

TOMASZ KAŁUŻA¹, PAWEŁ ZAWADZKI¹, IRENEUSZ LAKS², TOMASZ TYMIŃSKI³

¹Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

²Katedra Mechaniki Budowli i Budownictwa Rolniczego

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

³Instytut Inżynierii Środowiska

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

WPLYW OKRESOWEGO PIĘTRZENIA WODY NA PRZEPIŁY W POZNAŃSKIM WĘZLE WODNYM

INFLUENCE OF PERIODIC WATER LEVEL INCREASE ON FLOW
IN POZNAŃ WATER WAYS SYSTEM

Streszczenie. W latach 1968-1972 zrealizowano inwestycję pod nazwą „Przebudowa węzła wodnego w Poznaniu”, jednak od kilku lat trwa dyskusja o odtworzeniu Zakola Chwaliszewskiego Warty zasypanego w wyniku tych prac. W artykule przedstawiono wyniki obliczeń hydraulicznych, w których rozpatrzono lokalizację jazu w dwóch różnych przekrojach rzeki, oraz wstępnie określono wysokości niezbędnego piętrzenia i zakres jego oddziaływania na poznańskim odcinku Warty. Do analizy warunków przepływu rzeki Warty na odcinku Poznańskiego Węzła Wodnego (PWW) wykorzystano dwa programy przeznaczone do jednowymiarowych obliczeń hydraulicznych, analizy i prognozowania przepływów nieustalonych: HEC-RAS i SPRuNeR. Lokalizacja jazu w obu rozpatrywanych lokalizacjach pozwoli na wypełnienie głównego koryta Warty wodą, zwiększenie minimalnych głębokości, wody a tym samym podniesienie walorów architektonicznych i rekreacyjnych rzeki. W obu przypadkach przewiduje się, że piętrzenie wody konieczne jest tylko w okresie przepływów mniejszych niż 100 m³/s, czyli przy przepływach niskich i średnich. Wybudowanie jazu nie może utrudniać żeglugi ani migracji ryb, dlatego muszą powstać dwa obiekty towarzyszące: śluza i przepławka dla ryb.

Słowa kluczowe: rzeka Warta, model matematyczny, Poznański Węzeł Wodny

Wstęp

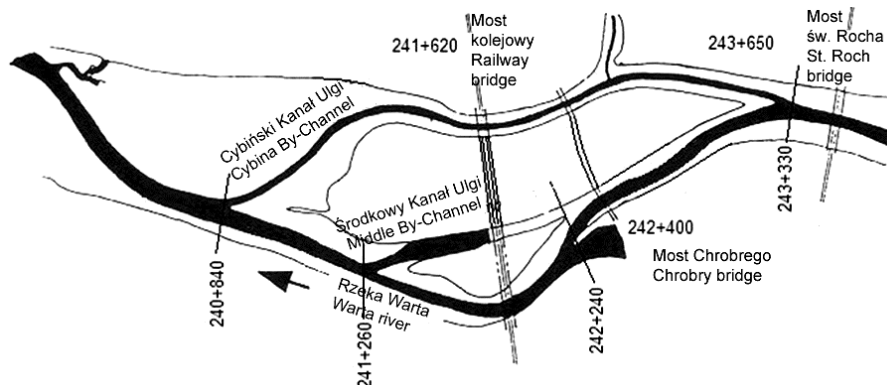
W latach 1968-1972 zrealizowano inwestycję pod nazwą „Przebudowa węzła wodnego w Poznaniu”. Inwestycja ta miała trzy główne cele: przepuszczenie wód przez miasto w sposób całkowicie nieszkodliwy dla Starego Miasta i zabytkowych obiektów na Ostrowie Tumskim, poprawienie warunków żeglugowych poprzez likwidację ostrego Zakola Chwaliszewskiego oraz poprawienie ogólnej estetyki miasta, posiadającego w centrum szereg koryt rzecznych i kanałów ulgi, o nienajlepszym stanie technicznym i sanitarnym.

Od kilku lat trwa dyskusja o odtworzeniu Zakola Chwaliszewskiego Warty zasypanego w wyniku tych prac. Autorzy artykułu już wcześniej wskazywali na hydrauliczne uwarunkowania odtworzenia zakola oraz zaproponowali różne warianty przekroju poprzecznego koryta (KAŁUŻA i IN. 2009, ZAWADZKI i IN. 2009). Wyniki przeprowadzonych obliczeń wskazywały na problemy związane z bardzo niskimi stanami wody trzech kanałów Poznańskiego Węzła Wodnego (PWW) przy przepływach niżówkowych oraz na nieproporcjonalnie duży udział Cybińskiego Kanału Ulgi w przeprowadzeniu wód powodziowych. Aby zapewnić napelnienie koryt wodą oraz sterować rozdziałem przepływu na poszczególne koryta PWW, rozpatruje się stałe lub okresowe podniesienie zwierciadła wody w Warcie. W pracy przedstawiono wyniki obliczeń hydraulicznych, w których rozpatrzono lokalizację jazu w dwóch różnych przekrojach rzeki oraz wstępnie określono wysokości niezbędnego piętrzenia i zakres jego oddziaływania na poznańskim odcinku Warty.

Model przepływów rzeki Warty na odcinku Poznańskiego Węzła Wodnego

Do analizy warunków przepływu rzeki Warty na odcinku Poznańskiego Węzła Wodnego (PWW) wykorzystano dwa programy przeznaczone do jednowymiarowych obliczeń hydraulicznych, analizy i prognozowania przepływów nieustalonych HEC-RAS (ang. *Hydrologic Engineering Centers – River Analysis System*) i SPRuNeR. Program HEC-RAS został opracowany przez US Army Corps of Engineers na potrzeby modelowania zjawisk związanych z ochroną przeciwpowodziową i wyznaczeniem stref zalewu. Od 1995 roku program udostępniany jest nieodpłatnie (THE HYDROLOGIC... 2012). Program SPRuNeR powstał w ramach projektu badawczego realizowanego na Wydziale Melioracji i Inżynierii Środowiska Akademii Rolniczej w Poznaniu od połowy 1993 do 1995 roku (WOSIEWICZ i IN. 1996). Programem tym wykonano szereg obliczeń przepływu przez Poznański i Kaliski Węzeł Wodny historycznych fal wezbraniowych o różnym prawdopodobieństwie wystąpienia (LAKS i IN. w druku).

W roku 2007 wykonano obliczenia przepustowości Poznańskiego Węzła Wodnego z uwzględnieniem koncepcji odtworzenia przekrojów Zakola Chwaliszewskiego (PRZEDWOJSKI i IN. 2007). W obliczeniach tych przyjmowano początek Zakola Chwaliszewskiego o długości 720 m w przekroju 242+290 (ok. 200 m poniżej rozdziału koryt Warty i Cybińskiego Kanału Ulgi, por. rys. 1), a zakończenie – w rejonie basenu portowego w przekroju 242+900. Spadek podłużny Zakola zaprojektowano jako równy spadkowi Warty na tym odcinku: 0,13‰ (ZAWADZKI i IN. 2009). Wartości te przyjęto również w prezentowanych obliczeniach.



Rys. 1. Schemat Poznańskiego Węzła Wodnego
Fig. 1. Poznań Water Ways System scheme

Przy budowie modelu matematycznego Warty wykorzystano dostępne informacje dotyczące zabudowy i geometrii poszczególnych przekrojów poprzecznych. W programie SPRuNeR wykorzystano wcześniej opracowany model matematyczny rzeki Warty o długości 136,3 km, który rozpoczynał się od przekroju Nowa Wieś Podgórna (km 342+600) i kończył w przekroju Oborniki (km 206+300). Do obliczeń programem HEC-RAS przygotowano model koryta o długości 83 km, tzn. od Śremu (km 289+000) do Obornik. W prezentowanych obliczeniach model PWW opisano 10 przekrojami dolinowymi (koniec węzła przyjęto w km 239+440 – most Lecha, początek w km 243+650 – most Rocha).

W obliczeniach zróżnicowano wartości współczynników szorstkości dla koryta głównego i terenów zalewowych: zmieniały się one od 0,020 do 0,0585 $m^{-1/3} \cdot s$. Te same wartości współczynników szorstkości wykorzystano wielokrotnie w obliczeniach przepustowości rzeki Warty, a weryfikowane były m.in. na podstawie symulacji fali powodziowej w 1979 roku.

Obliczenia wykonano dla trzech wartości przepływów: w strefie przepływów niskich: $\leq 50 \text{ m}^3/\text{s}$, średnich: $\leq 102 \text{ m}^3/\text{s}$ oraz średnich wielkich: około $305 \text{ m}^3/\text{s}$. Przepływy charakterystyczne i przepływy o określonym prawdopodobieństwie przyjęto na podstawie opracowania PRZEDWOJSKIEGO i IN. (2007).

Obliczenia przeprowadzono przy założeniu quasi-ustalonego przepływu. Za górny warunek brzegowy przyjęto hydrogram przepływów w km 289+000. Hydrogram ten utworzono, zakładając, że stały przepływ obliczeniowy (por. tab. 1) będzie trwał kilka dni, po czym natężenie przepływu będzie zwiększane do wartości odpowiadającej kolejnemu przepływowi. Uniknięto w ten sposób konieczności budowy osobnego modelu dla każdego przepływu. Za dolny warunek brzegowy przyjęto związek między napełnieniem a natężeniem przepływu w km 206+300.

Na podstawie analizy wyników wcześniejszych obliczeń rozpatrzono dwie lokalizacje jazu piętrzącego wody Warty na poznańskim odcinku rzeki.

W pierwszej z nich jaz zlokalizowano w km 239+440 (most Lecha), poniżej połączenia wszystkich koryt. Maksymalny poziom korony przelewu założono na 51,4 m

Tabela 1. Zestawienie przepływów wykorzystanych do obliczeń układu zwierciadła wody
 Table 1. Statement of flows used in computation of water level

Symbol przepływu Symbol of flow	Wielkość przepływu Size of flow	Natężenie przepływu Flow rate (m ³ /s)
SNQ	Średni niski Medium low	39,6
SQ	Średni Medium	102,0
SWQ	Średni wielki Medium high	305,0
Q _{1%}	„Woda stuletnia” “100-year water”	835,0
Q _{0,1%}	„Woda tysiącletnia” “1000-year water”	1 120,0

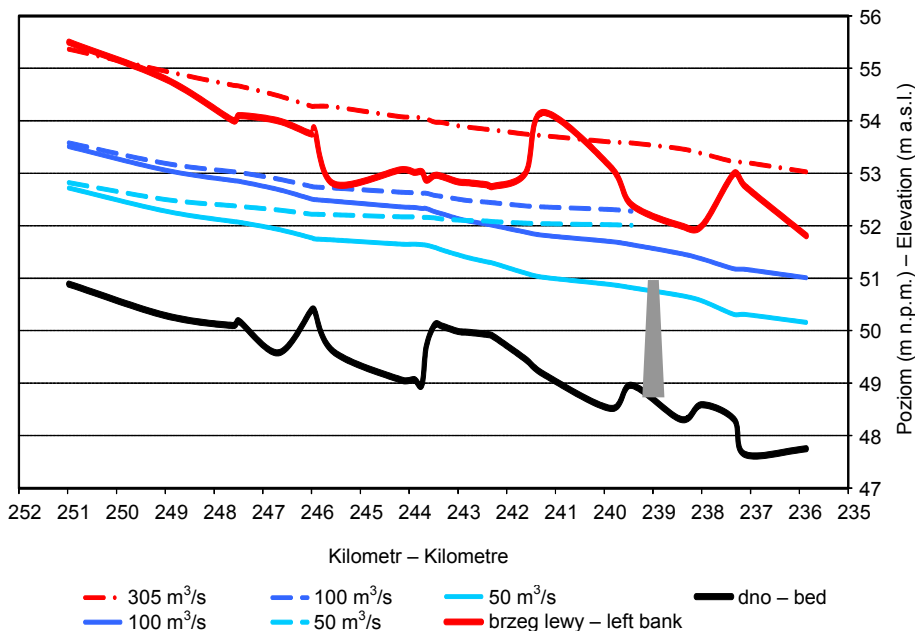
n.p.m., około 2,4 m ponad dnem (OLEJNIK 2009). Przyjęto, że powinien być to jaz o prostej konstrukcji, piętrzący wody Warty tylko przy przepływach niskich i średnich (por. tab. 1). Przyjęto, że długość korony przelewu ma 66 m.

Jako drugą lokalizację jazu wskazano przekrój 241+620 (most kolejowy na Garbarach) głównego koryta Warty, opływającego Ostrów Tumski po stronie zachodniej. Zaproponowano również wykorzystanie Cybińskiego Kanału Ulgi jako przepławki dla ryb. Obliczenia NOWAKOWSKIEGO (2012) wykazały, że progi piętrzące o wysokości piętrzenia 1,5 m i 2 m wywołują zbyt duże natężenia i prędkości przepływu w Cybińskim Kanale Ulgi, szczególnie przy średnim niskim (SNQ) i średnim (SQ) przepływie. Z tych względów optymalny okazał się próg o wysokości 1 m (korona przelewu na rzędnej 50,5 m n.p.m.).

Piętrzenie Warty w km 239+440 (most Lecha)

Obliczenia wykonano dla czterech wariantów: **wariant 0** – obecny układ koryt PWW, **wariant I** – obecny układ koryt PWW i piętrzenie wody w km 239+440, **wariant II** – odtworzenie Zakola Chwaliszewskiego w PWW, **wariant III** – odtworzenie Zakola Chwaliszewskiego w PWW i piętrzenie wody w km 239+440. Wszystkie obliczenia wykonano programem HEC-RAS.

Przy obecnym stanie kanałów Poznańskiego Węzła Wodnego (**wariant 0**), dla przepływów 50 m³/s i 100 m³/s, woda mieści się w korycie głównym i dopiero przy wzroście natężenia przepływu do 305 m³/s zaczyna rozlewać się na tereny zalewowe. Piętrzenie wody przez przelew o stałej koronie w km 239+440 spowodowało podniesienie się poziomu wody o 0,78 m i 0,42 m (rys. 2) w porównaniu ze stanami wody przy braku piętrzenia i przepływach, odpowiednio, 50 m³/s i 100 m³/s.



Rys. 2. Profil podłużny poznańskiego odcinka Warty z jazem w km 239+440
Fig. 2. Longitudinal profile of the Poznań section of the Warta river with a weir at km 239+440

W wariantach **II** i **III** otworzenie Zakola nie spowodowało istotnych zmian wysokości zwierciadła wody w porównaniu z wariantami **0** i **I**. Wpływ piętrzenia wód rzeki Warty (warianty **I** i **III**) występuje na długości 15,6 km, tzn. od przekroju jazu w km 239+440 do km 255+000. Na odcinku uzyskano podniesie zwierciadła wody (profil podłużny) oraz zmniejszenie obliczonych wartości średnich prędkości w przekroju mniej więcej o 50% w porównaniu z wartościami obliczonymi w **wariantcie 0** (tab. 2).

Tabela 2. Natężenia przepływu (Q) i prędkości wody (v) w korytach PWW
Table 2. Flow rates (Q) and velocity of water (v) in the Poznań Water Ways Systems' channels

Wariant Variant	Koryto Channel	Przepływ 50 m ³ /s Flow 50 m ³ /s			Przepływ 100 m ³ /s Flow 100 m ³ /s		
		Q (m ³ /s)	v (m/s)	%	Q (m ³ /s)	v (m/s)	%
1	2	3	4	5	6	7	8
0	Warta – Kanał Główny Warta river – Main Channel	44,20	0,85	88,40	81,69	0,97	81,69
	Cybiński Kanał Ulgi Cybina By-Channel	5,80	0,38	11,60	18,31	0,54	18,31

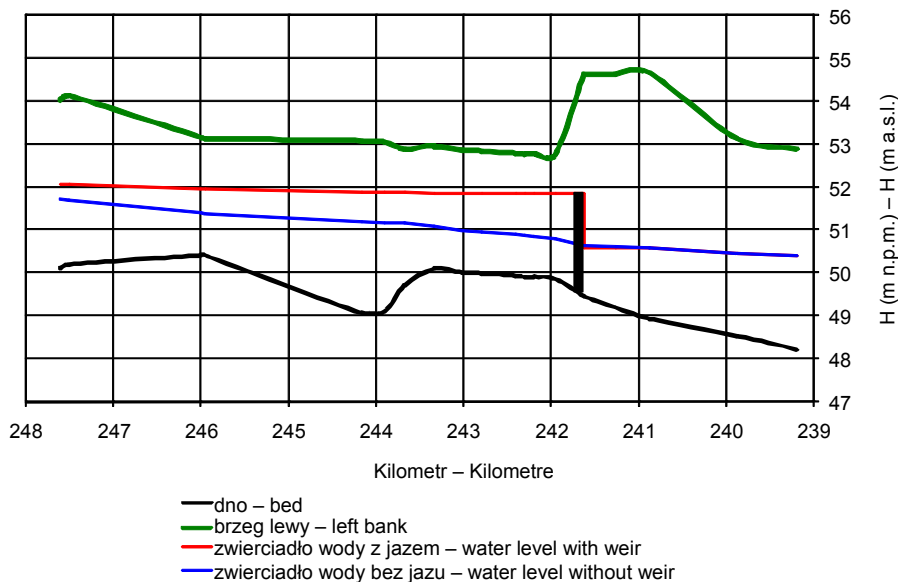
Tabela 2 – cd. / Table 2 – cont.

1	2	3	4	5	6	7	8
	Zakole Chwaliszewskie Chwaliszewo Meander	–	–	–	–	–	–
I	Warta – Kanał Główny Warta river – Main Channel	40,67	0,47	81,34	81,90	0,79	81,90
	Cybiński Kanał Ulgi Cybina By-Channel	9,33	0,26	18,66	18,10	0,39	18,10
	Zakole Chwaliszewskie Chwaliszewo Meander	–	–	–	–	–	–
II	Warta – Kanał Główny Warta river – Main Channel	42,04	0,81	84,08	77,07	0,91	77,07
	Cybiński Kanał Ulgi Cybina By-Channel	5,48	0,36	10,96	17,43	0,51	17,43
	Zakole Chwaliszewskie Chwaliszewo Meander	2,48	0,37	4,96	5,50	0,41	5,50
III	Warta – Kanał Główny Warta river – Main Channel	38,42	0,44	76,86	76,14	0,70	76,14
	Cybiński Kanał Ulgi Cybina By-Channel	8,82	0,25	17,62	19,93	0,43	19,93
	Zakole Chwaliszewskie Chwaliszewo Meander	2,76	0,20	5,52	3,93	0,22	3,93

We wszystkich wariantach obliczeń znacznie maleje udział Cybińskiego Kanału Ulgi w przeprowadzeniu wód. Jest to związane z przyjęciem do obliczeń rzeczywistych przekrojów kanału, który obecnie jest mocno zarośnięty i zasypany rumowiskiem (OLEJNIK 2009).

Piętrzenie Warty w km 241+620 (most kolejowy na Garbarach)

Obliczenia wykonano programem SPRuNeR, w którym odtworzono obecny układ koryt Poznańskiego Węzła Wodnego w wariantach bez piętrzenia i z piętrzeniem. Jak wspomniano, przyjęto, że wysokość piętrzenia jazu położonego w km 241+620 wynosi 1,0 m. Analiza wyników obliczeń wykazała, że przy takim piętrzeniu, w najbardziej newralgicznym punkcie na odcinku za mostem św. Rocha (km 243+330), przy przepływie równym 39 m³/s, głębokość podniosła się do bezpiecznego poziomu 1,3 m, co w wystarczającym stopniu poprawia warunki do żeglugi statków o małym zanurzeniu (rys. 3). Taki układ zwierciadła wody w korycie Warty powinien zaspokoić potrzeby przystani sprzętu wodnego lub portu jachtowego, których budowę planuje się w przyszłości. Zmienione warunki hydrauliczne wywołane piętrzeniem pozwalają również na wykorzystanie Cybińskiego Kanału Ulgi jako przepławki dla ryb.



Rys. 3. Profil podłużny poznańskiego odcinka Warty z progiem w km 241+620

Fig. 3. Longitudinal profile of the Poznań section of the Warta river with a solid weir at km 241+620

Przegrodzenie koryta Warty na Kanale Głównym jazem położonym w km 241+620 spowoduje zwiększenie przepływu wody w Cybińskim Kanale Ulgi. Podział przepływów charakterystycznych: przepływu niskiego (NQ), przepływu średniego, niskiego (SNQ) oraz przepływu średniego (SQ) na oba kanały prezentuje tabela 3.

Tabela 3. Podział przepływów dla Kanalu Głównego Warty i Cybińskiego Kanalu Ulgi (m^3/s)
Table 3. Distribution of flows on the Warta river Main Channel and Cybina By-Channel (m^3/s)

Przepływ Flow	Kanał Główny Warty Warta river Main Channel	Cybiński Kanał Ulgi Cybina By-Channel
Stan aktualny (bez prog) – Present state (without solid weir)		
NQ – 13	8,52	4,48
SNQ – 39	26,58	12,42
SQ – 102	67,95	34,05
Próg wysokości 1 m – Solid weir 1 m high		
NQ – 13	2,56	10,44
SNQ – 39	18,78	20,22
SQ – 102	62,87	39,13

Budowa jazu piętrzącego na Kanale Głównym spowoduje przegrodzenie głównego koryta Warty. W takiej sytuacji konieczne staje się wytyczenie alternatywnej drogi migracyjnej dla ryb wędrujących w górę rzeki. Problem ten jest bardzo istotny, gdyż piętrzenie będzie funkcjonowało szczególnie przy średnich przepływach, kiedy w rzece panują optymalne warunki do podjęcia wędrówki przez słabsze gatunki ryb (LUBIENIECKI 2002).

Próg piętrzący został zlokalizowany na 241,620 km lewej odnogi głównego koryta Warty, opływającej Ostrów Tumski. W obecnym układzie systemu Poznańskiego Węzła Wodnego świetnym rozwiązaniem jest wykorzystanie Cybińskiego Kanału Ulgi jako przepławki w formie obejścia (por. rys. 1).

Piętrzenie o wysokości 1 m na progu zwiększy przepływ wody przez kanał ulgowy (tab. 3). Taka zmiana wpływa na warunki hydrauliczne przepływu wody na odcinku kanału ulgi, w tym na wzrost prędkości wody w poszczególnych przekrojach. Wzrost prędkości wody może być na tyle duży, że mimo drożności kanału to prędkość wody będzie największą barierą migracyjną dla ryb (LUBIENIECKI 2002), dlatego w toku dalszych badań niezbędne staje się wykonanie obliczeń prędkości przepływu wody.

Podsumowanie

Lokalizacja jazu w obu rozpatrywanych przekrojach pozwoli na wypełnienie głównego koryta Warty wodą, zwiększenie minimalnych głębokości wody, a tym samym podniesie walory architektoniczne i rekreacyjne rzeki. W obu przypadkach przewiduje się, że piętrzenie wody konieczne będzie tylko w okresie przepływów mniejszych niż $100 \text{ m}^3/\text{s}$, czyli przy przepływach niskich i średnich. Jednocześnie trzeba zwrócić uwagę na to, aby elementy stałe jazu jak najmniej oddziaływały na przepływy większe niż $300 \text{ m}^3/\text{s}$. Próg stały jazu powinien się znajdować na tyle nisko, aby poza okresem piętrzenia możliwe było płukanie stanowiska górnego z nagromadzonego rumowiska. Z uwagi na proporcje otworu przelewowego (duża rozpiętość i stosunkowo mała wysokość) bardzo dobrym rozwiązaniem byłoby wykonanie jazu elastycznego (jaz przeponowy). Zaproponowane piętrzenia i wywołane nimi podniesienia zwierciadła wody na poznańskim odcinku Warty nie powinny mieć wpływu na działanie innych budowli hydrotechnicznych i infrastruktury technicznej wzdłuż rzeki.

Wybudowanie jazu nie może utrudniać żeglugi ani migracji ryb, dlatego muszą powstać dwa obiekty towarzyszące: śluza i przepławka dla ryb. W przypadku piętrzenia w wariantcie km 239+440 takie obiekty hydrotechniczne powstaną blisko jazu, natomiast w przypadku lokalizacji jazu w km 241+620 rolę przepławki pełnić może Cybiński Kanał Ulgi, a wtedy służę żeglugową można wybudować w częściowo suchym obecnie Środkowym Kanale Ulgi.

Literatura

THE HYDROLOGIC Engineering Centers River Analysis System. 2012. HEC-RAS, Davis, CA. [<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>].

Kałuza T., Zawadzki P., Laks I., Tymiński T., 2013. Wpływ okresowego piętrzenia wody na przepływy w Poznańskim Węźle Wodnym. *Nauka Przyr. Technol.* 7, 2, #27.

- KALUŻA T., LAKS I., ZAWADZKI P., 2009. Hydraulic factors conditioning the reconstruction of the Chwaliszewo Meander in the Poznań Waterways System. W: *Water in the townscape*. Red. A. Januchta-Szostak. Vol. 2. Wyd. PP, Poznań: 91-100.
- LAKS I., KALUŻA T., SOJKA M., WALCZAK Z., WRÓZYŃSKI R., w druku. Problems with modelling water distribution in open channels with hydraulic engineering structures. *Rocz. Ochr. Środ.* 15.
- LUBIENIECKI B., 2002. *Przeplawki i drożność rzek*. Wyd. IRŚ, Olsztyn.
- NOWAKOWSKI J., 2012. Koncepcja wykorzystania Cybińskiego Kanału Ulgi w ramach planowanej przebudowy Poznańskiego Węzła Wodnego. *Maszynopis*. Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej UP, Poznań.
- OLEJNIK M., 2009. Wpływ piętrzenia Warty na układ zwierciadła wody Poznańskiego Węzła Wodnego. *Maszynopis*. Katedra Budownictwa Wodnego UP, Poznań.
- PRZEDWOJSKI B., KALUŻA T., ZAWADZKI P., 2007. Analiza układu zwierciadła wody rzeki Warty na odcinku Poznańskiego Węzła Wodnego. Umowa nr 22/2007/U z Urzędem Miasta Poznania, Wydziałem Urbanistyki i Architektury. *Maszynopis*. Katedra Budownictwa Wodnego AR, Poznań.
- WOSIEWICZ B., LAKS I., SROKA Z., 1996. Computer system of flow simulation for the Warta river. *Pr. Nauk. Inst. Geotech. Hydromech.* P. Wroc. 71, Ser. Konf. 38: 143-156.
- ZAWADZKI P., KALUŻA T., LAKS I., 2009. Hydrauliczne uwarunkowania odtworzenia Zakola Chwaliszewskiego w obrębie Poznańskiego Węzła Wodnego. *Nauka Przyr. Technol.* 3, 3, #108.

INFLUENCE OF PERIODIC WATER LEVEL INCREASE ON FLOW IN POZNAŃ WATER WAYS SYSTEM

Summary. In the period 1968-1972, a project named “Rebuilding of the Poznań Water Ways System” was carried out. Within the scope of the project the Chwaliszewo Meander of the Warta river was cut off and covered. A discussion about reconstruction of Chwaliszewo Meander has been run for many years. The results of hydraulic computations of the influence of a weir on water table distribution in Poznań Water Ways System have been presented in the paper. Two different localizations of the weir were considered. Initial maximum water level of upper side of the weir was calculated. The influence of damming up on water level distribution in the Poznań Water Ways System was analysed. One-dimensional unsteady open channel flow computer systems HEC-RAS and SPRuNeR were used to carry out calculations. Building the weir, regardless of its localization, allows to raise water level in the main channel of the Warta river, increase minimum water depth and point to the architecture and recreation values of the Warta river. It is assumed that damming up is necessary only for flow rate below $100 \text{ m}^3/\text{s}$ in both localizations of the weir. The weir in focus should not create obstacles to the inland navigation and fish migration. To meet these requirements two additional hydraulic constructions must be projected: sluice and fish migration water gate.

Key words: the Warta river, mathematical model, Poznań Water Ways System

Kałuża T., Zawadzki P., Laks I., Tymiński T., 2013. Wpływ okresowego piętrzenia wody na przepływy w Poznańskim Węźle Wodnym. *Nauka Przyr. Technol.* 7, 2, #27.

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Tomasz Kałuża, Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94, 60-649 Poznań, Poland, e-mail: kaltom@gmx.net

Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:

4.03.2013

Do cytowania – For citation:

*Kałuża T., Zawadzki P., Laks I., Tymiński T., 2013. Wpływ okresowego piętrzenia wody na przepływy w Poznańskim Węźle Wodnym. *Nauka Przyr. Technol.* 7, 2, #27.*