

**Michał Górecki**

Uniwersytet Łódźski, Wydział Nauk Geograficznych, Pracownia Geologii  
E-mail: [michal.gorecki@unilodz.eu](mailto:michal.gorecki@unilodz.eu)

Historia artykułu: data wpływu 25.09.2017; data akceptacji 30.11.2017

## Charakterystyka hydrologiczna i hydrochemiczna wód Moszczenicy w przekroju Gieczno

### Hydrological and hydrochemical characteristics of the Moszczenica River in Gieczno

**Zarys treści** Od początku roku hydrologicznego 2016 w przekroju Moszczenica–Gieczno prowadzone są pomiary hydrologiczne i hydrochemiczne. Obecnie obserwowane są stosunkowo niskie przepływy oraz stany wody. Intensywna suburbanizacja zlewni oraz określony sposób gospodarowania wodami wpływają na właściwości fizykochemiczne rzeki. Wskaźnikami charakteryzującymi Moszczenicę jako rzekę zanieczyszczoną są fosforany oraz w mniejszym stopniu także  $\text{ChZT}_{\text{Mn}}$ . Widoczne jest to zarówno w sezonowej zmienności parametrów, jak i relacji ich stężeń z przepływem. W ostatnim ćwierćwieczu, pomimo wzmagającej się antropopresji, wartości PEW,  $\text{PO}_4^{3-}$  oraz  $\text{O}_2$  nie wykazują widocznych zmian.

**Słowa kluczowe** Zlewnia Moszczenicy, natężenie przepływu, hydrochemia, suburbanizacja, zanieczyszczenie rzeki.

**Abstract** Since the beginning of the hydrological year of 2016, hydrological and hydrochemical measurements of the Moszczenica River have been taken. Currently, relatively low water flow and water level have been observed. Significant suburbanization of the drainage basin and the particular way of water management influence physicochemical properties of water. Indicators characterizing the Moszczenica as a polluted river are phosphates and, to a lesser extent,  $\text{ChZT}_{\text{Mn}}$ . It is visible in both seasonal parameter changeability and relation between their concentration and flow. Over the last quarter of a century, despite the increasing anthropopression, the values of PEW,  $\text{PO}_4^{3-}$  and  $\text{O}_2$  do not indicate any significant changes.

**Keywords** Moszczenica drainage basin, water flow rate, hydrochemistry, suburbanization, water pollution.

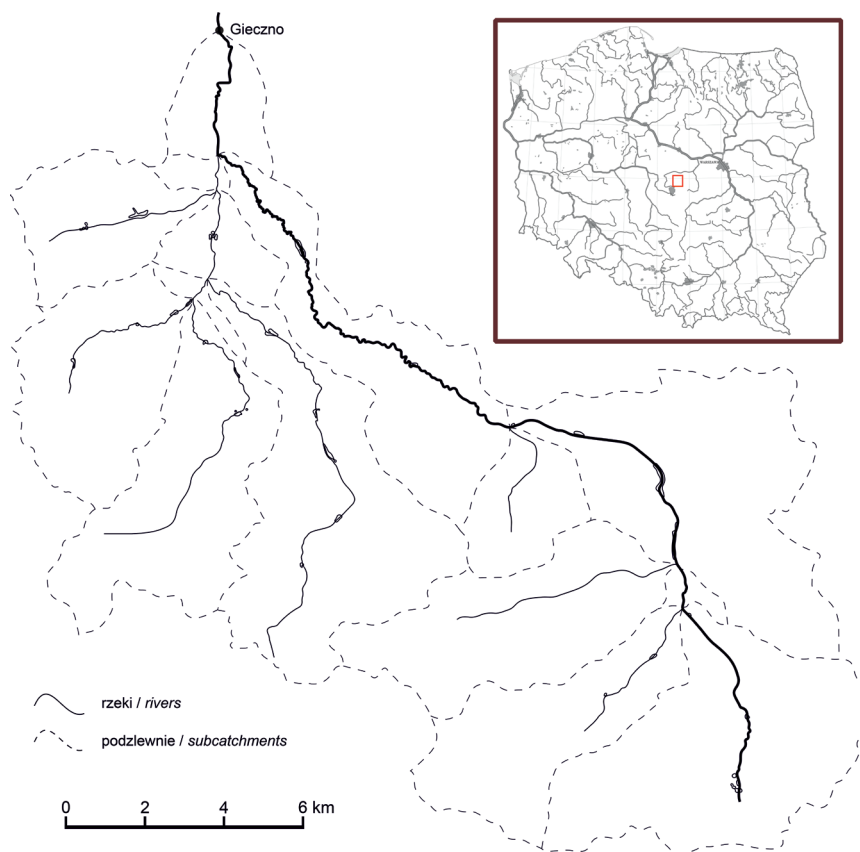
## 1. Wprowadzenie

Na przepływ rzeczny w danym przekroju, będący miarą odpływu ze zlewni cząstkowej, wpływ mają różne składowe zasilania koryta rzecznej. Można do nich zaliczyć dopływ wody płynącej już korytem rzeczonym, opad atmosferyczny bezpośrednio zasilający ciek, spływ powierzchniowy, spływ hipodermiczny oraz drenaż warstw wodonośnych przez koryto rzeczne (odpływ gruntowy) (Mazurek 2000). Poszczególne ogniwa obiegu wody, poza ilościowym kształtowaniem odpływu, wpływają także na jakość wody rzecznej. Czas obiegu wody w zlewni oraz droga jaką musi ona pokonać nim dotrze do koryta rzecznej, kształtują jej oblicze fizykochemiczne. O wielkości dostawy składników rozpuszczonych decydują uwarunkowania naturalne, takie jak właściwości geochemiczne podłoża, budowa geologiczna czy ukształtowanie powierzchni terenu, a także, w coraz większym stopniu, antropogeniczne (Florek i in. 2014). Antropopresja wpływa na zmiany ilościowe i jakościowe krążącej w zlewni wody. Budowle hydrotechniczne, zabiegi regulacji rzek czy permanentne zrzuty wody przez oczyszczalnie ścieków, zaburzają naturalny reżim rzeczny. Działalność człowieka wiąże się z wprowadzaniem różnego rodzaju zanieczyszczeń do obiegu wody. Wpływ antropopresji na poszczególne składowe zasilania koryta rzecznej jest zróżnicowany, zależny od lokalnych uwarunkowań. Podobnie zresztą jak tempo dopływu zanieczyszczeń do rzeki.

W niniejszej pracy zaprezentowano wyniki pomiarów hydrologicznych i hydrochemicznych prowadzonych od początku roku hydrologicznego 2016 w przekroju Moszczenica–Gieczno (ryc. 1). Stanowią one niejako kontynuację badań hydrochemicznych realizowanych na Moszczenicy, zapoczątkowanych przez Ziułkiewicza (2012) w górnym biegu rzeki. Uzyskane wyniki odniesiono do wcześniejszych pomiarów, zarówno własnych, jak i Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Łodzi, w celu oceny zmian parametrów fizykochemicznych wody Moszczenicy na posterunku w Giecznie w okresie rozwoju strefy podmiejskiej Łodzi, obejmującej swym zasięgiem m.in. zlewnię Moszczenicy (Jakóbczyk-Gryszkiewicz i in. 2010).

## 2. Metodyka badań

Przekrój pomiarowy, w którym od początku roku hydrologicznego 2016 wykonywano regularne pomiary hydrologiczne i hydrochemiczne, zlokalizowano na Moszczenicy w miejscowości Gieczno w km 24+000 (fot. 1). Jest on usytuowany ok. 20 metrów powyżej funkcjonującego posterunku wodowskazowego IMiGW (Szczepański 1995–1996) oraz stanowiska monitoringowego WIOŚ w Łodzi. Profil w Giecznie zamyka zlewnię Moszczenicy o powierzchni 227 km<sup>2</sup> (ryc. 1) (Czarnecka 2005).



**Ryc. 1.** Zlewnia Moszczenicy do przekroju w Giecznie  
 Źródło: opr. własne na podstawie: <http://geoportal.kzgw.gov.pl/imap/>

**Fig. 1.** Drainage basin of the Moszczenica River to the Gieczno  
 Source: own study based on: <http://geoportal.kzgw.gov.pl/imap/>



**Fot. 1.** Odcinek Moszczenicy powyżej przekroju pomiarowego (fot. M. Górecki, 2016)

**Photo 1.** Part of the Moszczenica River above the research profile (photo by M. Górecki, 2016)

W wyznaczonym przekroju poprzecznym koryta Moszczenicy wykonywano pomiary prędkości wody w trzech pionach hydrometrycznych przy użyciu młynka hydrometrycznego HEGA-1. Na podstawie zebranych wyników terenowych obliczano natężenie przepływu (Q). Każdorazowo odczytywany był również stan wody (H).

Do pomiarów wykonywanych *in situ* należał pomiar temperatury wody (temp.), przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW), odczynu (pH) oraz zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie (tlen rozp.). Oznaczeń parametrów dokonywano w nurcie rzeki. Z tego miejsca pobierano także próbki wody do badań laboratoryjnych w celu oznaczenia anionów ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), kationów ( $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ), twardości ogólnej ( $T_{og}$ ), krzemionki rozpuszczonej ( $\text{SiO}_2$ ), barwy i  $\text{ChZT}_{Mn}$ . Badania składu chemicznego wody wykonywano w laboratorium Pracowni Geologii UŁ.

### 3. Gospodarowanie wodami w zlewni cząstkowej Moszczenicy

Moszczenica jest prawobrzeżnym dopływem Bzury i jako taka jest ciekim III rzędu. Całkowita długość rzeki wynosi 55 km, natomiast powierzchnia jej zlewni 519 km<sup>2</sup>. W górnym odcinku uchodzi do niej Struga Dobieszkowska oraz Kiełmiczanka. W okolicach Rogóżna do Moszczenicy wpływa Czarniawka wraz z wodami Dzierżąznej i Ciosenki (Czarnecka 2005).

W niektórych zlewniach należących do dorzecza Moszczenicy, od wielu lat prowadzone są badania i pomiary hydrologiczne oraz hydrochemiczne. Należy tutaj wymienić zlewnię Dzierżąznej (m.in. Bartnik i Tomaszewski 2000; Jokiel i Maksymiuk 2000; Burchard i in. 2003; Moniewski i Stolarska 2007; Bartnik i in. 2008; Jokiel 2014; Moniewski 2014, 2015) oraz zlewnię górnego odcinka Moszczenicy (m.in. Ziutkiewicz 2012). Bogaty jest także dorobek przedstawiający badania krenologiczne w zlewni Moszczenicy (m.in. Burchard i Mela 1995; Hereźniak-Ciotowa i Ziutkiewicz 1997; Maksymiuk i Moniewski 2000; Moniewski 2004; Ziutkiewicz 2005; Ziutkiewicz i in. 2006; Ziutkiewicz 2016).

Moszczenica wraz z dopływami odwadnia północne i północno-wschodnie obszary strefy podmiejskiej aglomeracji łódzkiej. Są to tereny intensywnie zasiedlane przez ludność wyprowadzającą się z obszarów miejskich. Od lat 90. ubiegłego wieku następuje rozwój osadnictwa podmiejskiego z zabudową jednorodzinną oraz willową (Jakóbczyk-Gryszkiewicz i in. 2010; Ziutkiewicz 2012). Strefa podmiejska jest także atrakcyjnym miejscem lokalizacji i rozwoju osadnictwa letniskowego (Krysiak 2014) oraz różnych, pozarolniczych form działalności gospodarczej (Wójcik 2004). Suburbanizacja wymusza rozwój infrastruktury transportowej oraz powinna wymuszać rozwój infrastruktury technicznej, w tym wodno-kanalizacyjnej. Gminy wiejskie leżące w obrębie zlewni cząstkowej Moszczenicy do przekroju Gieczno (Nowosolna, Stryków, Zgierz, Ozorków) mają stosunkowo dobrze rozwiniętą sieć wodociągową, natomiast znikomą sieć kanalizacyjną (tab. 1). Oznacza to, że podstawową formą gromadzenia i „oczyszczania” ścieków są przydomowe oczyszczalnie, szamba oraz zbiorniki bezodpływowe. Wszystkie tego typu obiekty stwarzają poważne

zagrożenie zanieczyszczenia płytkich wód podziemnych oraz wód rzecznych, w tym Moszczenicy. O skali zagrożenia świadczy fakt, że w północno-zachodniej części gminy Nowosolna, w zlewni Strugi Dobieszkowskiej, nie obserwowano wywozu zanieczyszczeń przez gminny tabor asenizacyjny (*inf. ustna od M. Ziutkiewicza*). A zatem wszystkie nieczystości infiltrowały oraz nadal przemieszczają się poprzez strefę aeracji.

**Tabela 1.** Stopień zwodociągowania i skanalizowania gmin wiejskich w zlewni cząstkowej Moszczenicy, stan na rok 2015

**Table 1.** Level of water piping and sewage systems of rural communes in the Moszczenica River subbasin as of 2015

Gmina wiejska	Ludność korzystająca z wodociągu [%]	Ludność korzystająca z kanalizacji zbiorczej [%]
Nowosolna	97,2	2,8
Stryków	98,8	33,0
Zgierz	100,0	4,2
Ozorków	100,0	19,0

Źródło/Source: <https://bdl.stat.gov.pl/>.

W zlewni Moszczenicy do przekroju w Giecznie funkcjonują dwie oczyszczalnie ścieków. Pierwsza z nich, należąca do Zakładu Gospodarki Komunalnej i Mieszkaniowej w Strykowie, zlokalizowana jest w miejscowości Tymianka i wprowadza oczyszczone ścieki komunalne do rzeki Moszczenicy w km 42+750. Średnio w ciągu doby, zgodnie z pozwoleniem wodno-prawnym, oczyszczalnia może zrzucić do Moszczenicy 1 700 m<sup>3</sup> nieczystości (Kataster wodny 2017). Jej rozruch technologiczny rozpoczął się w 1993 roku (Raport... 1994). Druga oczyszczalnia znajdująca się w zlewni Moszczenicy odprowadza ścieki Gminnego Ośrodka Kultury w Dzierżąznej do rzeki Dzierżązna w km 0+680, w ilości 10 m<sup>3</sup>/dobę (Kataster wodny 2017). Żaden z tych obiektów nie posiada technologii umożliwiających wysoko efektywne usuwanie biogenów.

W Strykowie na Moszczenicy znajduje się duży zbiornik retencyjny. Został on wybudowany w 1991 roku (Ziutkiewicz 2012). Ponadto, zwłaszcza w zlewni Czarniawki, zlokalizowanych jest wiele kompleksów stawów hodowlanych. Wykaz większych zbiorników wodnych znajdujących się w analizowanej zlewni cząstkowej Moszczenicy przedstawiono w tabeli 2. Zbiorniki retencyjne oraz stawy hodowlane modyfikują parametry fizykochemiczne wód. Zasadnicze zmiany dotyczą głównie związków biogenych, zawartości tlenu oraz zawiesiny. Stawy oddziałują na jakość wód z nich odpływających zarówno *in plus* (m.in. Kanclerz i in. 2005; Kanownik i Wiśnios 2015), jak i *in minus* (m.in. Orlik i Obroślak 2005; Bronisławska i in. 2016). Najwięcej zanieczyszczeń uruchamianych jest ze zbiorników podczas ostatnich faz ich opróżniania, głównie jesienią (m.in. Raczyńska i Machula 2006; Czaplicka-Kotas i in. 2012; Wojda i Zygmunt 2012; Ziutkiewicz 2012).

Fragmentami koryta Moszczenicy oraz jej dopływy są uregulowane. Spośród rzek przepływających przez obszar powiatu zgierskiego w największym stopniu uregulowana jest Czarniawka, która na 50% długości odznacza



**Tabela 2.** Wykaz większych zbiorników wodnych w zlewni cząstkowej Moszczenicy**Table 2.** List of greater water reservoirs in the Moszczenica River sub-basin

Oryginalna nazwa zbiornika	Lokalizacja	Gmina/Sołectwo	Powierzchnia [ha]	Pojemność czynna [m <sup>3</sup> ]
Stryków <sup>1</sup>	Moszczenica	Stryków	12,30	221 940
Zbiornik wodny	Czerniawka	Zgierz	3,10	56 000
Stawy rybne	Czerniawka	Kotowice	6,90	93 150
Stawy ziemne	Czerniawka	Kotowice	0,61	6 645
Zbiornik retencyjny	Czerniawka	Kotowice	0,82	5 130
Zbiornik retencyjny	Czerniawka	Swoboda	0,84	7 196
Stawy	Jasionka	Bądków	6,65	92 000
Stawy	Czerniawka	Bądków	5,08	56 000
Stawy <sup>2</sup>	Jasionka	Jasionka	2,17	26 950

Funkcja zbiornika: <sup>1</sup> – retencyjna, rekreacyjna; <sup>2</sup> – hodowlana (hodowla karpia)

Function of reservoir: <sup>1</sup> – retention, recreation; <sup>2</sup> – breeding (carp farming)

Źródło: Zgrabczyński i in. 2007; Kataster wodny 2017; Powiatowy program... 2017.

Source: Zgrabczyński et al. 2007; Kataster wodny 2017; Powiatowy program... 2017.

się sztucznym korytem. Zupełnie inaczej wygląda sytuacja na Moszczenicy, która jedynie na 15% długości jest uregulowana (Powiatowy program... 2017). Rzeki przegradzono także szeregiem jazów, stopni wodnych oraz zastawek. Najwięcej tego typu budowli znajduje się na Moszczenicy, zwłaszcza w środkowym i górnym odcinku (Wojewódzki Program... 2005).

Poza oddziaływaniem antropogenicznym, zlewnia Moszczenicy znajduje się także pod presją geogeniczną. W środkowym biegu, na odcinku pomiędzy Wolą Branicką a Giecznem, Moszczenica przepływa przez obszar występowania w podłożu wysadu solnego. Procesy subrozji i krasowienia czapy wysadu solnego przyczyniły się do urozmaicenia stropu warciańskiej gliny zwałowej. Dzisiejsza dolina Moszczenicy nawiązuje do zjawisk krasowych zachodzących w czapie iłowo-gipsowej (Kuźniar 1952). Zauważalna jest także pewna współzależność między przebiegiem doliny rzecznej a obniżeniami w stropie osadów trzeciorzędowych (Kamiński 1993). Wysad solny nie jest szczelnie izolowany od opływających go wód. W podziemiu krążą wody o podwyższonej mineralizacji, które w silnie zaburzonym układzie geologicznym i hydrogeologicznym występującym w rejonie Rogóżna, mogą dopływać do koryta Moszczenicy (Górecki i Ziulkiewicz 2016).

#### 4. Wyniki i dyskusja

Wartości charakterystyczne mierzonych i odczytywanych parametrów hydrologicznych oraz hydrochemicznych zaprezentowano w tabeli 3.

**Tabela 3.** Charakterystyczne wartości wskaźników hydrologicznych i hydrochemicznych Moszczenicy w Giecznie w okresie obserwacji**Table 3.** Characteristic values of hydrological and hydrochemical indicators of the Moszczenica River in Gieczno during the observation period

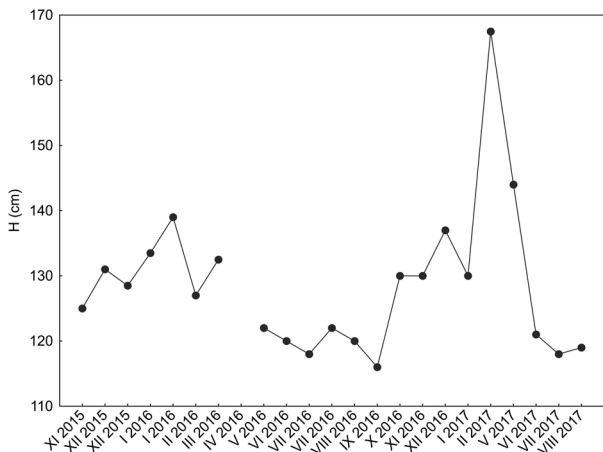
Wskaźnik	Miano	Liczba próbek	Min.	Max.	Śr.
H	cm	22	116,0	167,5	128,7
Q	m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>	22	0,219	1,829	0,618
Temp.	°C	22	0,1	21,0	10,2
Odczyn	pH	22	6,50	8,80	7,56
PEW	μS·cm <sup>-1</sup>	22	409	558	459
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg·dm <sup>-3</sup>	19	152,5	219,6	193,9
Cl <sup>-</sup>	mg·dm <sup>-3</sup>	19	19,0	55,1	32,6
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg·dm <sup>-3</sup>	18	31,4	61,3	45,5
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg·dm <sup>-3</sup>	18	2,1	25,5	9,68
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg·dm <sup>-3</sup>	18	0,088	0,331	0,173
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg·dm <sup>-3</sup>	18	0,155	1,272	0,629
Mg <sup>2+</sup>	mg·dm <sup>-3</sup>	18	3,0	6,2	3,9
Ca <sup>2+</sup>	mg·dm <sup>-3</sup>	18	55,6	77,9	66,7
Na <sup>+</sup>	mg·dm <sup>-3</sup>	18	11,0	26,8	16,2
K <sup>+</sup>	mg·dm <sup>-3</sup>	15	2,2	4,8	2,8
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg·dm <sup>-3</sup>	18	0	0,99	0,245
SiO <sub>2</sub>	mg·dm <sup>-3</sup>	18	7,9	19,4	15,0
T <sub>og</sub>	mval·dm <sup>-3</sup>	18	3,76	5,52	4,58
Barwa	mg·dm <sup>-3</sup>	18	6,0	30,0	11,9
Tlen rozp.	mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup>	22	6,37	13,96	9,78
ChZT <sub>Mn</sub>	mg O <sub>2</sub> ·dm <sup>-3</sup>	18	6,0	10,4	7,8

Źródło: opr. własne.

Source: own compilation.

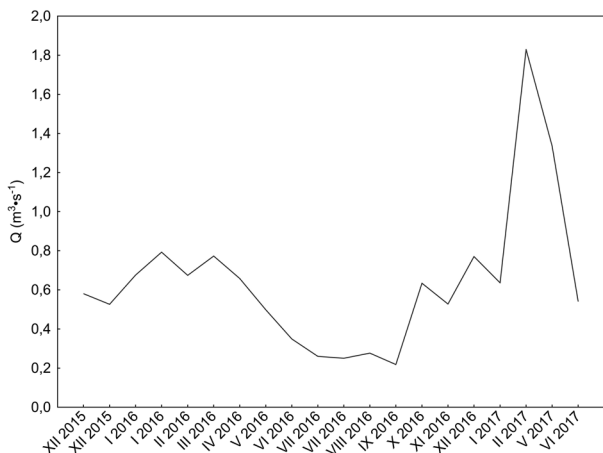
Stan wody Moszczenicy w okresie wykonywanych pomiarów kształtował się w przedziale 116,0÷167,5 cm (tab. 3). Najwyższy stan wody zanotowano w lutym 2017 r., co było związane z ociepleniem zimowym i taniem pokrywy śnieżnej, natomiast najniższy we wrześniu 2016 r. Zauważalna jest sezonowa zmienność tego parametru (ryc. 2). W kwietniu 2016 roku nie odczytano stanu wody z powodu „zamulenia” wodowskazu i utraty więzi wodowskaz–koryto rzeczne. Według charakterystyki hydrologicznej posterunku w Giecznie, NNW w okresie 1971–1990 wynosił 120 cm, natomiast WWW – 316 cm (Szczepański 1995–1996). Obecnie występują stosunkowo niskie stany wody Moszczenicy. W okresie letnim kilkakrotnie obserwowano położenie lustra Moszczenicy poniżej 120 cm (ryc. 2).

Zarejestrowane przepływy w korycie Moszczenicy mieszczą się w zakresie 0,219÷1,829 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> (tab. 3). Maksymalne oraz minimalne natężenie przepływu koresponduje z analogicznymi stanami wody (ryc. 2, ryc. 3). Widoczna jest zależność stan wody–wielkość przepływu (ryc. 4). W odniesieniu do przepływów charakterystycznych dla posterunku Moszczenica–Gieczno (Szczepański 1995–1996), obecnie na Moszczenicy notowane są przeważnie niskie przepływy.



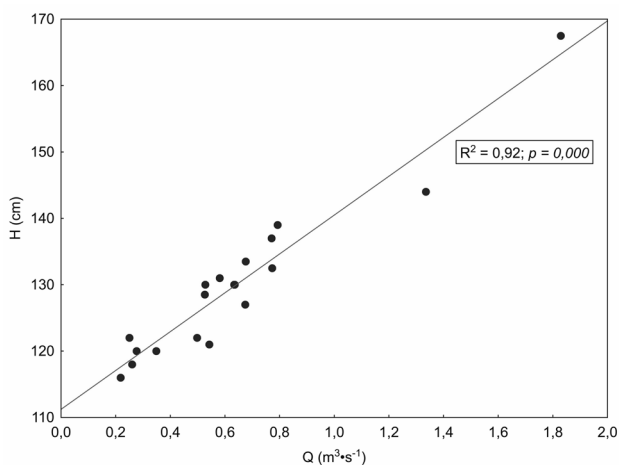
Ryc. 2. Zmienność stanów wody Moszczenicy w Giecznie w okresie obserwacji (opr. M. Górecki)

Fig. 2. Variation of water level of the Moszczenica River in Gieczno during the observation period (ed. by M. Górecki)



Ryc. 3. Zmienność przepływów Moszczenicy w Giecznie w okresie obserwacji (opr. M. Górecki)

Fig. 3. Variation of water flow of the Moszczenica River in Gieczno during the observation period (ed. by M. Górecki)

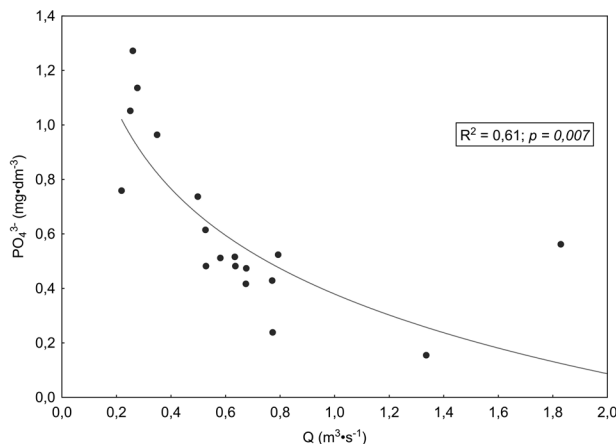


Ryc. 4. Współmienność stanów wody i wielkości przepływu Moszczenicy w Giecznie w okresie obserwacji (opr. M. Górecki)

Fig. 4. Correlation between the water level and water flow of the Moszczenica River in Gieczno during the observation period (ed. by M. Górecki)

Najmniej korzystne warunki tlenowe panowały w rzecze w okresach letnich. Obserwowano wówczas najniższe przepływy oraz najwyższe temperatury wody. Podobne zależności stwierdzono m.in. na Dzierżanej (Moniewski 2014) oraz na rzecze Główniej w Poznaniu (Jaskuła i in. 2015). Sezonową zmiennością charakteryzowały się również stężenia substancji biogennych. Najwyższe wartości  $\text{NO}_3^-$  i  $\text{NH}_4^+$  osiągały w okresie zimowym, najniższe zaś w miesiącach letnich (szczególnie w czerwcu i lipcu). Analogiczny cykl zmian obserwowano na Zagożdżonce (Kaznowska i Hejduk 2011) czy Stobrawie (Wiatkowski i in. 2012). W okresie zimowym zwiększone ilości azotanów oraz jonów amonowych mogą pochodzić ze spływów obszarowych (Wiatkowski i in. 2012), zwłaszcza podczas roztopów. Wody roztopowe dostarczały także do Moszczenicy dodatkowych porcji łądunków zasalających, o czym świadczą stężenia jonów  $\text{Cl}^-$  i  $\text{Na}^+$  osiągające wówczas wartości maksymalne. Zupełnie inaczej przedstawia się zmienność fosforanów. Latem, przy niskich stanach wody i niekorzystnych warunkach tlenowych, stężenia  $\text{PO}_4^{3-}$  osiągają wartości maksymalne, natomiast minima przypadają na miesiące wiosenne i jesienne. Według Mańczaka (1972) taki cykl zmienności stężeń jest charakterystyczny dla rzek silnie zanieczyszczonych. Stwierdzono zależność między wielkością przepływu a zawartością  $\text{PO}_4^{3-}$  w wodach Moszczenicy (ryc. 5) – wraz ze wzrostem  $Q$  stężenie fosforanów maleje. Następuje ich rozcieńczenie przez dopływ do rzeki wód „świeżych”. Podobne zmiany zaobserwowano na Zagożdżonce (Kaznowska i Hejduk 2011) czy rzecze Główniej w Poznaniu (Jaskuła i in. 2015).

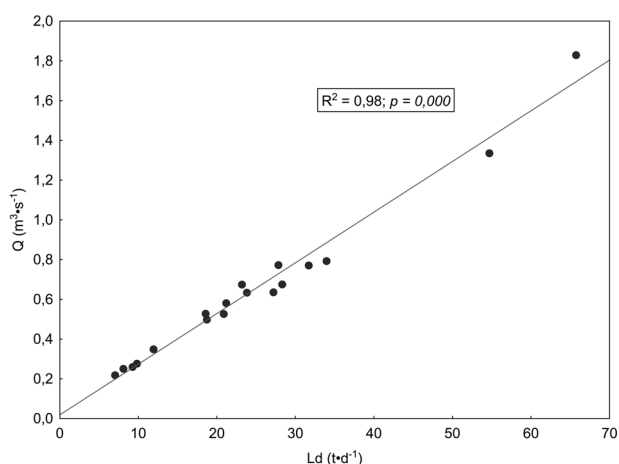
O ile relacja natężenie przepływu – stężenie fosforanów, a w mniejszym stopniu także natężenie przepływu –  $\text{ChZT}_{\text{Mn}}$  charakteryzują Moszczenicę jako rzekę (silnie) zanieczyszczoną, to relacje przepływu ze stężeniem  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  czy  $\text{SO}_4^{2-}$  na to nie wskazują. Wraz ze wzrostem  $Q$  łagodnie wzrastają ich stężenia, co jest charakterystyczne dla rzek czystych lub jedynie nieznacznie zanieczyszczonych (Mańczak 1972). Dla pozostałych parametrów hydrochemicznych nie obserwuje się czytelnych zmienności zarówno sezonowych, jak i ich relacji z przepływem.



Ryc. 5. Współmienność między stężeniem  $\text{PO}_4^{3-}$  i przepływem Moszczenicy w Giecznie w okresie obserwacji (opr. M. Górecki)

Fig. 5. Correlation between the concentration of  $\text{PO}_4^{3-}$  and water flow of the Moszczenica River in Gieczno during the observation period (ed. by M. Górecki)

Pomimo braku związku pomiędzy natężeniem przepływu a PEW (czy ilością substancji rozpuszczonych), dobrze widoczna jest relacja przepływu z transportowanym ładunkiem substancji rozpuszczonych niesionych rzeką ( $L_d$ ) (ryc. 6). Wraz ze wzrostem objętości płynącej wody, zwiększa się ładunek materiału rozpuszczonego odprowadzanego poza obręb zlewni. Analogiczne zmiany zaobserwowano w zlewni Białej Nidy (Ciupa 1991). Moszczenicą, zakładając dobową stałość warunków hydrometeorologiczno-hydrochemicznych panujących w momencie przeprowadzania badań, dziennie odpływało ze zlewni od 7,04 do 65,74 ton substancji rozpuszczonych w wodzie.



Ryc. 6. Zależność między przepływem wody a koncentracją materiału rozpuszczonego w Moszczenicy w okresie obserwacji (opr. M. Górecki)

Fig. 6. Relation between the water flow and concentration of material dissolved in the Moszczenica River during the observation period (ed. by M. Górecki)

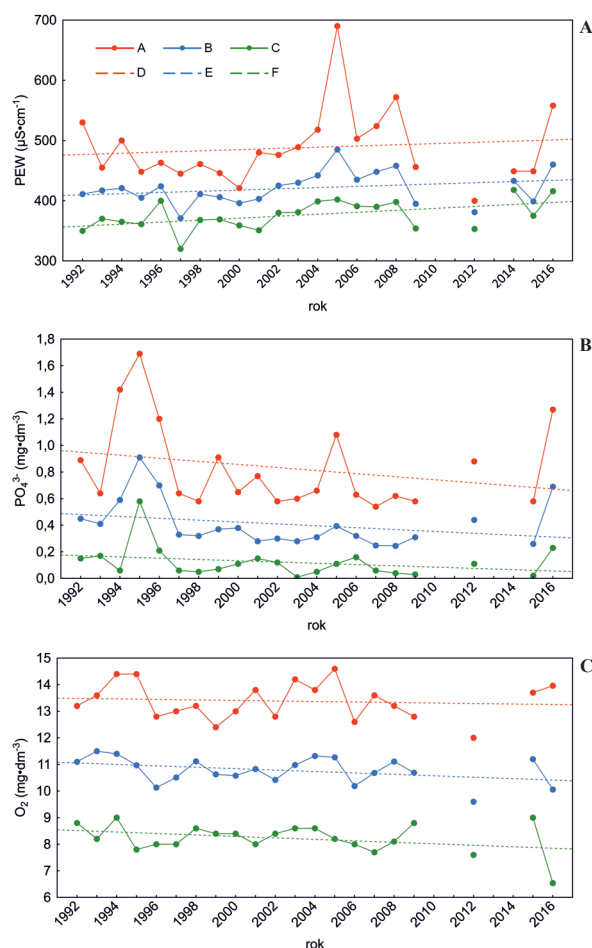
Dysponując danymi WIOŚ w Łodzi oraz wynikami własnych badań i pomiarów zarówno pilotażowych, jak i tych prowadzonych współcześnie od początku roku hydrologicznego 2016, prześledzono zmienność wybranych parametrów wód Moszczenicy w okresie 25-lecia (1992–2016). Ze względu na niereprezentatywny zbiór danych pochodzący z 2017 roku, w poniższych analizach ten rok pominięto.

Biorąc pod uwagę kompletność prezentowanych danych z prac monitoringowych prowadzonych przez WIOŚ na posterunku w Giecznie, tempo i skalę suburbanizacji zlewni Moszczenicy oraz współcześnie obserwowane stężenia parametrów hydrochemicznych i ich współzmienności, do analiz wytypowano trzy wskaźniki: PEW (wskaźnik zasolenia),  $O_2$  (wskaźnik warunków tlenowych) i  $PO_4^{3-}$  (wskaźnik biogeny). Fosforany reprezentują także, zgodnie ze wcześniejszymi rozważaniami, wskaźnik stopnia zanieczyszczenia rzeki.

W okresie 25 lat najwyższe maksymalne i średnioroczne wartości PEW wystąpiły w 2005 i 2008 roku (ryc. 7A). Największe amplitudy zmian konduktywności obserwowane są w odniesieniu do wielkości maksymalnych wskaźnika. W 2016 roku minimalna oraz średnioroczna wartość PEW były jednymi z najwyższych zanotowanych w analizowanym okresie. Zauważalna jest nieznaczna tendencja wzrostowa charakterystyk rocznych wielkości przewodności elektrolitycznej właściwej.

W ostatnim ćwierćwieczu najwyższe wartości charakterystyczne jonu  $PO_4^{3-}$  obserwowano w latach 1994–1996 (ryc. 7B). W 1993 roku nastąpił rozruch eksploatacyjny oczyszczalni ścieków w Strykowie, co mogło być przyczyną okresowego podwyższenia stężenia fosforanów. Podobnie jak w przypadku PEW, największe amplitudy zmian wskaźnika są charakterystyczne dla maksymalnych rocznych stężeń  $PO_4^{3-}$ . W odniesieniu do wartości minimalnych różnice te nie są aż tak wyraźne. W roku 2016 nastąpił gwałtowny wzrost zawartości w wodzie jonów fosforanowych, a ich stężenie osiągnęło poziom zbliżony do tego, który występował w Moszczenicy w latach 1994–1996. W analizowanym przedziale czasowym zauważalna jest, pomimo pewnych odchyłeń, tendencja do nieznacznej redukcji zawartości  $PO_4^{3-}$ .

Ilość rozpuszczonego w wodzie tlenu nie wykazuje znaczących różnic (ryc. 7C). Wyjątek stanowi rok 2016, podczas którego w najmniej korzystnych warunkach zawartość  $O_2$  w Moszczenicy była najniższa od 1992 roku.



Ryc. 7. Czasowa zmienność PEW (A), stężenia fosforanów (B) oraz tlenu rozpuszczonego (C) w przekroju Gieczno

A – maksymalne roczne stężenie, B – średnie roczne stężenie, C – minimalne roczne stężenie, D – tendencja zmian wartości maksymalnych, E – tendencja zmian wartości średnich, F – tendencja zmian wartości minimalnych

Źródło: opr. własne na podstawie: Górecki 2015, <http://www.wios.lodz.pl/>.

Fig. 7. Temporal variability of PEW (A), phosphate concentration (B) and dissolved oxygen concentration (C) in Gieczno

A – maximum concentration per annum, B – average concentration per annum, C – minimum concentration per annum, D – tendency of changes in maximum values, E – tendency of changes in average values, F – tendency of changes in minimum values

Source: own study based on: Górecki 2015, <http://www.wios.lodz.pl/>.

## 5. Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników badań i analiz można stwierdzić, że:

1. Obecnie w Moszczenicy w przekroju Gieczno obserwuje się niskie przepływy oraz niskie stany wody w odniesieniu do charakterystyk hydrologicznych z wielolecia.
2. Najniższe przepływy i stany wody występują w okresie letnim, przy ograniczonym zasilaniu powierzchniowym i hipodermicznym, natomiast najwyższe w okresie roztopów.
3. Relacje między wielkością przepływu a stężeniem jonów  $\text{PO}_4^{3-}$  i wartościami  $\text{ChZT}_{\text{Mn}}$  charakteryzują Moszczenicę jako rzekę silnie zanieczyszczoną. Ogniskami zanieczyszczeń mogą być oczyszczalnie ścieków, stawy rybne oraz zbiorniki retencyjne.
4. W ostatnich 25 latach, pomimo intensywnej suburbanizacji zlewni i coraz silniejszych presji wywieranych na nią, nie obserwuje się postępującego zanieczyszczenia rzeki. Poza pewnymi krótkookresowymi „pikami” wzrostu stężeń analizowanych wskaźników, nie występują widoczne tendencje zmienności parametrów wód rzecznych.

## Podziękowania

Autor składa podziękowania dr hab. Maciejowi Ziulkiewiczowi za wsparcie w pracach terenowych, przeprowadzanych bez względu na trudny warunków pogodowych, mgr Annie Fortuniak za wykonywanie analiz chemicznych wody oraz Regionalnemu Zarządowi Gospodarki Wodnej w Warszawie za przygotowanie oraz udostępnienie danych z katastru wodnego.

## 6. Literatura

- Bartnik, A., Tomaszewski, E., 2000. Charakterystyka sieci rzecznej małej zlewni położonej w strefie krawędziowej Wyżyny Łódzkiej. *Acta Universitatis Lodzianis. Folia Geographica Physica* 5, 49–65.
- Bartnik, A., Moniewski, P., Tomalski, P., 2008. Rola naturalnych i antropogenicznych elementów obiegu wody w zlewni miejskiej (Sokolówka) i podmiejskiej (Dzierżązna). *Problemy Ekologii Krajobrazu* 22, 39–48.
- Bronisławska, M., Nędzarek, A., Rybczyk, A., Żuk, B., Socha, M., Tański, A., Tórz, A., Gronowski, S., Pender, R., 2016. Wpływ hodowli materiału zarybieniowego na jakość wody poprodukcyjnej odprowadzanej do środowiska. *Inżynieria Ekologiczna* 49, 143–150. DOI: 10.12912/23920629/64514.
- Burchard, J., Mela, S., 1995. Ilościowa i jakościowa charakterystyka wód źródłanych strefy krawędziowej Wzniesień Łódzkich. *Mat. VIII Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej „Chemizm opadów atmosferycznych, wód powierzchniowych i podziemnych”*, Łódź, 59–61.
- Burchard, J., Hereźniak-Radecka, U., Ziulkiewicz, M., 2003. Jakość wód rzecznych zlewni Dzierżąznej. *Przegląd Geologiczny* 51 (11), 956–957.
- Ciupa, T., 1991. Współczesny transport fluwialny w zlewni Białej Nidy. *Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Kielce*, 1–150.
- Czaplicka-Kotas, A., Ślusarczyk, Z., Pięta, M., Szostak, A., 2012. Analiza zależności między wskaźnikami jakości wody w Jeziorze Goczałkowickim w aspekcie zakwitów fitoplanktonu. *Ochrona Środowiska* 34 (1), 21–27.
- Czarnecka, H. (red.), 2005. *Atlas podziału hydrograficznego Polski, część 2: Zestawienia zlewni*. Warszawa, 1–562.
- Florek, W., Pasamonik, I., Szyca, K., 2014. Chemizm wód źródła w Poddębciu na tle cech środowiska i morfologii niszy źródłiskowej. *Stupskie Prace Geograficzne* 11, 15–32.
- Górecki, M., 2015. Chlorki jako wskaźnik geogenicznego zasolenia wód powierzchniowych i gruntowych na obszarze wysadu solnego Rogóźno. *Praca magisterska*, Łódź.
- Górecki, M., Ziulkiewicz, M., 2016. The presence of geogenically saline waters in the area of salt dome Rogóźno (central Poland). *Geology, Geophysics & Environment* 42 (3), 289–310.
- Hereźniak-Ciotowa, U., Ziulkiewicz, M., 1997. Chemizm wód źródłanych Strugi Dobieszkowskiej (Młynówki). *Acta Universitatis Lodzianis. Folia Geographica Physica* 2, 169–177.
- Jakóbczyk-Gryszkiewicz, J., Marcińczak, S., Siejkowska, A., 2010. Dynamika i skutki procesów urbanizacji w regionach miejskich po 1990 roku na przykładzie regionu miejskiego Łodzi. *Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź*, 1–137.
- Jaskuła, J., Sojka, M., Wicher-Dysarz, J., 2015. Analiza tendencji zmian stanu fizykochemicznego wód rzeki Głównej. *Inżynieria Ekologiczna* 44, 154–161. DOI: 10.12912/23920629/60040.
- Jokiel, P., 2014. Fizjograficzne uwarunkowania obiegu i retencji wody oraz migracji zanieczyszczeń w małej zlewni strefy podmiejskiej Łodzi. *Acta Universitatis Lodzianis. Folia Geographica Physica* 13, 17–49.
- Jokiel, P., Maksymiuk, Z., 2000. Morfologiczne i geologiczne tło procesu obiegu wody w małej zlewni położonej w północnej części Wyżyny Łódzkiej. *Acta Universitatis Lodzianis. Folia Geographica Physica* 5, 9–28.
- Kamiński, J., 1993. Późnoplejstocena i holocena transformacja doliny Moszczenicy. *Acta Geographica Lodzianis* 64, 1–104.
- Kanclerz, J., 2005. Wpływ stawów rybnych (karpowych) na jakość wód odpływających ze zlewni. *Mat. VII Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej „Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii środowiska”*, Ustronie Morskie, 62, 1–10.
- Kanownik, W., Wiśnios, M., 2015. Wpływ chowu karpia na stan fizykochemiczny wody stawu i odbiornika. *Inżynieria Ekologiczna* 44, 131–138. DOI: 10.12912/23920629/60037.
- Kataster wodny, 2017. *Archiwum Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Warszawie*.
- Kaznowska, E., Hejduk, L., 2011. Ocena wybranych charakterystyk ilościowych i jakościowych okresów bezwezbaniowych w rzece Zagożdżonca. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* 52, 108–118.
- Krysiak, S., 2014. Rola odłogów i terenów rekreacyjnych we współczesnych przemianach krajobrazów wiejskich regionu łódzkiego, [w:] Wójcik, M. (red.), *Regionalny wymiar przemian polskiej wsi – aspekty społeczne i środowiskowe*. *Studia Obszarów Wiejskich* 35, 75–87.
- Kuźniar, J., 1952. *Złoże solne w Rogoźnie (praca dyplomowa)*. Centralne Archiwum Geologiczne PIG, Warszawa.
- Maksymiuk, Z., Moniewski, P., 2000. Hydrologiczna i krajobrazowa rola źródeł małej zlewni w zachodniej części strefy krawędziowej Wzniesień Łódzkich. *Acta Universitatis Lodzianis. Folia Geographica Physica* 5, 67–81.
- Mańczak, H., 1972. *Techniczne podstawy ochrony wód przed zanieczyszczeniem*. Politechnika Wrocławska, Wrocław, 1–464.
- Mazurek, M., 2000. Zmienność transportu materiału rozpuszczonego w zlewni Kłudy jako przejaw współczesnych procesów denudacji chemicznej (Pomorze Zachodnie). *Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań*, 1–127.
- Moniewski, P., 2004. Źródła okolic Łodzi. *Acta Geographica Lodzianis* 87, 1–140.
- Moniewski, P., 2014. Sezonowe zmiany wybranych cech fizyczno-chemicznych wód małej rzeki podmiejskiej na przykładzie Dzierżąznej. *Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN* 20, 407–416.
- Moniewski, P., 2015. Cechy fizykochemiczne wód powierzchniowych i ich sezonowa zmienność na przykładzie Dzierżąznej. *Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumieuctus* 14 (3), 93–106. DOI:10.15576/ASP.FC/2015.14.3.93.
- Moniewski, P., Stolarska, M., 2007. Wpływ naturalnych i antropogenicznych czynników na podstawowe charakterystyki fizykochemiczne wody w małej zlewni strefy podmiejskiej Łodzi. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie* 7 (1), 105–122.
- Orlik, T., Obroślak, R., 2005. Analiza jakości wód w stawie rybnym w zlewni rzeki Giełczwi. *Acta Agrophysica* 5 (3), 705–710.
- Powiatowy program ochrony środowiska dla Powiatu Zgierskiego na lata 2017–2020 z perspektywą do 2023, 2017. *Starostwo Powiatowe w Zgierzu*.
- Raczyńska, M., Machula, S., 2006. Oddziaływanie stawów karpowych na jakość wód rzeki Krąpiel (Pomorze Zachodnie). *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 4 (2), 141–149.



- Raport o stanie środowiska w województwie łódzkim w 1994 roku. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Łodzi.
- Szczepański, W. (red.), 1995–1996. Atlas posterunków wodowskazowych dla potrzeb państwowego monitoringu środowiska. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa–Katowice.
- Wiatkowski, M., Rosik-Dulewska, C., Gruss, Ł., 2012. Profil zmian wskaźników jakości wody w rzece Stobrawie. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 3 (4), 21–35.
- Wojda, R., Zygmunt, G., 2012. Wpływ stawów karpowych na jakość, retencję i bilans wodny zlewni. *Komunikaty Rybackie* 128 (3), 1–8.
- Wojewódzki Program Ochrony i Rozwoju Zasobów Wodnych dla województwa łódzkiego, 2005. Wojewódzki Zarząd Melioracji i Urzędzeń Wodnych w Łodzi. Biuro Projektów Wodnych Melioracji i Inżynierii Środowiska BIPROWODMEL Sp. z o.o. w Poznaniu.
- Wójcik, M., 2004. Rozwój pozarolniczej działalności gospodarczej w wybranych gminach wiejskich aglomeracji łódzkiej, [w:] Pałka, E. (red.), *Pozarolnicza działalność gospodarcza na obszarach wiejskich. Studia Obszarów Wiejskich* 5, 123–136.
- Zgrabczyński, J., Gołczyńska, A., Zgrabczyński, D., Rodewald-Kapella, D., 2007. Plan nawodnień rolniczych dla województwa łódzkiego. Cz. III. Wojewódzki Zarząd Melioracji i Urzędzeń Wodnych w Łodzi, 1–90.
- Ziułkiewicz, M., 2005. Przyczyny zmienności chemizmu źródeł strefy krawędziowej Wzniesień Łódzkich. *Współczesne Problemy Hydrogeologii* 12, 743–747.
- Ziułkiewicz, M., 2012. Jakość wód powierzchniowych w strefie podmiejskiej Łodzi na przykładzie Moszczenicy. *Gospodarka Wodna* 12, 511–518.
- Ziułkiewicz, M., 2016. Hydrogeochemia źródeł w strefie krawędziowej Wzniesień Łódzkich. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 1–112.
- Ziułkiewicz, M., Burchard, J., Hereźniak-Radecka, U., 2006. Hydrochemiczna charakterystyka wód źródłanych zlewni Dzierżąskiej, [w:] Burchard, J., Ziułkiewicz, M. (red.), *Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce* 4, Stan jakości wód zlewni Dzierżąskiej, 85–100.

#### Źródła internetowe

- <http://www.wios.lodz.pl/> [dostęp: 04.09.2017].
- <https://bdl.stat.gov.pl/BDL/start> [dostęp: 07.09.2017].