

WPLYW ZBIORNIKA WIÓRY NA PRZEBIEG NIŻÓWEK RZEKI ŚWIŚLINY

Ewa Kaznowska, Emilia Mądra

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Streszczenie. Celem pracy jest ocena wpływu zbiornika Wióry na przebieg niżówek rzeki Świślina. Praca zawiera charakterystykę zjawiska niżówki, będącej okresem utrzymywania się niskich przepływów w rzekach. Zagadnienie niżówek jest rozpatrywane w profilu Nietulisko Duże, zamykającym zlewnię rzeki Świślina o powierzchni 402,83 km², w której w 2005 roku oddano do eksploatacji zbiornik retencyjny Wióry. Świślina wraz z dopływami odprowadza wody z Gór Świętokrzyskich, najwyższej części dorzecza rzeki Kamiennej. Duża zmienność przepływów, długie okresy występowania niskich przepływów, gwałtowne powodzie, to główne powody wybudowania zbiornika Wióry. Obecnie zbiornik Wióry jest największym i najbardziej nowoczesnym zbiornikiem wodnym w zlewni rzeki Kamiennej. Podstawą analiz były przepływy dobowe z okresu 1961–2013. Za niżówkę uznano sekwencję przepływów, trwającą minimum 10 dni, o wartościach równych i mniejszych od przepływu $Q_{90\%} = 0,40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ odczytanego z krzywej sum czasu trwania przepływów wraz z wyższymi. Najdłuższa niżówka z całego wielolecia 1961–2013 rozpoczęła się w kwietniu 2006 roku, a skończyła w lutym 2007 roku w okresie po wybudowaniu zbiornika Wióry.

Słowa kluczowe: niżówka, rzeka Świślina, zbiornik Wióry

WSTĘP

Zasoby wód płynących w Polsce cechuje sezonowa zmienność odpływu, której efektem jest występowanie niżówek i wezbrań. Niżówki będące okresem utrzymywania się niskich przepływów w rzekach mogą być wywołane długotrwałym brakiem opadów czy silnym mrozem lub także działalnością człowieka na skutek poborów wody czy funkcjonowania zbiorników retencyjnych i elektrowni wodnych. Od 1991 roku realizuje się w Polsce proekologiczną politykę, która w odniesieniu do projektowania, wykonywania oraz utrzymywania urządzeń wodnych polega na uwzględnianiu zasad zrównoważonego

Adres do korespondencji – Corresponding author: Ewa Kaznowska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Inżynierii Wodnej, ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, e-mail: ewa_kaznowska@sggw.pl

© Copyright by Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2016

rozwoju, a w szczególności zachowania dobrego stanu ekologicznego wód [Ciepielowski i Włodarczyk 2004]. Niżówki w sposób negatywny oddziałują na środowisko przyrodnicze i gospodarkę kraju poprzez związany z ich występowaniem niedobór wody. W ostatnich latach susze pojawiają się coraz częściej i towarzyszą im niżówki wód powierzchniowych i podziemnych. Negatywnym skutkiem suszy można przeciwdziałać, tworząc zróżnicowane systemy retencji wód, w tym budowę i rozbudowę zbiorników retencyjnych. Jednakże możliwość zapobiegania deficytom wody występującym w różnych regionach kraju wskutek nierównomiernie usytuowanych zasobów wodnych, poprzez wykorzystanie pojemności zbiorników retencyjnych i ich liczby, jest niewystarczająca [Ciepielowski 1999]. W Polsce, aby zminimalizować skutki susz, a także wezbrań, niezbędne byłoby zwiększenie łącznej pojemności zbiorników wodnych z obecnego 6% do 15% średniego odpływu rocznego, tj. do około 9,2 mld m³ [Jankowski i Wita 2009].

Celem pracy jest zbadanie, czy zbiornik Wióry na rzece Świślinie spełnił swoją rolę określoną w założeniach projektowych dotyczących przepływów niskich. Cel pracy realizowany jest na podstawie analizy zjawiska niżówki w profilu Nietulisko Duże, zamykającym zlewnię rzeki Świśliny o powierzchni 403 km², w której w 2005 roku oddano do eksploatacji zbiornik retencyjny Wióry. Rzeka Świślina pod względem reżimu hydrologicznego jest rzeką górską, która według Fal i Bogdanowicz [2002] charakteryzuje się największym zróżnicowaniem odpływów ekstremalnych w stosunku do innych typów rzek i jest narażona zarówno na długotrwałe okresy niskich przepływów, jak i na gwałtowne wezbrania.

MATERIAŁ I METODY

Charakterystyka i wykorzystanie zbiornika

Zbiornik Wióry wybudowano w latach 1980–2005 na 8,6 km rzeki Świśliny. W 2005 roku zbiornik przekazano do próbnego piętrzenia, a ostateczne prace wykończeniowe i jego związane z jego infrastrukturą ukończono w 2006 roku. Zbiornik Wióry wyposażony jest w zaporę ziemną (rys. 1), z centralnym rdzeniem z gliny, galerią kontrolną zastrzykową



Rys. 1. Zapora i budowla przelewowo-spustowa
Fig. 1. Dam and flow control structure

i przesłoną przeciwfiltracyjną w podłożu. Jest to budowla II klasy. Podstawową funkcją zbiornika jest ochrona przeciwpowodziowa doliny Świślina i Kamiennej dzięki redukcji wezbrań na Świślinie. Rezerwa powodziowa zbiornika wynosi 19 mln m³ (tab. 1). Procentowy stosunek pojemności użytkowej zbiornika do odpływu średniego rocznego jest jeden z najwyższych w porównaniu z innymi zbiornikami retencyjnymi w Polsce i wynosi 39% [Kloss i Śliwa 2007]. Zbiornik jest również wykorzystywany rekreacyjnie i turystycznie, przede wszystkim do celów wędkarskich i rybackich. Poprawę ruchu turystycznego wokół zbiornika ma zapewnić planowana nowa inwestycja – ścieżka

Tabela 1. Podstawowe parametry zbiornika Wióry i jego głównych obiektów [Kloss i Śliwa 2007]
Table 1. Basic parameters of the Wióry Reservoir and its main key structures [Kloss and Śliwa 2007]

Zbiornik – Reservoir			Zapora – Dam	
Charakterystyczny poziom piętrzenia Characteristic water level	Rzędna [m n.p.m.] Elevation [m asl]	Napełnienie Storage capacity [mln m ³]	Maksymalna wysokość zapory liczona od posadowienia galerii Maximum height of the dam measured from the gallery's foundation level	36,2 m
Korona zapory i bloku przelewowo-spustowego Top of the dam and flow control structure	216,20	40,425	Długość zapory Length of the dam	252,0 m
Maksymalny poziom piętrzenia Maximum water level	214,80	35,000	Szerokość korony zapory Crest width	12,46 m
Normalny poziom piętrzenia Normal water level	208,9	15,960	Łączna kubatura zapory Volume of the dam	370 000 m ³
Minimalny poziom piętrzenia Minimum water level	208,5	15,000		
Warstwa pojemności Storage layer			Budowla przelewowo-spustowa Flow control structure	
Warunki nadzwyczajne – Special conditions 5,4 mln m ³			Spusty denne – Bottom outlets:	
Pojemność użytkowa Live storage 20,0 mln m ³	Rezerwa powodziowa Flood control storage 19,0 mln m ³		Liczba przewodów i wymiary otworów Number and dimensions of the tunnels	2/1,5×2,5 m
	Pojemność wyrównawcza Usable storage 1,0 mln m ³		Maksymalny wydatek dwóch spustów Total flow capacity of two bottom outlets	103,2 m ³ ·s ⁻¹
Pojemność martwa – Dead storage 15,0 mln m ³				
Elektrownia wodna – Hydropower plant			Przelewy – Spillways	
Liczba turbozespołów Number of turboset.		3	Liczba i szerokość światła Number and dimensions of the spans	4/6,0×3,4 m
Moc instalowania Installed power capacity		450 kW		
Przepływ instalowanych turbin Installed discharge capacity of the turbines		2,5 m ³ ·s ⁻¹	Maksymalny wydatek 4 przelewów Total flow capacity of 4 spillways	274 m ³ ·s ⁻¹
Produkcja energii (średnio roczna) Mean annual output		984 MWh		

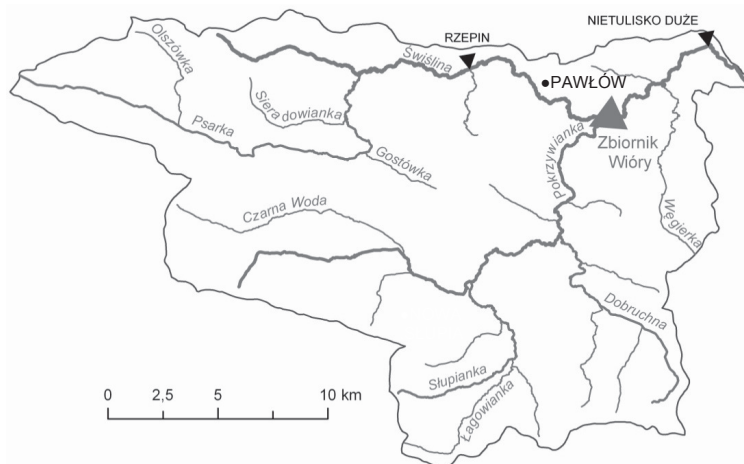
rowerowa. Zbiornik wykorzystywany jest do celów energetycznych. Wybudowana mała elektrownia wodna ma moc 450 kW (tab. 1).

Zbiornik Wióry ma pojemność całkowitą 35 mln m³. Przy maksymalnej rzędnej piętrzenia (214,8 m n.p.m.) powierzchnia zbiornika wynosi 408 ha. Ze względu na utrzymywanie dużej rezerwy powodziowej (19 mln m³) poziom normalnego piętrzenia (208,9 m n.p.m.) jest zaledwie o 0,4 m wyższy od poziomu minimalnego piętrzenia, przy którym akwen ma powierzchnię 257 ha [Kloss i Śliwa 2007].

W przypadku przepływów niskich celem gospodarki wodnej prowadzonej na zbiorniku Wióry w normalnych warunkach eksploatacji jest zapewnienie w Świślinie przepływu nienaruszalnego o wielkości 0,27 m³·s⁻¹, przy czym możliwe jest wykorzystanie części martwej zbiornika (poniżej minimalnego piętrzenia) do jego zapelnienia w okresie katastrofального deficytu wody. Obliczenia wykonane przez Hydroprojekt Warszawa wykazały, że praca zbiornika będzie miała wpływ na wartości przepływów niskich w Świślinie, które w przypadku przepływów NNQ obliczonych ze średnich dekadowych, podniosą się z 0,18 m³·s⁻¹ do 0,27 m³·s⁻¹. Natomiast średni niski dekadowy przepływ sezonu letniego wzrośnie z 0,42 m³·s⁻¹ do 0,50 m³·s⁻¹. W sezonie zimowym obliczenia wykazały jedynie minimalną zmianę w wartości SNQ [Kloss i Śliwa 2007].

CHARAKTERYSTYKA ZLEWNI

Zlewnia rzeki Świśliny leży w północno-wschodniej części Wyżyny Kielecko-Sandomierskiej. Obszar zlewni stanowi lekko falistą wyżynę, a jedynie południowe i południowo-zachodnie jej krańce mają charakter górski i należą do Gór Świętokrzyskich. Świślina jest prawym dopływem rzeki Kamiennej, uchodzi do niej na 66,6 km biegu rzeki. Powierzchnia zlewni rzeki Świśliny, zamknięta profilem Nietulisko Duże, wynosi 403 km². Ważniejsze dopływy Świśliny to: Psarka, Pokrzywianka i Węgierka (rys. 2).

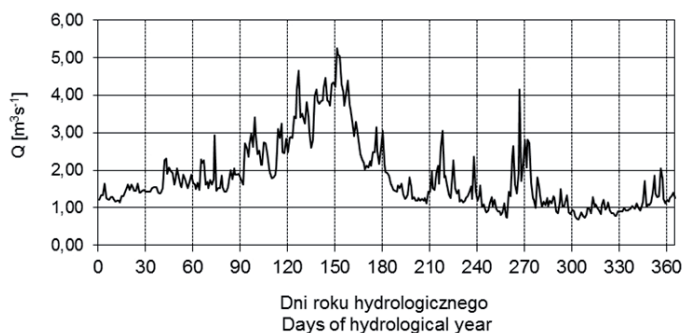


Rys. 2. Sieć hydrograficzna dorzecza Świśliny

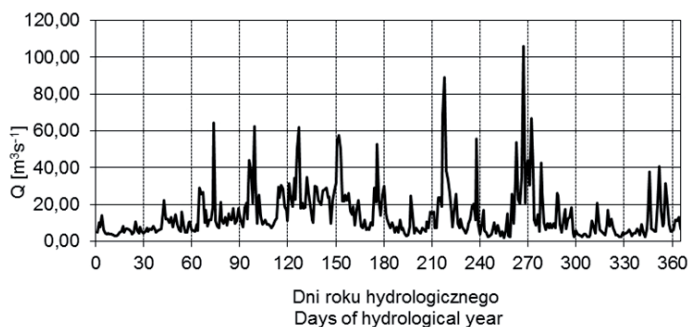
Fig. 2. Świślina River basin hydrological network

Średni spadek Świśliny od źródeł do ujścia Pokrzywianki wynosi 6‰, na dolnym odcinku spada do 1,5‰ [Śliwa 2007]. Dolina Świśliny od ujścia Pokrzywianki ma charakter przełomowy – jest wąska, o stromych zboczach, wcięta w lessie leżącym na piaskowcach i łałach trasowych. To zwężenie wykorzystano, lokalizując zapórę zbiornika Wióry [Kaznowska i Chudy 2010]

W zlewni rzeki Świśliny opady rozkładają się nierównomiernie w ciągu roku hydrologicznego. Średnia suma opadów w półroczu letnim (401 mm) znacznie przewyższa ilość opadów w półroczu zimowym (223 mm) [Śliwa 2007]. Obserwowana wyraźna różnica między półroczami w zlewni rzeki Świśliny dotyczy także wielkości przepływów. Analizując uśrednione z wielolecia 1961–2004 wartości przepływów dla każdego dnia roku hydrologicznego (rys. 3), można zauważyć, iż większe wartości przepływów, w profilu Nietulisko Duże, utrzymują się w półroczu zimowym roku hydrologicznego. Jednakże przepływy w Świślinie charakteryzują się dużą zmiennością i największe obserwowane wartości przepływów, pozyskane kolejno ze wszystkich dni roku hydrologicznego w wieloleciu 1961–2004, nie dotyczą półroczu zimowego, lecz letniego (rys. 4). Przepływ maksymalny (WQ) w półroczu letnim, w wieloleciu 1961–2004, w profilu Nietulisko Duże wynosi $106 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, natomiast w półroczu zimowym jest niższy – $64,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (tab. 2).



Rys. 3. Rozkład średnich przepływów dobowych dla wielolecia 1961–2004 dla rzeki Świśliny
Fig. 3. Distribution of daily flow averaged over the long term period 1961–2004 in the Świślina River



Rys. 4. Rozkład maksymalnych przepływów dobowych dla wielolecia 1961–2004 dla rzeki Świśliny
Fig. 4. Distribution of daily flow maxima over the long term period 1961–2004 in the Świślina River

Tabela 2. Przepływy charakterystyczne w profilu Nietulisko Duże w zlewni Świśliny [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
 Table 2. Characteristic of discharges in Nietulisko Duże gauging station in Świślina catchment [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]

Rok – Year Okres – Period	XI–X					XI–IV			V–X		
	SQ	NQ	WQ	SWQ	SNQ	SQ	NQ	WQ	SQ	NQ	WQ
1961–2004	1,83	0,05	106	28,8	0,31	2,35	0,05	64,4	1,32	0,05	106

Objaśnienia – Explanation: SQ – przepływ średni – mean flow; WQ – przepływ maksymalny – the highest flow; NQ – przepływ niski – the lowest flow; SWQ – przepływ średni z maksymalnych – mean of the maximum flows; SNQ – przepływ średni z najniższych – mean of the lowest flows

Metodyka

W pracy na potrzeby badań, stosując kryterium hydrologiczne, za poziom odcięcia niżówek na hydrogramach dobowych przepływów przyjęto wartość $Q_{90\%}$ odczytaną z krzywej sum czasu trwania przepływów wraz z wyższymi. Dla analizowanego profilu Nietulisko Duże wartość ta wynosi $0,40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ i uzyskana została z wielolecia 1961–2004. Za minimalny czas trwania zjawiska przyjęto 10 dni. Z hydrogramów dobowych przepływów wyodrębnione niżówki opisano parametrami ilościowymi: przepływem minimalnym ($Q_{\min,n}$), czasem trwania (T_n) i objętością deficytu niżówki (V_n) wyrażoną przez powierzchnię pola zawartego pomiędzy linią hydrogramu a przyjętym poziomem odcięcia. Do oceny surowości niżówek zastosowano następujące charakterystyki: średni czas trwania niżówki ($T_{sr,n}$), średnia objętość deficytu niżówki ($V_{sr,n}$), maksymalny czas trwania ($T_{\max,n}$) i maksymalna objętość niżówki w badanym wieloleciu ($V_{\max,n}$), a także średnia intensywność niżówki ($I_{sr,n}$) w badanym okresie, obliczana jako iloraz wielkości deficytu odpływu do liczby dni z przepływami niżówkowymi w wieloleciu. Charakterystyka ta informuje, jaka wielkość deficytu odpływu przypada na jeden dzień niżówki. Wielkość tę przeliczono na procent średniego odpływu rocznego przypadającego na jeden dzień niżówki.

Okres badawczy obejmuje lata hydrologiczne 1961–2013, w którym wyróżniono dwa podokresy: 1961–2004 i 2005–2013, przed oddaniem i po oddaniu do eksploatacji zbiornika Wióry. Rozpatrywane przepływy dobowe dla profilu Nietulisko Duże pochodzą z IMGW-PIB.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

W zlewni rzeki Świśliny niżówki letnie stanowią około 70% wszystkich zaobserwowanych zdarzeń. Przed wybudowaniem zbiornika Wióry na Świślinie przepływy niżówkowe w profilu Nietulisko Duże dotyczyły 7% (864 + 330 dni) wszystkich dni z analizowanego okresu 1961–2004 (tab. 3). W sezonie letnim przepływy średnie dobowe w Świślinie osiągały najmniejsze wartości (rys. 3), lecz nie układały się w długotrwałą fazę przepływów niskich, jaką obserwuje się w profilach rzeki nizinnej [Kaznowska i in. 2015]. Przepływy niżówkowe przerywane były często intensywnymi epizodami wezbrańowymi, będącymi gwałtowną reakcją zlewni rzeki Świśliny na opad (rys. 3 i 4). Początek pojawiania się niżówek letnich w rzece Świślinie przypadał najczęściej na lipiec,

Tabela 3. Charakterystyka niżówek rzeki Świślina w profilu Nietulisko Duże
 Table 3. Characteristics of streamflow droughts in Świślina River at Nietulisko Duże gauging station

Okres – Period Rok hydrolo- giczny Hydrological year	Typ niżówki Type of drought	Charakterystyki niżówek – Characteristics of droughts							
		$\sum n_i$	$\sum T_{ni}$	$T_{\bar{s}r,n}$	$T_{\max,n}$	$V_{\bar{s}r,n}$	$V_{\max,n}$	$I_{\bar{s}r,n}$	
		dni – days				tys.m ³ – th.m ³		%	
1961–2004	L	26	864	33	128	252	1270	7,59	0,013
	Z	14	330	24	59	197	828	8,34	0,015
2005	L	–	–	–	–	–	–	–	–
	Z	–	–	–	–	–	–	–	–
2006	L	1	253 ^a	253	253	2811	2811	11,1	0,020
	Z	–	–	–	–	–	–	–	–
2007	L	3	126	42	81	501	1296	11,9	0,021
	Z	1 ^a , 2	26	13	15	47,5	56,16	3,66	0,006
2008	L	1	150	150	150	375,8	375,8	2,51	0,007
	Z	–	–	–	–	–	–	–	–
2009	L	2	91	46	52	165,5	209,1	3,64	0,01
	Z	–	–	–	–	–	–	–	–
2010	L	–	–	–	–	–	–	–	–
	Z	–	–	–	–	–	–	–	–
2011	L	2	26	13	13	22,9	34,6	1,33	0,002
	Z	–	–	–	–	–	–	–	–
2012	L	4	80	20	45	136,7	218,6	6,84	0,021
	Z	2	26	13	15	50,1	63,9	3,86	0,012
2013	L	1	49	49	49	224,6	224,6	4,58	0,007
	Z	2	45	23	26	81,2	88,1	3,61	0,006
2005–2013	L	14	794	57	253	422,6	2811	7,45	0,013
	Z	7	97	14	26	43,1	88,1	3,68	0,006

^aNiżówka trwała od 21.04.2006 do 04.02.2007 z przerwą od 15.05.2006 do 01.06.2006.

^aDrought lasted from 21.04.2006 to 04.02.2007 with break from 15.05.2006 to 01.06.2006.

Objaśnienie – Explanation:

$\sum n_i$ – liczba niżówek – number of droughts.

L – niżówka letnia – summer drought.

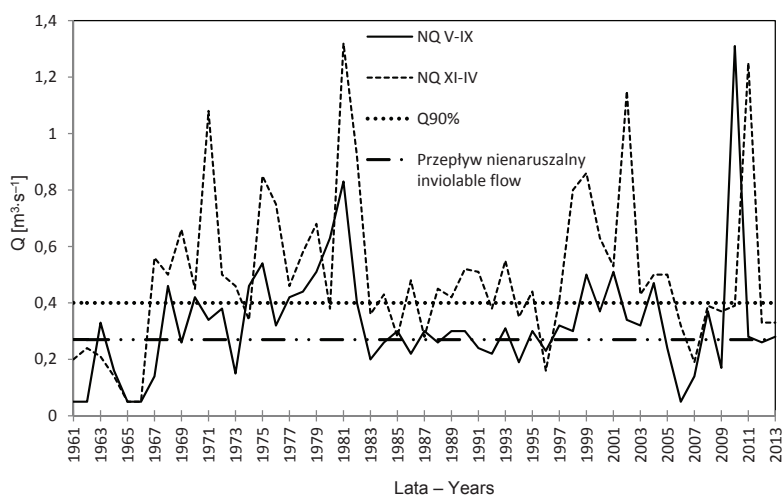
Z – niżówka zimowa – winter drought.

Pozostałe oznaczenia symboli w tekście – Other symbols according in the text.

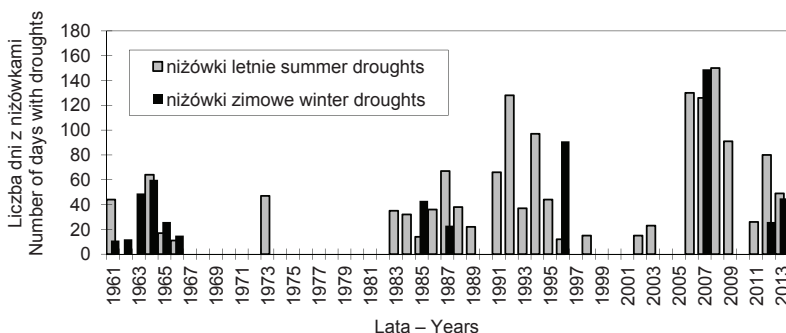
a koniec niżówki przypadał najczęściej na październik, rzadziej na wrzesień. Niżówki zimowe dotyczyły przede wszystkim miesięcy: stycznia, lutego i grudnia [Kaznowska i Chudy 2010]. W Świślinie, przed oddaniem do eksploatacji zbiornika Wióry, średni czas trwania niżówek letnich wynosił około 30 dni, a zimowych o kilka dni krócej (tab. 3). Intensywność średniej niżówki letniej i zimowej była podobna i stanowiła

0,013–0,015% objętości średniego rocznego odpływu w profilu Nietulisko Duże. Jednakże niżówki najdłuższe i charakteryzujące się największymi deficytami objętości dotyczyły półroczy letnich. Najdłuższa i największa pod względem deficytu niżówka wystąpiła w 1992 roku (128 dni – tab. 3), podobnie jak w wielu rzekach na obszarze kraju [Fal 2004]. Natomiast niżówki letnie, charakteryzujące się najniższymi przepływami wynoszącymi $Q_{\min,n} = 0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, miały miejsce w 1961 i 1965 roku (rys. 5). W okresie zimowym najdłuższe, a zarazem największe pod względem deficytu wody były niżówki z 1964 i 1996 roku (rys. 6, 7).

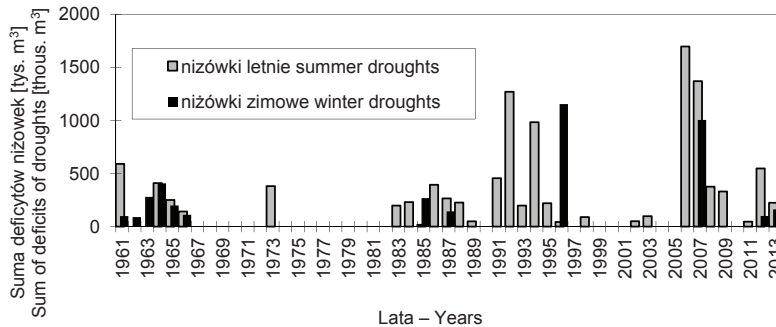
W maju 2005 roku rozpoczęto napełnianie zbiornika Wióry i choć w roku hydrologicznym 2005 nie zaobserwowano żadnej niżówki odciętej przepływem granicznym $Q_{90\%}$ i średni niski dekadowy przepływ półrocza letniego był wyższy od $0,50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, to kolejne



Rys. 5. Przepływy minimalne roczne w profilu Nietulisko Duże w wieloletnim okresie 1961–2013
Fig. 5. The lowest annual flows at Nietulisko Duże gauging station in multi-annual period 1961–2013



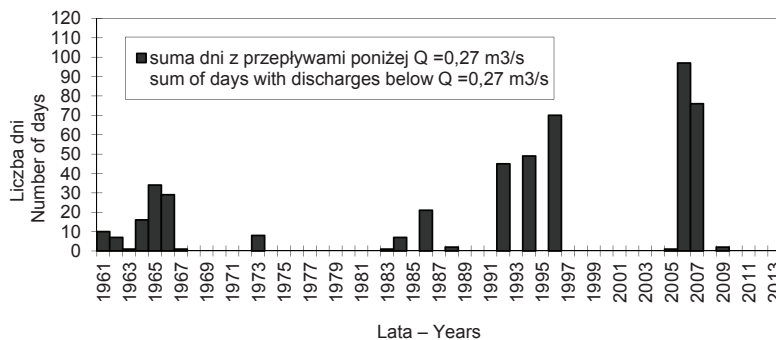
Rys. 6. Liczba dni z niżówkami w profilu Nietulisko Duże w wieloletnim okresie 1961–2013
Fig. 6. Number of days with streamflow droughts at Nietulisko Duże gauging station in multi-annual period 1961–2013



Rys. 7. Zsumowane deficyty niżówek w profilu Nietulisko Duże w wieloleciu 1961–2013

Fig. 7. Sum of deficits of streamflow droughts at Nietulisko Duże gauging station in multi-annual period 1961–2013

lata obfitowały w długotrwałe niżówki wód powierzchniowych w profilu Nietulisko Duże, a przepływ nienaruszalny nie był zapewniony nawet przez kilkadziesiąt dni. Czas, w którym rozpoczęto napełnianie zbiornika, pokrył się z niekorzystną pod względem zasobów wodnych kraju sytuacją hydrologiczną. W latach 2002, 2003, 2005 i 2006, 2008, 2012 wystąpiły susze obejmujące znaczne obszary kraju. Krytyczny pod względem występujących niżówek w profilu Nietulisko Duże, poniżej zbiornika Wióry, był 2006 rok, podobnie jak dla całego województwa świętokrzyskiego. Niżówka rozpoczęła się tu z końcem kwietnia 2006 roku, a skończyła na początku lutego 2007 roku. Trwała 253 dni. Intensywność tej niżówki była większa od średniej wieloletniej, a wartość jej deficytu była ponad dwa razy większa od największego dotychczas zaobserwowanego deficytu z 1992 roku (tab. 3). W 2006 roku przez 97 dni zbiornik Wióry nie mógł zapewnić przepływu nienaruszalnego w Świślinie poniżej zapory. W poprzednich 44 latach wielolecia 1961–2004 wartości przepływów były mniejsze od przepływu nienaruszalnego w sumie przez 300 dni, w tym najdłużej w półroczu zimowym 1996 roku – 97 dni, a także w 1992 roku – 45 dni i w 1994 roku – 49 dni (rys. 8).



Rys. 8. Liczba dni z przepływami niższymi od przepływu nienaruszalnego w profilu Nietulisko Duże w wieloleciu 1961–2013

Fig. 8. Number of days with discharges below inviolable flow at Nietulisko Duże gauging station in multi-annual period 1961–2013

W kolejnych latach, 2007, 2008 i 2009, występujące niżówki letnie w profilu Nietulisko Duże poniżej zbiornika Wióry osiągają znaczne rozmiary, o zsumowanym czasie trwania, wynoszącym odpowiednio: 126, 150, 91 dni (tab. 3, rys. 6). W 2007 roku przepływy dobowe były niższe od przepływu nienaruszalnego łącznie przez 76 dni (rys. 8). Natomiast w 2008 roku niżówka trwała przez cały okres letnio-jesienny. Jednakże utrzymywany już stały odpływ wody, w ilości $0,37 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, pozwolił na zapewnienie w rzece poniżej zbiornika przepływu nienaruszalnego przez całe półrocze letnie (rys. 8). Niżówka ta ze względu na swoją długotrwałość należała do jednej z największych w całym rozpatrywanym wieloleciu 1961–2013.

Dopiero od 2009 roku widoczny jest pozytywny wpływ zbiornika Wióry na występowanie zjawiska niżówki w rzece Świślinie. Objętości deficytów niżówek w profilu Nietulisko Duże nie osiągają wartości powyżej średniej wyznaczonej dla wielolecia 1961–2004 przed wybudowaniem zbiornika Wióry (tab. 3). Również zgodnie z obliczeniami wykonanymi przez Hydroprojekt Warszawa średni niski dekadowy przepływ sezonu letniego (półrocza letniego) Świśliny wzrósł od 2009 roku i wynosi ponad $0,50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a przepływ nienaruszalny poniżej zbiornika w ilości $0,37 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ jest zachowany (wyjątek 2 dni w 2009 roku – rys. 8). Jedyne średni czas trwania niżówki w 2009 i 2013 roku jest o kilka dni dłuższy od średniej wieloletniej wyznaczonej dla okresu przed powstaniem zbiornika (tab. 3). Na poprawę możliwości alimentowania niżówek przez zbiornik Wióry, wpłynęły znacząco mokre lata 2010 i 2011. Nawet susza w 2012 roku, która objęła zasięgiem prawie cały obszar kraju, w zlewni Świśliny poniżej zbiornika nie spowodowała niżówek większych od wartości średnich wyznaczonych dla okresu przed wybudowaniem zbiornika.

PODSUMOWANIE

W okresie przed wybudowaniem zbiornika Wióry na rzece Świślinie niżówki były zjawiskiem częstym. Przepływy niżówkowe pojawiały się najczęściej w okresie letnio-jesiennym, kilkakrotnie w ciągu roku przerywane wyższymi przepływami będącymi efektem reakcji zlewni na intensywne opady atmosferyczne. Niżówki rozpoczynały się zwykle w miesiącu czerwcu, lipcu, a kończyły we wrześniu lub październiku, a nawet w listopadzie, a ich średni czas trwania wynosił około miesiąca. Niżówki zimowe trwały średnio krócej o kilka dni od niżówek letnich i dotyczyły najczęściej stycznia, lutego i grudnia. Przy zastosowaniu przepływu granicznego niżówki – $Q_{90\%}$ najdłuższe, a także najbardziej ekstremalne niżówki letnie pod względem objętości deficytu wystąpiły w latach 1992 (128 dni) i 1994 (97 dni).

Rozpoczęcie eksploatacji zbiornika Wióry na Świślinie w 2005 roku pokryło się z okresem bardzo niekorzystnym pod względem ilości zasobów wodnych zlewni – z występowaniem katastrofalnych susz na znacznych obszarach kraju. Warunki te spowodowały, że w początkowych latach napełniania zbiornika Wióry na rzece Świślinie poniżej zbiornika wystąpiły niżówki o znacznych deficytach i czasie trwania, o rozmiarach nienotowanych wcześniej na Świślinie. Zwłaszcza niżówka z 2006 roku, której koniec przypadł na początek lutego 2007 roku, a która była najdłuższą z całego rozpatrywanego wielolecia 1961–2013, ponieważ trwała 253 dni.

Planowo zbiornik Wióry miał zapewnić zachowanie przepływu nienaruszalnego ($0,27 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) w korycie rzeki Świśliny poniżej zbiornika, aby nie dopuścić do wystąpienia zagrożenia życia biologicznego. Sytuacje te miały miejsce przed wybudowaniem zbiornika, zwłaszcza gdy notowano minimalne przepływy o wartości $0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ w latach 60., czy przepływy wyższe od $0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, ale równie niebezpieczne niskie dla środowiska – w latach 80. ubiegłego wieku. W okresie 2005–2013 zachowanie przepływu nienaruszalnego poniżej zbiornika realizowano od 2008 roku, a po 2009 roku występujące nadal w Świślinie niżówki, odcięte przepływem $Q_{90\%}$, nie osiągały już rozmiarów większych od charakterystyk średnich wieloletnich, wyznaczonych dla okresu przed wybudowaniem zbiornika Wióry. A średni niski dekadowy przepływ dla półroczy letnich wzrósł powyżej planowanego $0,50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Z przeprowadzonych w pracy analiz wynikają następujące wnioski:

1. W badanym wieloleciu 1961–2004 niżówki na rzece Świślinie były zjawiskiem częstym; lata z niżówkami odciętymi przepływem $Q_{90\%}$ grupowały się w okresy kilkuletnie oraz długotrwałe okresy kilkunastoletnie. Przepływy niżówkowe Świśliny pojawiały się najczęściej w okresie letnio-jesiennym, osiągając bardzo małe wartości, kilkakrotnie w ciągu roku przerywane wyższymi przepływami, będącymi efektem reakcji zlewni na opady atmosferyczne.

2. Rozpoczęcie eksploatacji zbiornika Wióry na Świślinie pokryło się z okresem bardzo niekorzystnym pod względem ilości zasobów wodnych zlewni, co spowodowało, że w początkowych latach napełniania zbiornika Wióry na rzece Świślinie poniżej zbiornika wystąpiły niżówki o znacznych deficytach i czasie trwania.

3. Od 2009 roku, w analizowanym okresie 2005–2013 zbiornik Wióry realizuje cele gospodarki wodnej określone w założeniach projektowych, zapewniając w Świślinie przepływ nienaruszalny $0,27 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ i zwiększając wielkość przepływów średnich niskich dekadowych w półroczy letnim powyżej $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, łagodząc przebieg występujących niżówek.

ADNOTACJA

Materiał badawczy stanowi część pracy inżynierskiej inż. Emilii Mądrej o tytule „Wpływ zbiornika Wióry na przebieg wezbrań i niżówek rzeki Świśliny w latach 2005–2013”, zrealizowanej w Katedrze Inżynierii Wodnej SGGW w Warszawie w 2015 roku.

PIŚMIENNICTWO

- Ciepielowski, A. (1999). Podstawy gospodarowania wodą. Wydawnictwo SGGW, Warszawa
- Ciepielowski, A., Włodarczyk, A. (2004). Budowle wodne na obszarach chronionych. *Acta Scientiarum Polonorum, Architectura*, 3 (1), 3–21.
- Fal, B., Bogdanowicz, E. (2002). Zasoby wodne Polski. *Wiadomości IMGW, XXV (XLVI)*, 2, 3–38.
- Farat, R., Kępińska-Kasprzak, M., Kowalczak, P., Mager, P. (1995). Susze na obszarze Polski w latach 1951–1990. *Mat. Bad. IMGW, Ser. Gosp. Wod. Ochr. Wód*, 16.

- Jankowski, W., Wita, A. (2009). Zbiorniki wodne w ograniczaniu skutków powodzi i suszy w Polsce. *Gospodarka Wodna*, 4, 143–145.
- Kaznowska, E., Chudy, L. (2010). Charakterystyka występowania niżówek Wyżyny Kieleckiej na przykładzie rzeki Świśliny. W: *Hydrologia w ochronie i kształtowaniu środowiska*. Red. A. Magnuszewski. Monografie 69. Wyd. PAN, Warszawa, 179–191.
- Kaznowsk, E., Hejduk, A., Hejduk, L. (2015). Charakterystyka występowania wezbrań i niżówek w małej zlewni nizinny mazowieckiej. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, 15, 3 (51), 45–59.
- Kloss, A., Śliwa, A. (2007). Gospodarka wodna w normalnych warunkach eksploatacji oraz obliczenia hydroenergetyczne. W: *Zbiornik wodny Wióry*. Red: A. Kloss, J. Kurzelewski. Hydroprojekt Warszawa, Oficyna Wydawnicza Sadyba, Warszawa.
- Śliwa, A. (2007). Hydrologiczne podstawy projektu. W: *Zbiornik wodny Wióry*. Red: A. Kloss, J. Kurzelewski. Hydroprojekt Warszawa, Oficyna Wydawnicza Sadyba, Warszawa.
- Typologia wód powierzchniowych i wyznaczenie części wód powierzchniowych i podziemnych zgodnie z wymogami Ramowej Dyrektywy Wodnej 2000/60/WE (2004). IMGW, PiG, IOŚ, Warszawa.

IMPACT OF THE WIÓRY RESERVOIR ON THE STREAMFLOW DROUGHT IN THE ŚWIŚLIŃNA RIVER

Abstract. Aim of this study is analysis of impact of the Wióry reservoir on the streamflow drought in the Świślina River. Article include characteristic of the phenomenon streamflow drought, which is the period of persistence of low flows in rivers. The issue will be reconsidered in Nietulisko Duże gauge profile, closing Świśliny River basin with an area of 402.83 km², which in 2005 was put into operation Wióry water storage reservoir. The Świślina river, along with its tributaries, carries waters from the Świętokrzyskie Mountains – the highest part of the Kamienna River catchment area. The variability, causing long-term periods of low water levels, as well as rapid flooding, was the main reason for the reservoir construction. Currently the Wióry reservoir is the largest and most modern water storage reservoir in the Kamienna River catchment area. Daily discharges from the period 1961–2013 were used as the base data for the study. A sequence of discharges of at least 10-day duration with values equal to or less than $Q_{90\%} = 0,40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ was recognized as constituting a streamflow drought. In the multiannual period 1961–2013, the longest streamflow drought was started in April 2006 and ended in February 2007, after the Wióry reservoir was constructed.

Key words: streamflow drought, Świślina River, Wióry storage reservoir

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 28.11.2016

Cytowanie: Kaznowska, E., Mądra, E. (2016). Wpływ zbiornika wióry na przebieg niżówek rzeki Świśliny. *Acta Sci. Pol. Architectura*, 15 (4), 196–206.