

## EKONOMICZNE I HYDRAULICZNE KRYTERIA UTRZYMANIA DOBREGO STANU ROWÓW MELIORACYJNYCH

Natalia Walczak<sup>✉</sup>, Mateusz Hämmerling, Jerzy Bykowski, Zbigniew Walczak

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

**Abstrakt.** W artykule przeanalizowano wzrost zagrożenia lokalnymi podtopieniami w wyniku zmniejszenia przepustowości rowów. Tematyka ta jest istotna ze względu na możliwe zmniejszenie efektywności upraw rolniczych w wyniku nieprawidłowego działania rowów śródpolnych. Metodyka bazowała na podstawowych równaniach opisujących parametry hydrauliczne przepływu wody w rzece. W celu ograniczenia niepożądanego zjawiska autorzy proponują wykonywanie regularnych prac konserwacyjnych, wskazując na ekonomiczne uzasadnienie kosztów związanych z poprawą przepustowości koryt.

**Słowa kluczowe:** rów, przepływ, konserwacja bieżąca i gruntowna, ekonomika

### WPROWADZENIE

Urządzenia i systemy melioracyjne stanowią ważny element infrastruktury technicznej zarówno na obszarach rolniczych (Bykowski i in., 2014), jak i leśnych (Liberacki i Olejniczak, 2013). Oprócz funkcji środowiskowej czy produkcyjnej spełniają też istotną funkcję w ochronie przeciwpowodziowej (Nyc i Pokładek, 2009). W systemach melioracyjnych odwadniających oraz nawadniających podstawowe funkcje pełnią kanały i rowy, a ich stan techniczny warunkuje niezawodność funkcjonowania (Bykowski i in., 2007). W procesie

eksploatacji urządzenia te powinny być poddawane zabiegom konserwacyjnym we właściwym zakresie i odpowiednio często (Bala i in., 1990). Utrzymanie kanałów i rowów melioracyjnych w stanie sprawności technicznej jest jednak zadaniem trudnym oraz kosztownym, które wymaga rozwiązania wielu problemów.

Zgodnie z art. 70 Prawa wodnego z 2001 roku, melioracje wodne polegają na regulacji stosunków wodnych w celu polepszenia zdolności produkcyjnych gleby, ułatwienia jej uprawy oraz na ochronie użytków rolnych przed powodzią. Urządzenia melioracji wodnych dzielą się na podstawowe i szczegółowe, co wynika z ich funkcji oraz parametrów.

W przypadku urządzeń melioracji podstawowych tylko w województwie wielkopolskim do celów rolnictwa wykorzystywanych jest łącznie prawie 7100 km cieków i kanałów melioracyjnych. Są tu wały przeciwpowodziowe o łącznej długości 765 km, jest 3241 budowli melioracji podstawowych, 448 przepustów wałowych oraz 913 innych budowli służących regulacji stosunków wodnych w rolnictwie. W urządzenia melioracji szczegółowych w Wielkopolsce aktualnie wyposażono 835,7 tys. ha gruntów ornych oraz 135,6 tys. ha trwałych użytków zielonych. W przypadku gruntów ornych 91% powierzchni zmeliorowanej to drenowania, na trwałych użytkach zielonych dominują natomiast grawitacyjne systemy nawadniające. System melioracji szczegółowych tworzy też ponad 32 tys. km rowów

<sup>✉</sup> dr inż. Natalia Walczak, Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94A, 60-649 Poznań, e-mail: nwalczak@up.poznan.pl

oraz prawie 3000 budowli piętrzących, głównie zastawek i przepustów z możliwością piętrzenia wody (Bykowski i in., 2011).

Niestety, stan techniczny wielu urządzeń melioracji podstawowych i szczegółowych nie zapewnia właściwej skuteczności funkcjonowania systemów i uzyskiwania określonych celów ich eksploatacji.

Jak wynika z przeprowadzonych analiz (Bykowski i in., 2011), rzeczywiste nakłady przeznaczane na utrzymanie urządzeń melioracji podstawowych w Wielkopolsce w latach 2005-2010 wynosiły od 6,4 do 16,5 mln zł, co stanowiło od 6,3 do 12,2% pokrycia potrzeb, średnio – 8,9%. Statystycznie nakłady te pozwoliły na objęcie coroczną konserwacją średnio 39% ewidencyjnej długości cieków i kanałów użytkowanych rolniczo oraz 53% eksploatowanych wałów przeciwpowodziowych. Jeszcze gorsza była sytuacja urządzeń melioracji szczegółowych. W latach 1997-2006 Spółka Melioracyjna Nizin Obrzańskich wykonywała rocznie koszenie rowów średnio na około 43 kilometrach, co stanowi zaledwie 2,2% ich ewidencyjnej długości. Odmulanie rowów przeprowadzano natomiast średniorocznie na odcinku około 135 km (7,0% długości ewidencyjnej). Przy wykazanym zakresie robót statystycznie każdy ewidencyjny kilometr rowów systemu melioracyjnego Nizin Obrzańskich był zatem objęty konserwacją, ale nie częściej niż raz na 10 lat (Bykowski i in., 2011).

Nabiera to szczególnego znaczenia w sytuacji gospodarki wolnorynkowej, gdy udział budżetu państwa w finansowaniu inwestycji melioracyjnych został znacznie ograniczony. Słaba kondycja ekonomiczna rolnictwa i niewielkie środki finansowe kierowane na inwestycje melioracyjne powodują brak funduszy na działalność eksploatacyjną. Największy problem dotyczy urządzeń melioracji szczegółowych, finansowanych przez właścicieli zmeliorowanych gruntów, przeważnie zrzeszonych w spółkach wodnych. Z powodu niedostatku środków finansowych ogranicza się zakres realizacji robót konserwacyjnych na ciekach. W efekcie odpływ wody z rowów jest utrudniony, a często w ogóle niemożliwy. Lokalnie pogarsza się funkcjonowanie systemów drenarskich, lub przestają one działać, co wywołuje negatywne skutki gospodarcze i przyrodnicze nadmiernego uwilgotnienia gleb. Jest to szczególnie widoczne wiosną oraz po obfitych opadach atmosferycznych. Zaniebdania w dziedzinie konserwacji cieków i prawidłowego utrzymania urządzeń piętrzących, a także systemów

nawodnień ciśnieniowych powodują, że w sytuacjach klęsk nieurodzaju w rolnictwie spowodowanych suszą nie można w pełni wykorzystać urządzeń nawadniających. Wszystko to potwierdza, że sprawność techniczno-eksploatacyjna systemów nawadniających sukcesywnie maleje.

Rozwój roślinności stanowi podstawowy czynnik determinujący warunki przepływu w korytach niewielkich rzek, rowów i kanałów melioracyjnych (Rutkowski i in., 2011). Porost roślinny koryt może wpłynąć na zmianę warunków przepływu w rowie: woda płynie wolniej (Walczak i Walczak, 2011), zmniejsza się powierzchnia czynna przekroju poprzecznego oraz zmienia się wartość oporów ruchu (Bajkiewicz-Grabowska i in., 1993; Walczak i Przedwojski, 2005). Roślinność tę można podzielić ze względu na miejsce występowania oraz warunki przepływu: rośliny toni wodnej, skarpy podwodnej, brzegu oraz wysokiego brzegu.

## METODYKA

Zgodnie z ustawą Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 r. (Dz.U. z 2001 r. Nr 115, poz. 1229 z późn. zm.) rowami nazywamy sztuczne koryta prowadzące wodę w sposób ciągły lub okresowy o szerokości dna mniejszej niż 1,50 m przy ich ujściu. W niniejszym artykule do obliczeń przyjęto rów jednodzielny (szerokość dna 0,5, 1,0, 1,5 m) ze zmiennym nachyleniem skarp (1:1, 1:1,5, 1:2) oraz różnymi napełnieniami, obejmującymi zakres od 0,20 do 1,00 m z przyrostem 0,20 m. Dno i skarpy rowu decydują o jego spadku podłużnym. Do obliczeń przyjęto najmniejszy dopuszczalny spadek podłużny rowu równy 0,2% (Bajkiewicz-Grabowska i Mikulski, 2011). W prezentowanych obliczeniach założono określoną geometrię rowu, na podstawie której przeprowadzono obliczenia hydrauliczne, oraz wpływ zmian porośnięcia roślinnością dna i skarp na jego przepustowość.

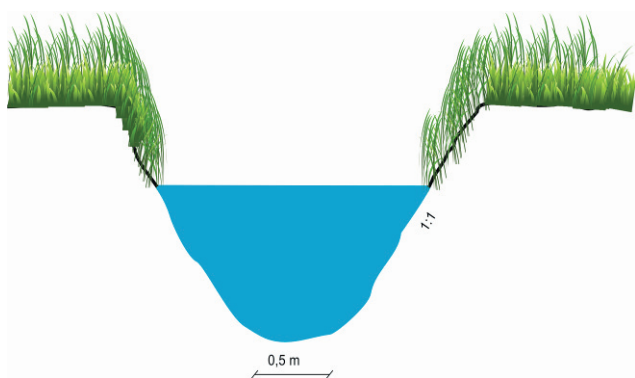
Dla wszystkich analizowanych wariantów wyznaczono koszty utrzymania rowu (konserwacja bieżąca i gruntowna) w dobrym stanie eksploatacyjnym. Za taki stan uznaje się rów czysty, który może przejąć wody powierzchniowe o obliczonych natężeniach przepływu. Obliczenia wykonano dla zaprojektowanego rowu w taki sposób, aby przejmował całą objętość wody dopływającej w czasie deszczu. Założeniem badań było niedopuszczenie do podtopień terenów rolniczych.

Podstawowym parametrem uwzględniającym zmiany wielkości oraz gęstości roślinności porastającej dno i skarpy jest współczynnik szorstkości. Uwzględniając wiele zmiennych geometrycznych i hydraulicznych, wyznaczono wartości natężenia przepływu.

Przyjęto założenie, że w rowie na odcinku 100 m występuje ruch jednostajny wody oraz że badany rów jest kanałem ziemnym, nieubezpieczonym.

Wartości współczynnika szorstkości (0,018; 0,025; 0,027  $\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$ ) odpowiadają charakterystyce czystego kanału ziemnego, a wartości 0,030; 0,035  $\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$  – kanałowi ziemnemu krętemu o zmiennym przekroju. Dodatkowo przyjęto wartości dla kanału zaniedbanego, nieoczyszczonego (0,07; 0,08, 0,1  $\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$ ). Tak duża zmienność dobranych współczynników szorstkości wynika z różnego stanu technicznego rowów melioracyjnych, który może wynikać z ograniczonej liczby środków finansowych przeznaczonych na roboty konserwacyjne (Bykowski i in., 2001, 2011).

Jednostkowe koszty (netto) utrzymania rowu melioracyjnego o określonych parametrach obliczono metodą szczegółową na podstawie katalogów KNR, cen i stawek Spółki Wodnej Melioracji Nizin Obrzańskich (SWMNO) z maja 2014 roku. Analizowano koszty wykonania konserwacji bieżącej (wykoszenie porostów gęstych twardych ze skarpy i dna wraz z wygrabieniem, odmulanie dna warstwą 0,10 m wraz z rozplantowaniem urobku) oraz gruntownej (wykoszenie porostów gęstych miękkich ze skarpy i dna wraz z wygrabieniem, odmulanie dna warstwą 0,30 m wraz z rozplantowaniem urobku) w technologiach ręcznej i mechanicznej.



Rys. 1. Schemat rowu śródpolnego i przykładowy rów  
Fig. 1. Schematic field ditch and exemplary ditch

## WYNIKI

Na potrzeby analizy hydraulicznej przyjęto rów o szerokości dna 0,5 m. Obliczenia wykonano dla różnych nachyleń skarpy i napełnień wody w rowie. Na rysunku 1 przedstawiono schemat rowu dla omawianego przypadku dla nachylenia skarpy 1:1.

W tabeli 1 przedstawiono zmiany natężenia przepływu dla rowu o szerokości 0,5 m w zależności od zmian nachylenia skarpy, głębokości napełnienia wody w rowie i współczynnika szorstkości. Na podstawie analizy otrzymanych wyników można stwierdzić, że kanały ziemne porośnięte trawą (współczynnik szorstkości 0,03  $\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$ ) zmniejszają swoją zdolność przepuszczania wody około 40% w stosunku do kanałów czystych bezpośrednio po wykonaniu, natomiast rowy zaniedbane nieczyszczone z traw i krzewów o 79%.

Na rysunku 2 przedstawiono zmiany natężenia przepływu wody w rowie o szerokości w dnie 0,5 m i nachyleniu skarpy 1:1 w zależności od napełnienia oraz dla różnych współczynników szorstkości. Analizując rysunek 2, zauważyć można wyraźny podział krzywych, który uwzględnia stan techniczny cieku. Przy napełnieniu 0,6 m przez rów zaniedbany przepływnie około 20% maksymalnego natężenia, charakteryzującego rów czysty po wykonaniu. Natomiast przy napełnieniu 1 m natężenie przepływu dla rowu czystego jest ponad 1,5  $\text{m}^3/\text{s}$  większa niż dla kanału zaniedbanego.

Dodatkowo wykonano obliczenia kosztów konserwacji bieżącej i gruntownej z podziałem na ręczną i mechaniczną. Koszty dotyczą rowu o maksymalnym



**Tabela 1.** Zestawienie zmian natężenia przepływu w zależności od zmian parametrów geometrycznych rowu (dla szerokości w dnie 0,5 m)

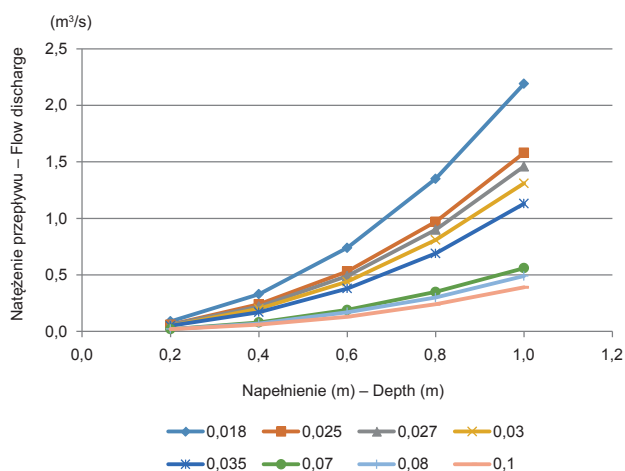
**Table 1.** Statement of changes in flow discharge depending on changes in the geometric parameters of the ditch (for the width of the bottom 0.5 m)

Nachylenie skarp Bank slope	Głębokość wody w rowie Water depth in the ditch (m)	Współczynnik szorstkości – Roughness coefficient (m <sup>-1/3</sup> .s)							
		0,018	0,025	0,027	0,03	0,035	0,07	0,08	0,100
		Natężenie przepływu – Intensity of discharge (m <sup>3</sup> /s)							
1:1	0,2	0,09	0,06	0,06	0,05	0,05	0,02	0,02	0,02
	0,4	0,33	0,24	0,22	0,20	0,17	0,08	0,07	0,06
	0,6	0,74	0,53	0,49	0,44	0,38	0,19	0,17	0,13
	0,8	1,35	0,97	0,90	0,81	0,69	0,35	0,30	0,24
	1,0	2,19	1,58	1,46	1,31	1,13	0,56	0,49	0,39
1:1,5	0,2	0,10	0,07	0,07	0,06	0,05	0,03	0,02	0,02
	0,4	0,41	0,29	0,27	0,24	0,21	0,10	0,09	0,07
	0,6	0,97	0,70	0,64	0,58	0,50	0,25	0,22	0,17
	0,8	1,84	1,32	1,23	1,10	0,95	0,47	0,41	0,33
	1,0	3,08	2,22	2,05	1,85	1,58	0,79	0,69	0,55
1:2	0,2	0,11	0,08	0,08	0,07	0,06	0,03	0,03	0,02
	0,4	0,48	0,35	0,32	0,29	0,25	0,12	0,11	0,09
	0,6	1,19	0,85	0,79	0,71	0,61	0,31	0,27	0,21
	0,8	2,31	1,66	1,54	1,39	1,19	0,59	0,52	0,42
	1,0	3,93	2,83	2,62	2,36	2,02	1,01	0,88	0,71

**Tabela 2.** Jednostkowe koszty (zł/km) konserwacji bieżącej i gruntownej rowu melioracyjnego o zadanych parametrach

**Table 2.** Unit costs (PLN/km) of current maintenance and thorough conservation of drainage ditch about set parameters

Parametry rowu Parameters of ditch			Koszt jednostkowy Unit cost			
szerokość dna width of bottom (m)	głębokość depth (m)	nachylenie skarp banks slope (1 : n)	konserwacja bieżąca current maintenance		konserwacja gruntowna thorough conservation	
			ręcznie manually	mechanicznie mechanical	ręcznie manually	mechanicznie mechanical
0,5	1,0	1:1	2 198	3 288	5 833	5 267
		1:1,5	2 395	3 485	6 029	5 463
		1:2	2 611	3 701	6 246	5 680



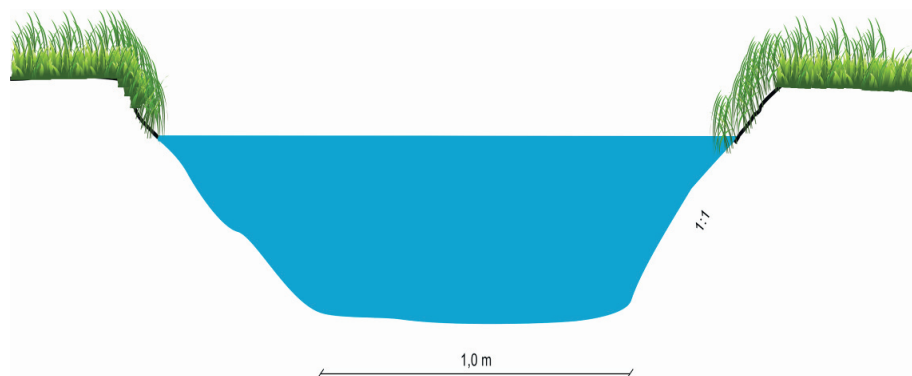
**Rys. 2.** Zmiany natężenia przepływu w zależności od napelnienia wody w rowie i zmian współczynnika szorstkości (n) dna i skarp (nachylenie skarp 1:1, b = 0,5 m)

**Fig. 2.** Changes in flow discharge depending on the water depth in the ditch and changes in roughness coefficient (n) of the bottom and slopes (bank slope 1:1 b = 0.5 m)

Kolejna analiza hydrauliczna dotyczyła rowu o szerokości 1,0 m w dnie. Obliczenia wykonano dla różnych nachyleń skarp i napelnień wody w rowie. Na rysunku 3 przedstawiono schemat rowu o nachyleniu skarp 1:1. Założono występowanie niewielkiej roślinności porastającej skarpy i dno rowu, której odpowiada współczynnik szorstkości  $0,027 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ .

Tabela 3 zawiera zestawienia wartości natężenia przepływu wyznaczone empirycznie z równania 2 przy założonej szerokości w dnie 1,0 m oraz przy różnych nachyleniach skarp. Największe natężenie przepływu ( $4,9 \text{ m}^3/\text{s}$ ) występuje dla kanału czystego po wykonaniu przy nachyleniu skarp rowu 1:2, a najmniejsze ( $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ ) dla kanału zaniedbanego o nachyleniu skarp  $45^\circ$ .

Na rysunku 4 widać wyraźne grupy krzywych, które uwzględniają różny stan techniczny rowu (wielkość porostu roślinności). Najniżej usytuowane są trzy linie opisujące rów zaniedbany, który może przepuścić wodę o natężeniu przepływu od  $0,58\text{-}0,83 \text{ m}^3/\text{s}$  przy 1 m napelnienia. Druga grupa krzywych dotyczy rowu pro-



**Rys. 3.** Schemat rowu śródpolnego

**Fig. 3.** Schematic field ditch

napelnieniu 1,0 m przy założonych nachyleniach. Przy każdej analizowanej konserwacji koszty rosną w miarę zwiększania się parametrów geometrycznych rowu (tab. 2). Najdroższa okazała się konserwacja gruntowna ręczna ( $6246 \text{ zł}/\text{km}$ ), najtańsza – prawie o 30% – ręczna konserwacja bieżąca. Duża różnica kosztów wynika z grubości warstwy odmulaney, która w konserwacji bieżącej (ręcznej i mechanicznej) równa jest 10 cm, a przy gruntownej w obydwu przypadkach sięga 30 cm.

stego lub krętego z niewielką roślinnością, przez który może przepłynąć woda o natężeniu przepływu  $1,66\text{-}2,32 \text{ m}^3/\text{s}$ . Przy tym samym napelnieniu największą przepustowość zaobserwowano dla rowu czystego po wykonaniu ( $3,22 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Dla rowu średnio zarośniętego (współczynnik szorstkości  $0,035 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ ) przepustowość zmniejszyła się o połowę w porównaniu z rowem czystym. Wskaźnik przepustowości od 70% do 60% dotyczy rowów prostych z niewielką roślinnością.

**Tabela 3.** Zestawienie zmian natężenia przepływu w zależności od zmian parametrów geometrycznych rowu (dla szerokości w dnie 1,0 m)

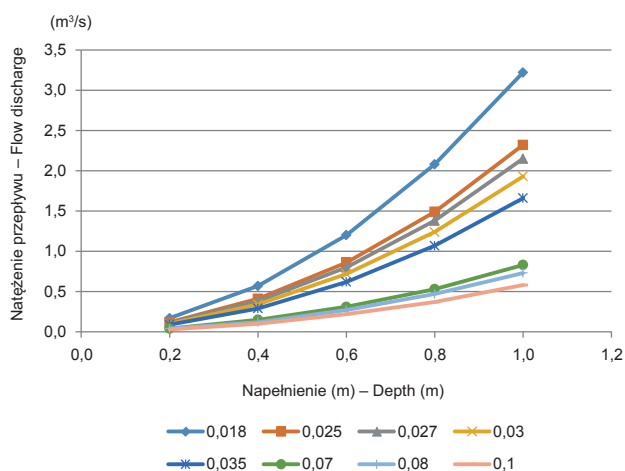
**Table 3.** Statement of changes in flow discharge depending on changes in the geometric parameters of the ditch (for the width of the bottom 1.0 m)

Nachylenie skarp Bank slope	Głębokość wody w rowie Water depth in the ditch (m)	Współczynnik szorstkości – Roughness coefficient ( $m^{-1/3}\cdot s$ )							
		0,018	0,025	0,027	0,03	0,035	0,07	0,08	0,100
Natężenie przepływu – Intensity of discharge ( $m^3/s$ )									
1:1	0,2	0,17	0,12	0,11	0,10	0,09	0,04	0,04	0,03
	0,4	0,57	0,41	0,38	0,34	0,29	0,15	0,12	0,10
	0,6	1,20	0,86	0,80	0,72	0,62	0,31	0,27	0,22
	0,8	2,08	1,49	1,38	1,24	1,07	0,53	0,47	0,37
	1,0	3,22	2,32	2,15	1,93	1,66	0,83	0,73	0,58
1:1,5	0,2	0,18	0,13	0,12	0,11	0,09	0,05	0,04	0,03
	0,4	0,65	0,47	0,43	0,39	0,33	0,17	0,15	0,11
	0,6	1,43	1,03	0,96	0,86	0,74	0,37	0,32	0,26
	0,8	2,60	1,86	1,72	1,55	1,33	0,66	0,58	0,46
	1,0	4,13	2,96	2,76	2,43	2,13	1,06	0,93	0,74
1:2	0,2	0,19	0,14	0,13	0,12	0,10	0,05	0,04	0,04
	0,4	0,73	0,52	0,48	0,44	0,37	0,18	0,16	0,13
	0,6	1,66	1,19	1,10	0,99	0,85	0,43	0,37	0,29
	0,8	3,05	2,19	2,04	1,83	1,57	0,79	0,69	0,055
	1,0	4,9	3,59	3,33	2,99	2,57	1,28	1,12	0,90

**Tabela 4.** Jednostkowe koszty (zł/km) konserwacji bieżącej i gruntownej rowu melioracyjnego o zadanych parametrach

**Table 4.** Unit costs (PLN/km) maintenance of current and thorough drainage ditch on the selected parameters

Parametry rowu Parameters of ditch			Koszt jednostkowy Unit cost			
szerokość dna width of bottom (m)	głębokość depth (m)	nachylenie skarp banks slope (1 : n)	konserwacja bieżąca current maintenance		konserwacja gruntowna thorough conservation	
			ręcznie manually	mechanicznie mechanical	ręcznie manually	mechanicznie mechanical
1,0	1,0	1:1	3 618	4 286	9 726	6 713
		1:1,5	3 815	4 482	9 923	6 910
		1:2	4 032	4 698	10 140	7 126



**Rys. 4.** Zmiany natężenia przepływu w zależności od napełnienia wody w rowie i zmian współczynnika szorstkości (n) dna i skarp (nachylenie skarp 1:1, b = 1,0)

**Fig. 4.** Changes in flow discharge depending on the water depth in the ditch and changes in roughness coefficient (n) of the bottom and slopes (bank slope 1:1, b = 1.0 m)

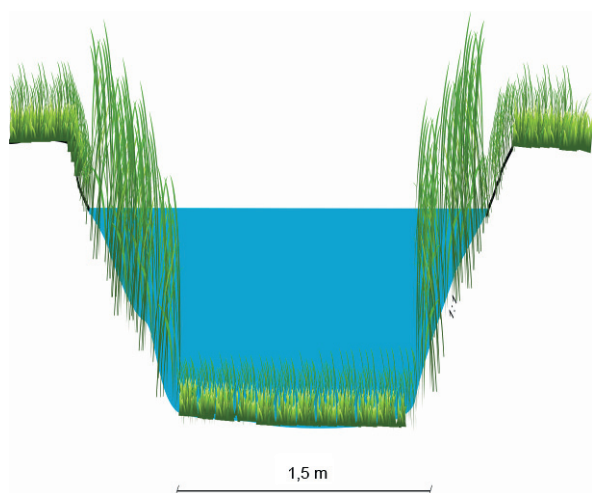
Koszty konserwacji bieżącej i gruntownej rowu melioracyjnego o szerokości dna 1,0 m i maksymalnej głębokości napełnienia 1,0 m wynoszą od 3618 zł/km do 10 140 zł/km (tab. 4). Ze względów ekonomicznych

bardziej opłacalne jest wykonywanie bieżących konserwacji ręcznych (oszczędność około 600 zł). W przypadku konserwacji gruntownych bardziej opłacalne jest wykorzystanie sprzętu mechanicznego, ponieważ różnica w kosztach sięga nawet ok. 3 tys. zł.

Dalsze obliczenia hydrauliczne obejmowały charakterystykę rowu o szerokości 1,5 m w dnie (rys. 5), nachyleniu skarp 1:1 i współczynnika szorstkości  $0,1 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ , który dotyczył kanału zaniedbanego z gęstą wikliną na brzegach (trawa i krzewy oraz wysokim poziomem wody).

W tabeli 5 zestawiono zmiany natężenia przepływu w zależności od zmian parametrów geometrycznych i charakterystyki technicznej rowu. Obliczenia potwierdzają słuszność założenia, że rów czysty przy najkorzystniejszym układzie geometrycznym (nachylenie skarp 1:2 i napełnieniu 1 m) przepuszcza najwięcej wody ( $6,09 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Analizując różne współczynniki szorstkości, można stwierdzić, że w rowie o podanej charakterystyce geometrycznej zawsze przepłynie więcej niż  $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$  wody.

Analizując rysunek 6, zauważono, że przy najmniejszym napełnieniu 0,2 m natężenie przepływu przy wszystkich współczynnikach szorstkości ma podobną wartość. Wraz ze wzrostem napełnienia zwiększają się rozbieżności między wartościami natężeń przepływu. Rozbieżności te przyjmują największą wartość dla



**Rys. 5.** Schemat rowu śródpolnego i przykładowy rów  
**Fig. 5.** Schematic field ditch and exemplary ditch

**Tabela 5.** Zestawienie zmian natężenia przepływu w zależności od zmian parametrów geometrycznych rowu (dla szerokości w dnie 1,5 m)

**Table 5.** Statement of changes in flow discharge depending on changes in the geometric parameters of the ditch (for the width of the bottom 1.5 m)

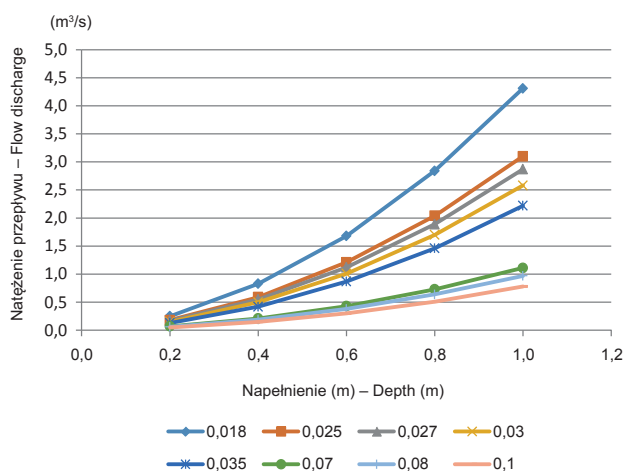
Nachylenie skarp Bank slope	Głębokość wody w rowie Water depth in the ditch (m)	Współczynnik szorstkości – Roughness coefficient (m <sup>-1/3</sup> .s)							
		0,018	0,025	0,027	0,03	0,035	0,07	0,08	0,100
		Natężenie przepływu – Intensity of discharge (m <sup>3</sup> /s)							
1:1	0,2	0,25	0,18	0,17	0,15	0,13	0,07	0,06	0,05
	0,4	0,83	0,59	0,55	0,50	0,42	0,21	0,19	0,15
	0,6	1,68	1,21	1,12	1,01	0,87	0,43	0,38	0,30
	0,8	2,84	2,04	1,89	1,70	1,46	0,73	0,64	0,51
	1,0	4,31	3,10	2,87	2,58	2,22	1,11	0,97	0,78
1:1,5	0,2	0,27	0,19	0,18	0,16	0,14	0,07	0,06	0,05
	0,4	0,90	0,65	0,60	0,54	0,47	0,23	0,20	0,16
	0,6	1,92	1,38	1,28	1,15	0,99	0,49	0,43	0,35
	0,8	3,35	2,41	2,23	2,01	1,72	0,86	0,75	0,60
	1,0	5,23	3,76	3,49	3,14	2,69	1,34	1,18	0,94
1:2	0,2	0,28	0,20	0,18	0,17	0,14	0,07	0,06	0,05
	0,4	0,98	0,70	0,65	0,59	0,50	0,25	0,22	0,18
	0,6	2,14	1,54	1,43	1,28	1,10	0,55	0,48	0,38
	0,8	3,82	2,75	2,55	2,29	1,97	0,98	0,86	0,69
	1,0	6,09	4,38	4,06	3,65	3,13	1,57	1,37	1,10

**Tabela 6.** Jednostkowe koszty (zł/km) konserwacji bieżącej i gruntownej rowu melioracyjnego o zadanych parametrach

**Table 6.** Unit costs (PLN/km) of current maintenance and thorough drainage ditch with selected parameters

Parametry rowu Parameters of ditch			Koszt jednostkowy Unit cost			
szerokość dna width of bottom (m)	głębokość depth (m)	nachylenie skarp banks slope (1 : n)	konserwacja bieżąca current maintenance		konserwacja gruntowna thorough conservation	
			ręcznie manually	mechanicznie mechanical	ręcznie manually	mechanicznie mechanical
1,5	1,0	1:1	5 157	5 370	14 135	8 247
		1:1,5	5 353	5 566	14 331	8 443
		1:2	5 570	5 783	14 548	8 660





**Rys. 6.** Zmiany natężenia przepływu w zależności od napełnienia wody w rowie i zmian współczynnika szorstkości dna i skarp (nachylenie skarp 1:1,  $b = 1,5$  m)

**Fig. 6.** Changes in flow discharge depending on the water depth in the ditch and changes in roughness coefficient ( $n$ ) of the bottom and slopes (bank slope 1:1,  $b = 1.5$  m)

maksymalnego założonego napełnienia równego 1,0 m, gdzie różnica natężenia przepływu między kanałem zaniedbanym a czystym po wykonaniu wynosi 3,53 m<sup>3</sup>/s. Podobnie jak w poprzednich przypadkach zauważyć można redukcję natężenia przepływu o ponad 80% wraz ze wzrostem współczynnika szorstkości ( $n$ ) dla maksymalnego napełnienia.

Ostatnią analizę ekonomiczną (tab. 6) wykonano dla rowu o największej szerokości w dnie (1,5 m). Wraz ze zmianami geometrycznymi kształtu rowu melioracyjnego dysproporcje cenowe w konserwacji bieżącej między systemami ręcznym i mechanicznym zmniejszają się. Odwrotną tendencję można zauważyć w przypadku konserwacji gruntownej, w której różnica między konserwacją ręczną a mechaniczną osiąga wartość około 5000 zł.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Urządzenia i systemy melioracyjne stanowią ważny element infrastruktury technicznej państwa. Obok funkcji środowiskowej czy produkcyjnej w rolnictwie pełnią istotną rolę w ochronie przeciwpowodziowej (Nyc i Pokładek, 2009; Marcilonek i in., 1995). Rola i znaczenie urządzeń melioracyjnych będą z pewnością się

zwiększać w najbliższych latach, w związku z nasileniem się anomalii pogodowych i zwiększeniem częstotliwości występowania zjawisk ekstremalnych, takich jak gwałtowne opady deszczu lub długotrwałe susze (Przybyła i in., 2011). Poprawę stosunków powietrzno-wodnych gleb użytków rolnych mogą zapewnić tylko właściwie zaprojektowane, wykonane oraz eksploatowane urządzenia i systemy melioracyjne (Szafrąński i in., 1998).

1. Na podstawie analizy otrzymanych wyników można stwierdzić, że kanały ziemne porośnięte trawą (współczynnik szorstkości 0,03 m<sup>-1/3</sup>·s) zmniejszają swoją zdolność przepuszczania wody około 40% w stosunku do kanałów czystych, natomiast rowy zaniedbane, na których stwierdzić można wieloletnie zaniedbania w konserwacji bieżącej (usuwanie porostów i krzewów) – około 80%. Może to stanowić zagrożenie podtopieniami gruntów do nich przyległych.

2. Redukcję przepływu o 80% stwierdzono dla wszystkich wariantów nachylenia skarp w przedziale od 1:1 do 1:2, niezależnie od szerokości dna koryta.

3. Przy niewielkim zakresie robót (małe rowy melioracyjne) koszty konserwacji bieżącej w technologii ręcznej mogą być mniejsze od mechanicznej. Odwrotną zależnością charakteryzuje się konserwacja gruntowna mechaniczna.

4. Jednostkowe koszty konserwacji są istotnie mniejsze od kosztu jednostkowego wykonania nowego rowu, który według cen i stawek z 2014 roku (przy głębokości – 1,00, szerokości w dnie – 0,50 m) wyniósł 88,50 zł/m.

## LITERATURA

- Bajkiewicz-Grabowska, E., Magnuszewska, A., Mikulski, Z. (1993). Przewodnik do ćwiczeń z hydrologii ogólnej. Warszawa: Wyd. Nauk. PWN.
- Bajkiewicz-Grabowska, E., Mikulski, Z. (2011). Hydrologia ogólna. Warszawa: Wyd. Nauk. PWN.
- Bala, W., Kwapisz, J., Wróbel, F. (1990). Wyznaczanie normatywów obsługi rowów melioracyjnych na podstawie badań eksploatacyjnych. Zesz. Nauk. AR Krak. Ses. Nauk.
- Bykowski, J., Szafrąński, Cz., Fiedler, M. (2001). Stan techniczny i uwarunkowania ekonomiczne eksploatacji systemów melioracyjnych. Zesz. Nauk. Wydz. Bud. Inż. Środ. P. Koszal. Inż. Środ., 20, 715-723.
- Bykowski, J., Kozaczyk, P., Przybyła, Cz., Sielska, I. (2007). Techniczno-ekonomiczne aspekty eksploatacji systemów

- melioracyjnych w zlewni Kościańskiego Kanału Obry. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 519, 47-55.
- Bykowski, J., Przybyła, Cz., Rutkowski, J. (2011). Stan urządzeń melioracyjnych oraz potrzeby ich konserwacji warunkiem optymalizacji gospodarowania wodą w rolnictwie na przykładzie Wielkopolski. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 56 (3), 45-51.
- Bykowski, J., Przybyła, C., Napierała, M., Mrozik, K., Pęciak, A. (2014). Ocena stanu technicznego infrastruktury wodno-melioracyjnej na polderze Zagórów. *Inż. Ekol.*, 39, 42-50.
- Liberacki, D., Olejniczak, M. (2013). Ocena potrzeb renowacji i modernizacji urządzeń wodno-melioracyjnych zlokalizowanych na wybranych ciekach w Puszczy Zielonka. *Annu. Set Environ. Prot.*, 15: 930-943.
- Nyc, K., Pokładek, R. (2009). Eksploatacja systemów melioracyjnych podstawą racjonalnej gospodarki wodnej w środowisku przyrodniczo-rolniczym. Wrocław: Wyd. UP we Wrocławiu.
- Marcilonek, S., Kostrzewa, S., Nyc, K., Drabiński, A. (1995). Cele i zadania współczesnych melioracji wodnych. W: L. Tomiałojć (red.), *Ekologiczne aspekty melioracji wodnych* (s. 71-84). Kraków: Wyd. IOP PAN.
- Przybyła, C., Bykowski, J., Mrozik, K., Napierała, M. (2011). Rola infrastruktury wodno-melioracyjnej w procesie suburbanizacji. *Rocz. Ochr. Środ.* 13, 769-786.
- Rutkowski, J., Bykowski, J., Pawłowski, T., Przybyła, C., Ratajczak, P., Woźniak, P. (2011). Potrzeby w zakresie konserwacji rowów i kanałów melioracyjnych podstawą koncepcji nowej maszyny. *Nauka Przyr. Technol.*, 5, 5.
- Szafrański, C., Bykowski, J., Fiedler, M. (1998). Rola melioracji w zrównoważonym rozwoju obszarów wiejskich. *Zesz. Nauk. AR Krak.*, 335, 59, 47-55.
- Walczak, N., Przedwojski, B. (2005). Wyznaczanie wartości współczynnika oporów terenów zalewowych Warty powyżej zbiornika Jeziorsko. *Rocz. AR Pozn. Ser. Melior. Inż. Środ.* CCCLXV, 26, 469-481.
- Walczak, N., Walczak, Z. (2011). Ocena wpływu roślinności na rozkład prędkości wody na przykładzie badań terenowych w korycie Warty. *Gosp. Wod.* 11, 449-453.
- Żelazo, J., Popek, Z. (2002). *Podstawy renaturyzacji rzek*. Warszawa: Wyd. SGGW.
- <http://www.wydawnictwo.pk.edu.pl/downloads>

## ECONOMIC AND HYDRAULIC CRITERIA FOR MAINTENANCE OF GOOD CONDITION OF DRAINAGE DITCHES

**Summary.** The article analysed increased risk of local flooding as a result of reducing the flow capacity of ditches. The subject matter is important because of the possibility of reducing the efficiency of agricultural crops as a result of malfunctioning of midfield ditches. The methodology was based on the fundamental equations describing the hydraulic parameters of water flow in the river. In order to reduce undesirable phenomenon the authors propose to perform regular maintenance, pointing to the economic justification of the costs incurred related to improving the flow capacity of flume.

**Key words:** ditch, flow, maintenance of actual and thorough, economics

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 25.02.2015

Do cytowania – For citation

Walczak, N., Hämmerling, M., Bykowski, J., Walczak, Z. (2015). Ekonomiczne i hydrauliczne kryteria utrzymania dobrego stanu rowów melioracyjnych. *J. Agribus. Rural Dev.*, 1(35), 137-146. DOI: 10.17306/JARD.2015.15