

Agata Majerczyk, Bogusław Michalec, Bartosz Leksander

PROGNOZA ZAMULANIA ZBIORNIKÓW WODNYCH BRZÓZA STADNICKA I BRZÓZA KRÓLEWSKA

THE SILTING FORECAST OF WATER RESERVOIRS AT BRZÓZA STADNICKA AND AT BRZÓZA KRÓLEWSKA

Streszczenie

Określono stopień zamulenia zbiorników wodnych Brzóza Stadnicka i Brzóza Królewska znajdujących się na jednym cieku niekontrolowanym hydrologicznie oraz opracowano prognozy ich zamulenia. W analizie uwzględniono wpływ zbiornika górnego - Brzóza Stadnicka, na ilość rumowiska dopływającego do zbiornika dolnego - Brzóza Królewska. Prognoza zamulenia, opracowana w trzech wariantach, umożliwiła określenie tzw. żywotności zbiorników. W pierwszym wariantcie opracowano prognozę dla zbiornika górnego w jego zlewni cząstkowej. W drugim wariantcie prognozowano zamulenie zbiornika dolnego biorąc pod uwagę dopływ rumowiska ze zlewni całkowitej, bez uwzględnienia zatrzymywania części rumowiska w zbiorniku górnym. W trzecim wariantcie natomiast uwzględniono wpływ zbiornika górnego na zbiornik dolny. Wykazano, że badane małe zbiorniki wodne charakteryzują się stosunkowo niskimi wartościami zdolności do zatrzymywania rumowiska, co wpływa na wydłużenie ich żywotności. Określona na podstawie bilansu objętości rumowiska zatrzymanego i dopływającego zdolność zbiornika Brzóza Stadnicka do zatrzymywania rumowiska wynosi 27,9%. Nieco wyższą wartością $\beta_{rz}=38,7\%$ charakteryzuje się zbiornik Brzóza Królewska. Według prognozy zamulania opracowanej z ustaloną wartością β_{rz} , wyznaczoną na podstawie bilansu rumowiska, żywotność zbiornika Brzóza Królewska zostanie zwiększona ze 192 lat do 217 lat. Wskazuje to na wydłużenie tzw. żywotności tego zbiornika zaledwie o 15 lub 13%.

Słowa kluczowe: zbiornik wodny, rumowisko rzeczne, zamulenie, prognoza

Summary

The work aimed at the determination of the silting degree and the silting forecast for water reservoirs at Brzóza Stadnicka and at Brzóza Królewska, which are situated on hydrologically uncontrolled Tarlaka stream. The analysis took into account the influence of upper reservoir - Brzóza Stadnicka - on the amount of sediment flowing into the lower reservoir - Brzóza Królewska. The analysis of the silting process was carried out in three variants. The first one concerns to the Brzóza Stadnicka reservoir, the second to the Brzóza Królewska reservoir, without taking into consideration the upper reservoir, and the third variant took into account the influence of the upper reservoir on the lower one. It was stated that studied small water reservoirs were characterized relatively low values of the sediment trap efficiency what causes extension of their useful life. Sediment trap efficiency of Brzóza Stadnicka reservoir determined on the basis of the balance of the volume of sediment delivered and deposited in this reservoir is carried out 27.9%. The somewhat higher value $\beta_{rz} = 38.7\%$ the Brzóza Królewska reservoir is characterizes. It was also stated that the upper reservoir of the cascade had the insignificant impact on decrease of the silting intensity of the bottom reservoir. According to the silting forecast worked out with the established value β_{rz} , appointed on the basis of the sediment balance, the useful life of the Brzóza Królewska reservoir will be enlarged from 192 years to 217 years. This shows on extension of the useful life of this reservoir only just about 15 or 13%.

Key words: water reservoir, sediment, silting, forecast

WSTĘP

Określenie ilości rumowiska dopływającego do małych zbiorników wodnych, znajdujących się na tym samym ciekujest zadaniem skomplikowanym. Wymaga określenia ilości rumowiska dopływającego i zatrzymanego w zbiorniku położonym w górnej części zlewni. Dysponując takimi danymi można określić ilość rumowiska dopływającego do zbiornika dolnego. Brak systematycznych obserwacji hydrologicznych, uniemożliwiających obliczenie natężenia przepływu wody i koncentracji rumowiska unoszonego, stanowi zasadnicze utrudnienie w opracowaniu prognozy zamulania zbiorników wodnych. W takich przypadkach natężenie transportu rumowiska można określić metodami pośrednimi.

Prognozę zamulania zbiornika wodnego, zgodnie z obowiązującymi wytycznymi należy opracować według formuły Gončarova [Wiśniewski, Kutrowski 1973]:

$$Z_t = V_p \left[1 - \left(1 - \frac{R_l}{V_p} \right)^t \right] \quad (1)$$

gdzie:

- Z_t – objętość odkładów [m^3] po upływie „ t ” lat,
 V_p – początkowa pojemność zbiornika [m^3],
 t – lata eksploatacji,
 R_1 – objętość odkładów po pierwszym roku eksploatacji [m^3], którą można określić z zależności:

$$R_1 = \frac{\beta \cdot R_u}{\rho_0} \quad (2)$$

gdzie:

- R_u – średnia roczna masa rumowiska dopływająca do zbiornika [t],
 β – zdolność zbiornika do trwałego zatrzymywania rumowiska [-],
 ρ_0 – gęstość objętościowa osadów [$t \cdot m^{-3}$].

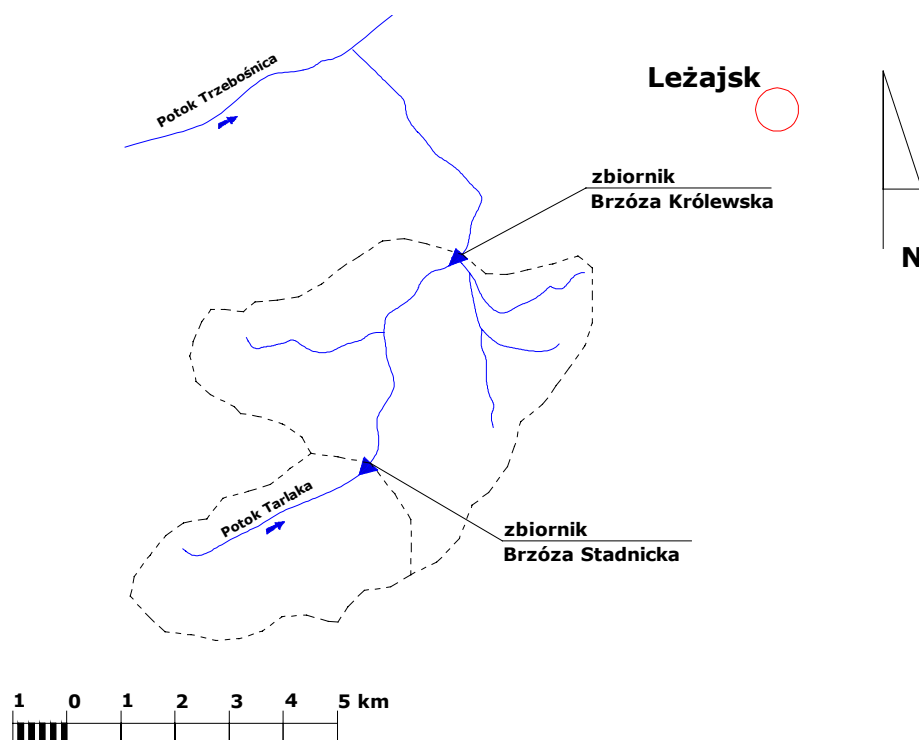
W pracy przedstawiono wyniki pomiarów zamulania dwóch zbiorników wodnych tworzących kaskadę tzw. luźną, w której zasięg spiętrzenia wód zbiornika dolnego nie wpływa na spiętrzenie wody dolnego stanowiska zbiornika górnego. Do badań wytypowano zbiorniki wodne: Brzoza Stadnicka – zbiornik górny kaskady i Brzoza Królewska zbiornik dolny kaskady, znajdujące się na potoku Tarlaka, który nie jest objęty obserwacjami hydrologicznymi. Celem pracy jest określenie stopnia zamulenia i opracowanie prognozy zamulania badanych małych zbiorników wodnych.

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTÓW BADAŃ

Zbiorniki wodne Brzoza Stadnicka i Brzoza Królewska (rys. 1) są zlokalizowane na obszarze dorzecza górnej Wisły, gdzie sieć rzeczna jest stosunkowo dobrze rozwinięta, natomiast możliwości wykorzystania zasobów wód powierzchniowych, choć dużych w tym rejonie, są ograniczone ze względu na znaczne wahania przepływów w ciągu roku [Strategia... 2006]. Miejscowość Brzoza Królewska, w której zlokalizowany jest zbiornik dolny, administracyjnie należy do gminy Leżajsk, w powiecie leżajskim województwa podkarpackiego. W sąsiednim powiecie łańcuckim, w gminie Żołynia, w miejscowości Brzoza Stadnicka zlokalizowany jest zbiornik górny.

Zbiornik w Brzozie Stadnickiej został oddany do eksploatacji w 1995 roku na zlecenie wójta gminy Żołynia. Celem inwestycji była budowa zbiornika w naturalnej, zabagnionej dolinie, która stanowiła nieużytek. Zbiornik usytuowano w km 10+800 potoku Tarlaka. Jak podaje „Instrukcja eksploatacji...” [1995], jego pojemność początkowa wynosiła 5,15 tys. m^3 , przy powierzchni zalewu wynoszącej 1,15 ha. Projektowany normalny poziom piętrzenia wynosi 214,00 m n.p.m., a średnia głębokość zbiornika jest równa 0,61 m [Michalec 2003, 2008]. Elementem piętrzącym jest jaz stały o piętrzeniu 2,0 m i świetle 4,0 m.

Zbiornik powstał w celach gospodarczych, rekreacyjnych, przeciwpożarowych oraz w celu poprawy parametrów retencyjności potoku Tarlaka oraz odcinkowej redukcji spadku jego dna [Instrukcja eksploatacji... 1995].



Rysunek 1. Lokalizacja zlewni oraz zbiorników wodnych
Figure 1. Localization of catchment and water reservoirs

Zbiornik wodny w Brzozie Królewskiej powstał w 1978 roku. Zlokalizowany jest w 6+110 km potoku Tarlaka [Michalec 2008]. W momencie oddania go do eksploatacji miał pojemność 48,87 tys. m³ i powierzchnię zalewu 4,45 ha [Operat wodno-prawny... 1996]. W 1996 roku wykonano prace mające na celu odmulenie zbiornika z całej objętości rumowiska w nim zgromadzonego. Zbiornik powstał w celu powstrzymania erozji dennej i bocznej potoku Tarlaka i Tartaczyny, przywrócenia do eksploatacji rolniczej terenów przyległych oraz poprawy ich warunków wilgotnościowych. Ponadto stanowi on zabezpieczenie przeciwpożarowe, zapewnia rozwój gospodarki rybacko – wędkarskiej i jest miejscem wypoczynku [Operat wodno-prawny... 1996]. Oprócz tego zatrzymywany jest odpływ wód w okresie jej nadmiaru, co pozwala uzyskać zapas wody na okres suszy i zwiększonego zapotrzebowania [Instrukcja obsługi...

1985]. Elementem piętrzącym jest jaz żelbetowy o konstrukcji dokowej z mostem, zaliczany do IV klasy budowli. Piętrzenie normalne uzyskuje się przy rzędnej 195,00 m n.p.m., natomiast światło jazu składa się z trzech zamknięć ruchomych o szerokości 2,20 m każde [Operat wodno-prawny... 1996].

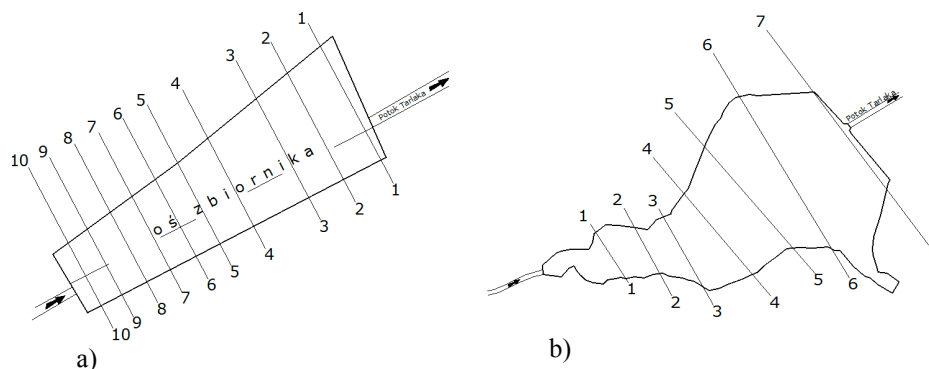
Zlewnię potoku Tarlaka można podzielić na dwie zlewnie cząstkowe (rys. 1), z których jedna jest zlewnią zbiornika górnego (Brzoza Stadnicka) i ma powierzchnię 7,6 km², a druga, której powierzchnia wynosi 22,8 km², jest zlewnią zbiornika dolnego (Brzoza Królewska), i traktowana jest jako zlewnia różnicowa, wydzielona ze zlewni całkowitej. Całkowita powierzchnia zlewni zamulana przez zbiornik Brzoza Królewska wynosi 30,4 km².

METODYKA BADAŃ

W celu określenia wielkości zamulenia i stopnia zamulenia zbiorników wodnych Brzoza Stadnicka i Brzoza Królewska, po odpowiednio 15 i 14 latach eksploatacji, wykonano pomiar objętości zgromadzonego w nich rumowiska. Opracowanie prognozy zamulania wymagało określenia ilości materiału mineralnego doprowadzanego ze zlewni i zdolności zbiorników do zatrzymywania rumowiska.

Pomiary objętości rumowiska zgromadzonego w badanych zbiornikach polegały na określeniu rzędnych dna zbiorników. Pomiary geodezyjne wykonano za pomocą niwelatora typu Topcon AT-G7. Pomiary głębokości zarazem rzędnych dna wykonano z łodzi, stosując tzw. metodę punktów rozproszonych, przedstawioną w pracy Michalec [2008]. Pomiary geodezyjne wykonano po dowiązaniu się do założonej lokalnej osnowy geodezyjnej, której reperami referencyjnymi były elementy betonowe konstrukcji urządzeń spustowych zapór badanych zbiorników wodnych. W trakcie prac pomiarowych pobrano próby osadów dennych z badanych zbiorników wodnych.

Wyniki pomiarów geodezyjnych opracowano za pomocą programu Auto-Cad, nanosząc poszczególne pikiety na plan sytuacyjno-wysokościowy w skali 1:500, określając w ten sposób rzędne dna w poszczególnych punktach dna badanych zbiorników wodnych. Następnie opracowano przekroje poprzeczne zbiorników, które umożliwiły obliczenie aktualnej pojemności badanych zbiorników wodnych, odpowiadającej rzędnym normalnego piętrzenia wody w zbiornikach. Na rysunku 2 zaznaczono przekroje poprzeczne badanych zbiorników wodnych. Ze względu na dysponowanie niezbyt szczegółową dokumentacją techniczną badanych zbiorników, nie zawierającą kompletnych przekrojów poprzecznych zbiorników, ilość rumowiska zgromadzonego na dnie zbiorników została obliczona jako różnica pomiędzy pojemnością początkową danego zbiornika i jego pojemnością, określoną na podstawie wyników pomiarów terenowych.



Rysunek 2. Przekroje pomiarowe: a) zbiornika Brzoza Stadnicka, b) zbiornika Brzoza Królewska
Figure 2. Measuring cross-sections: a) Brzoza Stadnicka reservoir, b) Brzoza Królewska reservoir

Opracowanie prognozy zamulania wymaga określenia średniej rocznej masy rumowiska dopływającego do zbiorników. W pracy posłużono się wynikami obliczeń transportu rumowiska dopływającego do badanych zbiorników wodnych, które zostały zamieszczone w pracy Michalca [2003]. Średnia roczna ilość rumowiska dopływającego do zbiorników Brzoza Stadnicka i Brzoza Królewska została określona przez Michalca [2003] za pomocą metod pośrednich: DR-USLE, Brańskiego oraz Reniger-Dębskiego, ze względu na brak rejestracji stanów wód i pomiarów koncentracji rumowiska unoszonego. W dalszych obliczeniach posłużono się wynikami obliczeń transportu rumowiska unoszonego za pomocą metody DR-USLE [Michalec 2003]. Prognozując zamulenie badanych zbiorników wodnych określono rzeczywistą zdolność zbiorników do trwałego zatrzymywania rumowiska (β_{rz}) na podstawie wyników pomiarów rumowiska zatrzymanego w zbiornikach i określonego za pomocą metody DR-USLE natężenia transportu rumowiska unoszonego. Rzeczywista zdolność akumulacyjna zbiorników, określona po 15 i 14 latach eksploatacji zbiorników wodnych, odpowiednio Brzoza Stadnicka i Brzoza Królewska, została porównana ze zdolnością do zatrzymywania rumowiska w zbiorniku (β), określoną na podstawie nomogramów Łopatina, Brune'a, Drozda, Brune'a i Allena, Browna, Churchila i Gotshalka. Porównanie to umożliwi przyjęcie jednej z metod do określenia początkowej zdolności badanych zbiorników wodnych do zatrzymywania rumowiska, według której wartość β , wyznaczonej z nomogramów, będzie najbliższą wartości β_{rz} . Wybrana w ten sposób metoda umożliwi opracowanie prognozy zamulania według formuły Gončarova (1), zgodnie z obowiązującymi przepisami [Budownictwo specjalne... 1973].

Prognoza zamulania została opracowana w trzech wariantach, ustalając czas eksploatacji zbiorników zgodnie z kryterium Hartunga [1959], według którego zbiornik nie spełnia swojej funkcji, jeśli jego pojemność została zredukowana do 80%. Pierwszy wariant polegał na wykonaniu prognozy zamulania zbiorników uwzględniającej dopływ rumowiska wyłącznie z ich zlewni cząstkowych. W drugim wariantcie wykonano prognozę zamulenia zbiornika dolnego - Brzóza Królewska przyjmując dopływ średni roczny rumowiska ze zlewni całkowitej, bez uwzględnienia zatrzymywania rumowiska w zbiorniku górnym w kaskadzie, co odpowiada warunkom eksploatacji tego zbiornika w latach 1978 – 1995, kiedy nie istniał zbiornik wody w Brzozie Stadnickiej. Trzeci wariant odpowiada istniejącej obecnie sytuacji, tzn. uwzględnia wpływ zbiornika Brzóza Stadnicka na zbiornik Brzóza Królewska.

WYNIKI OBLICZEŃ

Obliczenia objętości osadów rumowiska w badanych zbiornikach dokonano na podstawie pomiarów wielkości zamulenia, wykonanych podczas badań terenowych w 2010 roku, czyli w piętnastym roku eksploatacji zbiornika Brzóza Stadnicka i czternastym roku eksploatacji zbiornika Brzóza Królewska (licząc od momentu odmulenia tego zbiornika w 1996 roku). W trakcie obliczania objętości materiału zdeponowanego w czasach zbiorników okazało się, że konieczna jest weryfikacja objętości początkowej zbiornika Brzóza Stadnicka. Weryfikację tą wykonano w oparciu o powykonawcze przekroje poprzeczne zbiornika zamieszczone w „Instrukcji eksploatacji... [1995]. Na ich podstawie obliczono pojemność początkową zbiornika, która wyniosła 10,92 tys. m³, a nie 5,15 tys. m³, jak podaje „Instrukcja eksploatacji...” [1995]. Autorzy pracy przypuszczają, że w obliczeniach całkowitej pojemności zbiornika, której wartość zamieszczono w Instrukcji, został popełniony błąd rachunkowy, wynikający z nieuwzględnienia skali skażonej 1:100/500, w której wykreślone zostały przekroje poprzeczne. Weryfikację pojemności początkowej zbiornika wodnego Brzóza Stadnicka wykonały trzy osoby, uzyskując wynik większy od podanego w „Instrukcji eksploatacji... [1995].

Objętość osadów rumowiska, określona w trakcie pomiarów wykonanych w 2010 roku, jako różnica pomiędzy pojemnością początkową, a pojemnością zbiorników wynosiła 1814 m³ i 3363 m³ odpowiednio w zbiorniku wodnym Brzóza Stadnicka i Brzóza Królewska. Obliczony stopień zamulenia zbiornika Brzóza Stadnicka po 15 latach eksploatacji wynosi 16,5%, natomiast stopień zamulenia zbiornika Brzóza Królewska po 14 latach eksploatacji jest równy 6,9%.

Średnia roczna ilość rumowiska dopływającego do badanych zbiorników wynosi 433 m³ - zbiornik Brzóza Stadnicka i 620 m³ - zbiornik Brzóza Królewska.

Rzeczywista zdolność do zatrzymywania rumowiska (β_{rz}) określona na podstawie pomiarów zamulenia zbiorników i średniej rocznej objętości rumowiska dopływającego, wyznaczonej metodą DR-USLE, wynosi 27,9% - zbiornik Brzoza Stadnicka i 38,7% - zbiornik Brzoza Królewska. Opracowanie prognozy zamulania wymaga określenia tzw. początkowej zdolności zbiornika do zatrzymywania rumowiska. W tym celu wyznaczono współczynnik pojemności każdego ze zbiorników, który oznaczono symbolem α . Współczynnik ten jest stosunkiem pojemności początkowej zbiornika i sumy średniego rocznego dopływu wody do zbiornika. Wynosi on 0,66% dla zbiornika Brzoza Stadnicka, a dla zbiornika Brzoza Królewska jest równy 0,69%. Wyznaczone początkowe zdolności do zatrzymywania rumowiska badanych zbiorników wodnych, określone z nomogramów Łopatina, Brune'a, Drozda, Brune'a i Allena, Browna, Churchilla i Gotshalka, zamieszczonych w pracy Michalca [2008] (tab. 1). W tabeli tej przedstawiono również obliczoną według wzoru (2) objętość odkładów w pierwszym roku eksploatacji (R_1). Objętość ta została obliczona według wzoru, w którym wartość β została przyjęta z poszczególnych nomogramów. Tak wyznaczona objętość rumowiska R_1 umożliwiła określenie za pomocą wzoru Gončarowa (1) objętości odkładów rumowiska (Z_t) w zbiornikach Brzoza Stadnicka i Brzoza Królewska odpowiednio w piętnastym i czternastym roku eksploatacji (tab. 1).

Tabela 1. Zdolność badanych zbiorników wodnych do zatrzymywania rumowiska i obliczona objętość odkładów rumowiska zatrzymanego po 15 latach eksploatacji zbiornika Brzoza Stadnicka i po 14 latach eksploatacji zbiornika Brzoza Królewska
Table 1. Sediment trap efficiency of studied water reservoirs and calculated volume of sediments deposited after 15 years of operation of Brzoza Stadnicka reservoir and after 14 years of operation of Brzoza Królewska reservoir

Zbiornik Brzoza Stadnicka <i>Brzoza Stadnicka reservoir</i>				Zbiornik Brzoza Królewska <i>Brzoza Królewska reservoir</i>			
β [%]		R_1 [m ³]	Z_t [m ³]	β [%]		R_1 [m ³]	Z_t [m ³]
β_{rz}	27,9	121	1577	β_{rz}	38,7	240	3259
Łopatin	-	-	-	Łopatin	-	-	-
Brune	32	139	1789	Brune	35	217	2955
Drozd	37	160	2042	Drozd	39	248	3282
Brune i Allen	-	-	-	Brune i Allen	-	-	-
Brown	14	52	706	Brown	27	78	1075
Churchill	94	260	3127	Churchill	98	608	7867
Gotshalk	21	91	1207	Gotshalk	27	168	2294

Określenie parametru β za pomocą nomogramów Łopatina oraz Brune'a i Allena okazało się niemożliwe ze względu na brak zakresu nomogramów. Wyznaczona z nomogramu Brune'a wartość zdolności do zatrzymywania ru-

mowiska była najbardziej zbliżona do wartości rzeczywistych wyznaczonych na podstawie pomiarów terenowych. Nomogram ten jest ponadto najczęściej stosowany w przypadku wyznaczenia zdolności małych zbiorników wodnych do zatrzymywania rumowiska.

Obliczenia prognostyczne zamulania zbiorników wodnych wykonano dla dwóch przypadków: w pierwszym przyjęto rzeczywistą zdolność (β_{rz}) badanych zbiorników do zatrzymywania rumowiska, w drugim posłużono się wartością β wyznaczoną z nomogramu Brune'a. Prognozę zamulania zbiorników Brzóza Stadnicka i Brzóza Królewska wykonano w trzech wariantach.

Według pierwszego wariantu obliczeń, dotyczącego prognozowanego czasu zamulania zbiornika Brzóza Stadnicka, stwierdzono, że zbiornik ten zostanie zamulony w 80% w ciągu 145 lat, przyjmując β_{rz} . Natomiast przyjmując wartość β wyznaczoną z nomogramu Brune'a, zbiornik zostanie zamulony w 80% po 127 latach.

W drugim wariantcie obliczeń określono czas zamulania zbiornika Brzóza Królewska, uwzględniając średnią roczną objętość rumowiska dopływającego, będącą sumą średniej rocznej objętości rumowiska dopływającego ze zlewni cząstkowej zbiornika Brzóza Stadnicka i zlewni cząstkowej zbiornika Brzóza Królewska. Zbiornik ten zostanie zamulony w 80% w ciągu 192 lat, przyjmując β_{rz} . Natomiast przyjmując wartość β wyznaczoną z nomogramu Brune'a, zbiornik zostanie zamulony w 80% po 213 latach.

W trzecim wariantcie obliczeń uwzględniono ograniczenie ilości rumowiska dopływającego do zbiornika Brzóza Królewska na skutek zatrzymywania jego części w zbiorniku górnym. Średni roczny odpływ rumowiska ze zbiornika górnego, określono przyjmując stałą wartość β_{rz} , wynoszącą 27,9% i wartość β wyznaczoną z nomogramu Brune'a, równą 32%. Określona zatem średnia roczna objętość rumowiska odpływającego ze zbiornika Brzóza Stadnicka według zależności $(1-\beta) \cdot V_R$, w której V_R jest średnią roczną objętością rumowiska dopływającego do tego zbiornika, wynosi 312 m^3 – dla β_{rz} , i 294 m^3 – dla β wyznaczonych z nomogramu Brune'a. Dla tak przyjętych założeń prognozowany czas zamulania zbiornika Brzóza Królewska, po upływie którego zbiornik zostanie zamulony w 80%, wynosi w ciągu 217 lat, przyjmując β_{rz} , i 245 lat przyjmując β wyznaczone z nomogramu Brune'a.

WNIOSKI

Obliczony stopień zamulenia badanych małych zbiorników wodnych wskazuje na średnio intensywny przebieg procesu zamulania. Średni roczny stopień zamulenia zbiornika Brzóza Stadnicka wynosi 1,1%, natomiast średni roczny stopień zamulenia zbiornika Brzóza Królewska jest równy zaledwie 0,5%.

Zbiorniki wodne Brzóza Stadnicka i Brzóza Królewska charakteryzują się również niską wartością zdolności do zatrzymywania rumowiska. Określona na podstawie bilansu objętości rumowiska zatrzymanego i dopływającego zdolność zbiornika Brzóza Stadnicka do zatrzymywania rumowiska wynosi 27,9%. Nieco wyższą wartością $\beta_{rz}=38,7\%$ charakteryzuje się zbiornik Brzóza Królewska. Określone na podstawie bilansu rumowiska zdolności badanych zbiorników wodnych do zatrzymywania rumowiska mają wartości zbliżone do wartości β wyznaczonych z nomogramu Brune'a, a także Drozda. Określenie wartości β z pozostałych zastosowanych nomogramów odbiegały znacząco od wartości β_{rz} , lub, jak w przypadku dwóch nomogramów: Łopatina oraz Brune'a i Allena, określenie wartości β okazało się niemożliwe ze względu na brak zakresu tych nomogramów.

Stwierdzono, że zbiornik górny kaskady ma znikomy wpływ na zmniejszenie intensywności zamulania zbiornika dolnego. W wyniku przechwytywania części rumowiska przez zbiornik wodny Brzóza Stadnicka, żywotność zbiornika Brzóza Królewska, położonego poniżej tego zbiornika, zostanie zwiększona z 213 lat do 245 lat – według obliczeń z β wyznaczoną z nomogramu Brune'a. Natomiast według prognozy zamulania opracowanej z ustaloną wartością β_{rz} , wyznaczoną na podstawie bilansu rumowiska, żywotność zbiornika Brzóza Królewska zostanie zwiększona ze 192 lat do 217 lat. Wskazuje to na wydłużenie tzw. żywotności tego zbiornika zaledwie o 15 lub 13%.

BIBLIOGRAFIA

- Hartung F. 1959. *Ursache und Verhuetung der Staumraumverlandung bei Talsparren*. Wasserwirtschaft, 1, 3–13.
- Instrukcja eksploatacji zbiornika retencyjnego na potoku Tarlaka w Brzozie Stadnickiej*. Gmina Żołynia, Wojewódzki Zarząd Inwestycji w Rzeszowie, Rzeszów, 1995.
- Instrukcja obsługi jazu w Brzozie Królewskiej woj. Rzeszowskie*. Załącznik do instrukcji opracowanej przez Zakład Obsługi Inwestycji w Leżajsku, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Wodnych i Melioracyjnych, Warszawa, 1985.
- Michalec B. 2003. *Analiza procesu zamulania małych zbiorników wodnych*. Acta Scientiarum Polonorum, Formatio Circumiectus, Z. 2(2), s. 35–46.
- Michalec B. 2008. *Ocena intensywności procesu zamulania małych zbiorników wodnych w dorzeczu górnej Wisły*. Zesz. Nauk. U.R. Nr 451, Seria: Rozprawy, zeszyt 328, Wydawnictwo UR, Kraków.
- Operat wodno-prawny na pobór wody i eksploatację zbiornika na pot. Tarlaka w km 6+110*. Zbiornik Brzóza Królewska. Wojewódzki Zarząd Inwestycji Rolniczych w Rzeszowie, Rzeszów, 1996.
- Strategia rozwoju województwa podkarpackiego na lata 2007–2020*. Zarząd województwa podkarpackiego, Rzeszów, 2006.
- Wiśniewski B., Kutrowski M. 1973. *Budownictwo specjalne w zakresie gospodarki wodnej. Zbiorniki wodne. Prognoza zamulania*. Wytyczne instruktażowe, Biuro Studiów i Projektów Budownictwa Wodnego – Hydroprojekt, Warszawa.

mgr inż. Agata Majerczyk
Dr hab. inż. Bogusław Michalec, prof. UR
mgr inż. Bartosz Leksander
Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki
Uniwersytet Rolniczy
al. A.Mickiewicza 24/28
30-059 Kraków
gata87@o2.pl
rmmichbo@cyf-kr.edu.pl
barteklex@gmail.com

