

PRACE NAUKOWO-PRZEGLĄDOWE

RESEARCH REVIEW PAPERS

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 59, 2013: 67–76

(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 59, 2013)

Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 59, 2013: 67–76

(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 59, 2013)

Bogusław MICHAŁEC

Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Department of Water Engineering and Geotechnics, Agriculture University in Cracow

Weryfikacja wydatku upustów zbiorników wodnych w Zesławicach na rzece Dłubni

The verification of the water outflow of the weir in the dam of water reservoirs in Zesławice on the Dłubnia River

Słowa kluczowe: zbiornik wodny, jaz, odpływ, przepustowość

Key words: water reservoir, weir, water outflow, conveyance

Wprowadzenie

W ciągu ponad czterdziestu pięciu lat eksploatacji zbiorników wodnych w Zesławicach na rzece Dłubni po raz pierwszy sytuacja powodziowa zdarzyła się w nocy 18 lipca 2010 roku, zagrażając zatopieniem terenów znajdujących się poniżej zbiornika. W wyniku nawałnego deszczu na obszarze Małopolski nastąpiło szybkie wezbranie wód rzeki Dłubni i jej dopływu, potoku Baranówka. Potok ten ma ujście do Dłubni poniżej dolnego stanowiska spustów zbiorników w Zesławicach. Nagłe wezbranie w korycie Dłubni, poniżej zbiorników wodnych, spowodowało zatopienie osiedla w Zesławicach, położonego między Mi-

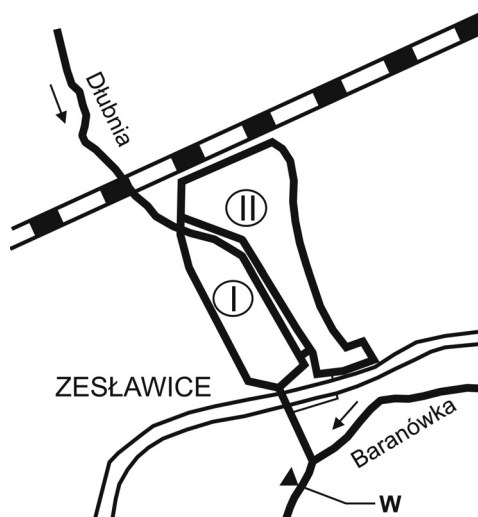
strzejowicami a Grębałowem. Według poszkodowanych przyczyną zatopienia był niekontrolowany zrzut wód ze zbiornika. Według administratora zbiorników, tj. Krakowskiego Związku Spółek Wodnych, regulację odpływu wody ze zbiornika wykonano zgodnie z Instrukcją gospodarowania... (2003). Po nocnym deszczu nawałnym według stanu wody na wodowskazy IMGW, znajdującym się 300 m poniżej zbiorników, przepływ o godz. 7.00 w dniu 19 lipca 2010 roku wynosił $95,60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Wodowskaz ten znajduje się poniżej dopływu do Dłubni potoku Baranówka i rejestruje stany wód przepływów, będących sumą odpływu ze zbiorników i dopływu z potoku Baranówka. Z tego względu nie jest możliwe określenie natężenia odpływu wody ze zbiorników na podstawie rejestracji stanów wody na tym wodowskazy. We wspomnianej wcześniej Instrukcji podano, że maksymalny przepływ mieszczą-

cy się w korycie Dłubni poniżej zbiorników to $70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Przyczyną zaistniałego zagrożenia powodziowego było nagłe wezbranie wód Dłubni, a także wezbranie wód potoku Baranówka. Ze względu na stwierdzone przez administratora zbiorników nieściśności w obowiązującej Instrukcji gospodarowania... (2003), dotyczące wydatków zamknięć zasuwowych jazu zapory zbiorników, dokonano analizy wydatku upustów w celu oceny warunków zrzutu wód ze zbiorników wodnych w Zesławicach. Ocena ta ma być pomocna w określeniu przyczyny zatopienia terenów położonych poniżej zapory zbiorników wodnych. W pracy przedstawiono wyniki obliczeń wydatku upustów określone na podstawie pomiarów hydrometrycznych, a także na podstawie obliczeń wzorami empirycznymi. Uzyskane wyniki umożliwiły opracowanie korekty tabel wydatków upustów zbiorników w Zesławicach.

Material i metody

Dwa zbiorniki wodne w Zesławicach na rzece Dłubni (rys. 1) znajdują się w północno-wschodniej części miasta Krakowa. Zapora ziemna zbiorników, wykonana wzdłuż ulicy Gustawa Morcinka, zlokalizowana jest w km 8+700 rzeki Dłubni i zamyka zlewnię o powierzchni $218,1 \text{ km}^2$. Przeznaczeniem zbiornika głównego, oddanego do eksploatacji w 1966 roku, o pojemności 228 tys. m^3 , poza ochroną przeciwpowodziową, było: zaopatrzenie w wodę przemysłową ówczesną Hutę im. Lenina i w wodę pitną MPWiK w Krakowie oraz ochrona przeciwpowodziowa. W latach 1986–1987 wybudowano zbiornik nr II, zwany również remonto-

wym, który na czas odmulenia zbiornika głównego miał przejąć jego funkcję. Pojemność zbiornika remontowego wynosiła wówczas 198 tys. m^3 .

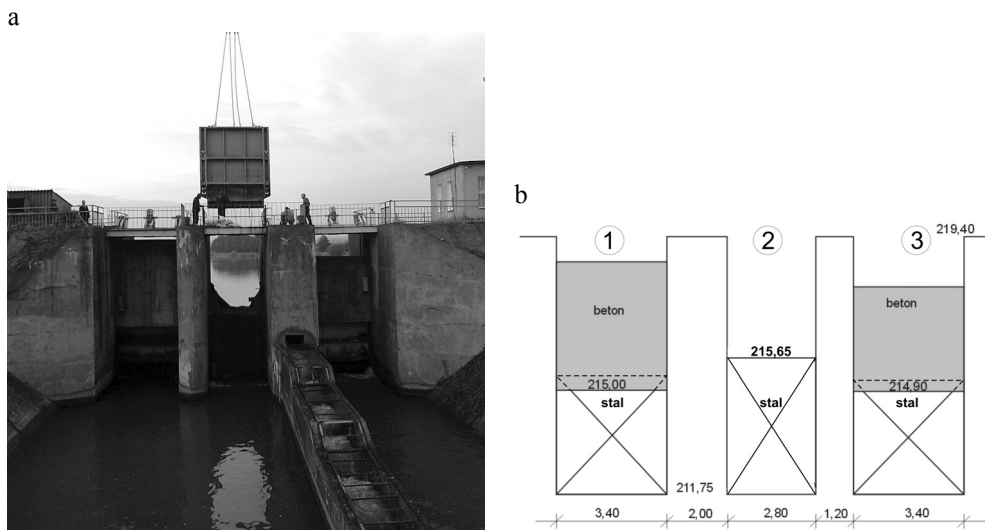


RYСУNEK 1. Zbiorniki wodne w Zesławicach: I – zbiornik główny, II – zbiornik remontowy, W – wodowskaz

FIGURE 1. Water reservoirs at Zesławice: I – main reservoir, II – assistant reservoir, W – water-gauge

W zaporze zbiorników znajduje się jaz dokowy trzyprzęsłowy, stanowiący urządzenie spustowe zbiornika głównego (Dokumentacja techniczna... 1984). Zamknięcia jazu stanowią trzy stalowe zasuwki płaskie o ręcznym napędzie mechanicznym – dwie zasuwki skrajne szerokości 3,40 m i jedna zasuwka środkowa szerokości 2,80 m (rys. 2).

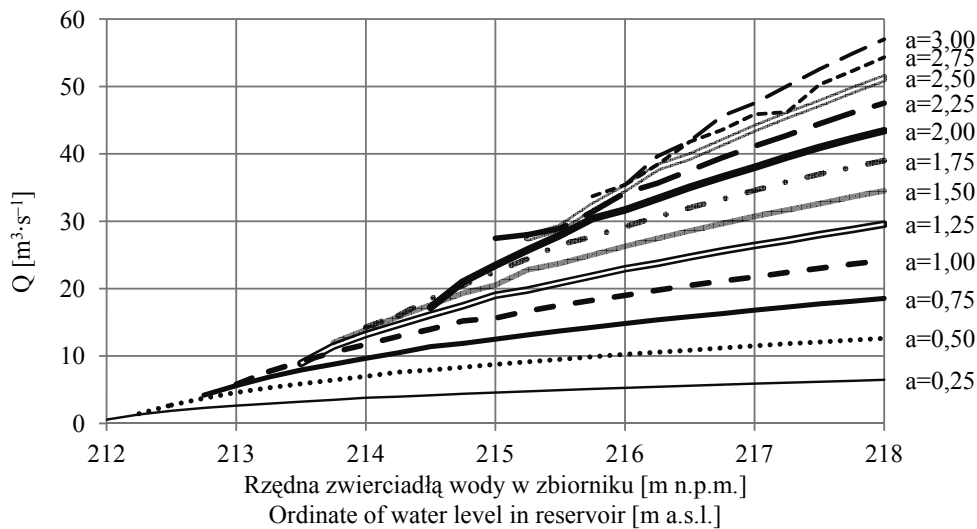
W tabeli 1 zamieszczono wydatki upustów nr 1 i nr 3, podane w Instrukcji gospodarowania... (2003), natomiast ze względu na rozmiary tabeli zawierającej wydatki upustu nr 2 dane w niej zawarte przedstawiono w formie graficznej na rysunku 3.



RYSUNEK 2. Jaz w zaporze głównego zbiornika w Zesławicach: a – widok od strony dolnej wody, b – wymiary zasuw (widok od strony górnej wody)
 FIGURE 2. Weir in the dam of main water reservoir in Zesławice: a – view from down-stream water, b – dimensions of sluice damper (view from up-stream water)

TABELA 1. Wydatki upustu nr 1 i nr 3 w zależności od rzędnej zwierciadła wody w zbiorniku i wysokości podniesienia zasuw
 TABLE 1. Sluice outflow no 1 and no 3 in dependence on ordinate of water level in reservoir and rise height of the sluice damper

Rzędna zwierciadła wody w zbiorniku [m n.p.m.] Ordinate of water level in reservoir [m a.s.l.]	Przepływy Q [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] dla wysokości podniesienia zasuw – a [m] Discharge Q [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] for the rise height of the sluice damper – a [m]										
	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50
212,00	0,40										
212,50	1,74										
213,00	3,77	4,81									
213,50	4,82	7,53	7,40								
214,00	5,74	9,64	11,20								
214,50	6,52	11,48	14,46	16,00							
215,00	7,20	13,04	17,22	19,29							
215,50	7,82	14,40	19,56	22,96	26,10						
216,00	8,43	15,64	21,60	26,08	28,70	30,40					
216,50	8,94	16,86	23,46	26,90	32,60	34,44	36,00				
217,00	9,46	17,89	25,29	31,28	36,00	39,12	40,16	41,60			
217,50	9,94	18,92	26,82	33,72	39,10	43,20	45,64	45,92	48,00		
218,00	10,36	19,88	28,38	35,76	42,15	46,92	50,40	52,16	54,24		



RYSUNEK 3. Wydatek (Q) upustu nr 2 przedstawiony w zależności od wysokości podniesienia zamknięcia (a) i rzędnej zwierciadła wody w zbiorniku
 FIGURE 3. Sluice outflow no 2 introduced in dependence on ordinate of and rise height of the sluice damper (a) and ordinate of water level in reservoir

Wspomniane we wstępie nieścisłości w obowiązującej Instrukcji gospodarowania... (2003), stwierdzone przez administratora zbiorników, ze względu na zamieszczony komentarz pod tabelami uniemożliwiły realizowanie właściwej obsługi zamknięć jazu. Ze względu na warunki, w jakich odbywają się zrzuty wody ze zbiorników, tj. przy zatopieniu podnoszonych zamknięć, istnieje konieczność dokonania korekty danych zamieszczonych w tabelach wydatków w Instrukcji gospodarowania ... (2003), zawierających wartości natężenia wydatków zamknięć jazu w warunkach swobodnego wypływu spod zasuwy. W aktualnej Instrukcji, pod tabelą dotyczącą wydatku upustu nr 2, którego szerokość wynosi 2,80 m, zamieszczono uwagę dotyczącą odczytywania wartości wydatku upustu w warunkach zatopienia dolnej krawędzi zasuwy, popełniając kilka błędów, co stwierdzono w trakcie opraco-

wywania przez współautora niniejszej pracy dokumentacji Określenie wydatków upustów zbiorników wodnych w Zesławicach na rzece Dłubni (Michalec i Tarnawski 2012):

- zamiast „...natomiast od rzędnej zwierciadła wody w zbiorniku należy odjąć wysokość podtopienia”, napisano „...natomiast od rzędnej zwierciadła wody w zbiorniku należy odjąć wysokość podniesienia”,
- zamiast „wysokość podniesienia zasuwy = 1,00 m”, napisano „wysokość podniesienia zasuwy = 1,80 m”,
- zamiast „wydatek upustu = 16,68 m³/s, a nie 17,52 m³/s”, napisano „wydatek upustu = 16,68 m³/s, a nie 27,52 m³/s”.

W celu weryfikacji wydatków upustów, zamieszczonych w Instrukcji gospodarowania... (2003), wykonano pomiary prędkości przepływu wody w przekrojach poniżej zamknięć. Pomiary wy-

datku upustu nr 1 wykonano 24.05.2012 roku, natomiast wydatku upustu nr 2 – 25.05.2012 roku. Ze względu na jednakową szerokość zamknięć upustu nr 1 i nr 3 nie wykonano pomiarów wydatku upustu nr 3. Pomiary te polegały na określeniu prędkości przepływu wody w wyznaczonym przekroju poprzecznym dolnego stanowiska w warunkach wypływu wody spod zasuw podniesionej na daną wysokość. Uzyskanie wiarygodnych wyników pomiarów hydrometrycznych wymagało wyznaczenia przekroju pomiarowego poza strefą odskoku hydraulicznego, utworzonego w trakcie wypływu wody spod zamknięć. W związku z tym przyjęto przekroje pomiarowe poza niecką wypadową, które zlokalizowano w połowie długości ostatniej, dolnej komory przepławki dla ryb. Pomiary hydrometryczne przepływu wody w przekroju pomiarowym wykonano przy podniesieniu zasuw nr 1 na wysokość 0,05 i 0,1 m. Wykonano również pomiary hydrometryczne przy zamkniętej zasuwie nr 1 w celu określenia przecieków przez jej nieszczelności. W trakcie tych pomiarów pozostałe zasuw, tj. zasawa nr 2 i nr 3, były zamknięte. Ze względu na lokalizację przekroju pomiarowego powyżej wylotu z przepławki nie było konieczności uwzględnienia natężenia wypływu wody z otworu wylotowego przejścia dla ryb. Pomiary hydrometryczne przepływu wody w przekroju pomiarowym wykonano przy podniesieniu zasuw nr 2 na wysokość 0,1, 0,3 i 0,5 m. Wykonano również kontrolny pomiar prędkości przy podniesieniu zasuw środkowej na wysokość 1,0 m. To podniesienie zamknięcia było wykonane w ramach tzw. próby podniesienia zamknięcia upustu środkowego, wykony-

wanej po zamontowaniu zasuw po jej remoncie. Na rysunku 2a przedstawiono demontaż zasuw nr 2 w październiku 2011 roku.

Średnią prędkość przepływu wody w danym punkcie pionu hydrometrycznego określono na podstawie trzech pomiarów, z których każdy umożliwił określenie średniej prędkości chwilowej w czasie 5-sekundowych pomiarów prędkości przepływu wody. Pomiary hydrometryczne wykonano za pomocą młynka indukcyjnego Nautilus C2000 firmy OTT Hydrometrie. Przepływ całkowity (Q) w przekrojach pomiarowych obliczono według wzoru Harlachera (Byczkowski 1996).

W Instrukcji gospodarowania... (2003) nie podano metody ustalenia wydatków upustu zbiornika w Zesławicach. Obliczenie wydatku zasuw określono za pomocą wzoru dla przypadku wypływu zatopionego spod zasuw, co odpowiada warunkom stwierdzonym w trakcie pomiarów. Ten rodzaj wypływu spod zasuw wynikał z faktu zatopienia odskoku w niecce wypadowej o głębokości ponad 2 m, a także ze względu na układ zwierciadła wody dolnej, której rzędna w trakcie kolejnych pomiarów była wyższa od rzędnej dolnej krawędzi zasuw. Wydatek obliczono ze wzoru (Sobota 1984):

$$Q = \mu \cdot b \cdot a \sqrt{2g(E_0 - h_z)} \quad (1)$$

gdzie:

b – szerokość upustu [m],

μ – współczynnik wydatku; $\mu = 0,83$,

a – wysokość podniesienia zasuw [m],

E_0 – wysokość linii energii [m],

h_z – napełnienie na dolnym stanowisku [m].

Wyjaśnienia wymaga przyjęcie wartości h_z , równej głębokości wody za zasuwą. Jak podaje Sobota (1984), głębokość ta jest nieznacznie mniejsza od głębokości wody dolnej, co zostało stwierdzone na podstawie wyniku prac doświadczalnych. Głębokość tę tworzy się w przybliżeniu w przekroju pierwszej głębokości sprzężonej. Ze względu na brak technicznych możliwości pomiarzenia tej głębokości przyjęto w obliczeniach wartość h_z równą napełnieniu na dolnym stanowisku. W celu porównania wyników obliczeń przyjęto również stałą wartość współczynnika wydatku, taką jak w Instrukcji gospodarowania... (2003), pomimo że jest ona zależna od iloczynu współczynnika prędkości (φ) i współczynnika dławienia pionowego na zasuwie (ε). Z kolei współczynnik ε zależy funkcyjnie od stosunku wysokości linii energii przed zamknięciem i wysokości podniesienia zasuwy.

Wyniki

Przecieki przez uszczelnienia zasuwy upustu nr 1, określone na podstawie wyników pomiarów hydrometrycznych, wynoszą $0,053 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a wydatek tego upustu przy otwarciu zasuwy na wysokość 0,05 i 0,1 m, po odjęciu przecieków, wynosi odpowiednio: 1,28 i 2,22 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Natomiast natężenie wypływu wody spod zasuwy nr 2, określone na podstawie wyników pomiarów hydrometrycznych, przy otwarciu zasuwy na wysokość 0,1, 0,3 i 0,5 m, wynosi odpowiednio: 1,80, 4,81 i 7,28 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

W tabeli 2 zamieszczono wyniki obliczeń natężenia wypływu spod zasuwy zatopionej nr 1 i nr 2 (wzór 1), określo-

nego na podstawie pomiarów hydrometrycznych. W tabeli podano również różnicę wyników wydatku (Δ) obliczonego wzorem i określonego na podstawie pomiarów hydrometrycznych.

Ze względu na uzyskane stosunkowo niewielkie różnice wyników, z wyjątkiem wydatku przy wysokości otwarcia $a = 0,05 \text{ m}$ (tab. 2), skorygowano wydatki upustów zbiorników wodnych w Zesławicach na rzece Dłubni. Wyniki obliczeń wydatku upustów nr 1 i nr 3 wzorem (1) zamieszczono w tabeli 3, a wyniki obliczeń wydatku upustu nr 2 zamieszczono na rysunku 4.

Podsumowanie

Natężenia przepływu wody przez upusty zbiorników wodnych w Zesławicach, podane w Instrukcji gospodarowania... (2003), są mniejsze od określonych na podstawie pomiarów i obliczeń wzorem służącym określeniu natężenia zatopionego wypływu wody spod zasuwy. Wskazują na to różnice wyników wydatku obliczonego i podanego w Instrukcji gospodarowania... (2003), oznaczone symbolem Δ , dla wybranych przypadków podniesienia danej zasuwy, tj. dla podniesienia zasuwy upustu nr 1 i nr 3 na wysokość 0,50, 1,50 i 2,50 m (tab. 4) oraz dla podniesienia zasuwy upustu nr 2 na wysokość 0,25, 1,50 i 2,00 m (tab. 5).

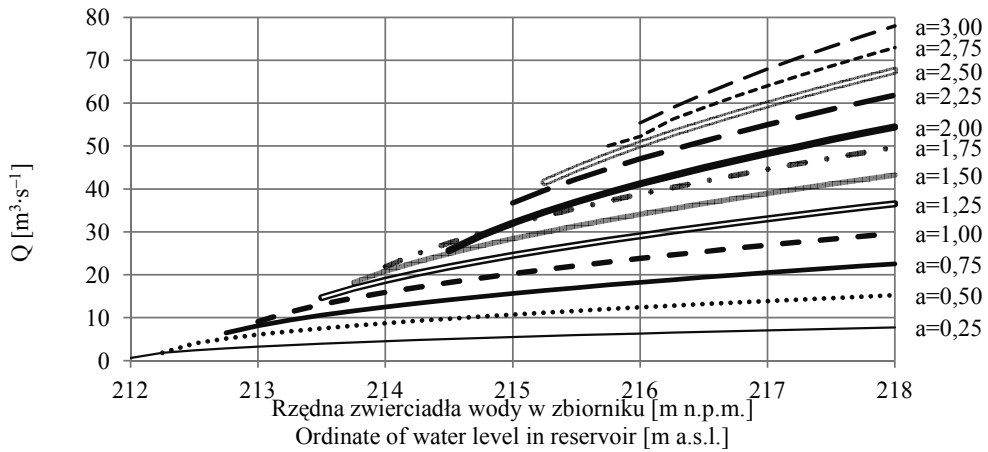
Otrzymane z obliczeń wydatki upustów zbiornika głównego w Zesławicach są znacznie większe od wydatków zamieszczonych w Instrukcji gospodarowania... (2003). Największe różnice wyników obliczeń wydatku upustów wzorem (1) i wydatków zamieszczonych

TABELA 2. Zestawienie wyników obliczeń wydatku upustów nr 1 i nr 2
 TABLE 2. Results comparison of calculations of Sluice outflow no 1 and no 2

Upust The sluice damper	Podniesienie zasuwy a [m] The rise height of the sluice damper	Rzędna zwierciadła wody w zbiorniku [m n.p.m.] Ordinate of water level in reservoir [m a.s.l.]	Rzędna zwierciadła wody na odpływie [m n.p.m.] Ordinate of water level in outflow [m a.s.l.]	Wydatek Q [m ³ ·s ⁻¹] Outflow		Różnica wyników Δ [%] Difference of results
				pomiar	wzór (1)	
Nr/No 1	0,05	215,14	212,25	1,23	1,15	17,1
	0,10	215,14	212,35	2,22	2,28	6,7
Nr/No 2	0,10	215,20	212,05	1,80	1,81	-0,6
	0,30	215,18	212,41	4,81	5,00	-4,0
	0,50	215,16	212,68	7,28	7,69	-5,5

TABELA 3. Skorygowane wartości wydatku upustu nr 1 i nr 3
 TABLE 3. Corrected values of sluice outflow no 1 and no 3

Rzędna zwierciadła wody w zbiorniku [m n.p.m.] Ordinate of water level in reservoir [m a.s.l.]	Przepływy Q [m ³ ·s ⁻¹] dla wysokości podniesienia zasuwy $-a$ [m] Discharge Q [m ³ ·s ⁻¹] for the rise height of the sluice damper $-a$ [m]										
	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50
212,00	–										
212,50	3,30										
213,00	4,97	7,64									
213,50	6,17	10,77	12,20								
214,00	7,17	13,08	17,15								
214,50	8,04	14,99	20,56	23,98							
215,00	8,83	16,68	23,38	28,53							
215,50	9,55	18,21	25,85	32,24	36,89						
216,00	12,22	16,61	28,08	34,49	41,45	45,61					
216,50	10,85	20,92	30,15	38,42	45,54	51,15	54,64				
217,00	11,44	22,16	32,07	41,12	49,16	55,95	61,11	63,97			
217,50	12,01	23,32	33,89	43,65	52,50	60,27	66,70	71,37	73,58		
218,00	12,55	24,43	35,61	46,03	55,62	64,24	71,72	77,75	81,90		



RYCINA 4. Skorygowane wartości wydatku Q upustu nr 2

FIGURE 4. Corrected values of sluice outflow no 2

TABELA 4. Wydatki upustu nr 1 i nr 3 według Instrukcji gospodarowania... (2003), oznaczone symbolem I, i według obliczeń wzorem (1) oraz różnice wyników (Δ)

TABLE 4. Sluice outflow no 1 and no 3 in order to „Instruction...” (2003), appointed by symbol I, and according to calculations the formula (1) and results differences (Δ)

Rzędna zwierciadła wody w zbiorniku [m n.p.m.] Ordinate of water level in reservoir [m a.s.l.]	Wysokość podniesienia zasuw – a [m] The rise height of the sluice damper – a [m]								
	0,50		Δ [%]	1,50		Δ [%]	2,50		Δ [%]
	I	(1)		I	(1)		I	(1)	
213,00	3,77	4,97	31,8	–	–	–	–	–	–
214,50	6,52	8,04	23,3	14,46	20,56	42,2	–	–	–
215,50	7,82	9,55	22,1	19,56	25,85	32,2	26,10	36,89	41,3
218,00	10,36	12,55	21,1	28,38	35,61	25,5	42,15	55,62	32,0

TABELA 5. Wydatki upustu nr 2 według Instrukcji gospodarowania...[1], oznaczone symbolem I, i według obliczeń wzorem (1) oraz różnice wyników (Δ)

TABLE 5. Sluice outflow no 2 in order to Instruction... (2003), appointed by symbol I, and according to calculations the formula (1) and results differences (Δ)

Rzędna zwierciadła wody w zbiorniku [m n.p.m.] Ordinate of water level in reservoir [m a.s.l.]	Wysokość podniesienia zasuw – a [m] The rise height of the sluice damper – a [m]								
	0,25		Δ [%]	1,50		Δ [%]	2,00		Δ [%]
	I	(1)		I	(1)		I	(1)	
213,00	2,64	3,27	23,9	–	–	–	–	–	–
214,50	4,17	5,04	20,9	17,58	24,97	42,0	17,20	25,64	49,1
215,50	4,94	5,93	20,0	23,76	31,39	32,1	27,92	36,98	32,4
218,00	6,47	7,72	19,3	34,50	43,24	25,3	43,44	54,47	25,4

w Instrukcji uzyskano dla mniejszych napełnień w zbiorniku przy danym podniesieniu zasuw. Zwiększając wysokość otwarcia zamknięć upustów przy danym poziomie zwierciadła wody w zbiorniku, zwiększa się różnicę wydatków obliczonych wzorem (1) i zamieszczonych w Instrukcji.

Określone różnice wydatków wskazują większe natężenie odpływu ze zbiorników w Zesławicach od wykazanego w Instrukcji gospodarowania... (2003). W takiej sytuacji, pomimo sterowania odpływem zgodnie z zapisem w tym dokumencie, istnieje ryzyko zatopienia terenów znajdujących się poniżej zbiorników. Zatopienie terenów osiedla w Zesławicach w nocy z 18 na 19 lipca 2010 roku mogło być skutkiem dokonania zrzutów wody ze zbiorników o natężeniu większym niż dopuszczalne, którego wartość wynosi $70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Jest to przepływ maksymalny, mieszczący się w korycie Dłubni poniżej zbiorników. W trakcie tego wezbrania poziom zwierciadła wody w zbiorniku przekraczał 216,50 m n.p.m., będący rzędną korony grobli działowej oddzielającej od siebie zbiorniki. Przy takim piętrzeniu wody w zbiorniku uzyskanie wydatku upustów zgodnie z Instrukcją gospodarowania... (2003), wynoszącego $70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, wymagało podniesienia każdego z zamknięć na wysokość 1,39 m. Przy takim podniesieniu każdego zamknięcia wydatek zamknięć według dokonanej korekty (tab. 3 i rys. 4) wynosi ponad $89 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Zamknięcia upustów zbiorników nie zostały podniesione na taką wysokość, maksymalne ich podniesienie nie przekroczyło 1,11 m. Wtedy wydatek upustów wynosiłby zgodnie z Instrukcją gospodarowania... (2003)

niespełna $59 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a według opracowanej korekty natężenie wypływu wody spod zasuw wynosiło $73,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, przekraczając wartość maksymalnego natężenia odpływu wody ze zbiorników wodnych w Zesławicach

Wnioski

Przyczyną uniemożliwiającą właściwe prowadzenie gospodarki wodnej zbiorników w Zesławicach były błędy w Instrukcji gospodarowania... (2003) zamieszczone w opisie metody określenia wydatku upustów w przypadku ustalenia wypływu spod zasuw w warunkach zatopienia jej dolnej krawędzi. W trakcie pomiarów hydrometrycznych stwierdzono, że nawet przy niewielkim podniesieniu zamknięć następuje zatopienie ich dolnej krawędzi, co spowodowane jest zatopieniem odskoku hydraulicznego w niecce o znacznej głębokości, wynoszącej ponad 2 m.

Wykonane pomiary, a na ich podstawie obliczenia wskazują, że wydatki upustów zbiorników wodnych w Zesławicach są większe od podanych w Instrukcji gospodarowania... (2003) – dotyczy to zarówno wypływu swobodnego, jak i zatopionego. Uzyskane wyniki pomiarów hydrometrycznych i obliczeń wydatku upustów stanowiły podstawę opracowania skorygowanych wydatków upustów zapory zbiorników wodnych w Zesławicach na rzece Dłubni.

Ze względu na zapis w Instrukcji gospodarowania... (2003) zrzut wód ze zbiorników wodnych w Zesławicach w trakcie wezbrania w nocy 18 lipca 2010 roku był realizowany prawidłowo, gdyż przy podniesieniu zamknięć na wy-

sokość 1,11 m nie nastąpi przekroczenie dopuszczalnego natężenia wody w korycie Dłubni poniżej zbiorników. Jak wykazano, przy takiej wysokości podniesienia zasuw natężenie wypływu wynosi ponad $73 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Jest to wprawdzie niewielkie przekroczenie maksymalnego przepływu mieszczącego się w korycie Dłubni poniżej zbiorników, lecz ze względu na odpływ wód ze zlewni potoku Baranówka, którego ujście do Dłubni znajduje się poniżej zbiorników, nastąpiło znaczne przekroczenie przepływu o natężeniu $70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Literatura

- BYCZKOWSKI A. 1996: Hydrologia. Tom I. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Dokumentacja techniczna jednostadiowa zbiornika retencyjnego 1984. Maszynopis. Krakowski Związek Spółek Wodnych, Kraków.
- Instrukcja gospodarowania wodą, utrzymania i eksploatacji zbiornika 2003. Maszynopis. Krakowski Związek Spółek Wodnych, Kraków.
- MICHALEC B., TARNAWSKI M. 2012: Określenie wydatków upustów zbiorników wodnych w Zesławicach na rzece Dłubni. Maszynopis. Opracowanie wykonane na zlecenie Krakowskiego Związku Spółek Wodnych w Krakowie, Kraków.
- SOBOTA J. 1984: Hydraulika. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław.

Streszczenie

Weryfikacja wydatku upustów zbiorników wodnych w Zesławicach na rzece Dłubni. Wykonane pomiary hydrometryczne prędkości wody wypływającej spod zamknięć zasuwowych upustów zbiorników wodnych w Zesławicach umożliwiły opracowanie korekty tabel wydatków dla różnych wartości podniesienia zasuw i różnych stanów

wody w zbiornikach. Dwa zbiorniki wodne w Zesławicach zasilane są wodami Dłubni ze wspólnego węzła wodnego, a odpływ wód ze zbiorników odbywa się przez trzyprzęsłowy jaz w zaporze zbiornika głównego. W pracy przedstawiono wyniki obliczeń wydatku upustów określone na podstawie pomiarów hydrometrycznych, a także na podstawie obliczeń wzorami empirycznymi. Stwierdzono, że wydatki upustów zbiorników wodnych w Zesławicach są większe od podanych w Instrukcji gospodarowania... (2003).

Summary

The verification of the water outflow of the weir in the dam of water reservoirs in Zesławice on the Dłubnia River. Executed measurements the hydrometric water flow outflowing under bolt locks of water reservoirs in Zesławice made possible to elaborate the correction of the tables of water outflows for the various rise height of sluice damper and the various states of water in reservoirs. Two water reservoirs in Zesławice are swelled the waters of Dłubnia River from the common water knot, and take the place the water outflow from reservoirs by the three-span weir in the dam of the main reservoir. The results of the calculations of the water outflows were introduced in the work, definite on the basis of hydrometric measurements and also on the basis of calculations by empirical formulae. It was stated that the water outflows of the weir in the dam of water reservoirs in Zesławice are higher from gives in "The Instruction of water-management, maintenance and water reservoir operation" (2003).

Author's address:

Bogusław Michalec
Uniwersytet Rolniczy
Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki
al. A. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków
Poland
e-mail: rmmichbo@cyf-kr.edu.pl