

## **Rola Zbiornika Czorsztyńskiego na Dunajcu w ochronie przeciwpowodziowej w 1997 r.\***

The role of the Czorsztyń Reservoir in protection against downstream flooding in 1997\*

JANUSZ ŻELAZIŃSKI

*Emerytowany pracownik Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie*

**Abstract.** The aim of this article is to evaluate the contribution of the Czorsztyń reservoir to flood control. The reduction of maximum water level at the section of 70 kilometers downstream the dam was calculated using data collected during the big flood of 1997 and computer simulations. The reduction of maximum water level strongly depends on the shape of river cross sections. When considering flat cross sections, the effect of water level reduction directly after the dam wall was relatively small and of about 1 meter. The water level reduction for steep cross sections of the river achieved 3 meters. The important reduction was observed only at the distance of 40 kilometers downstream the reservoir. However, in the lower stretches of the Dunajec river, down the confluence with several mountain streams, the reduction was generally neglected. The simulation performed for another big flood of 1958 confirmed the results calculated for the 1997 flood.

**Key words:** dams, discharge of the Dunajec River, floods, flood control

### WSTĘP

O projekcie wybudowania zbiornika retencyjnego na Dunajcu w okolicach Czorsztyń dowiedziałem się podczas studiów na Wydziale Budownictwa Wodnego Politechniki Warszawskiej w latach 50. XX w. Związany z regionem Pienin interesowałem się tą inwestycją. Obawiałem się dewastacji pięknej rzeki, zwłaszcza, że niektóre rozważane warianty projektu były niezwykle inwazyjne w stosunku do środowiska, np. pomysł wybudowania sztolni pod

Pieninami omijającej Przełom Dunajca. Nie mniej podczas studiów wykładowcy, wybitni hydrotechnicy przekonywali mnie i moich kolegów o licznych korzyściach z inwestycji, takich jak likwidacja powodzi, energetyka, alimentacja Dunajca i Wisły w okresach suszy. Po studiach podczas wieloletniej pracy w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW) w Warszawie brałem udział w wielu projektach poświęconych zbiornikom retencyjnym, traktowanym jako najlepszy z możliwych sposobów rozwiązywania problemów gospodarki wodnej. Przekonanie o bezdyskusyjnych korzyściach z budowy zbiorników retencyjnych podziela do dzisiaj większość inżynierów budownictwa wodnego.

\* Referat wygłoszony na konferencji naukowej „Pieniny – Przyroda – Zmiany”, 14.10.2010 r. w Spiskiej Starej Wsi na Słowacji.

## WYNIKI

*Modelowanie pracy zbiornika*

W 1979 roku zostałem kierownikiem Pracowni Hydrologii Tatr w Zakładzie Hydrologii i Meteorologii Tatr IMGW w Zakopanem. Głównym zadaniem mojego zespołu było opracowanie i wdrożenie systemu prognozowania dopływu do budowanego Zbiornika Czorsztyńskiego. Zajmowaliśmy się również wykorzystaniem prognoz hydrologicznych do sterowania odpływem ze zbiornika w okresie powodzi. W okresie mojej pracy w Zakopanem (1979–1984) nastąpił szybki rozwój technik symulacji komputerowej pozwalających prognozować dopływ do zbiorników retencyjnych oraz realistycznie oceniać efekty ich pracy. Wstępne wyniki badań opisałem w oddzielnej publikacji (Żelaziński 1984).

Wyniki modelowania pracy zbiornika były deprymujące. Podstawową barierą uniemożliwiającą dobre sterowanie falą powodziową okazał się brak ilościowych prognoz opadu niezbędnych dla postawienia trafnej prognozy dopływu do zbiornika. Pomimo upływu kilkudziesięciu lat, wykorzystaniu zdjęć satelitarnych, radarów meteorologicznych, superkomputerów i rozwiniętych modeli numerycznych, sytuacja nie uległa poprawie. Ilościowe prognozy opadu opracowywane aktualnie przez wiodące służby meteorologiczne są mało przydatne w prognozach hydrologicznych (Żelaziński, Mierkiewicz 2008). Brak trafnej prognozy dopływu do zbiornika oraz dopływów do rzeki głównej poniżej zbiornika bardzo utrudnia skuteczne sterowanie odpływem ze zbiornika w okresie powodzi. Sterowanie w sytuacji, gdy prognoza dopływu obciążona jest wielkimi błędami, czyli sterowanie w warunkach niepewności, jest zadaniem niezwykle skomplikowanym, wymagającym wykorzystania wyrafinowanych technik matematycznych i obliczeniowych.

W latach 1993–1998 prowadziłem na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej (w Instytucie Automatyki i Informatyki Stosowanej) dwa duże projekty badawcze poświęcone tej problematyce (Żelaziński i in. 1995, 1998). Dzięki współpracy zespołu wybitnych specjalistów z dziedziny stochastycznej teorii sterowania osiągnięto znaczący

postęp. Nie mniej wyrafinowane techniki obliczeniowe nie mogą zastąpić braku informacji, to znaczy trafnej prognozy. Poprzez setki symulacji wykazano, że duży zbiornik retencyjny (taki jak Zbiornik Czorsztyński) może znacząco obniżyć wysokość kulminacji fali powodziowej tylko na ograniczonym odcinku rzeki poniżej zapory. W miarę oddalania się od zapory redukcja kulminacji fali szybko zanika i staje się niezauważalna, gdy powierzchnia zlewni staje się 3–4 krotnie większa od powierzchni zlewni zamkniętej zaporą. Jest to wynik daleki od oczekiwań zwolenników budowy zbiorników. Biorąc udział w seminariach naukowych wielokrotnie podkreślałem ten fakt, co budziło niedowierzanie i protesty. Podczas prezentacji wyników symulacji oddziaływania Zbiornika Czorsztyńskiego na fale powodziowe Dunajca kilka lat przed wybudowaniem zbiornika, sformułowałem następującą tezę: „*gdyby cały odpływ ze zbiornika skierować kanałem do innej rzeki, np. do Dunaju, to w Nowym Sączu byłoby to niezauważalne*”. Słuchacze potraktowali to jako żart.

Powódź w 1997 roku wykazała, że miałem rację. W momencie nadejścia fali powodziowej zbiornik był ukończony i znajdował się w fazie napełniania. Po skończeniu powodzi wśród zwolenników zbiornika zapanowała euforia. Jeden z wysokich urzędników państwowych stwierdził nawet, że zbiornik uratował przed powodzią Kraków, położony 100 kilometrów powyżej ujścia Dunajca do Wisły! (Fot. 1).

*Ekspertyza sejmowa*

Wkrótce po powodzi (1997) Sejmowa Komisja Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa zleciła zespołowi IMGW zbadanie faktycznego wpływu Zbiornika Czorsztyńskiego na falę powodziową. W wyniku zlecenia została opracowana ekspertyza pt. „Ocena roli zbiorników wodnych w Czorsztynie-Niedzicy w ochronie przeciwpowodziowej w lipcu 1997 r.” (Bobiński i in. 1997).

Powódź spowodowała, iż główna korzyść z budowy zbiornika, tj. zmniejszenie szkód powodziowych, przestała być przedmiotem spekulacji i możliwa stała się obiektywna analiza oparta na faktach. W ramach ekspertyzy uzyskano odpowiedź na dwa kluczowe pytania:



**Fot. 1.** Powódź na Dunajcu w 1997, przelew na zaporze pod Niedzicą, 9.07.1997 r. (Fot. K. Karwowski)

**Phot. 1.** Flood on the Dunajec river in 1997, side channel spillway at Niedzica dam, 9 July 1997. (Phot. K. Karwowski)

1. Jaką redukcję maksymalnych stanów wody podczas lipcowej powodzi 1997 roku spowodował Zbiornik Czorsztyński w kolejnych profilach Dunajca i Wisły?

2. Jaka jest oczekiwana powtarzalność możliwości uzyskiwania podobnych efektów podczas dalszej eksploatacji zbiornika?

W ekspertyzie wykorzystano następujące dane:

- wyniki obserwacji stanów wody na wodowskazie IMGW Nowy Targ – Kowaniec (kontrolującym dopływ do zbiornika),
- wyniki obserwacji stanów wody w kolejnych profilach wodowskazowych Dunajca i jego głównych dopływów,
- krzywe konsumcyjne, tj. związki pomiędzy stanami wody i przepływami w/w profilach wodowskazowych,
- notowania odpływów ze Zbiornika Sromowieckiego (jest to zbiornik wyrównawczy, położony bezpośrednio poniżej zapory w Czorsztynie, którego odpływ jest wynikiem działania systemu zbiorników Czorsztyń–Sromowce),

- krzywe pojemności Zbiornika Czorsztyńskiego (tj. zależności pomiędzy rzędną zwierciadła wody w zbiorniku i objętością zmagazynowanej w zbiorniku wody),
- notowania poziomów zwierciadła wody w zbiorniku.

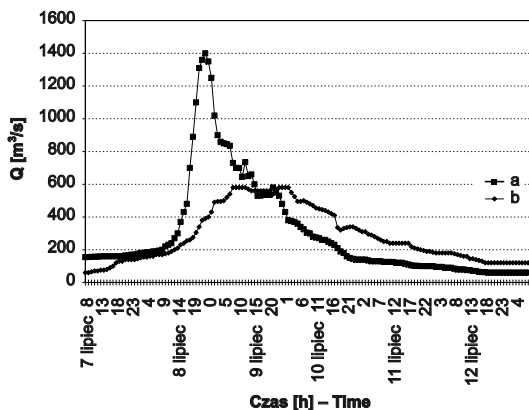
W celu weryfikacji wyników otrzymanych dla powodzi z lipca 1997 r., podobnymi badaniami objęto falę powodziową z przełomu czerwca i lipca 1958 r. (jedną z największych w stuleciu). Ponieważ w 1958 r. nie istniał zbiornik w Czorsztynie, założono dla potrzeb symulacji, iż w roku tym zredukował on kulminację wezbrania z 900 m<sup>3</sup>/s do 400 m<sup>3</sup>/s.

Ocena oddziaływania zbiornika na redukcję wysokości wezbrania w profilu zapory jest prosta, jeżeli dysponujemy wiarygodnymi notowaniami dopływu i odpływu – różnica pomiędzy hydrogramem dopływu i odpływu jest efektem gospodarki zbiornikowej. Dokonanie takiej oceny w odniesieniu do profili odległych od zapory jest możliwe jedynie poprzez badania symulacyjne. Potrzebne do tego modele matematyczne są złożone, a ich opracowanie wymaga specjalistycznej

wiedzy, doświadczenia, znacznego nakładu pracy i wielu dodatkowych informacji. W dotychczasowej praktyce biur projektowych dyskutowany problem rozwiązywany był anachronicznymi, uproszczonymi metodami prowadzącymi zawsze do wyników nadmiernie optymistycznych. Znany jest fakt, iż faktyczne eksploatacyjne efekty gospodarki zbiornikowej są znacznie gorsze od efektów szacowanych podczas projektowania uproszczonymi metodami. W ekspertyzie wykorzystano szereg modeli komputerowych pozwalających w sposób odpowiadający współczesnemu stanowi wiedzy i techniki obliczeniowej szacować oddziaływanie gospodarki zbiornikowej na odległe od zapory odcinki rzeki (Żelaziński i in. 1995). Są to modele oparte na równaniach hydrodynamiki, pozwalające uzyskiwać oceny praktycznie dokładne w tym sensie, że błędy modelu są zaniedbywalne w stosunku do błędów wykorzystywanych obserwacji hydrologicznych. Tylko dzięki możliwości wykorzystania tych narzędzi możliwe było wykonanie ekspertyzy w krótkim czasie i uzyskanie wiarygodnych wyników.

Do symulacji transformacji fali powodziowej zastosowano jednowymiarowy model hydrodynamiczny oparty na równaniach Saint-Venanta. Do opisu geometrii koryta wykorzystano 102 przekroje poprzeczne koryta Dunajca. Wartości współczynników szorstkości Manninga zostały wybrane po symulacjach historycznych fal powodziowych. Obliczenia symulacyjne prowadzono z jednogodzinnym krokiem czasowym.

W pierwszej kolejności zbadano wpływ zbiornika na wezbranie lipcowe 1997 r. Wyniki obliczeń przedstawiono na ryc. 1–4. Na rycinie 1 przedstawiono hydrogramy dopływu do zbiornika i odpływu z niego. Jak widać zbiornik zmniejszył maksymalny przepływ z 1400 m<sup>3</sup>/s do 600 m<sup>3</sup>/s, tj. o 800 m<sup>3</sup>/s, co należy uznać za bardzo wysoką skuteczność. Na rycinie 2 przedstawiono hydrogramy przepływów w Krościenku ok. 20 km poniżej Zbiornika Czorsztyńskiego. Krzywe przedstawiają hydrogram obserwowany oraz symulowany przy założeniu, iż zbiornika nie było. Z analizy tych krzywych wynika, że redukcja kulminacji jest bardzo wysoka, rzędu 800 m<sup>3</sup>/s. Oznacza to, że miejscowości położone powyżej i bezpośrednio poniżej Przełomu

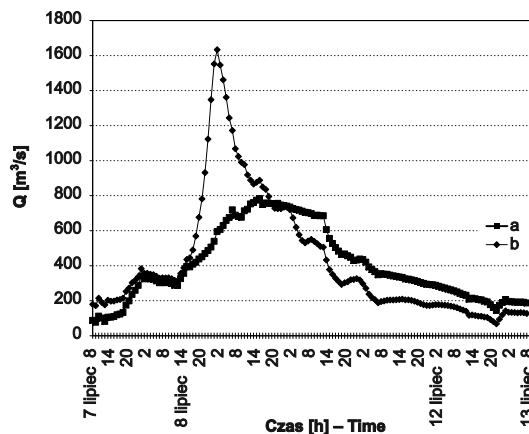


Ryc. 1. Hydrogramy dopływu i odpływu ze zbiornika Czorsztyń w czasie powodzi lipcowej 1997 r. na Dunajcu: a – dopływ, b – odpływ

Fig. 1. Inflow and outflow hydrographs from the Czorsztyń reservoir on the River Dunajec during the flood of July 1997: a – inflow, b – outflow

Dunajca w Pieninach są skutecznie chronio przed powodzią przez Zbiornik Czorsztyński.

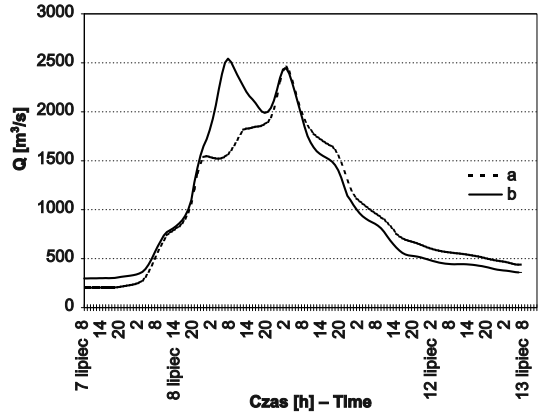
Z kolei rycina 3 przedstawia wyniki uzyskane dla profilu Nowy Sącz (analogiczne jak na ryc. 2), oddalonego o prawie 70 km od zbiornika. Z analizy ryciny wynika, że zbiornik znacznie zredukował pierwszą kulminację fali pochodzącą z tatrzańskiej części zlewni Dunajca, natomiast



Ryc. 2. Porównanie hydrogramów przepływu fali 1997 r. w profilu Krościenko: a – wariant ze Zbiornikiem Czorsztyńskim, b – wariant bez Zbiornika Czorsztyńskiego

Fig. 2. The comparison of flood wave hydrographs from 1997 in the cross section of Krościenko: a – version with the Czorsztyń Reservoir, b – version without the Czorsztyń Reservoir

nie zmienił wysokości drugiej kulminacji, która utworzyła się w zlewni położonej poniżej zbiornika. Ponieważ ta druga kulminacja miała wysokość praktycznie identyczną z pierwszą należy stwierdzić, iż w 1997 roku Zbiornik Czorsztyński nie miał żadnego wpływu na redukcję zagrożenia powodziowego gęsto zaludnionej doliny Dunajca w okolicach Starego i Nowego Sącza. Krzywe na ryc. 3 pokazują zmianę wysokości redukcji maksymalnych rzędnych zwierciadła wody podczas powodzi 1997 r. w profilu podłużnym Dunajca pomiędzy Sromowcami i Nowym Sączem. Bezpośrednio poniżej zbiornika redukcja jest stosunkowo niewielka, rzędu 1–1,5 m. Wynika to z dużej szerokości doliny, w której woda rozlewa się swobodnie (nawet 1-metrowa redukcja rzędnych ma istotne znaczenie dla ochrony położonych w dolinie wsi). Przełom Pieniński, w którym koryto jest niezwykle skoncentrowane, piętrzy wodę i w końcowej części przełomu redukcja kulminacji przekracza 2,5 m (Fot. 2). W okolicach Szczawnicy i Krościenka dolina poszerza się i redukcja maleje do ok. 1 m (Fot. 3). Kolejna koncentracja koryta w przełomie Tylmanowskim zwiększa redukcję do ok. 2 m, po czym w rejonie ujścia gorczańskich dopływów Dunajca – Ochotnicy i Kamienicy – redukcja maleje szybko poniżej 0,5 m. Poniżej ujścia największego dopływu Dunajca – Popradu

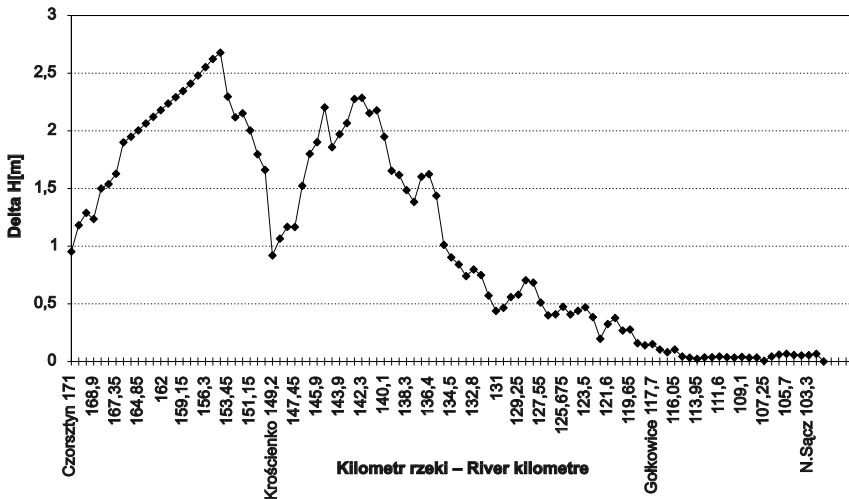


Ryc. 3. Porównanie hydrogramów przepływu fali 1997 r. w profilu Nowy Sącz: a – wariant ze Zbiornikiem Czorsztyńskim, b – wariant bez Zbiornika Czorsztyńskiego

Fig. 3. The comparison of flood wave hydrographs from 1997 in the cross section of Nowy Sącz: a – version with the Czorszтын Reservoir, b – version without the Czorszтын Reservoir

– w rejonie Starego Sącza, redukcja kulminacyjnych stanów wody staje się niezauważalna.

Podobne do opisanych wyżej obliczenia powtórzone dla fali, która wystąpiła na przełomie czerwca i lipca 1958 roku. Założono, że gdyby w roku tym istniał Zbiornik Czorsztyński, to możliwa była redukcja przepływu maksymalnego z 900 m<sup>3</sup>/s do 400 m<sup>3</sup>/s. Uzyskane wyniki



Ryc. 4. Obniżenie maksymalnych stanów wody w profilu podłużnym wywołane działaniem zbiornika Czorszтын. Fala 1997 r.  
Fig. 4. The reduction of the maximum water levels downstream the river as a result of dam and Czorszтын reservoir operations. Flood wave 1997



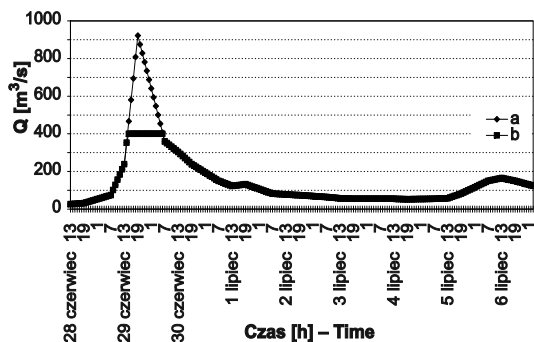
**Fot. 2.** Redukcja fali powodziowej w Przełomie Pienińskim podczas powodzi w 1997 r. przekroczyła 2,5 m (na zdjęciu przejście graniczne Szczawnica – Leśnica), 9.07.1997 r. (Fot. K. Karwowski)

**Phot. 2.** The flood wave attenuation exceeded 2.5 metres in the Dunajec gorge during the flood of 1997 (the photograph shows border crossing Szczawnica – Leśnica), 9 July 1997. (Phot. K. Karwowski)



**Fot. 3.** Redukcja fali powodziowej w okolicy Krościenka podczas powodzi w 1997 r. wyniosła o ok. 1 m, 9.07.1997 r. (Fot. K. Karwowski)

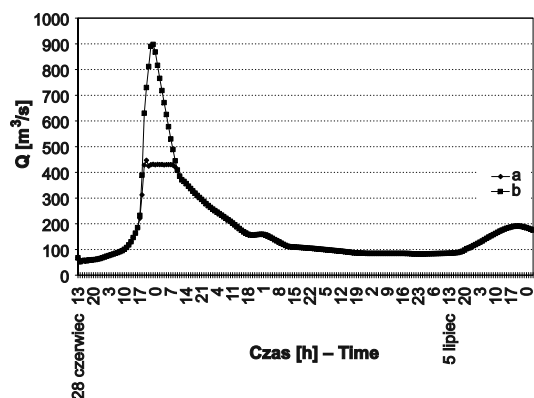
**Phot. 3.** The flood wave attenuation reached about 1 metre in the area of Krościenko during the flood of 1997; 9 July 1997. (Phot. K. Karwowski)



Ryc. 5. Porównanie hydrogramów dopływu i hipotetycznego odpływu ze zbiornika Czorszтын dla fali 1958 r.: a – dopływ, b – odpływ

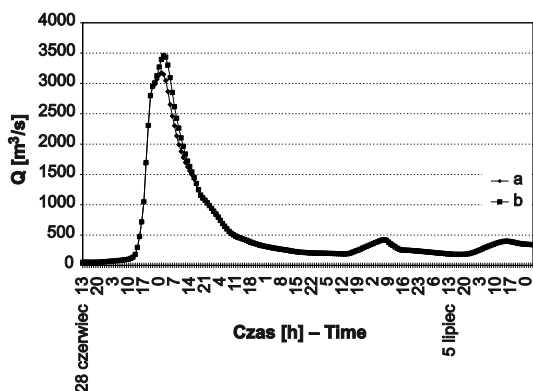
Fig. 5. The comparison of the inflow hydrograph to the Czorszтын reservoir and the hypothetical outflow from the reservoir for the flood of 1958: a – inflow, b – outflow

pokazano na ryc. 5–8, stosując konwencję identyczną jak w przypadku fali z 1997 r. Uzyskano rozkład przestrzenny redukcji kulminacji podobny jak dla roku 1997 – skuteczną redukcję wysokości wezbrania na odcinku ok. 40 km poniżej zapory i praktyczny zanik efektów poniżej ujścia Ochotnicy, Kamienicy i Popradu. Zwraca uwagę fakt, iż w roku 1958, gdy kulminacyjny dopływ do Czorszтын wynosił 900 m<sup>3</sup>/s, redukcja stanów maksymalnych była istotnie mniejsza od redukcji fali z roku 1997, gdy kulminacyjny dopływ do zbiornika wynosił 1400 m<sup>3</sup>/s.



Ryc. 6. Porównanie hydrogramów przepływu fali 1958 r. w profilu Krościenko: a – wariant ze Zbiornikiem Czorsztyńskim, b – wariant bez Zbiornika Czorsztyńskiego

Fig. 6. The comparison of the flood wave hydrographs from 1958 in the cross section of Krościenko: a – version with the Czorszтын Reservoir, b – version without the Czorszтын Reservoir



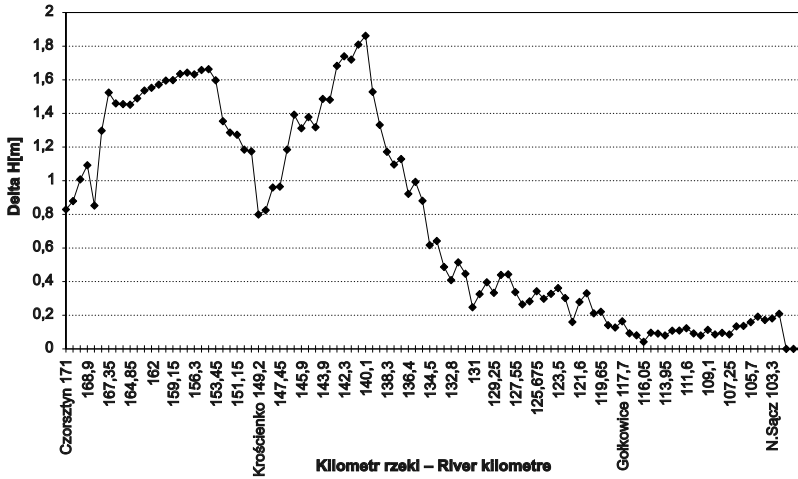
Ryc. 7. Porównanie hydrogramów przepływu fali 1958 r. w profilu Nowy Sącz: a – wariant ze Zbiornikiem Czorsztyńskim, b – wariant bez Zbiornika Czorsztyńskiego

Fig. 7. The comparison of the flood wave hydrographs from 1958 in the cross section of Nowy Sącz: a – version with the Czorszтын Reservoir, b – version without the Czorszтын Reservoir

## KONKLUZJE

Opisane wyniki symulacji potwierdziły fakty ignorowane przez hydrotechników. Zbiorniki chronią skutecznie dolinę rzeki poniżej zapory na odcinku pozbawionym większych dopływów o dużym potencjale powodziowym. Dopływy takie tworzą na ogół wezbrania asynchroniczne z przebiegiem wezbrania rzeki głównej, co niesłychanie utrudnia, a często uniemożliwia uzyskanie skutecznej ochrony przed powodzią niżej położonych odcinków doliny. Możliwość skutecznej ochrony doliny Wisły poniżej ujścia Dunajca przez Zbiornik Czorsztyński jest fikcją. Wynika to m.in. z porównania powierzchni zlewni. Powierzchnia zlewni Wisły poniżej ujścia Dunajca jest blisko osiemnastokrotnie większa od powierzchni zlewni zamkniętej zaporą w Czorsztylinie. Prowadzi to do oczywistego wniosku, że nawet hipotetyczne całkowite zatrzymanie odpływu ze zlewni Dunajca w Czorsztylinie pozostanie niezauważalne na Wiśle poniżej ujścia Dunajca. Warto dodać, iż równie iluzoryczna jest możliwość istotnego powiększenia przez zbiornik w Czorsztylinie przepływów Wisły w czasie suszy.

Fala powodziowa z roku 1997 była w profilu Czorszтын drugą pod względem wysokości kulminacji zaobserwowaną falą powodziową (najwyższą kulminacją miała fala z roku 1934). Tak



**Ryc. 8.** Obniżenie maksymalnych stanów wody w profilu podłużnym wywołane hipotetycznym działaniem zbiornika Czorsztyn. Fala 1958 r.

**Fig. 8.** The reduction of the maximum water levels downstream the river as a result of hypothetical operations of the Czorsztyn reservoir. Flood wave 1997

więc redukcję wysokości kulminacji tego rzędu, co uzyskana w roku 1997, można osiągnąć 2–3-krotnie w ciągu stu lat. W przypadku często występujących mniejszych powodzi redukcja będzie również odpowiednio mniejsza, jak wykazuje porównanie wyników uzyskanych w roku 1997 i 1958.

Opisane wyżej badania oddziaływania dużego (w stosunku do objętości fal powodziowych) Zbiornika Czorsztyńskiego na fale powodziowe są zgodne ze współczesnymi poglądami na rolę zbiorników retencyjnych w gospodarce wodnej. W 2000 roku ukazał się obszerny raport Światowej Komisji ds. Zapór (Dams and development... 2000). W raporcie tym przedstawiono analizę kosztów i korzyści wynikających z realizacji i eksploatacji znacznej liczby zapór i zbiorników retencyjnych na świecie. Wyniki analizy są deprymujące, podobnie jak przedstawione w niniejszej publikacji wyniki analizy oddziaływania zbiornika na fale powodziowe Dunajca. Negatywna ocena dotyczy wszystkich funkcji pełnionych przez zbiorniki retencyjne. Koszty budowy zbiorników były znacząco wyższe od kosztów planowanych, zaś efekty znacząco mniejsze od oczekiwanych. Inwestowanie w budowę zapór okazało się w większości przypadków marnotrawstwem środków publicznych. Pełną analizę ekonomiczną

inwestycji czorsztyńskiej przeprowadzono w pracy Panasiuka (2003). Wykazano, że budowa zapory w Czorszynie jest inwestycją nierentowną.

Polskie środowiska hydrotechniczne zdecydowanie odrzucają poglądy przedstawione w niniejszym referacie, nazywając je „ekofundamentalizmem” lub „eko-terroryzmem”. Podkreślam, że jako inżynier nie wypowiadam się na tematy skutków budowy zbiorników dla przyrody ożywionej. Porównuję tylko efekty zakładane w projektach z faktycznymi efektami eksploatacyjnymi. Podkreślam również oczywiste negatywne oddziaływanie zbiorników, takie jak gromadzenie zanieczyszczeń i erozja koryta poniżej zapory. Przykładowo w zbiorniku Otmuchów na rzece Małej Panwi stwierdzono obecność 5 milionów metrów sześciennych toksycznych osadów, zaś w przypadku koryta Dunajca poniżej zapory w Czchowie wielometrowe obniżenie się poziomu dna. Podobne zjawiska zapewne wystąpią po wieloletniej eksploatacji Zbiornika Czorsztyńskiego.

#### PIŚMIENNICTWO

Bobiński E., Kadłubowski A., Żelaziński J. 1997. Ocena roli zbiorników wodnych w Czorszynie-Niedzicy w ochronie przeciwpowodziowej w lipcu 1997 r. Ekspertyza



wykonana na zlecenie Sejmowej Komisji Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa. — Warszawa, msk., 20 s.

Dams and development, a new framework for decision – making. The report of the World Commission on Dams. November 2000.

Panasiuk D. 2003. Problemy analizy kosztów i korzyści zapór wodnych. — *Ekonomia i Środowisko*, 2(22).

Żelaziński J. 1984. Prognozowanie i zwalczanie wezbrań Dunajca. — *Przegląd Geofizyczny*, 29(4): 583–591.

Żelaziński J., Mierkiewicz M. 2008. Ensemble predictions in hydrology: necessity, preparation and using in water management decision processes, [mat. symp.:] „Previsions Hydrometeorologiques”, Lyon 18–19 novembre 2008.

Żelaziński J., Grela J., Jończyk A., Kadłubowski A., Karbowski A., Kozieł S., Madej P., Malinowski K., Mirkiewicz M., Niewiadomska-Szynkiewicz E., Warchoł M. 1995. Sterowanie systemem zbiorników retencyjnych w okresie powodzi w warunkach niepewności. Projekt badawczy finansowany przez Komitet Badań Naukowych. Raport syntetyczny. — Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej, msk. 32 s. [Archiwum Komitetu Badań Naukowych].

Żelaziński J., Grela J., Jończyk A., Kadłubowski A., Karbowski A., Kozieł S., Madej P., Malinowski K., Mirkiewicz M., Niewiadomska-Szynkiewicz E., Warchoł M. 1998. Metody, modele i symulacje komputerowe do operacyjnego sterowania ochroną przeciwpowodziową. Projekt badawczy finansowany przez Komitet Badań Naukowych. Raport syntetyczny. — Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej, msk. 41 s. [Archiwum Komitetu Badań Naukowych].

## SUMMARY

The assessment expertise ‘Evaluation of the role of Czorsztyn – Nidzica reservoirs in flood protection during the 1998 flood’ was prepared for the Commission of the Environmental Protection of the Polish Parliament. The simulation investigations were performed using recorded data on the inflow and outflow of the reservoir, the observed water level data for the section of the Dunajec River between Nowy Targ and Nowy Sącz and the results of measurements of river valley cross sections (102 cross sections).

That assessment gave answers to the following questions:

1) What was the reduction of the maximum water level recorded downstream the Dunajec and the Vistula rivers resulted from the operation of the Czorsztyn Reservoir during the 1997 flood? and 2) What is the possibility to achieve similar reduction during the future operation of the Czorsztyn reservoir?

The simulations were made using the one dimensional hydrodynamic model based on the Saint – Venant equations.

The results obtained during the assessment are presented on figures 1–4. Similar simulations were performed for the flood of 1958 in order to verify the obtained results. In 1958 the Czorsztyn reservoir did not exist, therefore, the size of simulated reduction of maximum discharge was assumed at the rate of 500 m<sup>3</sup>/s. The results are presented on figures 5–8.

The main conclusions on the role of the Czorsztyn reservoir in the flood protection were as follows: 1) the reservoir operation can substantially reduce the maximum water level on the section of about 40 km downstream the dam; 2) the reduction strongly depend on the shape of the river cross sections as well as on the distance downstream the dam. The water level reduction at the flat cross sections between the dam and the Dunajec Gorge (which resembles a canyon) was of about 1 m.

Along the steep cross sections in the Pieniny Gorge and Tylmanowski Gorge the observed reductions achieved 3 m. The water level downstream the confluence of the Dunajec river with Ochotnica and Kamienica streams was decreased by about 40–50 cm. However, the reduction of the water level downstream the confluence of the Dunajec river with its biggest tributary, the Poprad river, was neglected. It should be stressed that similar reductions can be achieved only for big floods occurring 2–3 times every 100 years. During smaller floods, the reduction of water level would have little significance.