

## KRYTYCZNE UWAGI DO OCENY UTRATY POJEMNOŚCI KLUCZOWYCH ZBIORNIKÓW ZAPOROWYCH W POLSCE

Bogusław Michalec  0000-0002-0402-3416

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

### ABSTRAKT

#### Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest wykazanie słuszności zastosowania formuły Gončarova do prognozowania utraty pojemności zbiorników zaporowych w odniesieniu do wyników analiz przedstawionych w publikacji „Utrata pojemności kluczowych zbiorników zaporowych w Polsce” opracowanej przez Absalona i in. (2022), a także przedstawienie krytycznych uwag do wyników przedstawionych przez badaczy w powyższej publikacji i „ocena utraty pojemności 47 kluczowych dla gospodarki wodnej zbiorników wodnych w Polsce”. Zamiarem autora artykułu jest wykazanie, że „średnie roczne tempo zamulania” nie może być podstawą opracowania prawidłowej prognozy zamulania.

#### Materiał i metody

Na podstawie wyników pomiarów zamulania 20 zbiorników zaporowych i wyników obliczeń oraz analiz przedstawionych w publikacji Absalona i in. (2022) opracowano prognozę redukcji pojemności tych zbiorników z wykorzystaniem równania Gončarova, zalecanego w wytycznych instruktażowych z zakresu prognozowania zamulania (Wiśniewski i Kutrowski, 1973).

#### Wyniki i wnioski

Prognozowany czas redukcji pojemności analizowanych zbiorników przedstawiony w publikacji Absalona i in. (2022) jest niedoszacowany nawet w odniesieniu do wartości obliczonych na podstawie przyjętego liniowego charakteru przebiegu procesu zamulania. Opracowany za pomocą formuły Gončarova czas redukcji pojemności do 50% pojemności pierwotnej jest od 26 do 77% większy od podanego w pracy Absalona i in. (2022). Stosowanie średniego rocznego stopnia zamulania do prognozowania tego procesu jest niewłaściwe i obarczone błędem skutkującym niedoszacowaniem czasu zamulania.

**Słowa kluczowe:** stopień zamulania, intensywność zamulania, prognoza zamulania

### WSTĘP

Przyczyną ograniczającą żywotność zbiorników wodnych są procesy erozyjne zachodzące w zlewniach. Znaczna część produktów erozji jest transportowana i dostarczana do zbiorników wodnych, gdzie ulega akumulacji, powodując redukcję objętości zbiornika wodnego i ograniczając jego funkcje. Żywotność

zbiornika wodnego dotyczy okresu eksploatacji i zależy przede wszystkim od intensywności procesu zamulania (Michalec i Wałęga, 2015). Najstarsze kryterium określające okres użytkowania zbiornika (*usable life of reservoir*) zaproponował Hartung (1959), według którego zbiornik przestaje spełniać swoje funkcje po osiągnięciu 80% zamulania. Z kolei Łajczak (1999) wskazuje, że graniczna wielkość zamulania jest indy-

✉ e-mail: [rmmichbo@cyf-kr.edu.pl](mailto:rmmichbo@cyf-kr.edu.pl)

widualna dla każdego zbiornika. Natomiast, jak podaje Morris (1995), już 50% zamulenia może powodować istotne problemy eksploatacyjne, wynikające z ograniczonej możliwości realizacji projektowanych funkcji ze względu na odkłady rumowiska. Proces zamulania zbiorników wodnych jest tematem wielu prac naukowych, których wyniki powinny znajdować bezpośrednie zastosowanie w praktyce inżynierskiej – od etapu projektowania, przez wykonawstwo, aż po cały okres eksploatacji zbiornika. Prawidłowe określenie żywotności zbiornika wodnego wymaga opracowania wiarygodnej prognozy zamulania. W Polsce w 1973 roku Biuro Studiów i Projektów Budownictwa Wodnego „Hydroprojekt” wydało wytyczne instruktażowe dotyczące prognozowania zamulania (Wiśniewski i Kutrowski, 1973). Według tych wytycznych prognozę zamulania należy opracowywać za pomocą formuły Gončarova:

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

gdzie:

- $Z_t$  – prognozowana objętość odkładów rumowiska po upływie  $t$  lat [ $\text{m}^3$ ],
- $V_p$  – początkowa pojemność zbiornika wodnego [ $\text{m}^3$ ],
- $R_1$  – objętość odkładów rumowiska po pierwszym roku eksploatacji [ $\text{m}^3$ ].

Prognozując zamulanie projektowanego zbiornika wodnego, inżynierowie nie dysponują objętością odkładów po pierwszym roku eksploatacji ( $R_1$ ). Jak podano w wytycznych instruktażowych (Wiśniewski i Kutrowski, 1973), można ją ustalić na podstawie pomiarów dokonywanych w zbiorniku, będącym tzw. zbiornikiem analogiem, lub obliczyć ze wzoru:

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

gdzie:

- $\beta$  – zdolność zbiornika do zatrzymywania rumowiska unoszonego [–],
- $T$  – roczna masa rumowiska dopływająca do zbiornika wodnego [t],
- $\rho_0$  – gęstość objętościowa osadów [ $\text{t} - \text{m}^{-3}$ ].

W przypadku zbiorników eksploatowanych prognozę zamulania można opracować poprzez wyznaczenie wartości  $R_1$  ze wzoru (2). Wymaga to określenia wartości parametrów  $\beta$ ,  $T$  i  $\rho_0$ . Prognozę zamulania zbiornika eksploatowanego można również opracować na podstawie objętości odkładów rumowiska w zbiorniku ( $Z_t$ ), wyznaczonej na podstawie pomiarów zamulenia wykonanych w czasie ( $t$ ) jego eksploatacji. Na podstawie tych danych można obliczyć wartość  $R_1$  z przekształconego równania Gončarova (1):

$$R_1 = V_p \left[ 1 - \left( 1 - \frac{Z_1}{V_p} \right)^{1/t} \right] \quad (3)$$

Dla objętości odkładów po pierwszym roku eksploatacji ( $R_1$ ), obliczonej za pomocą wzoru (3), można opracować prognozę zamulania z wykorzystaniem wzoru (1) Gončarova. Proces zamulania zbiornika zaporowego można scharakteryzować na podstawie parametrów opisujących ten proces, takich jak: stopień zamulenia ( $S_Z$ ), współczynnik zamulenia ( $W_Z$ ), intensywność zamulania ( $S_i$ ) i zdolność zbiornika do zatrzymywania rumowiska unoszonego ( $\beta$ ) (Heinemann, 1984; Batuca i Jordaan, 2000; Verstraeten i Poesen, 2000; Michalec, 2008; Hu i in. 2018). Poniżej przedstawiono dwa wybrane parametry:

- 1) stopień zamulenia ( $S_Z$ ) zbiornika wodnego [%]:

$$S_Z = V_Z / V_p \quad (4)$$

gdzie:

- $V_Z$  – objętość rumowiska zatrzymanego (czyli objętość zamulona),
  - $V_p$  – pojemność początkowa zbiornika,
- 2) średni roczny stopień zamulenia ( $S_{Z,SR}$ ) obliczany na podstawie stopnia zamulenia ( $S_Z$ ) i czasu eksploatacji zbiornika ( $t$ ):

$$S_{Z,SR} = S_Z / t \quad (5)$$

Wartości tych charakterystyk, określone dla danego zbiornika, nie są stałe, gdyż z każdym kolejnym rokiem eksploatacji ich wartości ulegają zmniejszeniu. Wynika to z natury procesu zamulania, opisanego za pomocą równania Ortha z 1934 roku (Bogárdi, 1974), którego rozwinięciem jest formuła Gončarova (1). W początkowej fazie zamulania zdolność zbiornika

do zatrzymywania rumowiska jest większa niż po jego częściowym zamuleniu, co skutkuje względnie szybkim przyrostem objętości zamulonej zbiornika w pierwszych latach eksploatacji w porównaniu z kolejnymi okresami. Nieuwzględnienie tej właściwości procesu prowadzi do błędnych prognoz zamulania, stanowiących podstawę określenia utraty pojemności, a tym samym żywotności zbiorników wodnych.

Celem niniejszej pracy jest:

- 1) wykazanie zasadności zastosowania formuły Gončarova do prognozowania utraty pojemności zbiorników zaporowych w odniesieniu do wyników analiz przedstawionych w publikacji „Utrata pojemności kluczowych zbiorników zaporowych w Polsce” (Absalon i in., 2022),
- 2) przedstawienie krytycznych uwag do wyników analiz oraz „oceny utraty pojemności 47 kluczowych dla gospodarki wodnej zbiorników wodnych w Polsce”, przedstawionych przez Absalona i in. (2022),
- 3) wykazanie, że „średnie roczne tempo zamulania” nie może stanowić podstawy opracowania prawidłowej prognozy zamulania.

Postawione cele są szczególnie istotne, ponieważ autorzy cytowanej publikacji wskazują, że „przedstawione dane dotyczące średniego rocznego tempa zamulania zbiorników umożliwiły przygotowanie prognoz dotyczących utraty pojemności”, co świadczy o nieprawidłowym pod względem metodycznym podejściu do analizowanego zagadnienia, prowadzącym do uzyskania błędnych wyników i niewłaściwej oceny żywotności zbiorników. Jednocześnie autorzy słusznie zauważyli, że „wraz z wydłużaniem się czasu eksploatacji zmniejszała się wartość średniego rocznego tempa utraty pojemności”. Spostrzeżenie to nie zostało jednak wykorzystane do weryfikacji zaproponowanej metody prognozowania i oceny żywotności analizowanych zbiorników zaporowych.

#### **METODYKA I CHARAKTERYSTYKA OBIEKTÓW BADAŃ PRZEDSTAWIONYCH W PUBLIKACJI ABSALONA I IN. (2022)**

W publikacji Absalona i in. (2022) podano wzory do obliczenia pięciu parametrów. Utrata pojemności ( $\Delta V$ ), wyrażana w [ $\text{hm}^3$ ] i przedstawiona w postaci wzoru (1), ma postać:

$$\Delta V = V_i - V_a \quad (6)$$

gdzie:

$V_i$  – pojemność początkowa,  
 $V_a$  – pojemność aktualna, czyli z roku, w którym wykonano pomiar zamulenia.

Utrata pojemności ( $\Delta V$ ) spowodowana zamulaniem to objętość zamulona ( $V_z$ ).

„Odsetek zmniejszonej pojemności początkowej zbiornika” przedstawiono jako wzór (2) w postaci:

$$\Delta V / V_i \quad (7)$$

gdzie:

$\Delta V$  – utrata pojemności,  
 $V_i$  – pojemność początkowa.

„Odsetek zmniejszonej pojemności początkowej zbiornika” to stopień zamulenia  $S_z$  (4).

„Dynamikę zmian pojemności” obliczono za pomocą wzoru (3), przedstawiającego „średnie roczne zamulanie” [ $S$ ]:

$$S = V\Delta / n \quad (8)$$

Wzór (4) przedstawia „średnie roczne zamulanie w stosunku do pojemności wyjściowej”, czyli pojemności początkowej:

$$S / V_i \quad (9)$$

gdzie oznaczenia są identyczne jak we wzorach od (6) do (8).

Wzór (5) badacze wykorzystali „do określenia poglądowej żywotności zbiorników”. Ma on następującą postać:

$$V_{50\%} = (V_i / 2S) - n \quad (10)$$

gdzie:

$V_{50\%}$  – utrata 50% pojemności początkowej w kolejnych latach, a pozostałe oznaczenia opisano jak we wzorach od (6) do (8).

W publikacji nie podano źródła, z którego zaczerpnięto wzór (5), ani wzoru do obliczenia utraty 80% pojemności początkowej w kolejnych latach, natomiast przytoczono obliczone wartości utraty 80% pojemności początkowej.

Podstawowe parametry analizowanych zbiorników autorzy zamieścili w tabeli 1. W niniejszej pracy przytoczono z niej jedynie: numer porządkowy, nazwę zbiornika, rzeki i rok budowy zbiornika (tab. 1). Pozostałe parametry podane przez badaczy, takie jak: po-

wierzchnia zlewni, powierzchnia zbiornika przy maksymalnym poziomie piętrzenia, czas wymiany wody i pojemność zbiornika przy normalnym poziomie piętrzenia – ze względu na ich nieistotność w niniejszej analizie – zostały pominięte.

**Tabela 1.** Podstawowe parametry analizowanych zbiorników zestawione na podstawie danych zamieszczonych w tabelach 1 i 2 w publikacji Absalona i in. (2022)

**Table 1.** Basic parameters of the analyzed reservoirs compiled on the basis of the data presented in Tables 1 and 2 in the publication by Absalon et al. (2022)

Nr No	Zbiornik Reservoir	Rzeka River	Rok budowy Year of construction	Pojemność początkowa dla MaxPP Initial capacity for MaxPP $V_i (V_p)$ [hm <sup>3</sup> ]	Zmiana pojemności Capacity change $\Delta V$		Średnie roczne zamulenie Mean annual silting	
					$(V_z)$ [hm <sup>3</sup> ]	$(S_z)$ [%]	$S$ [hm <sup>3</sup> · rok <sup>-1</sup> ]	$(S_{z,SR})$ [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Besko	Wisłok	1978	16,000	-2,790	-17,4	0,065	0,41
2	Brody Iłżeckie	Kamienna	1964	7,590	-0,580	-7,6	0,010	0,13
3	Bukówka	Bóbr	1987	16,790	-0,130	-0,8	0,004	0,02
4	Chańcza	Czarna Staszowska	1984	24,220	-0,440	-1,8	0,012	0,05
7	Czchów	Dunajec	1949	12,000	-4,470	-37,3	0,062	0,52
10	Dobczyce	Raba	1986	141,740	-4,020	-2,8	0,115	0,08
13	Goczałkowice	Wisła	1955	163,100	-1,800	-1,1	0,027	0,02
15	Jeziorsko	Warta	1991	203,000	-0,963	-0,5	0,032	0,02
16	Klimkówka	Ropa	1994	43,500	-1,550	-3,6	0,057	0,13
17	Kozielno	Nysa Kłodzka	2002	16,400	-0,098	-0,6	0,005	0,03
20	Lubachów	Bystrzyca	1917	8,000	-1,193	-14,9	0,011	0,14
26	Otmuchów	Nysa Kłodzka	1933	142,650	-13,190	-9,2	0,150	0,11
28	Pilchowice	Bóbr	1912	53,500	-3,500	-6,5	0,032	0,06
30	Poraj	Warta	1979	25,100	-4,298	-17,1	0,102	0,41
31	Porąbka	Soła	1936	32,200	-5,660	-17,6	0,067	0,21
32	Przeczycy	Przemsza	1963	20,740	-0,388	-1,9	0,007	0,03
33	Rożnów	Dunajec	1942	228,700	-72,930	-31,9	0,923	0,40
34	Rybnik	Ruda	1973	24,000	-0,678	-2,8	0,014	0,06
36	Słup	Nysa Szalona	1978	38,600	-0,550	-1,4	0,013	0,03
37	Solina	San	1968	474,500	-2,460	-0,5	0,046	0,01
39	Sulejów	Pilica	1973	86,594	-2,264	-2,6	0,047	0,05
41	Topola	Nysa Kłodzka	2002	26,500	-4,824	-18,2	0,254	0,96
42	Tresna	Soła	1967	102,000	-9,300	-9,1	0,172	0,17
43	Turawa	Mała Panew	1948	95,500	-2,890	-3,0	0,040	0,04
44	Wióry	Świślina	2007	35,333	-0,673	-1,9	0,048	0,14
45	Wisła Czarne	Wisła	1973	4,500	-0,456	-10,1	0,010	0,21
46	Włocławek	Wisła	1970	532,600	-79,010	-14,8	1,549	0,29

W tabeli 1 niniejszej pracy nie zamieszczono danych na temat wszystkich 47 zbiorników. Pominięto te, dla których Absalon i in. (2022) podali wartość zerową zmiany pojemności, a także wartość dodatnią zmiany pojemności, która oznaczała, że pojemność aktualna, określona w wyniku pomiaru zamulania, okazała się większa od pojemności początkowej. Autorzy pracy nie podali przyczyny uzyskania wartości zerowej zmiany pojemności analizowanych 13 zbiorników (nr 5, 6, 11, 14, 18, 19, 21, 22, 27, 29, 25, 40 i 47), a także nie wyjaśnili powodu uzyskania zwiększenia pojemności 7 zbiorników (nr 8, 9, 12, 23, 24, 25 i 38). Zatem łącznie pominięto 20 zbiorników wodnych. Tabela 1 niniejszej publikacji zawiera jedynie te zbiorniki, które mają ujemną zmianę pojemności, oznaczającą zmniejszenie pojemności w wyniku odkładania się rumowiska rzecznoego. W celu ułatwienia analizy porównawczej zachowano numerację zbiorników z publikacji Absalona i in. (2022).

W tabeli 1 niniejszej pracy zamieszczono również dane, które zostały przedstawione w tabeli 2 w publikacji Absalona i in. (2022). Są to: pojemność początkowa dla MaxPP, zmiana pojemności [ $\text{hm}^3$ ] (czyli objętość zamulona  $V_Z$ ) i zmiana pojemności [%] (czyli stopień zamulenia  $S_Z$ ). W tabeli 1 zamieszczono również oznaczenia przyjęte przez Absalona i in. (2022), a oznaczenia stosowane w pracy podano w nawiasach.

W publikacji Absalona i in. (2022) w tabeli 3 zamieszczono obliczone „średnie roczne utraty pojemności”, które przedstawiono w tabeli 1 w kolumnie zatytułowanej „średnie roczne zamulenie” podane w  $\text{hm}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$  [%]. Średnie roczne zamulenie [%] to średni roczny stopień zamulenia ( $S_{Z,SR}$ ).

## ANALIZA I OCENA WYNIKÓW PRZEDSTAWIONYCH W PUBLIKACJI ABSALONA I IN. (2022)

W publikacji Absalona i in. (2022) nie podano liczby lat eksploatacji ( $n$ ), po upływie których wykonano pomiary zamulenia analizowanych zbiorników. Wielkość ta jest niezbędna do obliczenia  $V_{50\%}$ , czyli „utraty 50% pojemności początkowej w latach”, za pomocą wzoru (5) przedstawionego w tej publikacji (oznaczonego w niniejszej publikacji jako wzór (10)). Liczbę lat ( $n$ ) obliczono z przekształconego wzoru (8), który w publikacji Absalona i in. (2022) oznaczono jako (3), na

postawie znanej wartości  $\Delta V$  („zmiana pojemności”) podanej w  $\text{hm}^3$  (kolumna 5 w tabeli 1) oraz wartości  $S$ , oznaczającej „średnie roczne zamulenie” (kolumna 8 w tabeli 1). Należy dodać, że wartość  $S$  powinna być podana w jednostkach objętości na rok, czego autorzy analizowanej publikacji nie uwzględnili. Liczba lat ( $n$ ), której nie podano w analizowanej publikacji, obliczono ze wzoru (3) Absalona i in. (2022) i zamieszczono w niniejszej pracy w tabeli 2 w kolumnie 4. Obliczone liczby lat podano ze znakiem dodatnim, mimo że na podstawie danych przedstawionych w publikacji Absalona i in. (2022) uzyskuje się wartości ujemne. W tabeli 2 niniejszej pracy wszystkie wartości ujemne zamieniono na dodatnie.

Czas utraty 50% pojemności początkowej podany przez badaczy w tabeli 3 nie jest zgodny z wynikiem obliczeń za pomocą wzoru (5), podanym w niniejszej pracy (wzór (10)). Wyniki uzyskane przez Absalona i in. (2022) przedstawiono w kolumnie 5 tabeli 2, natomiast w kolumnie 6 tabeli 2 zamieszczono wyniki obliczeń wykonanych za pomocą wzoru (5) Absalona i in. (2022). Zaproponowany przez Absalona i in. (2022) wzór ma niejasną i nielogiczną postać. Zastosowanie średniego rocznego zamulenia  $S$  do liniowej estymacji czasu osiągnięcia 50% utraty pojemności zbiornika ( $t_{V50\%}$ ) jest obarczone błędem metodycznym. Czas ten można wyznaczyć za pomocą wzoru:

$$t_{V50\%} = (0,5 V_p) / S \quad (11)$$

gdzie:  $V_p$  – pojemność początkowa zbiornika (lub  $V_i$  – według symboliki przyjętej Absalona i in. (2022)).

Wyniki obliczeń według wzoru (11) przedstawiono w tabeli 2 w kolumnie 7.

Prognoza zamulania nie powinna być oparta na średnim rocznym tempie zamulania, z wyjątkiem przypadków, w których dotyczy zbiorników o wysokim stopniu zamulenia, co zostanie wykazane w dalszej części niniejszej pracy. Zgodnie z wytycznymi Wiśniewskiego i Kutrowskiego (1973), prognozę zamulania należy opracowywać z wykorzystaniem równania Gončarova (1). Zastosowanie tego równania wymaga wyznaczenia wartości  $R_1$ , tj. objętości odkładów rumowiska po pierwszym roku eksploatacji, którą można obliczyć ze wzoru (3), przy wykorzystaniu wyników pomiarów zamulenia. Czas osiągnięcia 50%

**Tabela 2.** Prognoza zamulania analizowanych zbiorników  
**Table 2.** Silting forecast for the analyzed reservoirs

Nr No	Zbiornik Reservoir	$(S_2)$ [%]	Lata Years $n$	Czas utraty 50% pojemności początkowej $n$ [lata] Time of lose of 50% of initial capacity $n$ [years]				Względna różnica wyników Relative difference in results	
				wg tabeli 3 w Absalon i in. (2022) sec. to table 3 in Absalon et al. (2022)	wzór (5) Absalona i in. (2022) equation (5) of Absalon et al. (2022)	wzór (11) equation (11)	wzór (1) Gončarova equation (1) of Gončarov	$\Delta 1$ [%]	$\Delta 2$ [%]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Besko	17,4	42,9	80	115	123	156	49	21
2	Brody Hżeckie	7,6	58,0	316	376	380	507	38	25
3	Bukówka	0,8	32,5	2162	2090	2099	2903	26	28
4	Chańcza	1,8	36,7	981	997	1009	1387	29	27
7	Czchów	37,3	72,1	25	91	97	108	77	10
10	Dobczyce	2,8	35,0	582	545	616	842	31	27
13	Goczałkowice	1,1	66,7	2924	2939	3020	4164	30	27
15	Jeziorsko	0,5	30,1	3132	3070	3172	4387	29	28
16	Klimkówka	3,6	27,2	352	360	382	519	32	26
17	Kozielno	0,6	19,6	1571	1632	1640	2266	31	28
20	Lubachów	14,9	108,5	245	360	364	466	47	22
26	Otmuchów	9,2	87,9	388	404	476	628	38	24
28	Pilchowice	6,5	109,4	724	809	836	1120	35	25
30	Poraj	17,1	42,1	81	110	123	156	48	21
31	Porąbka	17,6	84,5	157	224	240	303	48	21
32	Przeczyce	1,9	55,4	1492	1471	1481	2035	27	27
33	Rożnów	31,9	79,0	45	10	124	143	69	13
34	Rybnik	2,8	48,4	802	845	857	1172	32	27
36	Słup	1,4	42,3	1466	1465	1485	2043	28	27
37	Solina	0,5	53,5	5058	4920	5158	7132	29	28
39	Sulejów	2,6	48,2	870	878	921	1260	31	27
41	Topola	18,2	19,0	33	39	52	65	49	20
42	Tresna	9,1	54,1	242	246	297	392	38	24
43	Turawa	3,0	72,3	1133	1146	1194	1629	30	27
44	Wióry	1,9	14,0	354	350	368	505	30	27
45	Wisła Czarne	10,1	45,6	189	223	225	295	36	24
46	Włocławek	14,8	51,0	121	-94	172	220	45	22

Gdzie:  $\Delta 1$  – różnica wyników obliczeń czasu utraty 50% pojemności początkowej podanych wg Absalona i in. (2022) względem wyników obliczeń czasu utraty 50% pojemności początkowej wg wzoru (1) Gončarova;  $\Delta 2$  – różnica wyników obliczeń czasu utraty 50% pojemności początkowej zgodnie ze wzorem (11) względem wyników obliczeń czasu utraty 50% pojemności początkowej obliczonej na podstawie wzoru (1) Gončarova

Where:  $\Delta 1$  – difference in the calculation results of the time of loss of 50% of the initial capacity given according to Absalon et al. (2022) compared to the calculation results of the time of loss of 50% of the initial capacity according to Gončarov's formula (1);  $\Delta 2$  – difference in the calculation results of the time of loss of 50% of the initial capacity according to Gončarov's formula (11) compared to the calculation results of the time of loss of 50% of the initial capacity according to Gončarov's formula (1)

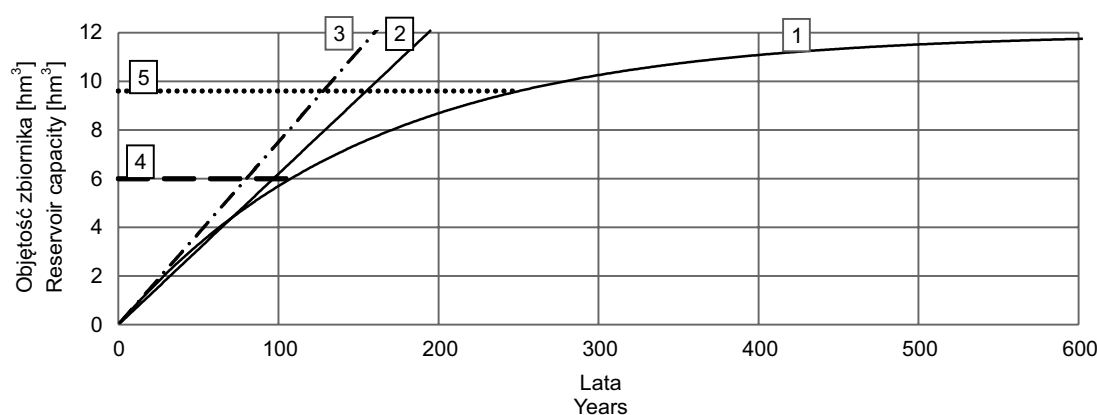
utraty pojemności zbiornika obliczono na podstawie równania Gončarova (1), przyjmując jako wielkość obliczaną czas (lata eksploatacji  $t$ ) odpowiadający objętości stanowiącej 50% pojemności pierwotnej. Wyniki obliczeń zamieszczono w kolumnie 8 tabeli 2.

W celu porównania wyników obliczeń czasu zamulania odpowiadającego utracie 50% objętości analizowanych zbiorników wyznaczono względne różnice:  $\Delta 1$  (tab. 2, kolumna 9), stanowiącą różnicę między czasem utraty 50% pojemności początkowej podanym według Absalona i in. (2022) (tab. 2, kolumna 5) a czasem obliczonym z wykorzystaniem wzoru (1) Gončarova (tab. 2, kolumna 8) oraz  $\Delta 2$  (tab. 2, kolumna 10), będącą różnicą między czasem utraty 50% pojemności początkowej wyznaczonej ze wzoru (11) (tab. 2, kolumna 7) a czasem utraty 50% pojemności początkowej obliczonym według wzoru (1) Gončarova (tab. 2, kolumna 8). Omówienie uzyskanych wyników (zamieszczonych w tabeli 2) wymaga przedstawienia przykładowej prognozy zamulania opracowanej z wykorzystaniem wzoru (1) Gončarova. W tym celu wybrano zbiornik Czchów, który charakteryzuje się największym stopniem zamulania, wynoszącym 37,3% (tab. 2).

Prognozując zamulenie zbiornika Czchów na podstawie objętości osadów rumowiska  $V_z = 4,470 \text{ hm}^3$  (tab. 1), pomierzonej w 72. roku eksploatacji ( $n$  lub  $t$ ),

obliczono wartość  $R_1$  za pomocą wzoru (3). Wynosi ona  $0,077 \text{ hm}^3$  i jest większa od średniego rocznego zamulenia ( $S$ ), wynoszącego  $0,062 \text{ hm}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$  (tab. 1), co wynika z faktu, że w pierwszych latach eksploatacji proces zamulania przebiega intensywnie, natomiast z biegiem czasu ta intensywność ulega zmniejszeniu. Zależność tę przedstawia krzywa zamulenia 1 (ryc. 1), opracowana na podstawie formuły (1) Gončarova. Zmiany nachylenia krzywej 1 dla kolejnych lat eksploatacji wskazują na stopniowe zmniejszenie dynamiki procesu zamulania. Krzywą 1 przecinają dwie linie poziome (4 i 5), które odpowiadają odpowiednio 50% (krzywa 4) i 80% (krzywa 5) pojemności zbiornika. Z opracowanej prognozy zamulania, wykonanej z wykorzystaniem formuły (1) Gončarova i przedstawionej na rycinie 1, wynika, że zamulenie wynoszące 50% pojemności zbiornika Czchów zostanie osiągnięte po 108 latach eksploatacji – w punkcie przecięcia krzywej 1 z krzywą 4. Wynik ten zamieszczono również w tabeli 2 w kolumnie 8.

Prognoza zamulania zbiornika na podstawie średniego rocznego zamulenia  $S$  polega na obliczeniu objętości osadów rumowiska w danym roku jako iloczynu  $S$  i liczby lat, co prowadzi do liniowego przebiegu redukcji pojemności, znacząco odbiegającego od rzeczywistej dynamiki procesu. Prognozując



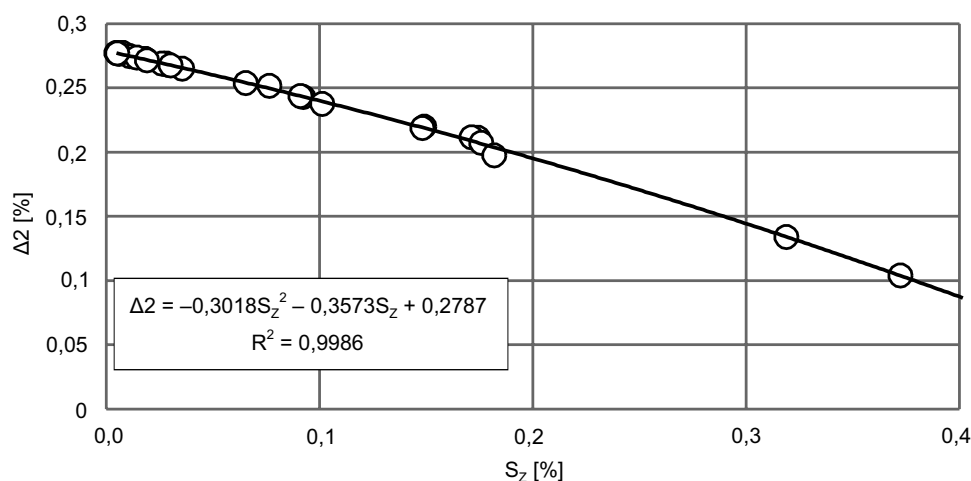
**Ryc. 1.** Prognoza zamulania zbiornika Czchów, gdzie: krzywa 1 – prognoza wg formuły (1) Gončarova; prosta 2 – prognoza opracowana na podstawie średniego rocznego zamulenia obliczonego dla stopnia zamulenia wynoszącego 37,3%; prosta 3 – prognoza opracowana na podstawie średniego rocznego zamulenia obliczonego dla stopnia zamulenia wynoszącego 0,05%; linia 4 – objętość zamulenia odpowiadająca 50% pierwotnej pojemności zbiornika; linia 5 – objętość zamulenia odpowiadająca 80% pierwotnej pojemności zbiornika

**Fig. 1.** Silting forecast of the Czchów reservoir, where: curve 1 – forecast according to Gončarov’s formula (1); line 2 – forecast developed on the basis of the average annual silting calculated for a silting degree of 37.3%; line 3 – forecast developed on the basis of the average annual silting calculated for a silting degree of 0.05%; line 4 – silted volume corresponding to 50% of the original reservoir capacity; line 5 – silted volume corresponding to 80% of the original reservoir capacity

czas zamulenia zbiornika w 50% jego pierwotnej pojemności za pomocą średniego rocznego zamulenia  $S = 0,062 \text{ hm}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ , przecięcie prostej 2 z krzywą 4 (ryc. 1) wskazuje czas eksploatacji wynoszący 97 lat, podczas gdy według Absalona i in. (2022) wartość ta wynosi 25 lat. Wynik ten dotyczy prognozy opracowanej według wzoru (11), na podstawie wartości  $S$  obliczonej dla stopnia zamulenia wynoszącego 37,3%, czyli największego spośród przedstawionych w tabeli 2. Różnica względem wyniku uzyskanego z równania (1) Gončarova wynosi 10%.

Gdyby prognozę zamulenia opracowano na podstawie stopnia zamulenia wynoszącego 0,05% (czyli dla najmniejszej wartości spośród uzyskanych dla zbiorników wymienionych w tabeli 1), to uzyskano by przebieg prostej zamulania przedstawionej jako linia 3 (ryc. 1). Zamulenie odpowiadające 0,05% pojemności zbiornika, tj. objętości  $0,6 \text{ hm}^3$ , zgodnie z prognozą obliczoną za pomocą formuły (1) Gončarova zostałyby osiągnięte w 8. roku eksploatacji. W takim przypadku średnie roczne zamulenie  $S$  wyniosłoby  $0,075 \text{ hm}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ . Wartość ta jest wyższa niż wartość  $S$  wyznaczona dla stopnia zamulenia wynoszącego 37,3%, co wynika z faktu, że dynamika zamulania w pierwszych latach jest większa (zob. przebieg krzywej 1). Przecięcie tej prostej z prostą 2 wskazuje, że

zamulenie zbiornika w Czchowie, wynoszące 50% jego pojemności pierwotnej, zostałyby osiągnięte po 80 latach. Wyniki prognozy przedstawione za pomocą prostych 2 i 3 wskazują, że określenie zmian pojemności zbiornika w czasie na podstawie średniego rocznego zamulenia  $S$  daje wyniki obarczone błędem. Błąd ten jest większy dla mniejszych wartości stopnia zamulenia, na podstawie których obliczono średnie roczne zamulenie  $S$ . Różnica czasu zamulania  $t_{50\%}$  określonego z prognozy opracowanej dla stopnia zamulenia wynoszącego 37,3% (prosta 2,  $t = 97$  lat), w porównaniu do wyników prognozy uzyskanej za pomocą formuły (1) Gončarova (krzywa 1,  $t = 108$  lat), oznaczona symbolem  $\Delta 2$ , wynosi 10% (tab. 1). Natomiast czas zamulania  $t_{50\%}$  określony z prognozy opracowanej dla stopnia zamulenia wynoszącego 0,05% (prosta 3,  $t = 80$  lat), w porównaniu do wyników prognozy uzyskanej za pomocą wzoru (1) Gončarova (krzywa 1,  $t = 108$  lat), wynosi 26%. Jeszcze większe różnice uzyska się, porównując czasy prognozy zamulenia wynoszącego 80% (krzywa 5 na ryc. 1) – będą one wynosić odpowiednio: 38 i 49%. Ta zależność dotyczy również analizowanych zbiorników (tab. 2). Porównując stopień zamulenia  $S_z$  i względną różnicę ( $\Delta 2$ ) między czasem utraty 50% pojemności początkowej zgodnie ze wzorem (11) a czasem utraty 50%



**Ryc. 2.** Zależność względnej różnicy ( $\Delta 2$ ) obliczeń czasu utraty 50% pojemności początkowej za pomocą wzoru (11) względem wyników obliczeń czasu utraty 50% pojemności początkowej za pomocą wzoru (1) Gončarova od stopnia zamulenia ( $S_z$ )

**Fig. 2.** Dependence of the relative difference ( $\Delta 2$ ) of the calculations of the time of loss of 50% of the initial capacity using formula (11) in relation to the results of the calculations of the time of loss of 50% of the initial capacity using formula (1) by Gončarov on the degree of silting ( $S_z$ )

pojemności początkowej wg wzoru (1) Gončarova dla większego stopnia zamulenia  $S_z$  uzyskano mniejsze względne różnice wyników  $\Delta 2$ . Zamulenie zbiorników: Besko, Czchów, Lubachów, Poraj, Porąbka, Topola i Włocławek określono w fazie ich zamulania, charakteryzującej się stopniem zamulenia ( $S_z$ ) od 14,8 do 37,3%, a względna różnica czasu zamulania  $\Delta 2$  wynosi od 10 do 22%. Z kolei zbiorniki, dla których obliczony stopień zamulenia jest najmniejszy (0,5–3,0%), względna różnica czasu zamulania  $\Delta 2$  wynosi od 27 do 28%. Ten trend przedstawiono na rycinie 2.

Względne różnice ( $\Delta 1$ ) obliczeń czasu utraty 50% pojemności początkowej wg Absalona i in. (2022) (tab. 2, kolumna 5) względem wyników obliczeń czasu utraty 50% pojemności początkowej wg wzoru (1) Gončarova (tab. 1, kolumna 9) są znacząco większe od względnych różnic  $\Delta 2$ . W publikacji Absalona i in. (2022) nie podano, w jaki sposób określono czas utraty, którego wartości przytoczono w kolumnie 5 tabeli 2. Nie został on obliczony za pomocą wzoru (5) podanego w analizowanej pracy, gdyż obliczony przez autora niniejszej publikacji na podstawie tego wzoru czas utraty (tab. 2, kolumna 6) okazał się różniący od podanych w publikacji Absalona i in. (2022) (tab. 2, kolumna 5). Ponadto czas utraty 50% pojemności początkowej wg Absalona i in. (2022) jest niedoszacowany i jego poprawne określenie budzi wątpliwości, czego dowodem są poniżej przytoczone przykłady:

- Zbiornik Besko w niespełna 43. roku eksploatacji był zamulony w 17,4%, natomiast według Absalona i in. (2022) po 80 latach osiągnie 50% zamulenia. Oznacza to, że zgodnie z tymi danymi w kolejnych 37 latach eksploatacji proces zamulania musiałby przebiegać dwukrotnie szybciej (!) niż w ciągu pierwszych 43 lat, aby osiągnąć prognozowaną wartość 50%. Jeżeli nie zaistniałyby szczególne, wyjątkowe warunki zwiększonego dopływu rumowiska, to uzyskane wyniki pozostają w sprzeczności z opisem przebiegu procesu zamulania, zgodnie z którym intensywność zamulania zmniejsza się wraz z biegiem lat eksploatacji.
- Zbiornik Czchów w 72. roku eksploatacji był zamulony w 37,4%, natomiast według Absalona i in. (2022) po 25 latach osiągnie 50% zamulenia. Oznacza to, że prognozowane zamulenie wynoszące 50% zbiornik ten osiągnął już 47 lat temu (?), czyli w 1974 roku.

- Zbiornik Poraj w 42. roku eksploatacji był zamulony w 17,1%, natomiast według Absalona i in. (2022) po 81 latach osiągnie 50% zamulenia. Zatem zgodnie z obliczeniami Absalona i in. (2022) – podobnie jak w przypadku zbiornika Besko – w ciągu kolejnych 39 lat eksploatacji proces zamulania zbiornika będzie przebiegał dwukrotnie szybciej (!) niż w ciągu minionych 42 lat, aby osiągnąć prognozowane 50% zamulenie.
- Zbiornik Rożnów w 79. roku eksploatacji, tj. w 2021 roku, był zamulony w 31,9%, natomiast według Absalona i in. (2022) po 45 latach osiągnie 50% zamulenie. Oznacza to, że prognozowane zamulenie zbiornik ten osiągnął 34 lata temu (?), czyli w 1987 roku.
- Zbiornik Topola w 19. roku eksploatacji był zamulony w 18,2%, natomiast według Absalona i in. (2022) po 33 latach osiągnie 50% zamulenie. Z danych Absalona i in. (2022) wynika więc, że w kolejnych 14 latach eksploatacji proces zamulania zbiornika będzie musiał przebiegać dwukrotnie szybciej (!) niż w ciągu minionych 19 lat, aby osiągnąć prognozowane zamulenie wynoszące 50%.

Podstawowa znajomość procesów transportu i sedymentacji rumowiska w zbiornikach wodnych wykluczałaby popełnienie tak wielu elementarnych błędów i uchybień w analizie i prognozie zamulania. Jednym z nich jest wyróżnienie dwóch zbiorników, Czchów i Topola, i przedstawienie tylko pierwszego z nich. Autorzy stwierdzili, że „jeżeli dotychczasowe tempo zamulania utrzymywałoby się w dalszym ciągu, to utraciłby połowę swojej pojemności już za 25 lat”. Z tego zapisu wynika, że zamulenie zostanie osiągnięte „już za 25 lat”, ale czy to oznacza, że czas ten należy liczyć od roku, w którym opracowano tę prognozę? Cytując prace Radeckiego-Pawlika i in. (2019), autorzy stwierdzili, że przeprowadzone prace regulacyjne na rzece Łososinie, będącej dopływem do Czchowa, spowodowały ograniczenie dopływu rumowiska, „przez co prawdopodobny jest scenariusz wydłużenia rumowiska”. Absurdalność tego wyводу wynika z faktu, że prognozowany czas zamulenia połowy zbiornika Czchów według Absalona i in. (2022), wynoszący 25%, wskazuje, że takie zamulenie powinno zostać osiągnięte w 1974 roku. Niestety, prace regulacyjne na Łososinie nie mogłyby wpłynąć na ograniczenie zamulania tego zbiornika, gdyż – jak

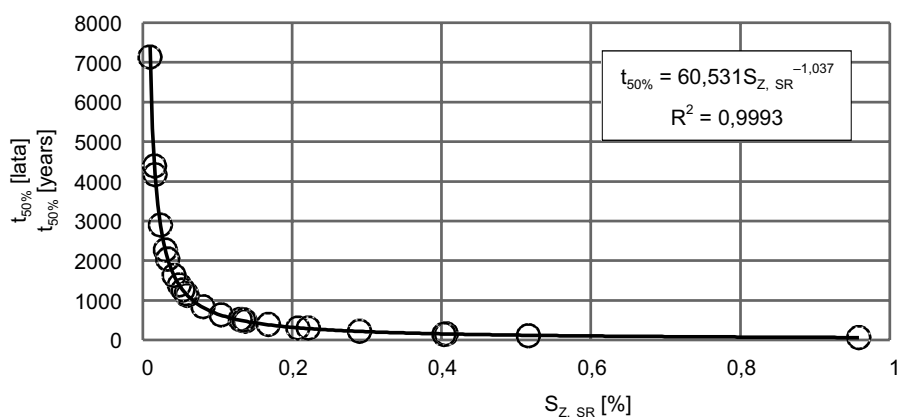
podali cytowani Radecki-Pawlik i in. (2019) – zostały rozpoczęte po 1975 roku. Uzyskany przez Absalona i in. (2022) wynik nie może być zatem w żaden sposób uzasadniony, gdyż jest błędny. Zamulenie zbiornika Czchów określone w 2021 roku wynosiło 37,3%. Należy również zwrócić uwagę, że według danych podanych przez Absalona i in. (2022) czas osiągnięcia 80% zamulenia tego zbiornika, wynoszący 39 lat, zostały osiągnięty w 1988 roku (!).

Absalon i in. (2022) podają, że „dynamikę zamulania zbiorników przeanalizowano także w ujęciu odsetka traconej corocznie pojemności względem pojemności początkowej”, co oznacza, że dynamika zamulania została przeanalizowana na podstawie średniego rocznego stopnia zamulenia, wyrażonego jako  $S$  [ $\text{hm}^3 \cdot \text{rok}^{-1}$ ] lub jako średni roczny stopień zamulenia  $S_{Z,SR}$  [%] (tab. 1). Wielkości tych parametrów w publikacji Absalona i in. (2022) zamieszczone zostały w tabeli 3, w kolumnie „średnia roczna utrata pojemności”. Parametr ten, niezależnie od zastosowanej jednostki, oznacza stały średni roczny przyrost pojemności, który jest niezmienny w czasie i na jego podstawie nie da się oceniać dynamiki procesu zamulania. Można jedynie stwierdzić, jakie jest tempo, a raczej intensywność zamulania. Zmianę intensywności (tempa) zamulania można prześledzić na podstawie wyników prognozy zamulania opracowanej przez Gončarova lub serii wyników pomiarów zamulenia zbiornika wykonanych w czasie jego eksploatacji. O takiej zmianie intensywności zamula-

nia Absalon i in. (2022) wspominają, cytując pracę Łajczaka (1999). Szkoda, że nie zostało to uwzględnione w ich analizie. Jedynym słusznym spostrzeżeniem znanej prawidłowości było stwierdzenie, że na podstawie analizy cyklicznych pomiarów zamulania analizowanych zbiorników, „wraz z wydłużaniem się czasu eksploatacji zmniejszała się wartość rocznego średniego tempa utraty pojemności” (Absalon i in., 2022). Parametr ten, wyrażony w postaci średniego rocznego stopnia zamulenia  $S_{Z,SR}$  (tab. 1), może być predyktorem służącym do oszacowania czasu zamulania ( $t_{50\%}$ ) połowy pojemności analizowanych zbiorników, określonego za pomocą formuły Gončarova. Na rycinie 3 przedstawiono zależność  $t_{50\%} = f(S_{Z,SR})$ .

### PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W publikacji podjęto analizę i ocenę prognozowanego czasu redukcji pojemności analizowanych zbiorników wodnych przedstawionego w publikacji Absalona i in. (2022). Z przeprowadzonych badań wynika, że czas ten jest niedoszacowany nawet w odniesieniu do wartości obliczonych na podstawie przyjętego liniowego charakteru przebiegu procesu zamulania, określonego za pomocą równania (11). Prognozowanie zamulania za pomocą średniej rocznej utraty pojemności jest niewłaściwe i obciążone błędem. Publikacja Absalona i in. (2022) zawiera szereg pomyłek i nieścisłości, m.in. zastosowanie wzoru (5) do obliczenia  $V_{50\%}$ , dającego nieprawidłowe wyniki czasu redukcji



**Ryc. 3.** Zależność przedstawiająca czas zamulania ( $t_{50\%}$ ) połowy początkowej pojemności analizowanych zbiorników w funkcji średniego rocznego stopnia zamulenia  $S_{Z,SR}$

**Fig. 3.** The relationship showing the silting time ( $t_{50\%}$ ) of half the initial capacity of the analyzed reservoirs as a function of the average annual silting degree  $S_{Z,SR}$

pojemności, a także podawanie innych wartości tego czasu, niż wynikałoby to ze wzoru (5), interpretowanie średniej rocznej utraty pojemności (średniego rocznego stopnia zamulenia  $S_{z, SR}$ ) jako parametru opisującego dynamikę zamulania, a przecież ten parametr wskazuje na intensywność zamulania i nie daje możliwości oceny dynamiki. Ponadto, pomimo uzyskania bardzo krótkich czasów prognozowanego 50% zamulania analizowanych zbiorników, nie zwrócono uwagi, że te wartości wskazywałyby na osiągnięcie takiego stopnia zamulenia tych zbiorników znacznie wcześniej niż wynikałoby to z pomiarów, które wskazują jedynie kilkunastoprocentowe zamulenie, z wyjątkiem zbiorników Czchów i Rożnów, dla których stopień zamulenia wynosi odpowiednio 37,3 i 31,9%. Autorzy publikacji nie wyjaśnili również przyczyn zwiększenia zmierzonej pojemności siedmiu zbiorników, wynoszącego od 1,8 (zbiornik Dębe) do 11,4% (zbiornik Domaniów).

We wstępie publikacji Absalona i in. (2022) podano, że „przeprowadzono obliczenia wskaźników opisujących ilościową i jakościową zmianę pojemności zbiorników wraz z prognozami krótko- i długoterminowymi”. W pracy natomiast posłużono się jedynie wskaźnikami opisującymi ilościową zmianę pojemności, nie zastosowano wskaźników jakościowych. Autorzy nie wyjaśnili, w jakim celu wprowadzili określenie prognozy krótko- i długoterminowej dla prognozy czasu redukcji pojemności zbiorników wynoszącej odpowiednio 50 i 80% pojemności pierwotnej. Podany prognozowany czas zamulenia 50% pojemności pierwotnej zbiorników stanowi ponad 60% prognozowanego czasu zamulenia 80% pojemności. Oba te prognozowane czasy redukcji odnoszą się do długoterminowych prognoz. Prognoza krótkoterminowa mogłaby dotyczyć tylko okresów krótkich, jak sama nazwa wskazuje, czyli stanowiących kilka, najwyżej kilkanaście procent prognozowanego czasu zamulenia 80% pojemności. Autorzy wprowadzają bezzasadne i nielogiczne kryterium prognozy zamulania, którego powielanie w innych pracach będzie stanowić budowanie fałszywych opisów, analiz i ocen procesu zamulania.

Na podstawie przeprowadzonej analizy ocenianej publikacji sformułowano następujące wnioski:

1. Błędna i nieprawidłowo przeprowadzona analiza procesu zamulania zbiorników zaporowych

nie powinna być publikowana, gdyż przyczynia się do rozpowszechniania niewłaściwego podejścia do oceny przebiegu i skutków zamulania, co mogłoby przyczynić się do błędnych ocen, decyzji i realizacji zadań kluczowych dla gospodarki wodnej, realizowanej przez administratorów wód, m.in. przez Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie.

2. Przygotowanie autorów do opracowania specjalistycznych zagadnień z tematyki zamulania powinno być poprzedzone przynajmniej dobrym przygotowaniem teoretycznym i wiedzą praktyczną. Również proces wydawniczy powinien zapewnić ocenę pracy przygotowywanej do druku przez recenzenta mającego odpowiednią wiedzę w zakresie tematyki przedstawionej w tej pracy. Zarówno na autorach prac, jak i na recenzentach i wydawnictwach naukowych spoczywa obowiązek dbania o jakość naukową publikowanych prac.
3. Wyniki „oceny utraty pojemności 47 kluczowych dla gospodarki wodnej zbiorników wodnych w Polsce” opracowane przez Absalona i in. (2022) nie powinny być rozpowszechniane z uwagi na przedstawione w niej nieprawidłowe, tj. błędne wyniki prognozy zamulania zbiorników Goczałkowice, Rożnów i Tresna. Wyniki tej pracy zostały cytowane przez Autorów analizowanej publikacji w czasopiśmie „Water” w 2023 roku.
4. Opracowany za pomocą formuły Gončarova czas redukcji pojemności do 50% pojemności pierwotnej analizowanych zbiorników jest od 26 do 77% większy od podanego w pracy Absalona i in. (2022). Stosowanie średniego rocznego stopnia zamulenia do prognozy zamulania jest niewłaściwe i obarczone błędem, skutkującym niedoszacowaniem czasu zamulania.

## BIBLIOGRAFIA

- Absalon, D., Pieron, Ł., Matysik, M., Habel, M. (2022). Utrata pojemności kluczowych zbiorników zaporowych w Polsce. Monografia Komitetu Gospodarki Wodnej PAN (42), 122.
- Batua, G.D., Jordaan, M.J. Jr. (2000). *Silting and desilting of reservoirs*. A.A. Balkema. Rotterdam, Netherlands, 353.
- Bogárdi, J. (1974). *Sediment transport in alluvial streams*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 826.

- Hartung, F. (1959). Ursache und verhuetung der staumraumverlandung bei talsperren. *Wasserwirtschaft*, 1, 3–13.
- Heinemann, H.G. (1984). Reservoir trap efficiency. In: *Erosion and Sediment Yield*, Geo Books, Norwich, 201–218.
- Hu, H.H., Deng, A.J., Chen, J.G., Shi, H.L., Ye, M. (2018). A research overview of the siltation loss controls and capacity recovery processes in China's reservoirs. *MA-TEC Web Conf.*, 246, 01086.
- Łajczak, A. (1999). Współczesny transport i sedymentacja materiału unoszonego w Wiśle i jej dopływach. *Monografia Komitetu Gospodarki Wodnej PAN*, 15, 215.
- Morris, G.L. (1995). Reservoir sedimentation and sustainable development in India. *Proceedings of the Sixth International Symposium on River Sedimentation*. New Delhi, India, 57–61.
- Michalec, B. (2008). Ocena intensywności procesu замуłania małych zbiorników wodnych w dorzeczu Górnej Wisły. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie*, 451, Seria Rozprawy, 328.
- Michalec, B., Wałęga, A. (2015). Assessment of silting degree and usable life time the of small reservoirs. *Irrigation and Drainage*, 64/4, 575–583. DOI: 10.1002/ird.1921
- Radecki-Pawlik, A., Kuboń, P., Radecki-Pawlik, B., Plesiński, K. (2019). Bed-load transport in two different-sized mountain catchments: Mlynne and Lososina streams, Polish Carpathians. *Water*, 11, 272.
- Verstraeten, G., Poesen, J. (2000). Estimating trap efficiency of small reservoirs and ponds: methods and implications for the assessment of sediment yield. *Progress in Physical Geography*, 24(2), 219–251.
- Wiśniewski, B., Kutrowski, M. (1973). *Budownictwo specjalne w zakresie gospodarki wodnej. Zbiorniki wodne. Prognozowanie замуłania. Wytyczne instruktażowe*, Biuro Studiów i Projektów Budownictwa Wodnego „Hydroprojekt”, Warszawa.

## CRITICAL COMMENTS ON THE ASSESSMENT OF THE LOSS OF THE CAPACITY OF KEY DAM RESERVOIRS IN POLAND

### ABSTRACT

#### Aim of the study

The aim of this work is to: 1) demonstrate the validity of the Gončarov formula for forecasting the capacity loss of dam reservoirs in relation to the results of analyses presented in the publication ‘Loss of the capacity of key dam reservoirs in Poland’ prepared by Absalon et al. (2022), 2) presentation of critical comments on the results of analyses and ‘assessment of the loss of capacity of 47 water reservoirs key for water management in Poland’ presented by Absalon et al. (2022), 3) demonstrate that the ‘average annual silting rate’ cannot be the basis for developing a correct silting forecast.

#### Material and methods

Based on the results of silting measurements of 20 dam reservoirs and the results of calculations and analyses presented in the publication by Absalon et al. (2022), a forecast of the reduction of the capacity of these reservoirs was developed using the Gončarov equation, recommended by the instructional guidelines for silting forecasting (Wiśniewski and Kutrowski, 1973).

#### Results and conclusions

The forecasted time of capacity reduction for the analyzed reservoirs presented in the publication by Absalon et al. (2022) is underestimated, even compared to the time calculated based on the assumed linear nature of the silting process. The time of capacity reduction to 50% of the original capacity of the analyzed reservoirs, calculated using Gončarov's formula, is 26 to 77% longer than that given in the paper by Absalon et al. (2022). Using the mean annual silting ratio to forecast silting is inappropriate and subject to error, resulting in an underestimation of the silting time.

**Keywords:** silting degree, silting intensity, silting forecast