View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE

DOI: 10.17951/b.2019.74.0.27-43

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN – POLONIA

VOL. LXXIV SECTIO B 2019

ZDZISŁAW MICHALCZYK
ORCID ID 0000-0001-9653-2244
Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
zdzislaw.michalczyk@poczta.umcs.lublin.pl

JOANNA SPOSÓB
ORCID ID 0000-0001-7380-8594
Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
joanna.sposob@poczta.umcs.lublin.pl

STANISŁAW CHMIEL
ORCID ID 0000-0002-5821-2124
Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
stanislaw.chmiel@poczta.umcs.lublin.pl

BEATA ZIELIŃSKA
ORCID ID 0000-0002-8126-6163
Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
beataz@poczta.umcs.lublin.pl

SŁAWOMIR GŁOWACKI
ORCID ID 0000-0002-2692-0388
PGW Wody Polskie
Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Lublinie
slawomir.glowacki@wody.gov.pl

Charakterystyka hydrologiczna zlewni rzeki Ciemięgi

Hydrological characteristics of the Ciemięga River

Abstract: Based on the materials collected in 1956–2017 by the Department of Hydrology MCSU, conditions of groundwater resources formation, surface runoff, spring discharge, outflow and water quality in the Ciemięga River catchment, located in the northern part of Lublin Upland, have been presented in the paper. Hydrological analysis has been based on diurnal water stages and river discharges collected in 1981–2017. Water resources in the catchment have been changing in multiannual rhythm. Mean annual discharge was 0.53 $m^3 \cdot s^{-1}$, what corresponded to 3.46 $dm^3 \cdot s^{-1} \cdot km^2$ specific runoff and 109 mm runoff index. High groundwater feeding formed by inflow of water from several springs of discharge of 10–80 $dm^3 \cdot s^{-1}$ influences the equalization of the river discharge in the lower course. Surface runoff, despite considerable slope reduction, is observed relatively seldom, and reach the highest values in the period of snow-melting flow on the frozen ground. Runoff value for the Ciemięga River catchment is below the mean for Lublin Upland and for Poland.

Keywords: groundwaters, spring discharge, outflow, Lublin Upland

Abstrakt: Na podstawie materiałów zbieranych w latach 1956–2017 przez pracowników Zakładu Hydrologii UMCS w pracy przedstawiono warunki tworzenia się zasobów wód podziemnych,

spływu powierzchniowego, wydajności źródeł, odpływu i bilansu wodnego w zlewni Ciemięgi położonej w północnej części Wyżyny Lubelskiej. Analizę hydrologiczną oparto na dobowych stanach i przepływach z lat 1981–2017. Zasoby wodne zlewni zmieniały się w cyklu wieloletnim, z wyraźnie zaznaczonym rytmem sezonowym. Średni roczny przepływ wyniósł 0,53 $m^3 \cdot s^{-1}$, co odpowiada odpływowi jednostkowemu 3,46 $dm^3 \cdot s^{-1} \cdot km^2$ i warstwie odpływu 109 mm. Wysokie zasilanie podziemne, kształtowane przez dopływ wody z kilku źródeł o wydajnościach 10–80 $dm^3 \cdot s^{-1}$, warunkuje wyrównanie przepływów w dolnym biegu rzeki. Spływ powierzchniowy (mimo znacznych spadków terenu) pojawia się stosunkowo rzadko, najwyższe wartości osiągając w okresie spływu wód roztopowych po zamarzniętym gruncie. Wielkość odpływu ze zlewni Ciemięgi utrzymuje się poniżej średniej dla Wyżyny Lubelskiej i Polski.

Słowa kluczowe: wody podziemne, wydajność źródeł, odpływ, Wyżyna Lubelska

OBSZAR BADAŃ I CEL PRACY

Zlewnia Ciemięgi zajmuje obszar 157,1 km^2 położony w północno-wschodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego, subregionu Wyżyny Lubelskiej (Chałubińska, Wilgat 1954). Zlewnia ma kształt prostokąta, którego rozciągłość równoleżnikowa wynosi 30 km, a południkowa – od 3 do 10 km (ryc. 1). Rzeka bierze początek w Motyczu Leśnym na wysokości 223 m n.p.m. i uchodzi do Bystrzycy (dopływu Wieprza w jego środkowym biegu) w Sobianowicach (159 m n.p.m.). Jej długość wynosi 41,5 km, a różnica wysokości źródło–ujście to 64 m. W górnej części Ciemięga przyjmuje jedyny niewielki dopływ, a na pozostałym odcinku zasilana jest wodami źródeł podzboczowych i przykorytowych. Dno doliny położone jest na wysokości 160–200 m n.p.m.; przyległe obszary wierzchowinowe wznoszą się do 200–230 m n.p.m. W górnym odcinku szeroka dolina (od 500 do 1000 m) jest pocięta gęstą siecią rowów, a spadek rzeki nie osiąga 1‰. Poniżej Jastkowa dolina głęboko wcina się w skały podłoża, jej szerokość maleje do 200–300 m, spadek zaś przekracza 2‰ (Michalczyk 1995).

Powierzchnia badanego terenu reprezentuje charakterystyczny typ rzeźby lessowej z głęboko wciętą doliną rzeczną, licznymi dużymi suchymi dolinami i gęstą siecią młodych rozcięć erozyjnych oraz krawędziami i zrównaniami wierzchowinowymi. Cechy te decydują o dużej atrakcyjności krajobrazowej, przyrodniczej i naukowej zlewni Ciemięgi, położonej w bezpośrednim sąsiedztwie Lublina (ryc. 1). Walory te zostały podkreślone przy tworzeniu systemu obszarów chronionych województwa lubelskiego poprzez powołanie Obszaru Chronionego Dolina Ciemięgi (Wilgat *red.* 1992; Chmielewski 1997). Oprócz rzeźby i krajobrazu szczególnie cenne są wysokiej jakości zasoby wód podziemnych i powierzchniowych. Celem niniejszej pracy jest dokonanie charakterystyki hydrologicznej zlewni Ciemięgi z uwzględnieniem wód podziemnych, wydajności źródeł, wielkości i dynamiki odpływu oraz bilansu wodnego.

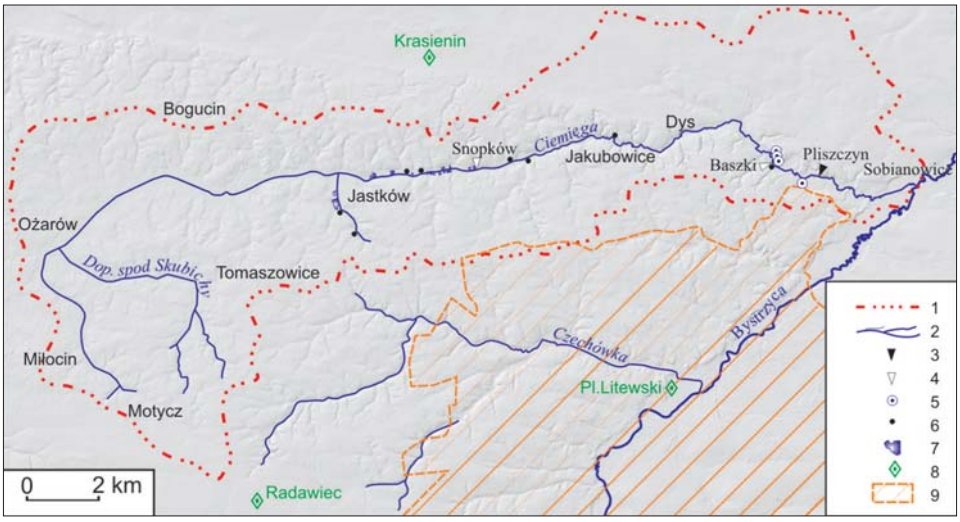
Ryc. 1. Położenie zlewni Ciemięgi
1 – granica regionów fizjograficznych (Chałubińska, Wilgat 1954), 2 – zlewnia Ciemięgi, 3 – obszar miasta Lublin
Źródło: opracowanie własne.
Fig. 1. Location of the Ciemięga River catchment
1 – border of physiographical regions (Chałubińska, Wilgat 1954), 2 – catchment of the Ciemięga River, 3 – Lublin city area
Source: own study.

MATERIAŁY I METODY OPRACOWANIA

Od początku funkcjonowania Zakładu Hydrografii (obecnie Hydrologii i Klimatologii), utworzonego w 1956 r., gromadzono materiały dokumentujące stosunki wodne okolicy Lublina. Dla zlewni Ciemięgi zebrane zostały w 1955 r. dane dotyczące występowania wód podziemnych i powierzchniowych (Czaporowska 1956). Szczególne zainteresowanie wzbudziły liczne źródła, na temat których wykonano szereg opracowań tematycznych (Niemiec 1972; Michalczyk, Rederowa 1993; Skowrońska 1994; Michalczyk i in. 2010a). Drugi kierunek badań dotyczył warunków tworzenia się odpływu rzecznego (Świątek 1973; Michalczyk i in. 1997, 2010b). W związku z lokalizacją dużego ujęcia wody podziemnej dla budowanej w Lublinie Odlewni Żeliwa, którego studnie głębinowe odwiercono w strefie ujścia Ciemięgi do Bystrzycy, zostały podjęte badania dotyczące wielkości zasobów wodnych (Michalczyk, Turczyński 1988, 1992). Pod koniec XX w. rozpoczęto różnorodne działania dotyczące analizy zagospodarowania zlewni Ciemięgi, szczególnie pod kątem zachowania wysokich walorów

ekologicznych terenu (Orlik i in. *red.* 1995; *Efekty proekologicznego…* 1997), w tym zasobów wodnych (Michalczyk i in. 1997; Michalczyk 2007). W trakcie tych badań wykonywano pomiary studni kopanych, które wykorzystano do opracowania mapy hydroizohips i hydroizobat. Materiały własne były uzupełniane danymi zamieszczonymi na mapach hydrograficznych i hydrogeologicznych (Czerwińska-Tomczyk, Sadurski 2000a, 2000b; Pietruszka i in. 2002a, 2002b; Michalczyk 2007; Sposób 2007). Powierzchnie poszczególnych części zlewni oraz długość cieków określono na podstawie mapy MPHP (2010).

Pierwsze informacje dotyczące przepływu Ciemięgi w profilu Baszki (ryc. 2) zostały opracowane na bazie obserwacji prowadzonych w latach 1971–1972 (Świątek 1973). W październiku 1980 r., w związku z badaniami dotyczącymi zasobów wodnych ujęcia wody podziemnej „Turka", pracownicy Zakładu Hydrologii rozpoczęli obserwacje wodowskazowe w profilu Pliszczyn, zamykającym zlewnię Ciemięgi o powierzchni 152,1 km^2, położonym w możliwie



Ryc. 2. Sieć rzeczna i miejsca pomiarów hydrometrycznych na tle rzeźby terenu zlewni Ciemięgi
1 – dział wodny, 2 – rzeki, 3 – wodowskaz, 4 – miejsca okresowych pomiarów, 5 – źródła o wydajności powyżej 10 dm^3·s^{-1}, 6 – inne źródła, 7 – zbiorniki wodne, 8 – stacje meteorologiczne, 9 – obszar miasta Lublin
Źródło: opracowanie własne.
Fig. 2. River network and sites of hydrometric measurements on the background of the relief in the Ciemięga River catchment
1 – water division, 2 – rivers, 3 – water gauge, 4 – periodical measurement sites, 5 – springs of the discharge higher than 10 dm^3·s^{-1}, 6 – other springs, 7 – water reservoirs, 8 – meteorological stations, 9 – Lublin city area
Source: own study.

najniższej części zlewni (poza wpływem piętrzenia z Bystrzycy). W grudniu 2005 r. zainstalowano automatyczny rejestrator stanów wody pracujący w 10-minutowym kroku czasowym. W profilu wykonywano również systematyczne pomiary przepływu. W trakcie wyjazdów terenowych oprócz przepływu mierzono wydajności wybranych źródeł, które w okresach bezdeszczowych decydują o zasobach wodnych dolnego biegu rzeki, oraz pobierano wodę do analizy jej cech fizycznych i chemicznych. W oparciu o wykonane pomiary stanów wody i przepływów wykonano krzywą konsumcyjną, co pozwoliło na obliczenie codziennych przepływów. W ten sposób uzyskano serię pomiarową obejmującą lata 1981–2017.

Podstawą oceny ilości wody wprowadzonej do obiegu były materiały obserwacyjne IMGW oraz dane Zakładu Meteorologii i Klimatologii UMCS. Miesięczne wysokości opadów atmosferycznych obliczono na podstawie pomiarów wykonywanych w stacjach IMGW: Lublin-Radawiec i Krasienin (1981–2015). Wartości miesięcznych wskaźników parowania obliczono na podstawie danych (temperatury powietrza i prężności pary wodnej) ze stacji UMCS umieszczonej w Lublinie na placu Litewskim. Jego wielkość została skorygowana do różnicy opad–odpływ w całym okresie bilansowym 1981–2015.

WARUNKI OBIEGU WODY

Warunki krążenia wody w zlewni wynikają z budowy geologicznej, litologii skał i rzeźby terenu, struktury użytkowania gruntów oraz czynników meteorologicznych. Podłoże skalne dorzecza Ciemięgi buduje gruba seria skał węglanowych górnej kredy, w części stropowej wykształconych w postaci margli i opok mastrychtu. Zalegają na nich paleoceńskie gezy i wapienie margliste, które są lokalnie przykryte piaskami oraz mułkami kwarcowymi oligocenu (Harasimiuk, Henkiel 1982). Węglanowe skały podłoża odsłaniają się pod stromymi zboczami dolnego biegu rzeki oraz w niszach najbardziej wydajnych źródeł. W obszarach wierzchowinowych są one przykryte czwartorzędowymi piaskami i piaskami gliniastymi ze żwirami oraz kilkumetrową warstwą glin zwałowych, na których zalega seria osadów lessu o miąższości od kilku do 25 m. Kopalne dna dolin wypełnia seria piaszczysto-ilastych aluwiów o miąższości do 10 m, którą w części przypowierzchniowej budują holoceńskie torfy, namuły i mady (Harasimiuk, Henkiel 1982).

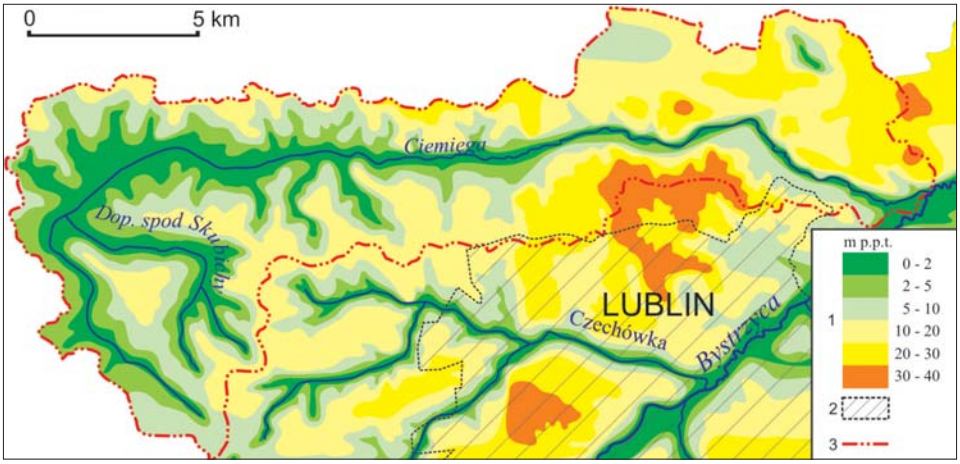
Obszar zlewni Ciemięgi charakteryzuje się urozmaiconą rzeźbą związaną z rozcięciem erozyjnym osadów lessu. W rzeźbie terenu wyróżniają się: płaskie obszary wierzchowinowe, głęboko wcięta dolina rzeczna o założeniach tektonicznych, krawędzie, sieć suchych dolin i młodych rozcięć erozyjnych (ryc. 2).

Urodzajne gleby wytworzone na lessach zadecydowały o strukturze użytkowania gruntów, w której zdecydowanie dominują grunty orne (89%). Pozostałą powierzchnię zajmują łąki skupione w dnie doliny (7,5%), lasy (1,5%), zabudowa i drogi (1,5%), wody (0,5%) (Chmielewski 1997). Na obszarze 62% zlewni spadki są wyższe od 3%, a niekiedy przekraczają nawet 15% (Michalczyk i in. 2010b).

O zasobach wodnych terenu decydują warunki klimatyczne, przede wszystkim wielkość, rodzaj i natężenie opadów atmosferycznych oraz temperatura powietrza. Cechy klimatu zlewni Ciemięgi kształtowane są głównie przez masy powietrza polarno-morskiego oraz polarno-kontynentalnego (Kaszewski 2008). Średnia roczna temperatura powietrza wynosi ok. 7,5ºC, a okres wegetacyjny trwa 210–220 dni. Średnia wartość opadu obliczona na podstawie danych ze stacji IMGW Lublin-Radawiec i Krasienin w okresie 1981–2015 wyniosła 577,5 mm, z czego na półrocze zimowe przypadało 209,7 mm, a na letnie – 367,8 mm. Najważniejsze znaczenie w kształtowaniu zasobów mają stosunkowo wysokie opady półrocza zimowego (XI–IV), które infiltrują do skał podłoża lub są czasowo retencjonowane w pokrywie śnieżnej. Obliczona ze średnich miesięcznych prężności pary wodnej i temperatury wartość ewapotranspiracji, skorygowana przez dane opadu i odpływu, wyniosła 468,5 mm. W półroczu chłodnym obliczona wartość wynosiła 118,3 mm, a w półroczu letnim – 350,2 mm.

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

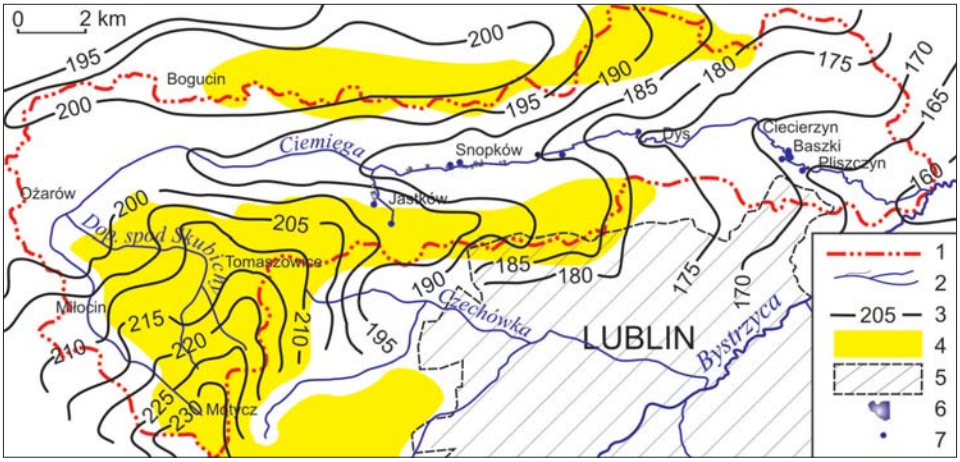
Wody podziemne w dorzeczu Ciemięgi występują w węglanowych skałach górnej kredy i paleocenu oraz w utworach czwartorzędowych. Na przeważającej części zlewni tworzą one jeden zbiornik wodonośny o szczelinowo-porowych warunkach retencjonowania i przepływu wody. Podstawowe znaczenie zasobowe mają wody krążące w marglach i opokach mastrychtu oraz marglach i gezach paleocenu. W dolnej części zlewni tworzą jedno zwierciadło wody, hydraulicznie nawiązujące do rzędnej koryta rzeki. Głębokość jego występowania zmienia się od 1 m w dnie doliny do 30–40 m w obszarach wierzchowinowych (ryc. 3). W środkowej części zlewni wody podziemne poziomu użytkowego utrzymują się w strefie przydolinnej w piaskach, a na wierzchowinach – w kredowo-paleoceńskich skałach węglanowych. W dnie doliny zwierciadło wody podziemnej występuje bardzo płytko, a w strefach działów wodnych miąższość strefy aeracji wzrasta do 25–30 m. W górnej części zlewni pierwszy poziom wody występuje na głębokości od kilku do kilkunastu metrów w osadach piaszczystych zalegających na warstwie glin zwałowych. Głębiej, w skałach kredowo-paleoceńskich, występują wody naporowe (Michalczyk, Turczyński 1988). W wysoko wyniesionych



Ryc. 3. Hydroizobaty w zlewni Ciemięgi
1 – głębokość występowania zwierciadła wody, 2 – obszar miasta Lublin
Źródło: opracowanie własne.
Fig. 3. Hydroisobaths in the Ciemięga River catchment
1 – depth of groundwaters occurrence, 2 – Lublin city area
Source: own study.

obszarach wierzchowinowych występują lokalnie wody zawieszone, których zasobność jest silnie związana z wielkością zasilania atmosferycznego.

Wysokość położenia zwierciadła wody opracowano na podstawie map hydrogeologicznych (Czerwińska-Tomczyk, Sadurski 2000a, 2000b; Pietruszka i in. 2002a, 2002b) oraz materiałów Zakładu Hydrologii (Czaporowska 1956; Michalczyk, Turczyński 1988; Michalczyk *red.* 1997). Ukształtowanie zwierciadła wody nawiązuje do rzeźby terenu; tylko na krótkich odcinkach stwierdza się niewielką niezgodność topograficznego i podziemnego działu wodnego. Dodatkowa trudność w ocenie ich przebiegu wynika z występowania nadległych poziomów zawieszonych, utrzymujących się kilka lub kilkanaście metrów powyżej poziomu kredowo-paleoceńskiego. Wysokość położenia zwierciadła wody poziomu użytkowego zmienia się od 236 m n.p.m. w części źródłowej do 159 m n.p.m. przy ujściu (ryc. 4). Układ hydroizohips wskazuje na zróżnicowane przestrzenne nachylenia zwierciadła wody, zarówno z biegiem rzeki, jak i w profilach poprzecznych. W górnej i środkowej części dorzecza wody podziemne pierwszego poziomu, o swobodnym zwierciadle, występują w utworach czwartorzędowych. Głębiej nawiercane są naporowe wody piętra kredowo-paleoceńskiego, zasilające nadległe warstwy osadów porowych. Dopływ wód wgłębnych decyduje o utrzymywaniu się stałych podmokłości w dnie doliny, co zostało wykorzystane do budowy licznych niewielkich zbiorników wody.



Ryc. 4. Ukształtowanie zwierciadła wody
1 – dział wodny, 2 – rzeki, 3 – hydroizohipsy, 4 – obszar występowania zawieszonych poziomów wody, 5 – obszar miasta Lublin, 6 – zbiorniki wody, 7 – źródła
Źródło: opracowanie własne.
Fig. 4. Groundwater table contour map
1 – water division, 2 – rivers, 3 – hydroisohypses, 4 – area of upper and perched groundwaters occurrence, 5 – Lublin city area, 6 – water reservoirs, 7– springs
Source: own study.

W strefach wododziałowych środkowej i górnej części dorzecza utrzymują się w utworach czwartorzędowych (ponad głównym zwierciadłem) wody górnych i zawieszonych poziomów (ryc. 4). Były one powszechnie ujmowane w studniach kopanych. Obecnie zaopatrzenie w wodę odbywa się w oparciu o komunalne ujęcia zasilane wodami krążącymi w skałach kredowych. Duża eksploatacja zasobów wody w sąsiedniej zlewni Czechówki, w której ujęcia „Sławinek" i „Bursaki" znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie badanego obszaru, powodowała okresowy drenaż zasobów wody dorzecza Ciemięgi (Michalczyk *red.* 1997).

Nachylenie zwierciadła wody podziemnej ku dolinie wskazuje na jej drenujący charakter. Wody rzeczne pozostają na całej długości rzeki w równowadze drenowania (ryc. 4). Wielkość spadków hydraulicznych zwierciadła wody podziemnej zmienia się z biegiem rzeki. Największe są w części źródłowej, czyli w strefie występowania górnych i zawieszonych poziomów wody. Na odcinku od przyjęcia dopływu spod Skubichy do Snopkowa nachylenie zwierciadła wody jest bardzo małe, a w dalszym biegu rzeki wzrasta do źródeł w Pliszczynie (ryc. 4). W dolnym biegu wody podziemne są silnie drenowane przez Ciemięgę oraz przez jej dolinę założoną w strefach spękań tektonicznych, co ujawnia się również w istnieniu dużych i wydajnych źródeł.

W zlewni Ciemięgi zarejestrowano 53 źródła oraz kilka miejsc, w których wypływ wody pojawia się okresowo (Michalczyk, Rederowa 1993; Michalczyk 1995). Źródła rozmieszczone są bardzo nierównomiernie, najczęściej usytuowane są pod zboczami lub w dnie doliny. Wydajność przeważającej części (62%) wypływów nie osiąga 1 $dm^3 \cdot s^{-1}$. W tej grupie znajdują się źródła drenujące wody piętra czwartorzędowego, występującego w górnej i środkowej części doliny rzecznej. Zdecydowanie większą wydajność osiągają źródła zasilane wodami piętra kredowo-paleoceńskiego położone w dolnej części dorzecza. W czterech źródłach ilość wypływającej wody stale przekracza 5 $dm^3 \cdot s^{-1}$, a wydajności maksymalne wzrastają do 80 $dm^3 \cdot s^{-1}$ (tab. 1). Współczynnik nieregularności wydatku jest mały, z wyjątkiem źródła Baszki I, którego nisza powiększała się w trakcie kolejnych wezbrań podcinających strome zbocze.

Tab. 1. Charakterystyczne wydajności wybranych źródeł
Tab. 1. Characteristic discharges of the selected springs

Źródło/miejscowość *Spring/location*	Okres pomiarów *Measurement period*	Liczba pomiarów *Number of measurements*	Wydajność $dm^3 \cdot s^{-1}$ *Discharge* $dm^3 \cdot s^{-1}$			Nieregularność Q_{max}/Q_{min} *Irregularity* Q_{max}/Q_{min}
			minimalna *minimal*	średnia *mean*	maksymalna *maximal*	
Baszki I	1971–2017	108	5,2	36,1	63,5	12,2
Baszki II	1991–2017	107	10,0	16,8	26,0	2,6
Baszki III	1965–2017	103	12,8	20,0	42,0	3,3
Łagiewniki	1965–2017	112	2,3	6,3	10,0	4,3
Pliszczyn	1965–2017	125	20,0	42,8	78,5	3,9

Źródło: opracowanie własne.
Source: own study.

Wody źródlane odznaczają się wysoką jakością, a ich zróżnicowany skład chemiczny wynika z charakteru geochemicznego strefy aeracji (Michalczyk i in. 1997). W obszarach występowania zwartej pokrywy lessów utrzymują się wody trzyjonowe typu HCO_3-Ca-Mg, a w strefach większej mozaiki utworów powierzchniowych – dwujonowe HCO_3-Ca.

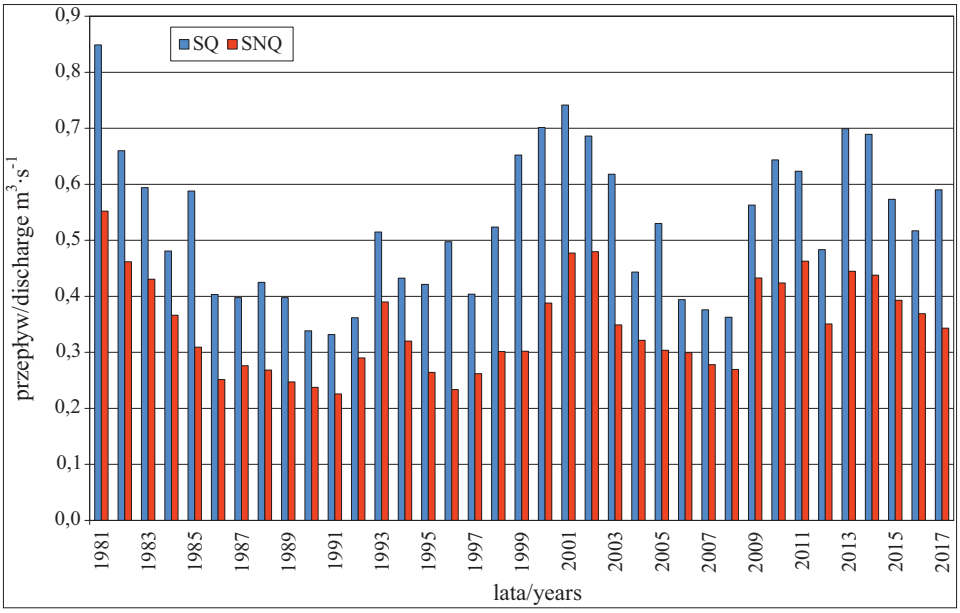
WODY POWIERZCHNIOWE I PRZEPŁYWY CIEMIĘGI W LATACH 1981–2017

Wody powierzchniowe w zlewni Ciemięgi utrzymują się wyłącznie w dnie doliny, w której płynie rzeka i jeden stały dopływ. Na terenie zlewni występują także różnej wielkości małe stawy i zbiorniki oraz obszary podmokłe, a w górnej części istnieje sieć rowów odwadniających. Największe zbiorniki zostały

wybudowane w Jastkowie, Snopkowie i Jakubowicach. Z uwagi na płytkie występowanie zwierciadła wody w dnie doliny na odcinku Jastków–Snopków istniało w 1996 r. 117 małych zbiorników wybudowanych na indywidualnych wąskich działkach. Ich powierzchnia zmieniała się od 24 m^2 do 1,8 ha (Orlik, Jóźwiakowski 1997). Były to zbiorniki płytkie, wybudowane na łąkach, przeznaczone do hodowli ryb, zasilane wodami podziemnymi poziomu czwartorzędowego. Łączna powierzchnia wód powierzchniowych określona z mapy MPHP (2007) wynosi 39,4 ha.

Bardzo duży wpływ na przepływy Ciemięgi ma zasilanie podziemne docierające do koryta rzeki głównie przez wydajne źródła oraz krótkotrwałe spływy powierzchniowe. Składowa podziemna zmienia się w długim okresie, co decyduje o stabilności przepływów niskich, a składowa powierzchniowa powoduje tworzenie się krótkotrwałych wezbrań. Średnie roczne i średnie wartości z minimów miesięcznych (ryc. 5) dokumentują wieloletnią zmienność zasobów wodnych.

Z przebiegu wartości rocznych (ryc. 5) wynika, że od 1981 do 1991 r. zasoby wodne terenu systematycznie się zmniejszały. W następnych latach (aż do 2000 r.) następował powolny wzrost przepływów, po czym miał miejsce ponowny ich spadek do 2008 r. W ostatniej dekadzie zasoby wodne terenu utrzymywały



Ryc. 5. Przepływy średnie roczne (SQ) i średnie z minimalnych miesięcznych (SNQ)
Źródło: opracowanie własne.
Fig. 5. Mean annual (SQ) and mean from monthly minimal (SNQ) river discharges
Source: own study.

się powyżej średniej, z najwyższymi przepływami w latach 2013–2014. W kolejnych latach (do końca obserwacji) notowano obniżanie się przepływów. Na szczególną uwagę zasługują długookresowe zmiany przepływów, co wynika z warunków kształtowania się zasobów podziemnych głównego piętra wodonośnego. Zmienność rocznych przepływów mieściła się w granicach od 0,333 (1991) do 0,850 $m^3 \cdot s^{-1}$ (1981), a więc nieco przekraczała 2,5, co dobitnie wskazuje na istotne zmiany wielkości zasobów wodnych zarejestrowane w badanym okresie.

W całym analizowanym okresie stosunkowo często pojawiały się wezbrania wiosenne i letnie. Największe z nich, o odpływie jednostkowym przekraczającym 50 $dm^3 \cdot s^{-1} \cdot km^2$, wystąpiły w latach 1985, 1996, 1999, 2003, 2005 i 2006. Natomiast w latach 1989–1995 oraz w ostatnim dziesięcioleciu nie wystąpiły większe wezbrania, a rzeka niemal przez cały rok była zasilana wyłącznie z zasobów podziemnych.

Skrajne wartości przepływów Ciemięgi zmieniały się w bardzo dużym przedziale wartości (tab. 2). Najwyższe dobowe przepływy zanotowano w marcu 2005 r. (13,8 $m^3 \cdot s^{-1}$) i w kwietniu 1996 r. (13,1 $m^3 \cdot s^{-1}$), najniższy zaś w sierpniu 1990 r. (0,124 $m^3 \cdot s^{-1}$). W okresie dużych wezbrań spływy jednostkowe osiągały wartości 80–90 $dm^3 \cdot s^{-1} \cdot km^2$, a w czasie głębokich niżówek spadały do poziomu 0,8–0,9 $dm^3 \cdot s^{-1} \cdot km^2$.

Dobre warunki infiltracji i retencjonowania wody w kredowo-paleoceńsko-czwartorzędowym zbiorniku uwidaczniają się w stosunkowo małej zmienności przepływów. Z obserwacji wynika, że największe znaczenie w kształtowaniu się zasobów mają opady półrocza zimowego. Jest to okres, w którym opad przewyższa parowanie, a więc możliwe jest uzupełnianie zasobów wód podziemnych i powierzchniowych. Część opadów zretencjonowana w pokrywie śnieżnej powoduje różnej wielkości spływ powierzchniowy, szczególnie wysoki przy zamarzniętej pokrywie glebowej. W okresie letnim opady normalne są zatrzymywane w glebie i wykorzystywane przez roślinność, nie powodują one wzrostu przepływu rzeki, jak również nie zasilają zasobów podziemnych. Natomiast w czasie intensywnych opadów pojawia się duży spływ powierzchniowy. Bezwzględne wartości przepływów maksymalnych w poszczególnych miesiącach podano w zestawieniu przepływów charakterystycznych zestawionych za cały okres obserwacji (tab. 2).

Zasoby wód podziemnych i powierzchniowych (w tym przepływy) zmieniają się zgodnie z wielkością zasilania atmosferycznego i przebiegiem temperatury. Z przeprowadzonych badań wynika, że podwyższone przepływy mogą wystąpić w każdym miesiącu, ale bardzo wysokie pojawiają się w okresie roztopów wiosennych (marzec i kwiecień) i po wysokich opadach letnich (Michalczyk

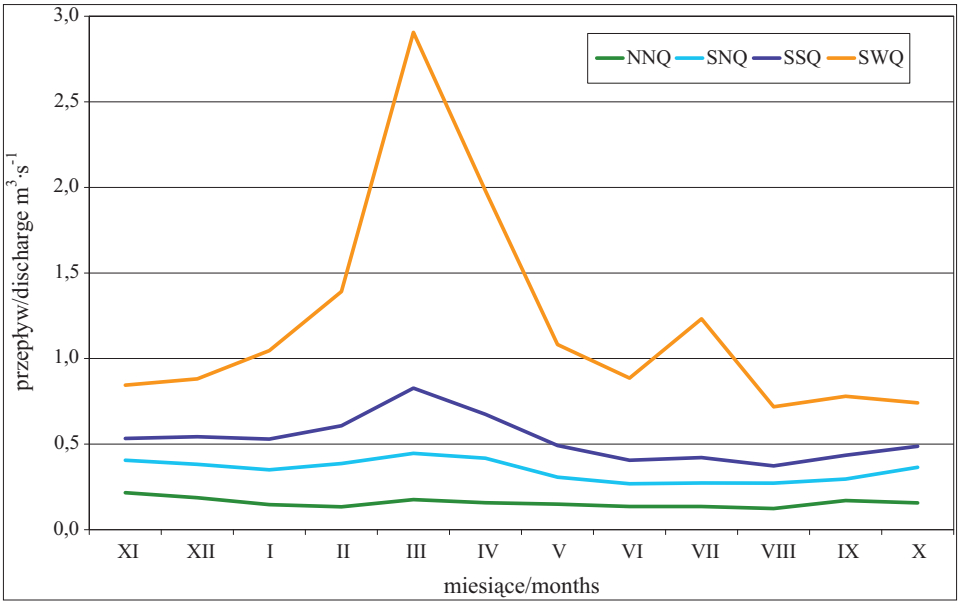
Tab. 2. Przepływy charakterystyczne Ciemięgi w Pliszczynie ($m^3 \cdot s^{-1}$) w okresie 1981–2017
Tab. 2. Characteristic discharges of the Ciemięga River in Pliszczyn ($m^3 \cdot s^{-1}$) in 1981–2017

	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI–IV	V–X	Rok *Year*
NNQ	0,22	0,19	0,15	0,13	0,18	0,16	0,15	0,14	0,14	0,12	0,17	0,16	0,13	0,12	0,12
SNQ	0,41	0,38	0,35	0,39	0,45	0,42	0,31	0,27	0,27	0,27	0,30	0,36	0,31	0,23	0,23
SSQ	0,53	0,54	0,53	0,61	0,83	0,67	0,49	0,41	0,42	0,37	0,44	0,49	0,62	0,44	0,53
SWQ	0,84	0,88	1,05	1,39	2,91	1,98	1,08	0,89	1,23	0,72	0,78	0,74	3,88	1,92	4,24
WWQ	2,45	3,33	4,90	7,93	13,8	13,2	4,26	2,93	9,30	1,59	2,65	1,37	13,80	9,30	13,80

NNQ – najniższy przepływ, SNQ – średni niski przepływ, SSQ – przepływ średni, SWQ – średni wysoki przepływ, WWQ – najwyższy przepływ
NNQ – the lowest discharge, SNQ – mean low discharge, SSQ – mean discharge, SWQ – mean high discharge, WWQ – the highest discharge
Źródło: opracowanie własne.
Source: own study.

i in. 2010b). Przepływy minimalne i średnie z minimów miesięcznych zmieniały się w stosunkowo wąskim przedziale wartości. Dość wysokie ich wartości, sporadycznie spadające poniżej 1,0 $dm^3 \cdot s^{-1} \cdot km^2$, wynikają z dużego zasilania rzeki w dolnym jej biegu wodami podziemnymi piętra kredowo-paleoceńskiego, docierającymi do rzeki przez odpływ z licznych źródeł i bezpośredni drenaż korytowy. Udział odpływu podziemnego obliczonego z minimalnych przepływów miesięcznych wynosi 66%.

W reżimie przepływu zaznacza się zwiększone zasilanie w okresie od jesieni do wiosny. Największe wartości przepływów przypadają na marzec i kwiecień, a najniższe są w sierpniu i lipcu (ryc. 6). Przepływy średnie i minimalne w miesiącach półrocza chłodnego są wyższe niż w miesiącach półrocza letniego. Pojawianie się minimalnych przepływów w lipcu i sierpniu wskazuje na wpływ klimatu oceanicznego na kształtowanie się zasobów wodnych, natomiast wysoki spływ wiosenny podkreśla oddziaływanie klimatu kontynentalnego.



Ryc. 6. Sezonowa zmienność przepływów
NNQ – najniższy przepływ, SNQ – średni niski przepływ, SSQ – przepływ średni, SWQ – średni wysoki przepływ, WWQ – najwyższy przepływ
Źródło: opracowanie własne.
Fig. 6. Seasonal variability of discharges
NNQ – the lowest discharge, SNQ – mean low discharge, SSQ – mean discharge, SWQ – mean high discharge, WWQ – the highest discharge
Source: own study.

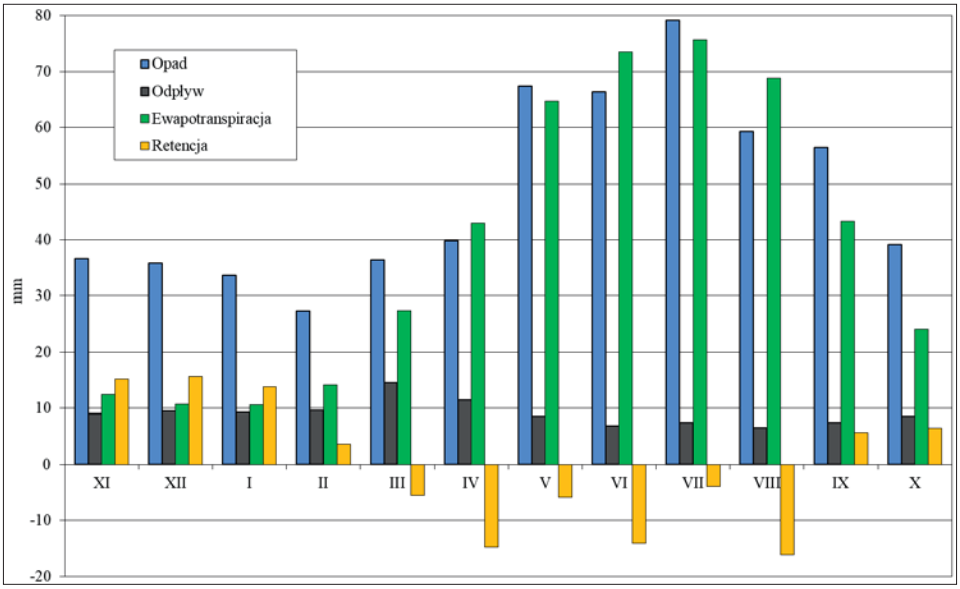
W celu dokonania oceny poszczególnych części zlewni w tworzeniu odpływu w latach 1994–1996 były prowadzone dodatkowe codzienne obserwacje stanów wody w profilach Snopków (A = 92,8 km^2) oraz Baszki (A = 144,5 km^2). W okresach o dużym zasilaniu atmosferycznym względne wartości odpływu, dokumentowane przez odpływ jednostkowy, były wyższe w górnej części zlewni, co wynikało ze zwiększonego zasilania rzeki z płytko występujących wód przypowierzchniowych. Natomiast w okresach bezdeszczowych zasoby wody płytkich warstw zmniejszały się, co zaznaczało się obniżaniem przepływu (Michalczyk i in. 1997). W dolnej części zlewni, z uwagi na dobre warunki retencjonowania wody w górotworze, przepływ jest bardziej wyrównany, a zasilanie podziemne – zdecydowanie wyższe niż w części górnej. Spływ powierzchniowy pojawia się rzadziej, ale może osiągać wysokie wartości, co wynika z dużych spadków terenu charakterystycznych dla rzeźby lessowej. Stabilne zasilanie wodami podziemnymi w dolnej części zlewni wynika z istnienia kilku źródeł o łącznej wydajności 50–200 dm^3·s^{-1}.

BILANS WODNY

Wielkość zasilania atmosferycznego została obliczona jako średnia arytmetyczna z pomiarów w stacjach Lublin-Radawiec i Krasienin. Miesięczne sumy opadu zmieniały się od kilku do prawie 200 mm. Średnia roczna w okresie 1981–2015 wyniosła 577,5 mm, z czego na półrocze zimowe przypadało 209,7 mm, a na letnie – 367,8 mm. Opady w latach 1981–1992 miały niższe wartości od pozostałej części serii pomiarowej. W ujęciu sezonowym (ryc. 7) najniższe średnie zasilanie atmosferyczne przypada na luty (27,4 mm), a najwyższe – na lipiec (79,1 mm).

Warstwa odpływu w okresie bilansowym (1981–2015) osiągnęła 108,9 mm. Odpływ półrocza zimowego był zdecydowanie wyższy (63,5 mm) niż letniego (45,4 mm). Najwyższa warstwa odpływu przypada na marzec (14,5 mm), a najniższa – na sierpień (6,5 mm). Wielkość odpływu jednostkowego (3,46 dm^3·s^{-1}·km^2) utrzymuje się na poziomie średniej dla obszaru Lubelszczyzny, ale jest niższa o ok. 2,0 dm^3·s^{-1}·km^2 od wartości dla Polski.

Wartości ewapotranspiracji obliczono metodą Konstantinowa na podstawie miesięcznych wartości temperatury powietrza i prężności pary wodnej uzyskanej ze stacji UMCS Lublin-Plac Litewski. W celu obliczenia zmian stanów retencji skorygowano uzyskaną wartość w latach 1981–2015 do różnicy opad–odpływ. Miesięczne sumy ewapotranspiracji zmieniały się od kilku do 90 mm. W ujęciu sezonowym najniższe jej wartości przypadają na grudzień i styczeń (10,7 i 10,6 mm), a najwyższe – na lipiec (75,6 mm).



Ryc. 7. Miesięczne wartości składowych bilansu wodnego (1981–2015)
Źródło: opracowanie własne.
Fig. 7. Monthly values of water balance (1981–2015)
Source: own study.

Miesięczne stany retencji, czyli różnica między opadem a odpływem i ewapotranspiracją (ryc. 7), wskazują na warunki bilansowe zatrzymywania wody w zlewni. Od września do lutego miesięczne wskaźniki retencji mają wartości dodatnie, czyli istnieje przewaga opadu nad odpływem i ewapotranspiracją. W pozostałych miesiącach (od marca do sierpnia) mimo wysokiego zasilania atmosferycznego miesięczne stany retencji mają wartości ujemne, co wskazuje na zmniejszanie zasobów podziemnych. Z obliczeń wynika, że najwyższe stany bilansowe przypadają na luty, a najniższe – na sierpień.

WNIOSKI I PODSUMOWANIE

Analiza warunków tworzenia się zasobów wodnych oraz charakter zasilania rzeki Ciemięgi wykazały dwudzielność zlewni wynikającą z budowy geologicznej i tektoniki skał piętra kredowo-paleoceńskiego.

Średni odpływ jednostkowy ze zlewni (3,46 $dm^3 \cdot s^{-1} \cdot km^2$) jest niższy od wartości obserwowanych w dorzeczu Bystrzycy oraz w innych zlewniach Wyżyny Lubelskiej. Zmiany przepływów i zasobów wód podziemnych w strefie średnich i niskich wartości następują w rytmie wieloletnim wynikającym z pojawiania się serii lat o wysokich i niskich opadach.

Wysokie wyrównanie przepływów wynika z dużej roli zasilania podziemnego w kształtowaniu wielkości odpływu z dorzecza, które w znacznej części dopływa do rzeki z wydajnych źródeł szczelinowo-warstwowych. Spływ powierzchniowy mimo znacznych spadków pojawia się stosunkowo rzadko, może jednak osiągać katastrofalne rozmiary, szczególnie w okresie spływu wód roztopowych pojawiającym się przy zamarzniętym gruncie.

Nasilająca się antropopresja i urbanizacja stwarzają potencjalne wysokie zagrożenia dla wysokich walorów środowiska przyrodniczego zlewni, w tym ilości i jakości wód podziemnych oraz powierzchniowych.

Wkład indywidualny autorów: Zdzisław Michalczyk – 25%, Stanisław Chmiel – 25%, Sławomir Głowacki – 15%, Joanna Sposób – 25%, Beata Zielińska – 10%.

BIBLIOGRAFIA

Chałubińska A., Wilgat T., 1954: *Podział fizjograficzny województwa lubelskiego*, [w:] *Przewodnik V Ogólnopolskiego Zjazdu PTG*. Oddział Lubelskiego Polskiego Towarzystwa Geograficznego, Lublin, 3–44.

Chmielewski T.J., 1997: *Struktura ekologiczna zlewni rzeki Ciemięgi, jej zagrożenia i rola w funkcjonowaniu „Zielonego Pierścienia" wokół miasta Lublina*, [w:] *Efekty proekologicznego zagospodarowania zlewni rzeki Ciemięgi. Urząd Wojewódzki w Lublinie*, Lublin, 13–20.

Czaporowska B., 1956: *Hydrografia dorzecza Ciemięgi*. Maszynopis Zakładu Hydrologii UMCS, Lublin.

Czerwińska-Tomczyk J., Sadurski A., 2000a: *Mapa Hydrogeologiczna Polski, 1:50 000, ark. Lubartów*. PIG, Warszawa.

Czerwińska-Tomczyk J., Sadurski A., 2000b: *Mapa Hydrogeologiczna Polski, 1:50 000, ark. Markuszów*. PIG, Warszawa.

Efekty proekologicznego zagospodarowania zlewni rzeki Ciemięgi, 1997. Urząd Wojewódzki w Lublinie, Lublin.

Harasimiuk M., Henkiel A., 1982: *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Polski, ark. Lublin*. Wyd. Geologiczne, Warszawa.

Kaszewski B.M., 2008: *Klimat*, [w:] S. Uziak, R. Turski (red.), *Środowisko przyrodnicze Lubelszczyzny*. LTN, Lublin, 75–111.

Mapa Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1:10 000, 2010. Zakład Hydrografii i Morfologii Koryt Rzecznych IMGW, Warszawa.

Michalczyk Z., 1995: *Stosunki wodne dorzecza Ciemięgi*, [w:] T. Orlik, Z. Michalczyk, W. Grodzieński (red.), *Proekologiczne zagospodarowanie zlewni rzeki Ciemięgi. Konferencja naukowo-techniczna*, Lublin, 16–17.11, 1995 r. LFOŚN, Lublin, 25–36.

Michalczyk Z., 2007: *Mapa Hydrograficzna Polski w skali 1:50 000, ark. Lublin (M-34-34-A)*. CODGiK, Warszawa.

Michalczyk Z. (red.), 1997: *Strategia wykorzystania i ochrony wód w dorzeczu Bystrzycy*. Wyd. UMCS, Lublin.

Michalczyk Z., Turczyński M., 1988: *Charakterystyka hydrologiczna dorzecza Ciemięgi*, [w:] *Badania hydrograficzne w poznawaniu środowiska*. Wyd. UMCS, Lublin, 83–92.

Michalczyk Z., Turczyński M., 1992: *Charakterystyka hydrologiczna okolic Turki pod Lublinem*. Annales UMCS sec. B, 44/45, 187–209.

Michalczyk Z., Rederowa E., 1993: *Dorzecze Ciemięgi*, [w:] Z. Michalczyk (red.), *Źródła zachodniej części Wyżyny Lubelskiej*. Wyd. UMCS, Lublin, 143–151.

Michalczyk Z., Chmiel S., Głowacki S., Zielińska B., 1997: *Ocena zasobów wodnych dorzecza Ciemięgi*, [w:] *Efekty proekologicznego zagospodarowania zlewni rzeki Ciemięgi*. Urząd Wojewódzki w Lublinie, Lublin, 21–36.

Michalczyk Z., Chmiel S., Głowacki S., Sposób J., Zielińska B., 2010a: *Charakterystyka hydrologiczna źródeł w Baszkach koło Lublina*, [w:] T. Ciupa, R. Suligowski (red.), *Woda w badaniach geograficznych*. Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego. Instytut Geografii, Kielce, 281–291.

Michalczyk Z., Głowacki S., Sobolewski W., 2010b: *Wezbrania i niżówki w dorzeczu Ciemięgi*. Annales UMCS sec. B, 65(1), 87–98. https://doi.org/10.2478/v10066-010-0021-5

Niemiec S., 1972: *Źródła w dorzeczu Ciemięgi*. Maszynopis Zakładu Hydrologii UMCS, Lublin.

Orlik T., Jóźwiakowski K., 1997: *Charakterystyka małych zbiorników wodnych w dolinie Ciemięgi*, [w:] *Efekty proekologicznego zagospodarowania zlewni rzeki Ciemięgi*. Urząd Wojewódzki w Lublinie, Lublin, 49–55.

Orlik T., Michalczyk Z., Grodzieński W. (red.), 1995: *Proekologiczne zagospodarowanie zlewni rzeki Ciemięgi. Konferencja naukowo-techniczna, Lublin, 16–17.11, 1995 r.* LFOŚN, Lublin.

Pietruszka W., Szczerbicka M., Zezula H., 2002a: *Mapa Hydrogeologiczna Polski, 1:50 000, ark. Lublin*. PIG, Warszawa.

Pietruszka W., Szczerbicka M., Zezula H., 2002b: *Mapa Hydrogeologiczna Polski, 1:50 000, ark. Bełżyce*. PIG, Warszawa.

Skowrońska U., 1994: *Charakterystyka hydrologiczna źródeł dolnej Ciemięgi*. Maszynopis Zakładu Hydrologii UMCS, Lublin.

Sposób J., 2007: *Mapa Hydrograficzna Polski 1:50 000, ark. Bełżyce (M-34-33-B)*. CODGiK, Warszawa.

Świątek R., 1973: *Stosunki odpływu w zlewni Ciemięgi*. Maszynopis Zakładu Hydrografii UMCS, Lublin.

Wilgat T. (red.), 1992: *System obszarów chronionych województwa lubelskiego*. Wyd. UMCS, Lublin.