

IRENEUSZ LAKS<sup>1</sup>, TOMASZ KAŁUŻA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra Mechaniki Budowli i Budownictwa Rolniczego  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

<sup>2</sup>Katedra Budownictwa Wodnego  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## ANALIZA WARUNKÓW PRZEPLYWU WÓD WIELKICH NA DOLNYM ODCINKU RZEKI CYBINY

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono analizę przepustowości koryta wód wielkich dolnego odcinka rzeki Cybiny od wypływu z Jeziora Swarzędzkiego km 9+061 do ujścia do Jeziora Maltańskiego km 3+068. Praca obejmuje zarówno obliczenia układu zwierciadła wody przy przepływach wód wielkich, jak i analizę przepustowości jazów zlokalizowanych na tym odcinku rzeki. Analizę przeprowadzono dla przepływów  $Q_{1\%}$  i  $Q_{10\%}$  oraz tychże przepływów powiększonych o maksymalny oraz planowany zrzut wód opadowych z terenów fabryki Volkswagen Poznań. W obliczeniach układu zwierciadła wody uwzględniono wpływ wszystkich usytuowanych na tym odcinku budowli: jazów, mostów i przepustów. Obliczenia wykonano wykorzystując program RUBIKON (WOSIEWICZ 1993), służący do analizy ruchu wolnozmiennego w korytach naturalnych.

**Słowa kluczowe:** doliny rzeczne, ruch wolnozmienny w korytach otwartych, budowle piętrzące

### Wstęp

Pozwolenie wodnoprawne dla fabryki Volkswagen Poznań umożliwiające zrzut wód opadowych może w sposób znaczący zmienić reżim przepływu w dolnym odcinku rzeki Cybiny, stąd też konieczne stało się wykonanie modelu obliczeniowego dolnego odcinka rzeki umożliwiającego analizę wpływu dodatkowego zrzutu wód na warunki przepływu wód wielkich.

Rzeka Cybina stanowi prawobrzeżny dopływ Warty. Wypływa ze źródła znajdującego się we wsi Nekiółka (gmina Kostrzyn). Powierzchnia jej zlewni wynosi  $201,5 \text{ km}^2$ , a całkowita długość – 43,5 km. 9 km jej biegu znajduje się w granicach administracyjnych Poznania. Rzeka posiada wiele sztucznych i naturalnych zbiorników wodnych. W dolnym biegu, znajdującym się w granicach miasta Poznania, przepływa przez

kaskadę czterech stawów: Antoninek, Młyński, Browarny i Olszak oraz przez Zbiornik Maltański.

W zlewni rzeki Cybiny jest zainstalowany jeden wodowskaz, zlokalizowany powyżej mostu drogowego w Antoninku w km 8+700. Wodowskaz posiada ciąg obserwacyjny od roku 1951. W tabeli 1 zestawiono przepływy maksymalne i minimalne o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia z wielolecia 1951-1990.

Tabela 1. Przepływy maksymalne i minimalne prawdopodobne dla rzeki Cybiny w przekroju wodowskazu Antoninek w km 8,7 z wielolecia 1951-1990 (GOLDYŃ i GRABIA 1998)

Table 1. Maximum and minimum probable discharges at Antoninek gauge station (km 8.7) for the Cybina River for period 1951-1990 (GOLDYŃ and GRABIA 1998)

Prawdopodobieństwo (%)	$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{min}$ (m <sup>3</sup> /s)
0,1	8,32	0,005
1	6,01	0,009
5	4,34	0,021
10	3,61	0,034
50	1,73	0,138
100	0,43	–

Potrzebne przepływy maksymalne:  $Q_{1\%}$  i  $Q_{10\%}$  w przekroju Malta wyznaczono metodą analogii hydrologicznej (tab. 2). Powierzchnia zlewni w km 0+000 Cybiny  $A_X = 195,49$  km<sup>2</sup>, natomiast w przekroju wodowskazu Antoninek, tj. w km 8+700,  $A_0 = 172,30$  km<sup>2</sup>. Obliczeń potrzebnych przepływów dokonano według formuły:

$$Q_X = Q_0(A_X/A_0)^n \quad (1)$$

gdzie:  $Q_X$  – przepływ w przekroju niekontrolowanym,  $Q_0$  – przepływ w przekroju kontrolowanym,  $A_X$  – powierzchnia zlewni w przekroju niekontrolowanym,  $A_0$  – powierzchnia zlewni w przekroju kontrolowanym,  $n$  – wykładnik potęgowy, dla przepływów średnich i niskich  $n = 1$ , a dla przepływów maksymalnych  $n = 2/3$ .

Tabela 2. Przepływy dla rzeki Cybiny w przekroju w km 0,0 z wielolecia 1951-1990

Table 2. Cybina discharge on cross-section located at km 0.0 for period 1951-1990

Lp.	Przepływ (m <sup>3</sup> /s)	$A_0$ (km <sup>2</sup> )	$A_X$ (km <sup>2</sup> )	$n$	$Q_0$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_X$ (m <sup>3</sup> /s)
1	SNQ	172,30	195,49	1	0,18	<b>0,20</b>
2	SSQ				0,675	<b>0,76</b>
3	$Q_{1\%}$			2/3	6,01	<b>6,54</b>
4	$Q_{10\%}$			3,61	<b>3,93</b>	

## Material i metody

Podstawą wykonania analizy były materiały przekazane przez Biuro Projektowe BI-PROWODMEL: profil podłużny, 8 przekroji poprzecznych, opracowania oraz rysunki konstrukcyjne dotyczące jazów oraz opracowanie „Program ochrony wód rzeki Cybiny” (GOLDYN i GRABIA 1998). Autorzy wykorzystali również mapy przekazane przez BIPROWODMEL oraz zdjęcia lotnicze doliny Cybiny publikowane w lokalizatorze internetowym zumi.pl. Dodatkowo w badaniach uwzględniono obserwacje i spostrzeżenia poczynione w trakcie wizji lokalnej przeprowadzonej jesienią 2007 roku.

### Obliczenia układu zwierciadła wody

Obliczenia układu zwierciadła wody wykonano, wykorzystując program RUBIKON (WOSIEWICZ 1993), służący do analizy ruchu wolnozmiennego w korytach naturalnych. W modelu uwzględniono wpływ wszystkich usytuowanych na badanym odcinku budowli: jazów, mostów i przepustów. Program RUBIKON jest przeznaczony do obliczeń rzędnych zwierciadła wody i innych charakterystyk przekroju w wielodzielnych korytach rzecznych o złożonych przekrojach poprzecznych, przy założeniu ruchu ustalonego wolnozmiennego z możliwością uwzględniania zabudowy mostami, jazami i progami.

W programie przyjęto, że na rozpatrywanym odcinku rzeki występuje ruch ustalony wolnozmienny. Równanie ruchu wolnozmiennego między dwoma przekrojami naturalnego koryta rzeczego (rys. 1) można zapisać następująco:

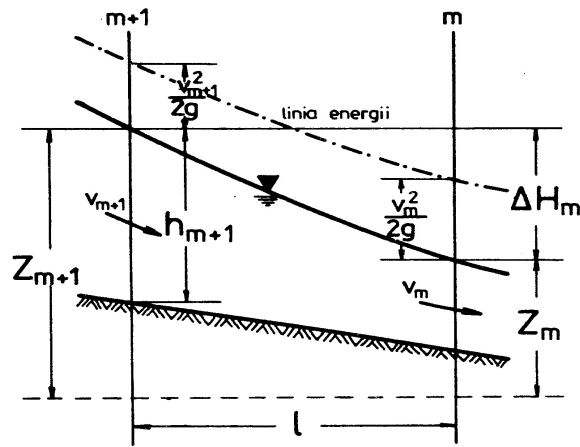
$$\Delta H_m = (1 + \zeta) \frac{\alpha Q^2}{2g} \left( \frac{1}{A_m^2} - \frac{1}{A_{m+1}^2} \right) + \frac{Q^2 l}{K^2} \quad (2)$$

gdzie:  $\Delta H_m$  – różnica rzędnych zwierciadeł wody w przekrojach  $m$  i  $m + 1$ ,  $\zeta$  – współczynnik strat miejscowych,  $\alpha$  – współczynnik Saint-Venanta,  $g$  – przyspieszenie ziemskie,  $Q$  – natężenie przepływu,  $l$  – odległość między przekrojami,  $A$  – pole powierzchni przekroju,  $K$  – moduł przepływu.

Z równania (2) oblicza się rzędną zwierciadła wody w przekroju  $m + 1$ , wychodząc ze znanej rzędnej w przekroju  $m$ . Obliczenia są prowadzone w kierunku przeciwnym do przepływu. Rozwiązanie analityczne równania (2) dla koryt naturalnych jest niemożliwe, dlatego też rozwiązanie uzyskuje się w sposób numeryczny, wykorzystując metodę stycznych Newtona (WOSIEWICZ 1979).

W pobliżu budowli wodnych z reguły nie są spełnione założenia ruchu wolnozmiennego. Obliczenia układu zwierciadła wody według przedstawionego wcześniej algorytmu prowadzi się zatem jedynie do przekroju na stanowisku dolnym budowli. Znając rzędną wody dolnej, przepływ oraz dane opisujące budowlę (rzędne przelewów, szerokość światła, współczynniki wydatku i dławienia), można obliczyć rzędną wody górnej i od tego przekroju kontynuować dalej obliczenia ruchu wolnozmiennego. W programie RUBIKON przewidziano dwa schematy obliczeń strat lokalnych, oddzielnie dla mostów i dla stopni wodnych. Wydatki przelewu o kształcie praktycznym można obliczyć z zależności:

$$Q = \sigma \epsilon m b \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad (3)$$



Rys. 1. Schemat obliczeń rzędnych zwierciadła wody w sąsiadujących przekrojach (WOSIEWICZ 1993)

Fig. 1. Scheme of calculating of water table for two neighbouring cross-sections (WOSIEWICZ 1993)

a po wyznaczeniu  $H_0$ ,  $\sigma$  i  $\varepsilon$  ze wzorów:

$$H_0 = H + \frac{\alpha v_0^2}{2g} \quad (4)$$

$$\varepsilon = 1 - 0,2 \left( \xi_0 + \sum \xi_j \right) \frac{H_0}{b} \quad (5)$$

$$\sigma = \sqrt[4]{1 + \left( \frac{a}{H_0} \right)^2} \quad \text{dla} \quad 0 \leq \frac{a}{H_0} < 0,9 \quad (6)$$

$$\sigma = 0,81 \left[ 1 + \left( \frac{a}{H_0} \right)^{16} \right] \quad \text{dla} \quad 0,9 \leq \frac{a}{H_0} \leq 1,0 \quad (7)$$

gdzie:  $b$  – szerokość przelewu,  $\sigma$  – współczynnik zatopienia,  $\varepsilon$  – współczynnik dławienia bocznego,  $\xi_0$  – współczynnik kształtu przyczółków,  $\sum \xi_j$  – suma współczynników kształtu filarów,  $m$  – współczynnik wydatku.

Wydatek niezatopionego przelewu o szerokiej koronie oblicza się z zależności:

$$Q = \varepsilon m b \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad (8)$$

Wydatek zatopionego przelewu o szerokiej koronie oblicza się z zależności:

$$Q = \varepsilon \phi b a \sqrt{2g(H_0 - a)} \quad (9)$$

gdzie:  $\phi$  i  $m$  – współczynniki wydatku odpowiednio przelewu zatopionego i przelewu niezatopionego.

Wielkość strat w przekroju mostowym  $z$  oblicza się ze wzoru na wydatek przelewu zatopionego o szerokiej koronie:

$$Q = \varepsilon \phi b a \sqrt{2g \left( z - \frac{v_0^2}{2g} \right)} \quad (10)$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{x}{0,585} \sqrt[4]{\frac{b}{B} \left( 1 - \frac{b}{B} \right)} \quad (11)$$

gdzie:  $b$  – światło mostu,  $B$  – szerokość przekroju łącznie z filarami.

W obliczeniach uwzględniono pięć mostów (dwa mosty drogowe i kolejowy przy ul. Warszawskiej potraktowano jak jedną konstrukcję) oraz osiem jazów, które były liczone jako przelewy o kształcie praktycznym. Dwa przepusty drogowe ze względu na hydrauliczną charakterystykę przeprowadzania wód wielkich zaklasyfikowano jako: przelew o szerokiej koronie (przepust okularowy km 8+606 przy przepuszczaniu wód wielkich spiętrza wodę tak, iż musi się ona przelać przez koronę jezdni) oraz przelew o kształcie praktycznym (przepust drogowy w km 5+300), gdzie rzędną korony progę przyjęto na rzędnej dna w przekroju przepustu.

### Badania przepustowości jazów

Badaniami przepustowości objęto cztery budowle piętrzące, zlokalizowane w dolnym odcinku rzeki Cybiny. Są to następujące jazy: jaz Antoninek (km 7+675), jaz Młyński (km 6+700), jaz Browarny (km 5+340), jaz Olszak (km 4+316 biegu rzeki).

Jazy zlokalizowane w dolnej części rzeki Cybiny są położone na stosunkowo krótkim odcinku. Posiadają bardzo zróżnicowane wymiary otworów przelewowych. Na przykład jaz Browarny posiada jedno przesłó o świetle 4 m, natomiast jaz Antoninek wyposażony jest w trzy przesłó o łącznej szerokości 12 m.

Oceny zdolności przepustowej badanych budowli dokonano przy założeniu, że przepuszczanie wód wielkich powinno się odbywać w sposób kontrolowany. Kontrola przepuszczania wód polega na manewrowaniu zamknięciami, przy utrzymywaniu normalnego poziomu piętrzenia. Przepływy prawdopodobne dla profili badanych budowli wyznaczono metodą analogii (wzór (1)). Ze względu na niewielki przyrost powierzchni zlewni można zaobserwować nieznaczne zróżnicowanie przepływów pomiędzy kolejnymi jazami. W przekroju budowli piętrzącej Staw Antoninek przepływy odpowiadają przepływom dla rzeki Cybiny w przekroju wodowskazowym zlokalizowanym w Antoninku.

W tabeli 3 zestawiono przepływy maksymalne o określonym prawdopodobieństwie pojawienia się, wyznaczone na podstawie obserwacji z wielolecia 1951-1990 w przekroju budowli piętrzących.

Wielkość przepływów miarodajnych i kontrolnych reguluje ROZPORZĄDZENIE... (1997). Dla stałych budowli nieulegających zniszczeniu przy przelaniu się przez nie wody wielkość przepływu miarodajnego jest uzależniona od klasy budowli. Cztery jazy, tj. Antoninek, Młyński, Browarny i Olszak, ze względu na wysokość piętrzenia  $< 5$  m,

Tabela 3. Przepływy maksymalne prawdopodobne dla rzeki Cybiny w przekrojach jazowych ( $m^3/s$ )  
 Table 3. Maximum probable discharges for the Cybina River for cross-sections with weirs ( $m^3/s$ )

Prawdopodobieństwo (%)	Staw Antoninek	Staw Młyński	Staw Browarny	Staw Olszak
0,1	8,32	8,42	8,54	8,60
1	6,00	6,08	6,17	6,22
5	4,34	4,39	4,46	4,49
10	3,61	3,65	3,71	3,73
50	–	1,75	1,78	1,79
100	0,67	0,43	0,44	0,44

są zaliczane do IV klasy budowli, dlatego przepływ miarodajny  $Q_m$  dla tych budowli będzie wyznaczany dla prawdopodobieństwa pojawienia się przepływu 3%, natomiast  $Q_k$  – dla 1%. W tabeli 4 zestawiono przepływy miarodajne  $Q_m$  i kontrolne  $Q_k$  dla badanych budowli.

Tabela 4. Przepływy miarodajne i kontrolne dla rzeki Cybiny w przekrojach jazowych  
 Table 4. Discharge of probability of 3% and 1% for the Cybina River for cross-sections with weirs

Jaz	$Q_{3\%}$ ( $m^3/s$ )	$Q_{1\%}$ ( $m^3/s$ )
Antoninek	4,86	6,00
Młyński	4,92	6,08
Browarny	4,99	6,17
Olszak	5,03	6,22

## Wyniki i ich analiza

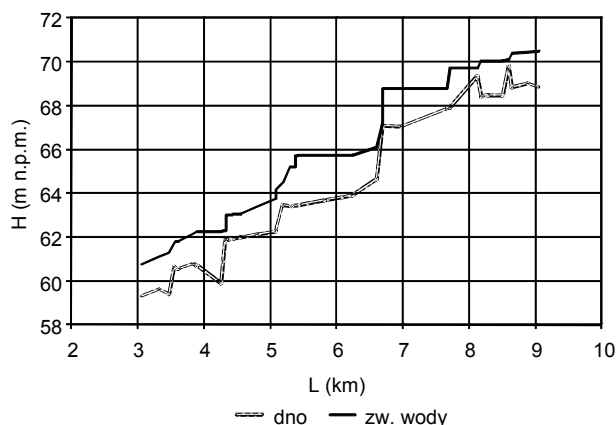
Zgodnie z decyzją wojewody wielkopolskiego z dnia 22 marca 2005 roku udzielono spółce Volkswagen Poznań pozwolenia wodnoprawnego na szczególne korzystanie z wód obejmujące wprowadzenie oczyszczonych wód opadowych do rzeki Cybiny w ilości  $Q_I = 2,092 m^3/s$ . Jednocześnie Volkswagen planuje zwiększenie zrzutu ścieków opadowych do  $Q_{II} = 3,532 m^3/s$ . Rodzi to obawy o zdolność przepustową doliny rzeki Cybiny oraz budowli usytuowanych poniżej punktu zrzutu deszczówki. Obliczenia przeprowadzono dla przepływu  $Q_{1\%}$  i  $Q_{10\%}$ . Wartości te zwiększono o maksymalny zrzut wód opadowych z fabryki VW w Antoninku –  $Q_{Imax} = 2,092 m^3/s$  oraz planowany maksymalny zrzut  $Q_{II} = 3,532 m^3/s$ . Zestawienie wszystkich wariantów badań przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Zestawienie wszystkich wariantów przepływów rzeki Cybiny w przekroju Malta  
 Table 5. Set of discharges variants for the Cybina River at the Malta cross-section

Wariant	Przepływ (m <sup>3</sup> /s)	Wariant	Przepływ (m <sup>3</sup> /s)
W1	$Q_{1\%} = 6,54$	W4	$Q_{10\%} = 3,93$
W2	$Q_{1\%} + Q_I = 6,54 + 2,092 = 8,632$	W5	$Q_{10\%} + Q_I = 3,93 + 2,092 = 6,022$
W3	$Q_{1\%} + Q_{II} = 6,54 + 3,532 = 10,072$	W6	$Q_{10\%} + Q_{II} = 3,93 + 3,532 = 7,462$

Na analizowanym odcinku rzeki Cybiny wyznaczono 44 przekroje. Każdemu przekrojowi przypisywano wartości współczynników szorstkości (dla dna koryta oraz dla skarp i terenów zalewowych). Wartości współczynników wyznaczono na podstawie zdjęć lotniczych oraz wyników obserwacji terenowych. Model został poddany procedurze tarowania dla wybranych zakresów przepływów i stanów obserwowanych w przekrojach wodowskazowych. Tarowanie modelu pozwoliło na weryfikację poprawności wyznaczenia współczynników szorstkości metodami przybliżonymi oraz ich kalibrację jako stałych modelu obliczeniowego. Przyjęto założenie, że model wytarowany dla stanów obserwowanych będzie dobrze opisywał zachowanie się obiektu dla przepływów miarodajnych i kontrolnych, dla których brak jest danych pomiarowych umożliwiających weryfikację modelu.

Zgodnie z przedstawioną wcześniej metodyką obliczenia są prowadzone od przekroju dolnego. Dla zadanych wariantów badań należało określić rzędną startową. Rzędne startowe dla kolejnych wariantów przepływu określono na podstawie krzywej natężenia przepływu, którą wyznaczono, znając geometrię przekroju, spadki podłużne oraz wartości współczynników szorstkości. Jako przykład ilustrujący uzyskane wyniki przedstawiono na rysunku 2 układ zwierciadła wody w wariantcie W3 (dla przepływu maksymalnego 10,072 m<sup>3</sup>/s). Po przeanalizowaniu wyników stwierdzić należy, że model



Rys. 2. Układ zwierciadła wody rzeki Cybiny na badanym odcinku w wariantcie W3 (dla przepływu 10,072 m<sup>3</sup>/s)

Fig. 2. Water table distribution for investigated section of the Cybina River for variant W3 (discharge 10.072 m<sup>3</sup>/s)

dobrze odwzorował badany odcinek rzeki, uwzględniając wszystkie straty lokalne na budowlach typu most oraz jazy, a także uwzględniając wpływ tychże budowli na zmiany spadków lokalnych wywołanych piętrzeniem na jazach. Straty na samych mostach były niewielkie – rzędu około 1 cm, jednak ich ilość na tym odcinku Cybiny rzutowała na konieczność ich uwzględnienia.

Obliczenia przepustowości wykonano dla wszystkich czterech budowli piętrzących. W założeniach analizy przepustowości jazów przyjęto całkowite podniesienie zamknięć oraz wzniesienie zwierciadła wody górnej do poziomu NPP. Zgodnie z powyższymi założeniami każdy jaz został odpowiednio zaklasyfikowany hydraulicznie. W tabeli 6 przedstawiono zestawienie uzyskanych wartości przepływów dla wszystkich jazów w odniesieniu do przepływów miarodajnych w normalnych warunkach eksploatacji.

Tabela 6. Wartości natężenia przepływu dla badanych budowli w normalnych warunkach eksploatacji w odniesieniu do przepływu miarodajnego

Table 6. Values of discharge for investigated weirs for normal conditions of working in regard to 1% probable discharge

Jaz	$Q_{1\%}$ (m <sup>3</sup> /s)	Sumaryczny wydatek przy NPP $Q$ (m <sup>3</sup> /s)	$(Q/Q_{1\%})100\%$ (%)
Antoninek	4,86	5,74 + 1,24 = 6,98	144
Młyński	4,92	16,10	327
Browarny	4,99	17,26	346
Olszak	5,03	19,9	396

Podobne zestawienie przepustowości jazów odniesiono do badanych wariantów przepływów wód wielkich oznaczonych jako W1, W2 i W3. Wyniki zaprezentowano w tabelach 7, 8 i 9.

Tabela 7. Wartości natężenia przepływu dla badanych budowli w normalnych warunkach eksploatacji w odniesieniu do przepływu w wariantcie W1

Table 7. Values of discharge for investigated weirs for normal conditions of working in regard to variant W1

Jaz	$Q_{1\%}$ (m <sup>3</sup> /s)	Sumaryczny wydatek przy NPP $Q$ (m <sup>3</sup> /s)	$(Q/Q_{1\%})100\%$ (%)
Antoninek	6,00	6,98	116
Młyński	6,08	16,10	265
Browarny	6,17	17,26	280
Olszak	6,22	19,9	320

Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń, tylko w wariantcie W1 (przepływ  $Q_{1\%}$ ) jaz w Antoninku jest w stanie przeprowadzić taką ilość wody. W pozostałych przypadkach przepustowość tej budowli jest niewystarczająca. Pozostałe jazy radzą sobie



Tabela 8. Wartości natężenia przepływu dla badanych budowli w normalnych warunkach eksploatacji w odniesieniu do przepływu w wariantcie W2

Table 8. Values of discharge for investigated weirs for normal conditions of working in regard to variant W2

Jaz	$Q_{1\%}$ (m <sup>3</sup> /s)	Sumaryczny wydatek przy NPP $Q$ (m <sup>3</sup> /s)	$(Q/Q_{1\%})100\%$ (%)
Antoninek	8,092	6,98	86
Młyński	8,172	16,10	197
Browarny	8,262	17,26	209
Olszak	8,312	19,9	239

Tabela 9. Wartości natężenia przepływu dla badanych budowli w normalnych warunkach eksploatacji w odniesieniu do przepływu w wariantcie W3

Table 9. Values of discharge for investigated weirs for normal conditions of working in regard to variant W2

Jaz	$Q_{1\%}$ (m <sup>3</sup> /s)	Sumaryczny wydatek przy NPP $Q$ (m <sup>3</sup> /s)	$(Q/Q_{1\%})100\%$ (%)
Antoninek	9,532	6,98	73
Młyński	9,612	16,10	167
Browarny	9,702	17,26	178
Olszak	9,752	19,9	204

znacznie lepiej, a ich przepustowość jest prawie dwukrotnie większa od wielkości badanych przepływów. Dodać wszakże należy, że chodzi tu o sytuacje bezpiecznego przepuszczania wód wielkich przy manewrowaniu zasuwami aż do ich pełnego podniesienia.

Należy zauważyć, że aby bezpiecznie przepuścić największy przepływ z górnego do dolnego stanowiska, bez obawy uszkodzenia budowli i stworzenia sytuacji niebezpiecznej, jazy nie spełniające warunków prawidłowej eksploatacji powinny być wyposażone w dodatkowe przęsło. Budowle wyposażone w zamknięcia powinny mieć co najmniej trzy przęsła. W przypadku jazów, których łączna długość przęseł lub przelewów nie przekracza 6,0 m, liczba otworów przelewowych może być zmniejszona do dwóch. Przy długości nie przekraczającej 2,0 m dopuszcza się jedno przęsło. Stwierdza się, że rozpiętość jazu Browarnego jest większa niż 2,0 m, a posiada on jedno przęsło o świetle 4,00 m. Warunkiem bezpiecznej eksploatacji w tym przypadku jest dodatkowy otwór przelewowy, najlepiej o stałej koronie. Podobna sytuacja dotyczy jazu Młyńskiego, którego łączna długość przęseł przekracza 6,0 m. Również w tym przypadku konieczne jest dodatkowe przęsło.

Niekorzystny wpływ na prawidłowy przepływ wody przez jaz mają zainstalowane na zasuwach biopaki (jaz Browarny, jaz Antoninek). Biopaki, w postaci koszuw drucianych, są zamocowane na całej długości górnej krawędzi zamknięcia od strony dolnej wody. W założeniu użytkownika mają one pomóc w natlenianiu przelewającej się wo-

dy. W koszach tych gromadzą się jednak przede wszystkim śmieci niesione przez wodę, np. liście, gałęzie i worki foliowe. Nie tylko utrudnia to przepływ wody, lecz także zwiększa ciężar zamknięć.

## Podsumowanie

W pracy przedstawiono wyniki modelowania numerycznego przepływu wód wielkich powiększonych o dodatkowy zrzut wód opadowych z terenu zakładu przemysłowego na dolnym odcinku rzeki Cybiny. Analiza otrzymanych wyników wskazuje, że możliwe jest bezpieczne przeprowadzenie założonych przepływów miarodajnych i kontrolnych w obrębie doliny zalewowej bez konieczności wykonywania dodatkowych prac regulacyjnych. Badania przepustowości zlokalizowanych na tym odcinku jazów i mostów wskazują, że większość budowli piętrzących również bezpiecznie przeprowadzi założone w obliczeniach przepływy. Wyjątkiem jest tutaj jaz Antoninek, który dla przepływu o prawdopodobieństwie 1% powiększonego o dodatkowy zrzut wód opadowych wymaga przebudowy i zwiększenia przepustowości.

## Literatura

- GOLDYN R., GRABIA J., 1998. Program ochrony wód rzeki Cybiny. Total-Druk, Poznań.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane gospodarki wodnej i ich usytuowanie z dnia 20 grudnia 1996 r. 1997.
- WOSIEWICZ B., 1979. Uwagi o numerycznej realizacji obliczeń rozdziału przepływu w korytach rozgałęzionych. Gosp. Wod. 4.
- WOSIEWICZ B., 1993. Komputerowe obliczenia hydrauliczne dla budownictwa wodnomelioracyjnego. Wyd. AR, Poznań.

## ANALYSIS OF FLOW CONDITIONS ON THE LOWER PART OF THE CYBINA RIVER FOR FLOOD WAVES

**Summary.** Analysis of flow transformation in the lower part of the Cybina River (from the Swarzędz reservoir km 9+061 to the Malta reservoir km 3+068) has been presented in the paper. Calculating of water table distribution for flood waves and analysis of capacity of weirs located on the Cybina River were also described. Discharges of probability of 1% and 10% increased by additional inflow of rainfall from Volkswagen factory have been taken into consideration. All weirs and bridges located on the lower part of the Cybina River were considered in numerical model created with aid of RUBIKON software. The model allowed to carry out several analyses of flow transformation for flood waves.

**Key words:** floodplain valleys, 1D steady state flow in open channels, weirs, bridges

Laks I., Kałuża T., 2009. Analiza warunków przepływu wód wielkich na dolnym odcinku rzeki Cybiny. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 3, #92.

---

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Ireneusz Laks, Katedra Mechaniki Budowli i Budownictwa Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94 E, 60-649 Poznań, Poland, e-mail: ilaks@up.poznan.pl*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

*10.07.2009*

*Do cytowania – For citation:*

*Laks I., Kałuża T., 2009. Analiza warunków przepływu wód wielkich na dolnym odcinku rzeki Cybiny. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 3, #92.*

