

Bogusław Michalec

**WPLYW ZBIORNIKA BOCZNEGO
NA REDUKCJĘ INTENSYWNOŚCI ZAMULANIA
ZBIORNIKA GŁÓWNEGO**

***INFLUENCE OF SIDE-RESERVOIR
ON THE REDUCTION OF THE SILTING INTENSITY
OF THE MAIN RESERVOIR***

Streszczenie

Małe zbiorniki wodne ulegają szybkiemu zamuleniu, a określenie czasu ich zamulania jest zadaniem trudnym. W pracy przedstawiono możliwość wykonania prognozy zamulania małego zbiornika wodnego na podstawie danych z pomiarów wielkości zamulania z okresu 1969–1983 i 1999–2006. Badaniami objęto dwa zbiorniki w Zesławicach, tj. zbiornik główny przed i po odmuleniu oraz zbiornik boczny, który oddano do eksploatacji po odmuleniu zbiornika głównego. Celem pracy jest określenie wpływu zbiornika bocznego na zmniejszenie intensywności zamulania zbiornika głównego. Obliczono czas, po upływie którego zbiorniki zostaną zamulone w 80%. Prognozę zamulania zbiornika wodnego wykonano według formuły Gončarova. Na podstawie wykonanych pomiarów wielkości zamulania w kolejnych latach określono wielkość odkładów rumowiska po pierwszym roku eksploatacji.

Wykazano, że zbiornik boczny, przechwytyjąc część dopływającego rumowiska, przyczynia się do zmniejszenia zamulania zbiornika głównego. W wyniku wybudowania zbiornika bocznego, zatrzymującego część rumowiska dopływającego do zbiorników, zamulenie zbiornika głównego, wynoszące 80%, zostanie osiągnięte po 66 latach, a zbiornika bocznego – po 138 latach. Uzyskanie wydłużonego czasu eksploatacji, w wyniku współpracy dwóch zbiorników zasilanych wodami ze wspólnego węzła wodnego, powoduje w konsekwencji zatrzymywanie większej ilości rumowiska w dwóch zbiornikach niż w głównym przed odmuleniem, w porównywalnie w takim samym okresie eksploatacji.

Słowa kluczowe: mały zbiornik wodny, zamulanie, prognoza zamulania

Summary

Within the framework of the small retention program location of 65 reservoirs and 4 polders was determined. Their total capacity will permit retention of 38 hm³ water and the estimated cost of building was about 1,03 mld złote [„Program malej retencji...” 2004]. Small water reservoirs undergo quick silting and the time laps of their silting is hazard to define. The paper presents possibilities of forecasting of small water reservoirs silting basing upon data gained from measurements of silting quantity from years 1969–1983 and 1999–2006. Two reservoirs at Zesławice i.e. the main reservoir before and after desiltation and the side-reservoir which was passed over for exploitation after desiltation of the main reservoir. The paper aims at determination of the influence of the side-reservoir on silting intensity decrease in the main reservoir. The time laps after which the reservoirs will be silted in 80% was calculated. Forecasting of water reservoir silting was made according to Gončarov's formula. Determination of the quantity of load deposition after the first years of exploitation - R_1 cause of principal difficulties in elaboration of forecasts. Disposing of measurements of silting quantities in consequent years this quantity was calculated after transformation of the equation to the form permitting calculations of the quantity R_1 basing upon measurements results.

It was shown that the side-reservoir contributes to the decrease of silting of the main reservoir by taking over a part of the inflowing sediment load. A comparison of volume of load deposits in the main reservoir before and after desiltation when side-reservoir was switched to exploitation permitted to state that in the tenth years of exploitation a decrease in the quantity of deposits in the main reservoir exceeded 30% and in the seventeenth – 33%. The decrease in the quantity of sediment load retained in the main reservoir is not a measurable effect caused by the side-reservoir. The calculated sum of load sediment accumulated in two reservoirs after desiltation is bigger than the volume which was retained in the main reservoir before desiltation. The determined time laps after which main reservoir capacity before desiltation would be reduced by 80% is 38 years. Due to building a side-reservoir retaining a part of the sediment load entering the reservoirs silting of the main reservoir equaling 80% will be reached after 66 years and that of the side-reservoir after 138 years.

Attainment of prolonged exploitation time is result of cooperation of two reservoirs supplied with water from a common water mode gives in consequence retention of a bigger quantity of load in two reservoirs than in the main before desiltation in a comparable equaling exploitation period. In the existing system of cooperating reservoirs necessary desiltation works can be undertaken after a longer exploitation period, however, in the scope of works connected with desiltation renovation of the side-reservoirs must also be taken into consideration.

Key words: small water reservoir, silting, silting forecast

WSTĘP

Wezbrania z lat 1997–2001 wykazały znaczne zagrożenie powodziowe, a w kolejne suche lata wykazały natomiast niedobory zasobów wodnych. Skłania to do podjęcia działań zwiększających sztuczną retencję wody, która również

ma znaczenie lokalne, chociażby ze względu na ochronę przed powodzią. W rejonach podgórskich i górskich ma to szczególne znaczenie, gdyż średni odpływ z tych terenów wynosi około $10 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ i jest prawie dwukrotnie wyższy od przeciętnego dla Polski, wynoszącego $5,2 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$. Tereny te należą do rejonu Polski o największej zmienności przepływów, co również wskazuje na potrzebę zwiększania sztucznej retencji. Oznacza ona nie tylko retencjonowanie wód powierzchniowych za pomocą zbiorników wodnych lub podpiętrzanie cieków, lecz również zabiegi agrotechniczne i fitomelioracyjne oraz zalesienia dla zwiększenia retencji gruntowej*, regulację cieków polegającą na zmianie przekrojów poprzecznych koryt i ich spadków podłużnych oraz wykorzystanie naturalnych terenów zalewowych.

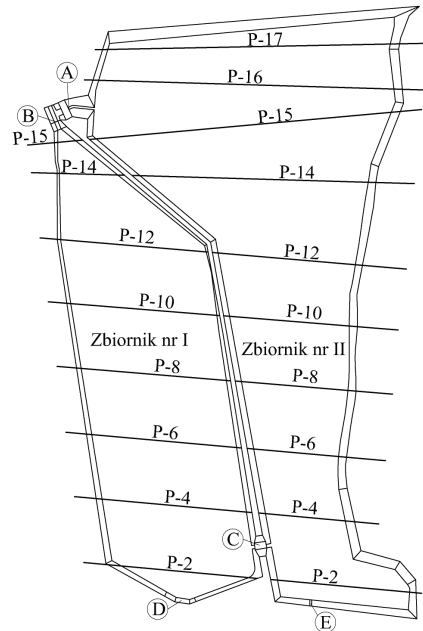
W wyniku wieloletnich działań ustalono ostatecznie w „Programie Racjonalnego Gospodarowania Zasobami Wodnymi Województwa Małopolskiego” [„Program małej retencji...” 2004] lokalizację 65 zbiorników i 4 polderów. Ich łączna pojemność całkowita umożliwi retencjonowanie około 38 hm^3 wody, a szacowany w 2000 roku koszt ich budowy ma wynosić 1,03 mld. złotych. Większość rozpatrywanych zbiorników zlokalizowano w przekrojach zamykających zlewnie o wielkości kilku do kilkunastu kilometrów kwadratowych. Zbiorniki małej retencji lokalizowane na większych zlewniach mają z reguły niezbyt korzystne wskaźniki techniczne, głównie w wyniku spodziewanego krótkiego czasu ich zamulenia i małe możliwości w zakresie redukcji maksymalnych przepływów [„Program małej retencji...” 2004]. Określenie czasu zamulenia małych zbiorników wodnych jest zadaniem trudnym. Wynika to między innymi z braku wytycznych wskazujących właściwą metodę prognozowania zamulenia. Przeprowadzone w Katedrze Inżynierii Wodnej Akademii Rolniczej w Krakowie wieloletnie badania zamulenia małych zbiorników wodnych wykazały możliwość zastosowania metody Gončarova. Wyniki badań zostały zamieszczone w pracach Bednarczyka [1994] i Michalca [2003, 2004]. Jedynym zasadniczym utrudnieniem w zastosowaniu tej metody jest wyznaczenie objętości odkładów w pierwszym roku eksploatacji. Spowodowane jest to przede wszystkim brakiem danych o zamuleniu istniejących zbiorników oraz badań zezwalających na określenie zdolności małego zbiornika do zatrzymywania rumowiska. W pracy przedstawiono możliwość wykonania prognozy zamulenia małego zbiornika wodnego. Prognozę opracowano na podstawie danych z pomiarów wielkości zamulenia. Przeprowadzono również analizę zamulenia zbiornika głównego po wybudowaniu w jego sąsiedztwie zbiornika bocznego, zasilanego dopływem wody ze wspólnego węzła wodnego, znajdującego się na cieku powyżej zbiorników. Celem pracy jest wykazanie wpływu zbiornika bocznego na zmniejszenie intensywności zamulenia zbiornika głównego.

* Pracę zrealizowano w ramach projektu Grant nr 2P06S03328.

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTÓW BADAŃ

Analizę przebiegu zamulania opracowano dla zbiorników Zesławice na rzece Dłubni. Zbiornik główny przeciwpowodziowy Zesławice został oddany do eksploatacji w 1966 roku. Jego zadaniem było zaopatrzenie w wodę przemysłową ówczesną Hutę im. Lenina oraz w wodę pitną dla Krakowa. Zapora zbiornika głównego zlokalizowana jest w km 8+700 rzeki Dłubni i zamyka zlewnię o powierzchni 218,1 km². Powierzchnia zlewni jest w znacznej części przeznaczona pod uprawy rolne. Ponad 90% powierzchni zlewni stanowią grunty orne, a łąki zaledwie około 3%. Lasy zajmują stosunkowo niewielką powierzchnię, zajmując niespełna 7% powierzchni zlewni [Bednarczyk 1994]. Najczęściej występującym na obszarze dorzecza Dłubni typem gleb są gleby wytworzone na lessach. Większość z nich to gleby lessowe całkowite ze znakami brunatnymi [Strzemski 1954]. Ze względu na znaczny udział gruntów użytkowanych rolniczo oraz rodzaj gleb podatnych na spływy powierzchniowe, zamulanie zbiornika głównego ma charakter intensywny. Szczegółowe informacje o zlewni zbiornika Zesławice zawierają prace m. in. Bednarczyka [1994]. W 1983 roku, po siedemnastu latach eksploatacji, stwierdzono, że zamulenie wynosi ponad 50%. Zanim przystąpiono do odmulenia zbiornika głównego wykonano zbiornik boczny, pełniący funkcję zbiornika remontowego. Do budowy zbiornika bocznego przystąpiono w 1986 roku, w 1997 roku został on oddany do eksploatacji. Zadaniem zbiornika bocznego było przejęcie funkcje zbiornika głównego, podczas gdy ten był odmulany. Odmulenie zbiornika głównego wykonano w 1989 roku. Na rysunku 1 przedstawiono zbiorniki: główny (nr I) i boczny (nr II).

Dopływ wody do zbiornika bocznego kierowany jest w węźle wodnym „A” (rys. 1) za pomocą przelewu i spustu. Przy średnich i niskich przepływach, gdy poziom piętrzenia jest niższy od 215,50 m n.p.m., woda kierowana jest do zbiornika bocznego dwoma przewodami rurowymi spustu. Po przekroczeniu tego poziomu piętrzenia woda prowadzona jest dodatkowo przelewem powierzchniowym. Do zbiornika głównego woda prowadzona jest głównym korytem rzeki Dłubni „B” (rys. 1). Odprowadzenie wody ze zbiornika bocznego odbywa się za pomocą przelewu trapezowego i upustu dennego „C” (rys. 1). Urządzenia te znajdują się w grobli dzielącej oba zbiorniki. W zaporze zbiorników znajduje się jaz dokowy trzyprzęsłowy, stanowiący urządzenie spustowe zbiornika głównego „D” (rys. 1). Woda ze zbiornika bocznego, prowadzona za pomocą przelewu trapezowego i upustu dennego „C” (rys. 1), znajdujących się w grobli dzielącej oba zbiorniki, zostaje odprowadzona przez przelew jazu. Istnieje również możliwość bezpośredniego zrzutu wód ze zbiornika bocznego za pomocą spustów dennych w zaporze czołowej zbiorników „D” (rys. 1).



Rysunek 1. Główny zbiornik wodny Ześlawice (nr I) i zbiornik boczny (nr II).
Zaznaczono przekroje pomiarowe od P-2 do P-18, A – wlot do zbiornika bocznego,
B – wlot to zbiornika głównego, C – przelew między zbiornikami,
D – jaz dokowy (wylot ze zbiornika głównego), E – spust ze zbiornika bocznego
Figure 1. The main Ześlawice water reservoir (No I) and the side-reservoir (No II).
Measuring sections were marked from P-2 to P-18, A – inlet to the side-reservoir,
B – inlet to the main reservoir, C – spill between reservoirs,
D – weir (outlet from main reservoir), E – outlet pipe

Normalny poziom piętrzenia wody w zbiornikach jest równy 215 m n.p.m. Pojemność maksymalna zbiornika głównego wynosi 228 tys. m³, a zbiornika bocznego – 198 tys. m³. Powierzchnia zalewu przy normalnym poziomie piętrzenia wody w zbiornikach głównym i bocznym wynosi odpowiednio: 9,5 ha i 11,3 ha. Średnia głębokość zbiornika głównego jest równa 2,4 m, a bocznego 1,72 m.

METODYKA BADAŃ

W przeprowadzonych badaniach posłużono się danymi archiwalnymi pomiarów zbiornika w okresie 1969–1983 wykonanymi przez pracowników Katedry Inżynierii Wodnej Akademii Rolniczej w Krakowie. Pomiar zamulania

zbiorników w latach 1999–2006 wykonano sondą drążkową z łodzi. Pomiary wykonywano przekrojach poprzecznych oraz metodą punktów rozproszonych. Lokalizację przekrojów poprzecznych przedstawiono na rysunku 1. Wyniki pomiarów głębokości w zbiornikach zostały naniesione na powykonawcze przekroje poprzeczne. Następnie określono powierzchnie odkładów w przekrojach i obliczono objętość odkładów w zbiorniku.

Ze względu na wykonanie pomiarów w różnych latach eksploatacji badanych zbiorników wykonano obliczenia prognostyczne wielkości zamulania. Wyniki prognozy umożliwiły porównanie objętości odkładów w tych samych latach eksploatacji zbiornika głównego przed i po odmuleniu. Określono również czas, po upływie którego zbiorniki zostaną zamulone w 80%. Czas ten określa tzw. „długowieczność” lub „żywność” zbiornika. Tak znaczna redukcja pojemności zbiornika, jak podaje Hartung [1959], uniemożliwia dalszą eksploatację zbiornika. Prognozę szczegółową zamulania zbiornika wodnego przeprowadza się według formuły Gončarova [Wiśniewski, Kutrowski 1973]:

$$Z_t = V_p \left[1 - \left(1 - \frac{R_1}{V_p} \right)^t \right] \quad (1)$$

gdzie:

- Z_t – objętość odkładów [m^3] po upływie „ t ” lat,
- V_p – początkowa pojemność zbiornika [m^3],
- R_1 – objętość odkładów po pierwszym roku eksploatacji [m^3],
- t – lata eksploatacji.

Ze względu na brak pomiarów zamulania badanych zbiorników po pierwszym roku ich eksploatacji zasadniczą trudność stwarza określenie wielkości R_1 . Dysponując pomiarami wielkości zamulania w kolejnych latach, została ona obliczona po przekształceniu równania (1) do postaci umożliwiającej obliczenie wielkości R_1 na podstawie wyników pomiarów. Wartość R_1 zbiornika głównego po odmuleniu i zbiornika bocznego wyznaczono na podstawie objętości odkładów pomierzonych w 17 i 19 roku eksploatacji. Ze względu na specyficzny przebieg procesu zamulania zbiornika głównego przed odmuleniem, charakteryzującym się znacznym przyrostem odkładów w trzecim roku eksploatacji, prognozę opracowano w dwóch wariantach. W wariantcie I objętość R_1 została obliczona na podstawie objętości zamulenia według pomiaru w drugim roku eksploatacji. W wariantcie II objętość R_1 została obliczona na podstawie objętości odkładów określonych z pomiarów w siedemnastym roku pracy zbiornika.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki pomiarów zamulania zbiornika głównego w okresach przed i po odmuleniu oraz zbiornika bocznego zamieszczono w tabeli 1.

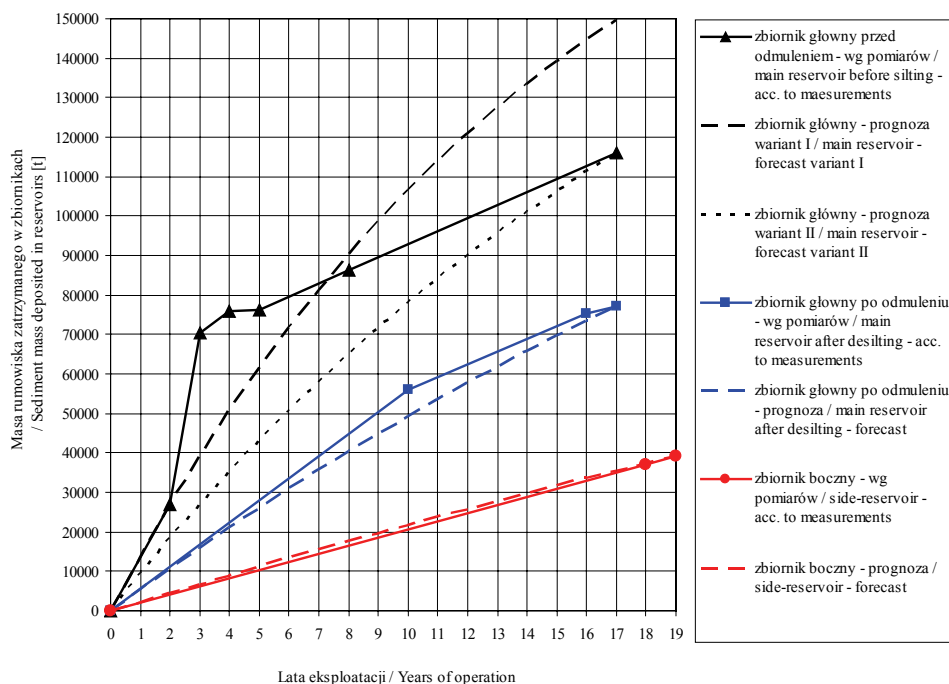
Tabela 1. Ilość rumowiska odłożonego w zbiornikach: głównych i bocznym określona według pomiarów

Table 1. Amount of sediments deposited in the main reservoir and in the side-reservoir at Zesławice definite according to measurements

Zbiornik / Reservoir	Rok / Year	Lata eksploatacji / Years of operations	Rumowisko odłożone w zbiornikach / Sediments deposited in reservoirs	
			Objętość rumowiska / Sediment volume [m ³]	Masa rumowiska / Sediment mass [t]
Zbiornik główny przed odmuleniem / Main reservoir before desilting	1968	2	26 968	27 642
	1969	3	70 425	72 186
	1970	4	75 780	77 675
	1971	5	76 251	78 157
	1974	8	86 192	88 347
	1983	17	116 091	118 993
Zbiornik główny po odmuleniu / Main reservoir after desilting	1999	10	56 162	57 566
	2005	16	75 315	77 198
	2006	17	77 232	79 163
Zbiornik boczny / Side-reservoir	2005	18	37 175	38 104
	2006	19	38 290	39 247

Obliczona objętości odkładów w pierwszym roku eksploatacji – R_1 zbiornika głównego według wariantu I wynosi 13 908 m³. Według obliczeń w wariantcie II wartość R_1 jest równa 9348 m³. Po odmuleniu objętości odkładów w pierwszym roku eksploatacji zbiornika głównego wynosi 5480 m³, a dla zbiornika bocznego – 2292 m³. Wyniki prognozy zamulania zbiorników, opracowanej dla okresów obejmujących okres obserwacji, przedstawiono na rysunku 2. Przebieg prognozowanych krzywych zamulania zbiorników: głównego po odmuleniu i bocznego (linia przerywana) jest zbieżny z rzeczywistym przebiegiem procesu zamulania. Zdecydowanie większe różnice wyników prognozy zamulania w porównaniu z wynikami pomiarów otrzymano dla zbiornika głównego przed odmuleniem. Krzywa prognozowanego zamulenia wg wariantu II wskazuje na znacznie niższe objętości odkładów rumowiska w rozpatrywanym okresie siedemnastu lat eksploatacji. Jednak można przypuszczać, że w dalszych latach wyniki prognozowanego zamulania nie odbiegałyby znacznie od rzeczywistego zamulania, czego nie można stwierdzić, analizując krzywą prognozowanego zamulania opracowaną w wariantcie I. Według prognozy w tym wariantcie, począwszy od siódmego roku eksploatacji, prognozowane zamulenie przewyższa wartości rzeczywiste. Prognozowana objętość odkładów w siedemnastym

roku pracy zbiornika głównego przed odmuleniem jest niespełna trzydzieści procent wyższa od otrzymanej z pomiarów. Można przypuszczać, że w kolejnych latach różnica ta ulegałaby zwiększeniu. Do dalszej analizy przyjęto prognozę opracowaną według wariantu II.

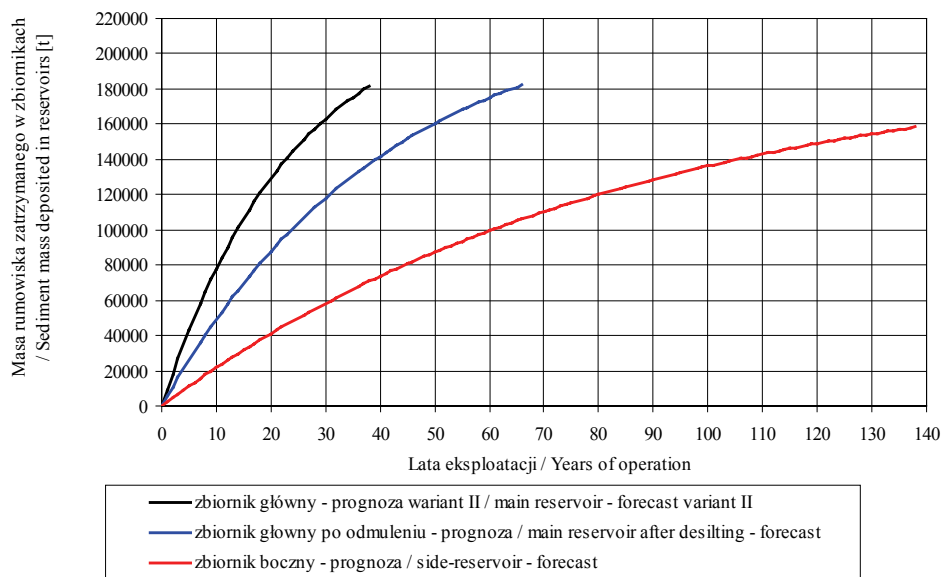


Rysunek 2. Wyniki prognozy i pomiarów zamulania zbiorników w Zesławicach: głównego i bocznego

Figure 2. The results of the listing forecast and the listing measurements of reservoirs in Zesławice: main reservoir and side-reservoir

Zbiornik boczny, przechwytyjąc część dopływającego rumowiska, przyczynia się do zmniejszenia zamulania zbiornika głównego. W dziesiątym roku eksploatacji objętość osadów rumowiska w zbiorniku głównym po odmuleniu wynosiła 56 162 m³, a przed odmuleniem około 93 000 m³. Zmniejszenie ilości osadów w zbiorniku głównym wynosi ponad 39%. W siedemnastym roku objętość osadów rumowiska w zbiorniku głównym przed odmuleniem wynosiła 116 091 m³. W wyniku skierowania części przepływu wody rzeki Dłubni do zbiornika bocznego objętość osadów w zbiorniku głównym w siedemnastym roku po odmuleniu wynosi 77 232 m³. Zbiornik boczny, zatrzymując część

dopływającego rumowiska, spowodował zmniejszenie zamulenia o ponad 33%. Zmniejszenie ilości rumowiska zatrzymywanego w zbiorniku głównym nie jest wymiernym efektem ograniczania zamulania zbiornika głównego przez zbiornik boczny. Całkowita ilość rumowiska zgromadzona w obu zbiornikach w dziesiątym roku eksploatacji po odmuleniu wynosi 77 922 m³ i jest mniejsza od ilości rumowiska zatrzymanego w zbiorniku głównym przed odmuleniem. Natomiast już w siedemnastym roku całkowita objętość rumowiska zatrzymanego w zbiornikach, wynosząca 112 874 m³, jest większa od objętości zatrzymanej w zbiorniku głównym przed odmuleniem w tym samym czasie i wynoszącej 116 091 m³. Stwierdzono utrzymanie się tej tendencji, wskazującej na zatrzymywanie coraz większej ilości rumowiska w dwóch zbiornikach w stosunku do ilości zatrzymywanej w zbiorniku głównym przed odmuleniem. Można to prześledzić, analizując prognozowane krzywe zamulania przedstawione na rysunku 3.



Rysunek 3. Prognoza zamulania zbiorników: głównego i bocznego w Zesławicach
Figure 3. The listing forecast of reservoir in Zesławice: main reservoir and side-reservoir

Według prognozy – wariant II „Żywotność” zbiornika głównego przed odmuleniem wynosiła 38 lat. Po tym okresie zamulenie wynosi 182 400 m³, co stanowi 80% pojemności zbiornika. Zgromadzona w tym czasie ilość rumowiska

w zbiorniku głównym po odmuleniu i w zbiorniku bocznym wynosić będzie 208 340 m³. Wydłuży się jednak czas eksploatacji zbiornika głównego po odmuleniu i włączeniu do eksploatacji zbiornika bocznego. Czas ten będzie wynosił 66 lat. Po upływie tego okresu zbiornik boczny zostanie zamulony w ponad 53%, a zamulenie wynoszące 80% jego pojemności zostanie osiągnięte po 138 latach (rys. 3).

WNIOSKI

Opracowanie szczegółowej prognozy zamulania wymaga dysponowania danymi dotyczącymi przepływów średnich dobowych i odpowiadających im koncentracji rumowiska unoszonego. Likwidacja posterunku wodowskazowego na rzece Dłubni uniemożliwia obliczenie ilości rumowiska dopływającego do zbiorników i nie zezwala na określenie bilansu rumowiska. W wykonanej prognozie objętość odkładów rumowiska w zbiornikach w pierwszym roku eksploatacji określona została na podstawie pomiarów zamulania wykonanych po kilkunastu latach eksploatacji. Szacunkowa prognoza wykazała, że w wyniku wybudowania zbiornika bocznego, zatrzymującego część rumowiska dopływającego do zbiorników, czas eksploatacji zbiornika głównego zostanie blisko dwukrotnie zwiększony. Uzyskanie wydłużonego czasu eksploatacji, w wyniku współpracy dwóch zbiorników zasilanych wodami ze wspólnego węzła wodnego, powoduje w konsekwencji zatrzymywanie większej ilości rumowiska w tych zbiornikach niż w głównym przed odmuleniem, w porównywalnie w takim samym okresie eksploatacji. W istniejącym układzie współpracujących zbiorników konieczne prace odmuleniowe mogą zostać podjęte po dłuższym czasie eksploatacji, lecz zakres prac związanych z odmulaniem musi również uwzględniać renowację zbiornika bocznego.

BIBLIOGRAFIA

- Bednarczyk T. *Określenie ilości unoszonego rumowiska w przekroju małego zbiornika wodnego w Zesławicach*. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie nr 229, Inżynieria Środowiska z. 15, Kraków 1994.
- Dynowska I. *Stosunki hydrograficzne oraz zagadnienia ochrony wód zachodniej części Wyżyny Miechowskiej*. Ochrona Przyrody, r. 29, Kraków 1964.
- Hartung F. *Ursache und Verhuetung der Staumraumverlandung bei Talsperren*, Wasserwirtschaft, 1, 1959.
- Michalec B. *Analiza procesu zamulania małych zbiorników wodnych*. Acta Scientiarum Polonorum, Formatio Circumiectus, z. 2(2), 2003, s. 35–46.
- Michalec B. *Próba prognozy zamulenia małego zbiornika wodnego na cieku niekontrolowanym hydrologicznie*. Acta Scientiarum Polonorum, Formatio Circumiectus, z. 3(1), 2004, s. 63–71.

- Program małej retencji województwa małopolskiego.* Projekt Urzędu Marszałkowskiego Województwa Małopolskiego i Małopolskiego Zarządu Melioracji i Urządzeń Wodnych w Krakowie, wersja na CD, Kraków 2004, 47.
- Strzemiński M. *Gleby województwa krakowskiego.* Przegl. Geograf., t. XXVI, z. 4, Warszawa 1954.
- Wiśniewski B., Kutrowski M. *Budownictwo specjalne w zakresie gospodarki wodnej. Zbiorniki wodne. Prognozowanie zamulania. Wytoczne instruktażowe.* Biuro Studiów i Projektów Budownictwa Wodnego „Hydroprojekt”, Warszawa 1973.

Dr inż. Bogusław Michalec
Katedra Inżynierii Wodnej
Akademia Rolnicza w Krakowie
30-059 Kraków
Al. A. Mickiewicza 24/28
tel. (0-48-12) 633-53-42,
e-mail: rmmichbo@cyf-kr.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Jerzy Ratowski*