkość ewapotranspiracji wyliczono natomiast na podstawie średnich miesięcznych temperatur i prężności pary wodnej w stacji UMCS w Lublinie. Uzyskane miesięczne wartości parowania terenowego skorygowano w celu uzyskania zrównoważonego bilansu wodnego za lata 1981–2016. Obliczone miesięczne stany retencji zsumowano, przyjmując za wartość początkową 1000 (fig. 6).

Zestawione wartości wydajności i względnego stanu retencji wykazują, mimo pewnego przesunięcia w czasie, ogólną zgodność w ich zmianach. Analizowano różne okresy danych – od kilku miesięcy do trzech lat. Stwierdzono najkorzystniejsze relacje między dwuletnim stanem retencji i wydajnością źródła, gdyż współczynnik determinacji wynosi wówczas 0,83. Wyniki te jednoznacznie wskazują na silne związki między stanem retencji, liczoną w dłuższym okresie, a wydajnością źródła. Są to wyniki tylko przybliżone, gdyż odnoszono roczny stan retencji niekiedy do pojedynczego pomiaru. Zabieg ten znajduje usprawiedliwienie w dość wyrównanym reżimie wydajności źródła.

## WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNO-CHEMICZNE WÓD ŹRÓDLANYCH

Temperatura wody na wypływie ze źródła w Pliszczynie miała ok.  $9^\circ\text{C}$ . Przewodność elektrolityczna właściwa wód kształtowała się na poziomie  $600 \mu\text{S}/\text{cm}$  (tab. 1), a ich mineralizacja utrzymywała się w zakresie akrotopegów (ok.  $535 \text{ mg}/\text{dm}^3$ ). Były to wody bezbarwne, bez zapachu, o odczynie zbliżonym do obojętnego (6,93–7,23). W składzie chemicznym dominowały wśród anionów jony  $\text{HCO}_3^-$ , których udział stanowił ok. 90% sumy anionów, a wśród kationów jony  $\text{Ca}^{2+}$ , prawie 75% i  $\text{Mg}^{2+}$  – ok. 21% sumy kationów. Twardość ogólną wód ( $6,4$ – $6,7 \text{ mval}/\text{dm}^3$ ) tworzyła głównie twardość węglanowa (średnio w 94%). Według klasyfikacji Szczukariewa–Priklonńskiego były to wody trzyjonowe typu  $\text{HCO}_3\text{--Ca--Mg}$ .

Wskaźniki fizyczno-chemiczne wód badanego źródła charakteryzowały się dużą stabilnością wartości (tab. 1). Większe zmiany zachodziły zazwyczaj w okresach intensywnego zasilania wód podziemnych (po wiosennych roztopach oraz po letnich obfitych opadach deszczu). W przypadku odczynu wody, wzrost wydajności źródła skutkowało spadkiem wartości o 0,1–0,2 jednostki pH, a w przypadku spadku wydajności następował wzrost odczynu wody do wartości powyżej 7,1. Współczynnik zmienności odczynu wody w okresie 20-letnich pomiarów utrzymywał się poniżej 1 (tab. 1). Niskie współczynniki zmienności notowano także w przypadku przewodności elektrolitycznej właściwej, jonu wodorowęglanowego, wapniowego, magnezowego. Rytm zmian ich wartości miał podobny przebieg jak odczynu wody. Jony siarczanowe i potasowe miały także stosunkowo niskie wskaźniki zmienności, odpowiednio 8,8 i 7,3. W przypadku jonów: azotanowych, chlorkowych, sodowych



**Fig. 6.** Pomiary wydajności źródła w Pliszczynie na tle miesięcznych stanów retencji w latach 1981–2016

Discharge measurements of spring in Pliszczynie on the background of retention states in 1981–2016

oraz fosforanowych, notowano wyraźnie wyższe wartości współczynników zmienności ( $>15$ ). Przeważnie ze wzrostem wydajności źródła zwiększało się ich stężenie. Na obszarze zasilania źródła dominują grunty orne z zabudową rozproszoną, co mogło w istotny sposób determinować przebieg zmian tych wskaźników. Uzyskane wartości oraz ich zmienność wskazują na początkowy etap przekształceń antropogenicznych naturalnego składu wód źródła w Pliszczynie. Według klasyfikacji wód podziemnych na potrzeby monitoringu, badane wody pod względem ich jakości charakteryzowały się bardzo dobrym stanem chemicznym.

## PODSUMOWANIE

Źródło w Pliszczynie, jedno z najwydajniejszych źródeł Wyżyny Lubelskiej, jest zasilane wodami szczelinowo-warstwowymi krążącymi w opokach i marglach kredy górnej. Średnia jego wydajność w latach 1964–2017 wynosiła  $42,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a wartości skrajne osiągnęły  $78,5$  i  $20,9 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Wskaźnik zmienności wydajności źródła na poziomie  $3,8$  wskazuje na dość dużą stabilność wydajności w okresie wielolecia. Ilość wypływającej wody zmieniała się proporcjonalnie ze stanem retencji wód podziemnych w zlewni Cie-

**Tabela 1**

**Wybrane wskaźniki fizyczno-chemiczne wód źródła w Pliszczynie z lat 1995–2015 (na podstawie 37 analiz próbek wody)**

Selected physico-chemical properties of the spring water (in 1995–2015, based on 37 analyses of water samples)

Wskaźnik		Minimum	Maksimum	Średnia	Współczynnik zmienności
Odczyn	pH	6,93	7,23	7,13	0,8
Przewodność elektrolityczna właściwa	$\mu\text{S}/\text{cm}$	581	625	608	1,9
Twardość ogólna	$\text{mval}/\text{dm}^3$	6,4	6,7	6,5	1,4
Wodorowęglany	$\text{mg}/\text{dm}^3$	366	384	372	1,3
Chlorki	$\text{mg}/\text{dm}^3$	9	13	11	18,5
Siarczany	$\text{mg}/\text{dm}^3$	19	24	21	8,8
Azotany	$\text{mg}/\text{dm}^3$	4	6	5	16,6
Fosforany	$\text{mg}/\text{dm}^3$	0,4	0,7	0,5	15,3
Wapń	$\text{mg}/\text{dm}^3$	99	105	102	2,4
Magnez	$\text{mg}/\text{dm}^3$	13	20	17	8,8
Sód	$\text{mg}/\text{dm}^3$	3	7	5	16,8
Potas	$\text{mg}/\text{dm}^3$	1	2	1	7,3

mięgi. Zmiany wydajności źródła, podobnie jak i stanów retencji podziemnej, wykazywały bardzo wyraźny reżim wieloletni, na który nakładały się wahania sezonowe. Stabilizacji wydajności oraz cech fizycznych i chemicznych wody sprzyja położenie miejsca wypływu powyżej zbiegu dyslokacji związanych z dolinami Bystrzycy i dolnej Ciemięgi, a więc w strefie rozluźnień tektonicznych skał kredy górnej. Są to strefy o zwiększonych możliwościach przepływu wody podziemnej, jednocześnie decydujące o zasobności wodnej terenu. W składzie fizyczno-chemicznym wody ze źródła w Pliszczynie dominowały produkty ługowania minerałów węglanowych (kalcytu i dolomitu). Świadczy to o dominującym wpływie czynnika geochemicznego na zawartość w wodzie: wodorowęglanów, wapnia, magnezu, mineralizacji oraz poziom jej odczynu. Wpływ antropopresji na zawartość badanych wskaźników zaznaczył się wyraźniej w przypadku chlorków, azotanów, fosforanów, w mniejszym zaś stopniu – w przypadku siarczanów oraz potasu. Prowadzone badania wykazały, mimo położenia źródła w sąsiedztwie dużego miasta, na zwiększenie jego wydajności w ostatnich dziesięcioleciach.

## LITERATURA

- HARASIMIUK M., HENKIEL A., 1982 – Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Polski, ark. Lublin. Wydaw. Geol. Warszawa.
- MICHALCZYK Z. (red.), 1996 – Źródła województwa lubelskiego. Wydajność i parametry fizykochemiczne w 1996 roku. Bibl. Monitor. Środ., Lublin:1–238.
- MICHALCZYK Z. (red.), 1997 – Strategia wykorzystania i ochrony wód w dorzeczu Bystrzycy. Wydaw. UMCS, Lublin, 1–192.
- MICHALCZYK Z., REDEROWA E., 1993 – Dorzecze Ciemięgi. *W: Źródła zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. Badania hydrograficzne w poznawaniu środowiska, II* (red. Z. Michalczyk): 143–151. Wydaw. UMCS, Lublin.
- MICHALCZYK Z., TURCZYŃSKI M., 1988 – Charakterystyka hydrologiczna dorzecza Ciemięgi. *W: Badania hydrograficzne w poznawaniu środowiska, I*: 83–92. Wydaw. UMCS, Lublin.
- MICHALCZYK Z., CHMIEL S., GŁOWACKI S., ZIELIŃSKA B., 1997 – Ocena zasobów wodnych dorzecza Ciemięgi. *W: Efekty proekologicznego zagospodarowania zlewni rzeki Ciemięgi*: 21–36. Wydaw. LFOŚN, IMiBR AR, Lublin.
- MICHALCZYK Z., GŁOWACKI S., ZIELIŃSKA B., 2007 – Zasoby wodne dorzecza Ciemięgi. *W: Obieg wody w środowisku naturalnym i przekształconym. Badania hydrograficzne w poznawaniu środowiska, VIII* (red. Z. Michalczyk): 372–384. Wydaw. UMCS, Lublin.
- MICHALCZYK Z., CHMIEL S., GŁOWACKI S., SPOŚÓB J., ZIELIŃSKA B., 2010 – Charakterystyka hydrologiczna źródeł w Baszkach koło Lublina. *W: Woda w badaniach geograficznych* (red. T. Ciupa, R. Suligowski): 281–291. UJK, Kielce.
- MICHALCZYK Z., CHMIEL S., GŁOWACKI S., ZIELIŃSKA B., 2015 – Monitoringowe badania źródeł Wyżyny Lubelskiej i Roztocza. *Prz. Geol.*, **63**, 10/2: 935–939.
- NIEMIEC S., 1972 – Źródła w dorzeczu Ciemięgi. *Arch. Zakł. Hydrograf.*, UMCS, Lublin.
- PACZYŃSKI B., 1995 – Atlas hydrogeologiczny Polski. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red.), 2007 – Hydrogeologia regionalna Polski, t. I. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ŚWIĄTEK R., 1977 – Odpływ z dorzecza Ciemięgi w latach 1971–1972. *Biul. Lub. Tow. Nauk.*, **19**, 1: 29–33.

## SUMMARY

The paper presents the changes in discharge of a spring in Pliszczyn, located in the lower part of the Ciemięga River catchment in the northern Lublin Upland (Fig. 1). Upper Cretaceous (Upper Maastrichtian) fissured-porous marls and opokas are of basic importance for groundwater resources and circulation; locally, the groundwater occurs in Quaternary and Paleocene deposits (sands, quartz silts, loamy sands and boulder clays). There is a loess cover in the plateau, attaining a thickness of up to 25 metres. The groundwater table occurs at a shallow depth in the zone of river valley, and in the plateau, where the thickness of the unsaturated zone increases to 30 metres (Fig. 2). The location and gradient of the groundwater table correspond to the bottoms of the Bystrzyca and Ciemięga river valleys (Fig. 3). Due to the draining character of the river and its valley, the Ciemięga River feeds from groundwater resources and there are nearly 50 springs. The main purpose of our study was to analyze the discharge of the spring in Pliszczyn in relation to changes of groundwater resources in the Ciemięga River catchment, as well as to analyze the physico-chemical spring water properties. The relationship

between water resources, precipitation and discharge of the Ciemięga River was also examined.

The first spring discharge measurements were conducted in 1995–1965 at the Department of Hydrology, Maria Curie-Skłodowska University in Lublin. Since 1980, at least one measurement of spring discharge was performed once a year. However, in 1995–2005, spring discharges were measured once a month and water samples for physico-chemical analyses were taken. In 1981–2018, water stages were registered and used for estimation of water resources in the Ciemięga River catchment. The mean total discharge of the spring, determined from 136 measurements in 1964–2017 (Fig. 4), was  $42.6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , and the extreme values were 20.9 and  $78.5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . The spring discharge changes in multi-annual and seasonal rhythms (Figs 5, 6). The discharge regime depends on high and low precipitation levels, and the stabilization of the spring discharge is registered during long periods, which results from regional resources of the Cretaceous aquifer. Despite the location of the spring in the neighbourhood of large city, an increase in the discharge and high water quality are observed.

