

Zakład Hydrologii, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej  
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, 20-718 Lublin, al. Kraśnicka 2cd  
zdzislaw.michalczyk@umcs.lublin.pl, stanislaw.chmiel@umcs.lublin.pl  
slawek.glowacki@umcs.lublin.pl, joanna.sposob@umcs.lublin.pl

ZDZISŁAW MICHALCZYK, STANISŁAW CHMIEL  
SŁAWOMIR GŁOWACKI, JOANNA SPOŚÓB

## Charakterystyka hydrologiczna Kosarzewki

---

Hydrological characteristics of the Kosarzewka river

**Słowa kluczowe:** stosunki wodne, źródła, przepływ, jakość wody, Wyżyna Lubelska

**Keywords:** water conditions, springs, river discharge, water quality, Lublin Upland

### WPROWADZENIE

Zlewnia Kosarzewki o powierzchni 209,3 km<sup>2</sup> położona jest w górnej, południowo-wschodniej części dorzecza Bystrzycy (ryc. 1). Rzeka bierze początek ze źródeł w Kosarzewie, a uchodzi do Bystrzycy w Osmolicach, 12 km na południe od Lublina. W zlewni dominują obszary rolnicze, ze zdecydowaną przewagą gruntów ornych oraz niewielką powierzchnią łąk i lasów, stanowiące obszar alimentacji zasobów wód podziemnych intensywnie wykorzystywanych na potrzeby aglomeracji lubelskiej. Pod względem fizjograficznym zlewnia położona jest w zachodniej części Wyniosłości Giełczewskiej, która stanowi centralny i najwyższy wyniesiony subregion Wyżyny Lubelskiej (ryc. 1). Jej obszar rozcinają różnego rodzaju doliny, z których największe rozwinęły się w strefach tektonicznych. W górnym biegu Kosarzewka płynie w głębokiej dolinie, przebiegającej w kierunku ESE-WNW. W Bychawie rzeka zmienia kierunek po połączeniu z Gałęzówką. Głęboko wcięte doliny rzeczne Kosarzewki i jej dopływu Gałęzówki, których dna położone są na wysokości 185–230 m n.p.m., stanowią lokalną bazę erozyjną dla wód podziemnych i powierzchniowych. Ponad dnami dolin wysoko wyniesione wierzchowiny tworzą charakterystyczne trzy poziomy zrównań denuwacyjnych, ścinające skały górnego mastrychtu i paleocenu (Jahn 1956; Marusz-



Ryc. 1. Położenie zlewni Kosarzewki w dorzeczu Bystrzycy (Chałubińska, Wilgat 1954)  
1 – dział wodny, 2–3 – granica regionów fizjograficznych: 2 – II rzędu, 3 – III rzędu, 4 – zlewnia Kosarzewki

Fig. 1. Location of the Kosarzewka river catchment in the Bystrzyca River basin (Chałubińska, Wilgat 1954)

1 – water division, 2–3 – the border of physiographic regions, 2 – of the 2<sup>nd</sup> order, 3 – of the 3<sup>rd</sup> order, 4 – the Kosarzewka river catchment

czak 1972). Średnia wysokość zlewni wynosi 240,4 m n.p.m., przy skrajnych wysokościach 306,7 m n.p.m. (Boży Dar) i 184,7 m n.p.m.

Zlewnia Kosarzewki jest wybitnie asymetryczna. Zachodnia jej część zajmuje mniejszą powierzchnię oraz wykazuje mniejsze zróżnicowanie hipsometryczne w stosunku do części wschodniej, charakteryzującej się bardziej żywą rzeźbą,

większymi wysokościami względnymi i bezwzględными oraz większą gęstością wąwozów. Jest to teren ze złożonymi warunkami występowania wody podziemnej i małą gęstością sieci rzecznej, mimo występowania wielu źródeł, co jest konsekwencją warunków hydrogeologicznych, przede wszystkim dobrej przepuszczalności utworów powierzchniowych i dużej pojemności wodnej skał podłoża.

## MATERIAŁY

Problematyka dotycząca poznania warunków krążenia i zasobów wody stanowiła podstawę do rozpoczęcia w latach 50. ubiegłego wieku obserwacji i pomiarów hydrologicznych w zlewni Bystrzycy. W latach 1955–1957 zostało wykonane szczegółowe kartowanie hydrograficzne w okolicy Bychawy, które stanowiło podstawę do przedstawienia przez Wilgata (1959) koncepcji występowania szczelinowo-warstwowych wód podziemnych Wyżyny Lubelskiej. W tym czasie zostały również zebrane materiały dotyczące położenia zwierciadła wody podziemnej w zlewni Kosarzewki (Niedbała 1956).

Okresowe trudności w zaopatrzeniu w wodę gospodarki komunalnej i przemysłu Lublina były impulsem do rozpoczęcia przez pracowników Zakładu Hydrologii UMCS (wcześniej Hydrografii) badań hydrograficznych. W latach 1991–1996 wykonane zostały serie powtarzanych pomiarów źródeł oraz przepływu rzek w całej zlewni górnej Bystrzycy (Michalczyk, Rederowa 1993; Michalczyk 1997), a od 2008 roku rozpoczęto pomiary stacjonarne (Michalczyk 2012).

Jesienią 2012 roku zainstalowano w ujściowym odcinku Kosarzewki, w miejscowości Iżyce (ryc. 2) łatę wodowskazową oraz automatyczny rejestrator zapisujący w interwale 15-minutowym stany wody. W tym samym czasie rozpoczęto systematyczne pomiary przepływu w profilu wodowskazowym oraz pomiary patrolowe źródeł i rzek. Pobierano również próby wody do analiz cech fizyczno-chemicznych wykonywanych w laboratorium Zakładu Hydrologii. Zestawione dobowe stany i przepływy Kosarzewki wraz z pomiarami wydajności źródeł i wynikami analiz hydrochemicznych stanowiły podstawowy materiał do charakterystyki dynamiki zasobów wody oraz oceny jej jakości.

Celem pracy jest charakterystyka hydrologiczna zlewni Kosarzewki, z podkreśleniem warunków występowania wody podziemnej, zasilania rzek, struktury i dynamiki odpływu oraz własności fizycznych i chemicznych wody.

## GEOLOGICZNE WARUNKI WYSTĘPOWANIA WÓD PODZIEMNYCH

Warunki występowania wód podziemnych są bezpośrednio związane z charakterem litologicznym i tektoniką górotworu kredowego, lokalnie nadbudowanego osadami paleocenu. Dorzecze Kosarzewki znajduje się w środkowej części



Ryc. 2. Sieć wód powierzchniowych w zlewni Kossarzewki i miejsca pomiarów hydro-metrycznych

1 – dział wodny, 2 – rzeka, 3 – wodowskaz, 4 – miejsce pomiarów przepływu, 5 – źródło o wydajności powyżej  $10 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , 6 – źródło do  $10 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , 7 – staw i zbiornik wody

Źródło: Opracowanie na podstawie materiałów Zakładu Hydrologii UMCS

Fig. 2. Surface water system and water gauges in the Kossarzewka river catchment

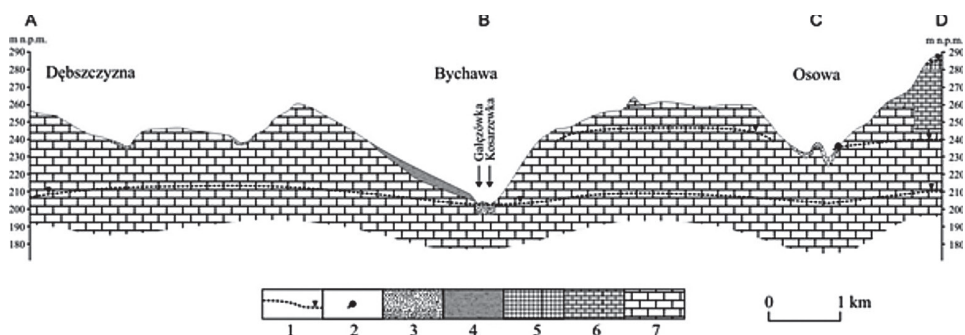
1 – water division, 2 – river, 3 – water gauge, 4 – discharge measurement point, 5 – spring of the yield above  $10 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , 6 – spring of the yield up to  $10 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , 7 – pond and water reservoir

Source: Based on materials of Department of Hydrology UMCS

rowu mazowiecko-lubelskiego, który w stropowej części wypełnia 1000-metrowa warstwa węglanowych skał kredy (Wyrwicka 1977). Na powierzchni terenu ukazują się głównie opoki i opoki margliste. We wschodniej części dorzecza, szczególnie w strefach ostańców, zalegają na skałach górnej kredy osady paleocenu, wykształcone jako gezy o strukturze organodetrytycznej, wapienie i margle

(Wyrwicka 1983; Marszałek i in. 1996) oraz lokalnie sarmackie osady miocenu. Seria skał kredowo-paleoceńskich jest pokryta cienką warstwą utworów czwartorzędowych, których miąższość zmienia się od kilkunastu metrów w dolinach rzecznych do kilku decymetrów na wierzchołkach. Kopalne doliny rzeczne wypełniają piaski ze żwirami, piaski drobnoziarniste, mułki i torfy. Lokalnie na obszarach wyżej wyniesionych zalegają cienkie płyty glin zwałowych oraz lessy i lessy piaszczyste (Marszałek i in. 1996).

W zlewni Kosarzewki zarówno warstwy strefy saturacji, jak i nadległe strefy aeracji wykazują w profilu pionowym naprzemianległe ułożenie twardych odmian opok, gez, margli i wapieni marglistych oraz ilastych margli i kredy piszącej. Twarde warstwy skalne pocięte są siecią spękań wietrzeniowych, ciosowych i międzyławicowych, którymi może przemieszczać się woda podziemna. Natomiast na warstwach skał miękkich nie ma rozwartych spękań zarówno wietrzeniowych, jak i ciosowych czy tektonicznych. Taki pionowy układ warstw o dobrej i słabej przepuszczalności powoduje rozwarstwienie pozornie jednolitego zawodnienia górotworu (Michalczyk 1986; Albrycht, Michalczyk 1992). W niektórych warstwach skalnych może dochodzić do niepełnego nasycenia, a w strefach krawędzi morfologicznych pojawia się strefa aeracji. Schematyczny układ warstw skalnych oraz położenie zwierciadła wody różnych poziomów przedstawiono na przekroju hydrogeologicznym (ryc. 3), opracowanym na podstawie własnych i publikowanych materiałów (Albrycht, Michalczyk 1992; Cieśliński 1993, 2001).



Ryc. 3. Przekrój hydrogeologiczny

1 – zwierciadło wody, 2 – źródło, 3 – piaski i mułki czwartorzędowe, 4 – lessy, 5 – piaski, mułki i piaszkowce miocenu, 6 – gezy z przewarstwieniami wapieni i margli paleocenu, 7 – opoki z przewarstwieniami margli i wapieni górnego mastrychtu

Źródło: Opracowanie na podstawie: Albrycht, Michalczyk (1992), Cieśliński (1993, 2001)

Fig. 3. Hydrogeological cross-section

1 – groundwater table, 2 – spring, 3 – Quaternary sands and silts, 4 – loesses, 5 – Miocene sands, silts and sandstones, 6 – gaizes with courses of Paleocene limestones and marls, 7 – opokas with courses of Upper Maastrichtian marls and limestones

Source: Based on: Albrycht, Michalczyk (1992), Cieśliński (1993, 2001)

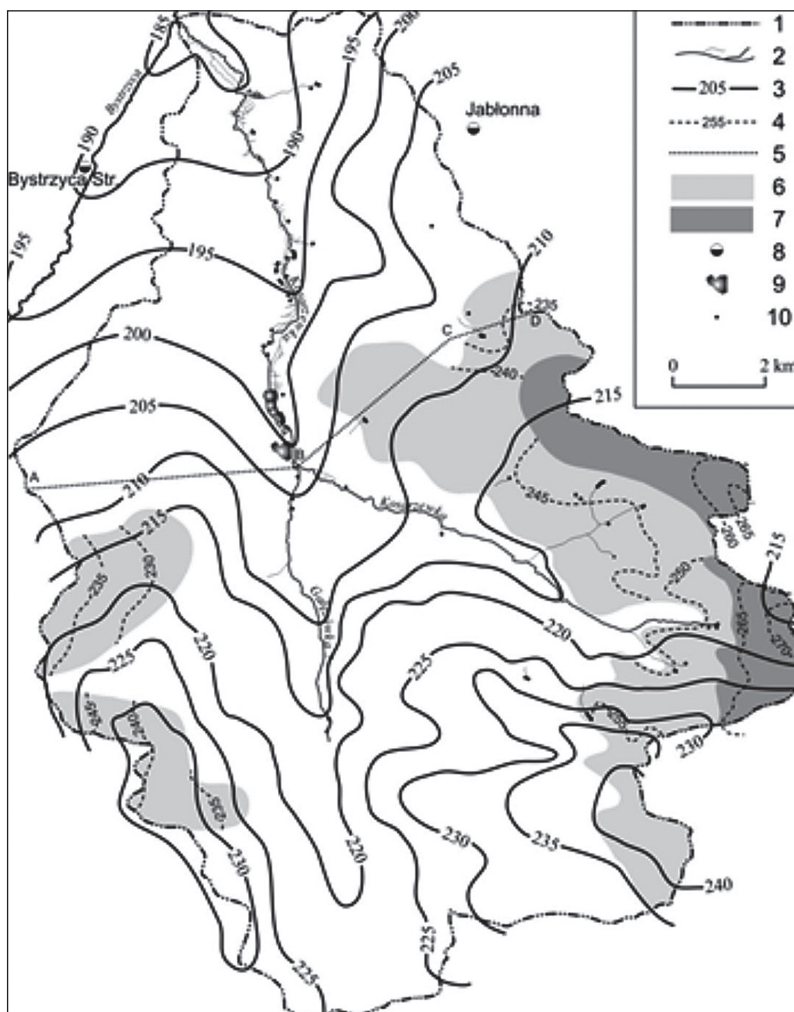
W układzie zwierciadła wody podziemnej (ryc. 4) bardzo czytelna jest drenująca rola dolin Kosarzewki i Gałęzówki. We wschodniej części zlewni zwierciadło wody podziemnej głównego poziomu obniża się ku dolinom rozwiniętym w strefach tektonicznych. W części zachodniej zaznacza się niezgodność działów powierzchniowych i podziemnych, wskazująca na silny drenaż podziemny doliny Bystrzycy, na co wskazuje układ hydroizohips i położenie powierzchniowego działu wodnego (ryc. 4). Zebrane materiały nie pozwalają na jednoznaczną interpretację przebiegu podziemnego działu wodnego, co wynika z małej liczby punktów pomiarowych w północnej części międzyrzecza Bystrzycy i Kosarzewki.

Zwierciadło wody podziemnej głównego poziomu, w dnach dolin rzecznych Kosarzewki i Gałęzówki, utrzymuje się w czwartorzędowych piaskach i żwirach zalegających bezpośrednio na skałach kredy (ryc. 3, 4). Jest ono powiązane hydraulicznie z wodami krążącymi w skałach piętra kredowego, których zwierciadło występuje na wysokości 185–215 m n.p.m. Jest to zwierciadło swobodne lub lekko naporowe, zarówno na kontakcie kreda czwartorzęd, jak i w obrębie ławic skał kredowych o różnej twardości.

W strefach oddalonych od dolin rzecznych utrzymuje się górny kredowy poziom wodonośny, który występuje kilka lub kilkanaście metrów ponad poziomem głównym. Jego obecność stwierdzono płatowo na międzyrzeczu Bystrzycy i Gałęzówki na wysokości 230–245 m n.p.m. oraz 225–250 m n.p.m. we wschodniej części zlewni (ryc. 4). Na istnienie górnego poziomu wskazują źródła w Bychawie, Olszowcu, Lewandowszczyźnie, Wierciszowie, Osowej, Urszulinie i Władysławowie, z których odpływające strumienie zanikają na odcinku kilkuset metrów w spękanych skałach podłoża skalnego.

Powyżej zawieszono zwierciadła wody, na bardziej zwartych osadach o małej przepuszczalności, mogą utrzymywać się lokalne poziomy zawieszono, interpretowane również jako górne poziomy wodonośne (Wilgat 1959, 1970). Tworzą one ciągłe zawodnienie skał, ze zwierciadłem wody utrzymującym się na rzędnych 255–270 m n.p.m., a więc kilka lub kilkanaście metrów powyżej górnego poziomu kredowego (ryc. 4). Obecność wód zawieszonych przejawia się w płytkim występowaniu zwierciadła wody oraz w źródłach pojawiających się w rozcięciach erozyjnych. Ich cechą charakterystyczną jest względnie duża zmienność zasobów wody, silnie uzależnionych od zasilania atmosferycznego, co przejawia się również okresowym zanikiem źródeł lub brakami wody w studniach kopanych.

W nawiązaniu do rzeźby terenu oraz warunków hydrogeologicznych zmienia się głębokość położenia zwierciadła wody podziemnej pierwszego poziomu. W zlewni Kosarzewki, z uwagi na utrzymywanie się głównego, górnego i zawieszono poziomu wodonośnego, nie stwierdza się prostych relacji między rzeźbą terenu a głębokością występowania zwierciadła wody. W dolinach rzecznych wody piętra czwartorzędowego, pozostającego w łączności hydraulicznej



Ryc. 4. Ukształtowanie zwierciadła wody podziemnej

1 – dział wodny, 2 – rzeka, 3 – hydroizohipsa, 4 – hydroizohipsa górnego lub zawieszonego poziomu wody, 5 – linia przekroju hydrogeologicznego, 6 – obszar występowania wód górnego poziomu w skałach piętra kredowego, 7 – obszar występowania wód zawieszonych, 8 – stacja pomiaru wód podziemnych, 9 – stawy i zbiorniki wody, 10 – źródło

Źródło: Opracowanie na podstawie: Dziewa, Pietruszka (1997), Górka (2000), Perek (1998), materiały archiwalne Zakładu Hydrologii UMCS

Fig. 4. Contours of groundwater table

1 – water division, 2 – river; 3 – groundwaters contours, 4 – groundwaters contours of the upper or perched aquifer, 5 – line of hydrogeological cross-section, 6 – area of occurrence of the upper aquifer in Cretaceous rocks, 7 – area of occurrence of perched waters, 8 – groundwater measurements points, 9 – ponds and reservoirs, 10 – spring

Source: Based on: Dziewa, Pietruszka (1997), Górka (2000), Perek (1998), archive materials of the Department of Hydrology, Maria Curie-Skłodowska University

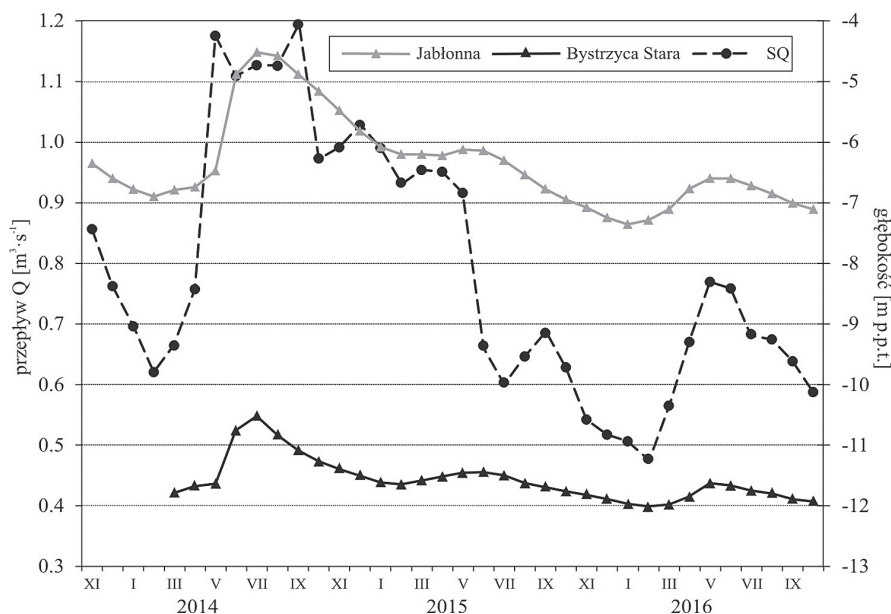
z wodami krążącymi w skałach kredowych, utrzymują się płytko pod powierzchnią gruntu. W okresach wysokich stanów wód podziemnych zwierciadło wody podnosi się do powierzchni terenu, co powoduje tworzenie się obszarów podmokłych, największych w dolinie Gałęzówki. Obecnie, w wyniku zabiegów melioracyjnych, obszary stałych podmokłości utrzymują się jedynie w środkowym odcinku doliny Kosarzewki, gdzie w części stropowej osadów dolinnych pojawiają się mady i piaski rzeczne oraz torfy i namuły torfiaste. Niewielkie obszary płytkiego występowania wody stwierdza się w bocznych dolinkach, w miejscach pojawiania się wypływów wody podziemnej z górnego i zawieszzonego poziomu. Najgłębiej wody podziemne pierwszego poziomu występują w obrębie wysoko wyniesionych obszarów wierzchwinowych międzyrzecza Gałęzówki i Bystrzycy. W układzie zwierciadła wody podziemnej stwierdzone są skokowe zmiany jego głębokości, szczególnie w strefach krawędziowych, zgodnie ze schematem przedstawionym przez Albrychta i Michalczyka (1992). Stwierdza się również okresowe zmiany zasięgu występowania wód górnego poziomu i poziomu zawieszzonego.

Zasilanie wód podziemnych następuje przez infiltrację opadów atmosferycznych. W strefach zrównań wierzchwinowych spękane skały węglanowe ukazują się niemal na powierzchni terenu, co korzystnie wpływa na wielkość infiltracji efektywnej. Obserwacje źródeł oraz wywiady z ludnością korzystającą z wód poziomu zawieszzonego wskazują na szybki dopływ wody infiltracyjnej do płytkich warstw oraz na braki wody w okresach bezopadowych. Odmiennie przedstawia się hydrodynamika głównego poziomu wody zasilającego Kosarzewkę i Gałęzówkę. Zmiany stanów wody podziemnej następują w dłuższym okresie, a także nawiązują do sezonów o dodatnim i ujemnym bilansie wody. Na rycinie 5 przedstawiono miesięczne stany wody w dwu stacjach PIG znajdujących się w sąsiednich zlewniach (ryc. 4), w zlewni Bystrzycy (Bystrzyca Stara) i Czerniejówki (Jabłonna). Terminy wystąpienia stanów najwyższych i najniższych były, mimo różnic w głębokości studni, synchroniczne w latach 2014–2016. Zmiany stanów wody podziemnej były zbliżone do rytmu zasilania podziemnego Kosarzewki.

Kredowy zbiornik wód podziemnych drenowany jest w sposób naturalny przez źródła zasilane z górnego lub głównego poziomu wodonośnego oraz przez rzeki. W okresie niskich stanów wody podziemnej w lecie 1991 roku zarejestrowano 70 źródeł. W dolinach rzecznych funkcjonowały 32 źródła drenujące główny kredowy poziom wodonośny, położone na wysokości 190–220 m n.p.m. Ich wydajność utrzymuje się najczęściej na poziomie kilku  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a największych okresowo przekracza  $50 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Źródła o wydajności przekraczającej  $10 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  znajdują się w parku miejskim w Bychawie, Bychawce B, Skawinku, Tuszowie i Zdrapach (ryc. 2).

W bocznych dolinkach, zdecydowanie powyżej den głównych dolin rzecznych, stwierdzono istnienie 38 źródeł (ryc. 2). Są one zasilane zarówno woda-





Ryc. 5. Średnie miesięczne przepływy Kosarzewki w Iżycach (SQ) oraz stany wody podziemnej w Jablonnie i Bystrzycy Starej

Źródło: Opracowanie na podstawie *Rocznika Hydrogeologicznego PSH* (2015, 2016), Kwartalny Biuletyn Informacyjny Wód Podziemnych, t. 14–17

Fig. 5. Mean monthly discharges of the Kosarzewka river in Iżyce (SQ) and groundwater levels in Jablonna and Bystrzyca Stara

Source: Based on: *Rocznik Hydrogeologiczny PSH* (2015, 2016), Kwartalny Biuletyn Informacyjny Wód Podziemnych, t. 14–17

mi piętra kredowego jak i czwartorzędowego. Skrajne wysokości występowania źródeł wynoszą 232 i 267 m n.p.m., co odpowiada rzędnym górnego i zawieszoności poziomu wody. Ich wydajność jest niewielka, najczęściej nie przekracza  $1 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Strumienie utworzone poniżej wypływów wody po przepłynięciu kilkudziesięciu lub kilkuset metrów giną w podłożu skalnym.

## ZASOBY WODY W ZLEWNI KOSARZEWKI

Sieć wód powierzchniowych w zlewni Kosarzewki jest stosunkowo uboga, mimo występowania licznych źródeł. Sieć wód płynących tworzy Kosarzewka z dopływami Gałęzówką i Tuszowianką oraz krótkie strumienie odprowadzające wody źródlane. Wody powierzchniowe retencjonowane są w zbiorniku Podzamcze koło Bychawy oraz w małych stawach istniejących w dnach dolin rzecznych. Inny rodzaj wód powierzchniowych stanowią obszary trwale podmokłe, zasilane wodami podziemnymi, których wielkość jest uzależniona od stanów wody podziemnej.

Koszarzewka bierze początek ze źródeł w Koszarzewie położonych na wysokości 250,5 m n.p.m. (ryc. 2). Woda wydobywa się z górnego kredowego poziomu wodonośnego. W źródłowym odcinku woda rzeczna znajduje się powyżej zwierciadła wody podziemnej, co skutkuje zmniejszaniem się przepływu. Przy braku zasilania i ucieczce wody z koryta w okresach niskich zasobów następuje zanik przepływu na odcinku 4–5 km. Stały bieg rzeki zapewnia dopływ wody ze źródła w Skawinku, którego wydajność zmienia się od kilku do kilkudziesięciu  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Po przepłynięciu 11,3 km Koszarzewka wpływa w Bychawie do głównej doliny, biegnącej z południa na północ, wykorzystywanej w górnym odcinku biegu przez Gałęzówkę. O uznaniu Koszarzewki za rzekę główną zdecydowała nazwa tradycyjnie odnoszona do rzeki na całej jej długości. Długość Gałęzówki zasilanej wodami z kilku źródeł, z których najwydajniejsze znajduje się w Bychawie, wynosi 10,1 km. Jej wody są wykorzystywane do uzupełniania zasobów zbiornika retencyjnego Podzamcze. Po połączeniu obu rzek Koszarzewka zmienia kierunek na północny. W środkowym i dolnym biegu, na odcinku 13,1 km, zasilana jest wodami z wielu źródeł, z których najwydajniejsze ( $10\text{--}30 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) znajdują się w Wincentówku, Zdrapach i Bychawce. W Tuszowie Koszarzewka przyjmuje niewielki dopływ, odprowadzający wodę ze źródeł, których łączna wydajność wynosi najczęściej kilkanaście litrów na sekundę. W okresach wysokich stanów wody podziemnej wydajność kilku źródeł przekracza  $50 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , w Bychawie osiąga nawet  $115 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Intensywne zasilanie wodami podziemnymi sprawia, że odpływ jednostkowy zwiększa się z przyrostem zlewni. W tabeli 1 przedstawiono wyniki patrolowych 13 pomiarów przepływu wykonanych w latach 1990–2000 w zlewni Koszarzewki. Całkowita długość Koszarzewki, od pierwszych źródeł do ujścia, określona z mapy MPHP (2010) wynosi 24,4 km, a średni spadek rzeki osiąga 2,72 promila.

W północno-zachodniej części Bychawy znajduje się komunalny, rekreacyjny zbiornik wodny „Podzamcze” (ryc. 2). Został on wybudowany w 1976 roku w miejscu dawnego naturalnego jeziorka. W 2004 roku zbiornik pogłębiłno, częściowo ogroblowano (od strony wschodniej i północno-wschodniej), natomiast w pozostałej części pozostały brzegi naturalne. Jest to zbiornik mały, o powierzchni 10,8 ha i pojemności 120 tys.  $\text{m}^3$ , stosunkowo płytki, gdyż średnia głębokość wynosi ok. 1,2 m. Pierwotnie był zasilany wodą pobieraną z Koszarzewki, a po ostatniej przebudowie doprowadzono wodę z Gałęzówki – głównie z uwagi na lepsze parametry hydrochemiczne i biologiczne wody.

Serie pomiarów przepływu zamieszczone w tabeli 1 były wykonywane w ciągu jednego dnia. Pierwsze pomiary przy bardzo niskich stanach wody podziemnej i małych wydajnościach źródeł. W kolejnych latach, przy zwiększającym się zasilaniu atmosferycznym, zasoby wód podziemnych zdecydowanie wzrosły, do jednych z najwyższych w okresie ubiegłego wieku (Michalczyk 2001). Róż-

Tab. 1. Średnie i skrajne wartości przepływu w latach 1990–2000 (13 serii pomiarów)  
 Table 1. Mean and extreme discharges in 1990–2000 (13 measurement series)

Rzeka	Profil	A	Średni		Najniższy		Najwyższy	
			Q	q	Q	q	Q	q
		km <sup>2</sup>	dm <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup>	dm <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> · km <sup>2</sup>	dm <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup>	dm <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> · km <sup>2</sup>	dm <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup>	dm <sup>3</sup> · s <sup>-1</sup> · km <sup>2</sup>
Kosarzewka	Bychawa	57,2	172,9	3,02	41,9	0,73	613,2	10,7
Gałęzówka	Bychawa	80,8	244,4	3,02	55,7	0,69	711,1	8,8
Kosarzewka	Bychawka	190,0	749,7	3,95	330,0	1,74	2231,5	12,2
Kosarzewka	ujście	209,3	835,7	4,05	338,0	1,64	2356,4	11,4

A – powierzchnia zlewni obliczona z mapy MPHP, Q – przepływ, q – odpływ jednostkowy

Źródło: Materiały Zakładu Hydrologii UMCS

A – area of the catchment, calculated on the Map of Hydrographic Division of Poland,

Q – discharge, q – specific runoff

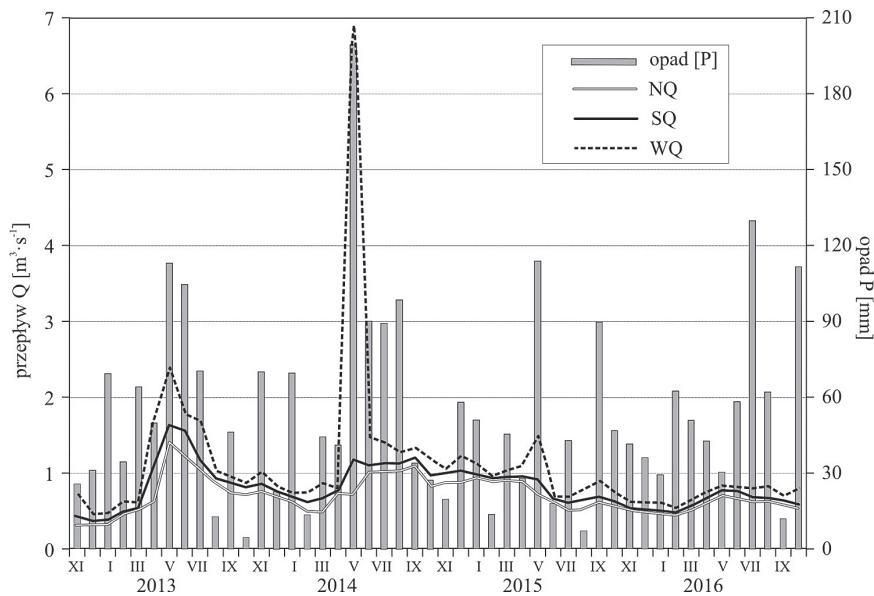
Source: Materials of Department of Hydrology UMCS

nice zasobów wody doskonale oddaje wielkość odpływu jednostkowego, którego wartość w okresie dziesięciolecia wzrosła trzykrotnie. W podanych wartościach zwraca także uwagę zwiększanie się odpływu jednostkowego z przyrostem zlewni, szczególnie w okresie średnich i niskich przepływów, które można utożsamiać z zasilaniem podziemnym. Odpływy jednostkowe w górnej Kosarzewce i Gałęzówce są zbliżone. Natomiast poniżej Bychawy następuje duży dopływ wody do Kosarzewki, co należy wiązać z istnieniem źródeł w strefie dyslokacji masywu skalnego (Golak 1990). Obserwacje te potwierdzają wcześniejsze sugestie (Michalczyk 1986), że odpływy liczone dla zlewni mniejszych od 100 km<sup>2</sup> nie odzwierciedlają zasobów wody w skali regionalnej, co wynika z niepełnego wykształcenia systemu drenażu podziemnego.

W celu dalszego rozpoznania zasobów wody zlewni Kosarzewki, a szczególnie reżimu hydrologicznego i struktury odpływu, rozpoczęto stacjonarne obserwacje wodowskazowe w ujściowym odcinku rzeki. W październiku 2012 roku została zamontowana łąta wodowskazowa oraz rejestrator stanów wody w profilu Iżyce. Wodowskaz zamyka obszar 206,4 km<sup>2</sup>, czyli 98,6% powierzchni zlewni. W następnych latach wykonywano systematyczne pomiary przepływu, które umożliwiły zamianę stanów wody na przepływy. Zebrane materiały hydrometryczne dokumentują niewielką zmienność stanów wody, wskazującą na dość stabilne zasilanie rzeki wodami podziemnymi. W latach 2013–2016 skrajne stany zmieniały się od 4 cm do 63 cm, co odpowiadało zmianom przepływu od 0,315 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup> do 6,96 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>.

Dobowe oraz miesięczne wartości przepływu wskazują na wieloletnią zmienność zasobów wody, z corocznym ich uzupełnieniem głównie w okresie wiosny. W latach 2013–2016 najniższe przepływy wystąpiły na początku okresu obserwacji, a najwyższe w okresie późnej wiosny 2013 roku. Pomiary opadów (w Zakrzówku) i przepływu Koszarzewki wskazują na niewielką reakcję rzeki na bezpośrednie zasilanie. Dobowe opady o wysokości 20–30 mm nie powodowały dużego przyrostu przepływu, co potwierdza dobre warunki retencjonowania wody w zlewni. Miesięczne wartości przepływów charakterystycznych zamieszczono na rycinie 6, na której podano najniższe, średnie i najwyższe miesięczne wartości oraz sumy opadów.

Miesięczne sumy opadu zmieniały się od kilku do prawie 200 mm. Natomiast przepływy rzeki wykazywały stosunkowo niewielkie zmiany, z wyjątkiem sytuacji zarejestrowanej w maju 2014 roku (ryc. 6). Wezbrania w dorzeczu Koszarzewki występują stosunkowo rzadko, nawet nie każdej wiosny. Wysokie sploty wody trwają krótko, średnio tylko kilka dni. Przez pozosta-



Ryc. 6. Miesięczne sumy opadu i przepływy charakterystyczne Koszarzewki w Izycach  
Opad miesięczny – za lata 2013–2015 średnie wartości z Zakrzówka i Radawca, za 2016 rok sumy z Radawca. Przepływ miesięczny: SQ – średni, NQ – najniższy, WQ – najwyższy

Źródło: Materiały Zakładu Hydrologii UMCS

Fig. 6. Monthly totals of precipitation and characteristic discharges of the Koszarzewka river in Izycy

Monthly total precipitation – in 2013–2015 mean values for Zakrzówek and Radawiec, in 2016 precipitation total for Radawiec. Monthly discharge: SQ – mean, NQ – the lowest, WQ – the highest  
Source: Materials of Department of Hydrology UMCS

łą część roku w korycie rzeczonym znajdują się wody podziemne dopływające z zasilania krótko- i długookresowego. Przepływy charakterystyczne zamieszczone na rycinie 6 wskazują na niewielkie różnice w poszczególnych miesiącach między wartościami przepływów minimalnych i maksymalnych. Obie te wartości nieznacznie odchylają się od wartości średniej, co jednoznacznie wskazuje na duże i wyrównane zasilanie rzeki z zasobów podziemnych. W latach 2013–2016 średni przepływ Kosarzewki w profilu Łżyce miał wartość  $0,806 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , natomiast średnia wartość liczona z miesięcznych przepływów minimalnych osiągnęła  $0,701 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , co stanowi 87,0% średniego przepływu. Pomiary wydajności źródeł i obserwacje stanów wody podziemnej oraz przepływu Kosarzewki wskazują na dużą zgodność korelacyjną rytmu zmian zasobów wody. O powolnym szczytowaniu zasobów wody podziemnej świadczy mała wartość współczynnika regresji Mailleta 0,002241 (Pazdro 1983), liczona z dwu długich okresów spadkowej tendencji przepływu Kosarzewki na przełomie lat 2013/2014 oraz 2015/2016. W okresie braku zasilania wód podziemnych przepływ rzeki przy średniej wartości zmniejsza się w ciągu miesiąca o  $0,055 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a wymiana wody w strefie zasilania rzeki trwa 1,2 roku.

Okres stacjonarnych badań terenowych 2013–2016 był stosunkowo wilgotny, gdyż średni opad wynosił 656,3 mm i był wyższy o 36 mm w odniesieniu do okresu 1951–2015. Najwyższe zasilanie atmosferyczne wystąpiło w maju, w którym było wyższe od średniej wieloletniej o ok. 50 mm, a w sierpniu niższe o ok. 20 mm. Warstwa odpływu w okresie 4 lat obserwacji osiągnęła 123 mm. Odpływ półrocza ciepłego był zdecydowanie wyższy niż chłodnego. Miesięczny układ wartości (tab. 2) wskazuje na uzupełnianie zasobów wody podziemnej w okresie przełomu zimy i wiosny, co skutkuje zwiększeniem przepływów. Podane wartości opadu, odpływu i parowania (liczonego metodą Konstantinowa z danych ze stacji Lublin-Radawiec) nie bilansują się, co wskazuje na zretencjonowanie części wody opadowej. Niestety, zbyt krótki okres obserwacji stanów wody podziemnej w Bystrzycy Starej i w Jabłonie uniemożliwia weryfikację zmian retencji w latach 2013–2016. Wielkość odpływu jednostkowego utrzymuje się na poziomie średniej dla obszaru wyżynnego Lubelszczyzny, ale jest niższa o ok.  $1,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^2$  od wartości dla Polski.

Wody podziemne dorzecza Kosarzewki wykazują parametry fizyczno-chemiczne zbliżone do naturalnych. W składzie chemicznym wód źródłanych dorzecza Kosarzewki dominują wody dwujonowe  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ , rzadziej trzyjonowe  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$  o mineralizacji w zakresie  $350\text{--}460 \text{ mg/dm}^3$  (Michalczyk 1996, 2001). Są to wody bezbarwne, bez smaku i zapachu, o temperaturze około  $9 \text{ }^\circ\text{C}$  i odczynie zbliżonym do obojętnego. Wykonane badania chemizmu wód podziemnych udokumentowały dobrą ich jakość. Dotyczy to zwłaszcza wskaźników powszechnie uznawanych za wynik zanieczyszczenia środowiska, takich jak: siar-

Tab. 2. Średnie wartości składowych obiegu wody w zlewni Koszarzewki w latach 2013–2016  
 Tab. 2. Mean values of water balance in the Koszarzewka river catchment in 2013–2016

Miesiąc	Opad	Parowanie	Odptyw	Przepływ	Odptyw jednostkowy
	mm			$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^2$
XI	39,2	14,1	8,8	0,703	3,40
XII	37,0	13,2	8,4	0,669	3,24
I	54,8	8,7	8,1	0,644	3,12
II	30,9	17,9	7,9	0,630	3,05
III	51,1	28,5	8,6	0,683	3,31
IV	40,4	47,8	10,8	0,864	4,18
V	114,1	73,4	14,1	1,122	5,43
VI	67,7	77,4	12,9	1,024	4,96
VII	83,1	84,0	11,2	0,895	4,34
VIII	45,1	68,1	10,6	0,847	4,10
IX	45,4	51,4	10,6	0,843	4,09
X	47,5	22,1	9,4	0,751	3,64
XI–IV	253,4	130,2	52,9	0,699	3,39
V–X	402,9	376,3	70,4	0,914	4,43
Rok	656,3	506,5	123,2	0,806	3,91

Opad obliczony z pomiarów stacji IMGW Zakrzówek i Lublin-Radawiec, parowanie – obliczone metodą Konstantinowa z danych ze stacji Lublin-Radawiec

Źródło: Materiały Zakładu Hydrologii UMCS i IMGW

*Precipitation calculated based on measurement in Zakrzówek and Lublin-Radawiec station of Institute of Meteorology and Water Management, evapotranspiration – calculated by means of Constantinov method based on data for station Lublin-Radawiec*

Source: Materials of Department of Hydrology UMCS and IMGW

czany, chlorki, azotany, sól, potas, metale ciężkie. W klasyfikacji wód podziemnych, stosowanej dla potrzeb monitoringu, większość tych wskaźników lokowała się w klasie o najwyższej i wysokiej jakości. Nieco wyższe wartości wskaźników pochodzenia antropogenicznego notowano w źródłach drenujących obszary ze zwartą zabudową i intensywnie użytkowane rolniczo.

Wody rzeki Koszarzewki oraz jej dopływów miały zbliżony skład podstawowych wskaźników fizyczno-chemicznych do wód podziemnych (źródłanych). Były to wody przeważnie dwujonowe typu  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  o odczynie słabo zasadowym. Miały one jednak wyższe stężenia substancji o charakterze antropogenicznym, co wynika głównie z punktowych zrzutów ścieków. Mimo to wyniki monitoringu jakości wód powierzchniowych prowadzone przez WIOŚ w Lublinie klasyfikują je w I lub II klasie czystości wód. Należy jednak zwrócić uwagę na zawartość biogenów, zwłaszcza form mineralnych azotu i fosforu. Azot mineralny w ujściowym odcinku rzeki stanowił około 50% wartości stężenia azotu ogólnego ( $5,9 \text{ mg/dm}^3$ ), podobne relacje występowały w przypadku fosforu mineral-

nego względem stężenia fosforu ogólnego ( $0,25 \text{ mg/dm}^3$ ). Poziom azotu i fosforu w wodach Kosarzewki wskazuje na dużą ich podatność w procesach eutrofizacji (Kajak 2001), zwłaszcza w przypadku budowy zbiorników retencyjnych (Górnjak 2006; Jekaterynczuk-Rudczyk i in. 2008).

## PODSUMOWANIE

Warunki hydrogeologiczne w zlewni Kosarzewki bezpośrednio decydują o układzie wód podziemnych i ich zasobach. Szczególnie istotne jest naprzemianległe występowanie w stropowych partiach skał górnej kredy miękkich i twardych warstw decydujących o utrzymywaniu się głównego, górnego i zawieszzonego poziomu wody.

Występowanie poziomów wody znajduje odzwierciedlenie w braku ciągłości pierwszego zwierciadła wody, w różnych i skokowo zmiennych rzędnych zwierciadła wody oraz w istnieniu źródeł w wysoko wyniesionym obszarze zlewni.

W regionalnym drenażu wód podziemnych stwierdza się przepływ wód podziemnych z południowego wschodu na północny zachód. Warunki hydrogeologiczne, w tym spękania skał i układ hydroizohips wskazują na możliwość podziemnego przepływu wody z lewej części zlewni Kosarzewki do Bystrzycy, która jest głębiej wcięta w podłoże skalne.

W odcinkach źródłowych Kosarzewka i Gałęzówka płyną powyżej zwierciadła wód podziemnych, co powoduje ucieczkę wody z koryt rzecznych, a nawet okresowe funkcjonowanie rzek. W dalszym biegu odpływy jednostkowe zwiększają się z przyrostem zlewni, co jest związane z głębszym wcięciem rzeki i przejęciem zasilania wodami podziemnymi kolejnych warstw wodonośnych. W skali zlewni Kosarzewki przyrost odpływu jednostkowego notowany był do powierzchni  $190 \text{ km}^2$ .

Dobrze przepuszczalne podłoże skalne umożliwia retencjonowanie wody, która następnie równomiernie dopływa do koryta Kosarzewki. Spływ powierzchniowy pojawia się sporadycznie, częściej w okresie przemarznięcia gruntu niż w okresie letnim. Epizodyczne pojawianie się spływu powierzchniowego decyduje o bardzo wysokim udziale zasilania gruntowego w odpływie całkowitym.

W strukturze odpływu Kosarzewki dominuje zasilanie podziemne, z którego pochodzi 87% wody rzecznej. Woda podziemna dociera do rzek poprzez bezpośredni drenaż korytowy oraz przez źródła zasilane z głównego poziomu występującego w skałach górnej kredy. W okresie badań stwierdzono synchroniczne zmiany stanów wody podziemnej, wydajności źródeł i przepływu Kosarzewki.

## SUMMARY

The paper presents conditions of groundwater occurrence and their role in the Kosarzewka river alimentation, based on hydrographic materials collected in the Department of Hydrology, Maria Curie-Skłodowska University, since the fifties of the 20<sup>th</sup> century. The catchment of 209.3 km<sup>2</sup> area, is located 12 km south of Lublin, in the Bystrzyca River basin. Water resources of the analyzed area, their quantity and quality, determine the water provision for Lublin.

Groundwaters in the Kosarzewka river catchment occur in fissure-porous, carbonate rocks of the Upper Cretaceous and Paleocene. Hydrogeological conditions depend on tectonics of the rock mass and lithologically diversified Upper Cretaceous rocks, influencing the existence of a couple of groundwater aquifers. Those conditions determine the lack of continuity of the first groundwater table, occurrence of stepped-changed location of the groundwater table and occurrence of springs on various heights, in the river valleys and in the higher located denudation plains in the catchment.

Direction of groundwaters flow takes place from south-east to north-west, in accordance with the pattern of the main valleys. In the regional drainage of groundwaters, there are stated possibilities of underground water flow from the left part of the Kosarzewka river catchment to the Bystrzyca river valley, which is deeper incised in the bedrock.

In the outflow structure of the Kosarzewka river, groundwater alimentation dominates, from which comes 87% of river water. Groundwaters reach the rivers through the direct channel drainage and springs, recharged from the main aquifer in the Upper Cretaceous rocks. In the research period synchronic changes of groundwater table, yield of springs and the Kosarzewka river discharges were observed. The river responds very weakly to atmospheric alimentation, and precipitation waters are retained in the bedrock. Surface runoff is observed sporadically, more often in the ground freezing period than in the summer season.

## LITERATURA

- Albrycht A., Michalczyk Z., 1992: *Warunki występowania wód podziemnych w północnej części Wyżyny Giełczewskiej (Wyżyna Lubelska)*, Kwart. Geol., 36, 1, Warszawa, 151–164.
- Cieśliński S., 1993: *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1 : 50 000*, Arkusz Zakrzówek (822), Wyd. PIG, Warszawa.
- Cieśliński S., 2001: *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1 : 50 000*, Arkusz Wysokie (823), Wyd. PIG, Warszawa.
- Chałubińska A., Wilgat T., 1954: *Podział fizjograficzny województwa lubelskiego*, Przew. V Ogólnop. Zjazdu PTG., Lublin, 3–44.
- Dziewa K., Pietruszka W., 1997: *Mapa Hydrogeologiczna Polski 1 : 50 000*, Arkusz Bychawa (786), Wyd. PIG, Warszawa.
- Golak I., 1990: *Udział wód źródłanych w zasilaniu górnej Kosarzewki*, maszynopis Zakładu Hydrologii UMCS.
- Górka J., 2000: *Mapa Hydrogeologiczna Polski 1 : 50 000*, Arkusz Zakrzówek (822), Wyd. PIG, Warszawa.
- Górniak A. (red.), 2006: *Ekosystem zbiornika Siemianówka w latach 1990–2004 i jego rekultywacja*, Uniwersytet w Białymstoku, Białystok.
- Jahn A., 1956: *Wyżyna Lubelska. Rzeźba i czwartorzęd*, Prace Geograficzne, IG PAN 7, Warszawa, 1–453.
- Jekaterynczuk-Rudczyk E., Górniak A., Zieliński P., Grabowska M., Suchowolec T., Cudowski A., 2008: *Specyfika jakości wody zaporowego zbiornika Siemianówka na Górnej Narwi*, [w:] E. Je-



- katerynczuk-Rudczyk, M. Stepaniuk (red.), *Rozwój obszarów przyrodniczo cennych*, 57. Zjazd Towarzystwa Geograficznego: przewodnik sesji terenowych, Białystok.
- Kajak Z., 2001: *Hydrobiologia-limnologia. Ekosystemy wód śródlądowych*, PWN, Warszawa.
- Kwartalny Biuletyn Informacyjny Wód Podziemnych, 14 (50), 15 (51), 16 (52), 17 (53), Wyd. PIG, Warszawa.
- Mapa Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1 : 10 000 (MPHP10), 2010, KZGW, IMGW, Warszawa.
- Marszałek S., Albrycht A., Buła S., 1996: *Objaśnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1 : 50 000*, Arkusz Bychawa (786), Wyd. PIG, Warszawa.
- Maruszczak H., 1972: *Wyżyny Lubelsko-Wołyńskie*, [w:] *Geomorfologia Polski*, t. I, Warszawa, 340–384.
- Michalczyk Z., 1986: *Warunki występowania i krążenia wód na obszarze Wyżyny Lubelskiej i Roztocza*, Wyd. UMCS, Lublin, 1–195.
- Michalczyk Z., 1996: *Źródła województwa lubelskiego. Wydajność i parametry fizykochemiczne wód w 1996 roku*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Lublin.
- Michalczyk Z. (red.), 1997: *Strategia wykorzystania i ochrony wód w dorzeczu Bystrzycy*, Wyd. UMCS, Lublin, 1–192.
- Michalczyk Z. (red.), 2001: *Źródła Wyżyny Lubelskiej i Roztocza*, Wyd. UMCS, Lublin.
- Michalczyk Z. (red.), 2012: *Ocena warunków występowania wody i tworzenia się sphywu powierzchniowego w Lublinie*, Wyd. UMCS, Lublin.
- Michalczyk Z., Rederowa E., 1993: *Źródła w dorzeczu Bystrzycy*, [w:] Z. Michalczyk (red.), *Źródła zachodniej części Wyżyny Lubelskiej*, Wyd. UMCS, Lublin, 93–157.
- Niedbała S., 1956: *Hydrografia dorzecza Kosarzewki*, maszynopis Zakładu Hydrologii UMCS.
- Pazdro Z., 1983: *Hydrogeologia ogólna*, Wyd. Geol., Warszawa.
- Perek M., 1998: *Mapa Hydrogeologiczna Polski 1 : 50 000*, Arkusz Wysokie (823), Wyd. PIG, Warszawa.
- Rocznik Hydrogeologiczny Państwowej Służby Hydrogeologicznej*, 2014, Wyd. PIG, Warszawa 2015.
- Rocznik Hydrogeologiczny Państwowej Służby Hydrogeologicznej*, 2015, Wyd. PIG, Warszawa 2016.
- Wilgat T., 1959: *Z badań nad wodami podziemnymi Wyżyny Lubelskiej*, Annales UMCS, sec. B, XII, Lublin, 221–241.
- Wilgat T., 1970: *Kontrowersja na temat sposobu występowania wód w kredzie lubelskiej*, Przegł. Geogr., XLII, 1, Warszawa, 57–68.
- Wyrwicka K., 1977: *Wykształcenie litologiczne i węglanowe surowce skalne masyfów lubelskiego*, Biul. IG., 299, *Z badań złóż surowców skalnych w Polsce*, t. 9, Warszawa, 5–98.
- Wyrwicka K., 1983: *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego*, 58, Wyd. Geol., Warszawa, 1–71.