

Katarzyna JAROMIN¹, Tomasz BORKOWSKI¹, Grzegorz ŁAGÓD¹
i Marcin WIDOMSKI¹

ANALIZA WPŁYWU RODZAJU MATERIAŁU ORAZ CZASU I SPOSOBU EKSPLOATACJI KOLEKTORÓW KANALIZACJI GRAWITACYJNEJ NA PRĘDKOŚĆ PRZEPIYU ŚCIEKÓW

INFLUENCE OF MATERIAL, DURATION AND EXPLOITATION MANNER OF SANITATION CONDUITS ON SEWAGE FLOW VELOCITY

Abstrakt: Podczas projektowania sieci kanalizacji sanitarnej założenie obliczeniowego spadku dna odcinka kanału, podobnie jak niezmiennosc przekroju oraz chropowatości, jest bliskie rzeczywistości. Spełnienie tego założenia zależy od jakości przewodów kanalizacyjnych oraz dokładności wykonania kanałów. Wszystkie wyżej wymienione elementy mają znaczący wpływ na średnie prędkości przepływu ścieków w kanalizacji grawitacyjnej i dobierane są w taki sposób, aby zapewnić samooczyszczanie kanału. Przeprowadzone badania pokazują rzeczywistą prędkość średnią przepływu ścieków po wieloletniej eksploatacji wybranych przewodów kanalizacyjnych. Zaprezentowano wyniki badań przeprowadzonych w 2008 r. w kolektorach kanalizacji sanitarnej miasta Chełm. W celu uwierzytelnienia otrzymanych wyników badania przeprowadzono dwiema niezależnymi metodami - metodą pływakową i dynamometryczną. Wykazano, iż wyznaczone prędkości przepływu ścieków w wybranych przewodach grawitacyjnej kanalizacji sanitarnej w Chełmie nie umożliwiają samooczyszczania z osadów ściekowych, pomimo że badane kanały zostały ułożone zgodnie z wytycznymi projektowania sieci kanalizacyjnej. W związku z powyższym kanał ulega zamuleniu, a zalegający osad niekorzystnie wpływa na warunki hydrauliczne w przewodzie.

Słowa kluczowe: przepływ bezciśnieniowy, samooczyszczanie kanałów, pomiar prędkości przepływu

Analizując pracę sieci kanalizacyjnej można dostrzec wiele czynników i parametrów wpływających na zaburzenia jej funkcjonowania, pogarszające warunki transportu ścieków i osadów kanalizacyjnych. Jednym z podstawowych parametrów wpływających na warunki hydrauliczne przewodów jest współczynnik szorstkości n [1]. Jednakże, aby go określić, należy znać charakterystykę geometryczną przewodu, zwykle dokładnie opisaną w dokumentacji technicznej sieci, oraz rzeczywistą prędkość przepływu ścieków, a także ilość osadów zgromadzonych na dnie przewodów.

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów prędkości w wybranych przewodach kanalizacji sanitarnej w Chełmie. Pomiarzy zostały dokonane dwiema niezależnymi od siebie metodami: metodą pływakową i rurką Pitota-Darcy'ego.

Charakterystyka sieci kanalizacyjnej miasta Chełm

Sieć kanalizacyjną m. Chełm tworzą kanały kołowe o średnicy od 200 do 1400 mm. Przeważają przewody o średnicy 200 mm wykonane z kamionki i PVC. Ścieki odprowadzane są głównie w sposób grawitacyjny. Omawiana sieć kanalizacji sanitarnej wykonana jest z materiałów przedstawionych w tabeli 1 - wraz z długością sumaryczną oraz udziałem procentowym w całkowitej długości sieci kanalizacyjnej miasta Chełm.

¹ Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, tel. 081 538 43 22, email: G.Lagod@wis.pol.lublin.pl

Tabela 1
Przewody wykonane z różnych materiałów w sieci kanalizacyjnej w Chełmie (stan na 2006 r. wg MPGK)

Table 1
Pipes made of different materials in the sewer system in Chelm (2006 by MPGK)

Materiał	Długość [m]	[%]
Kamionka	70 000	40
Beton	52 500	30
PVC	42 000	24
Żeliwo	7000	4
Cement	3500	2
Σ	175 000	100

Wśród przewodów kamionkowych największą część stanowią przewody o średnicy do 250 mm (57%), przewody o średnicy 250÷600 mm stanowią 43%, nie odnotowano natomiast w tej grupie przewodów powyżej średnicy 600 mm. Wśród przewodów wykonanych z PVC również dominują przewody o średnicy do 250 mm (75%). Przewody wykonane z betonu obejmują prawie wszystkie średnice, z czego średnice do 250 mm to 9% długości wszystkich przewodów betonowych, od 250 do 600 to 29%, zaś najczęściej występujące w tej grupie to średnice powyżej 600 mm (62%).

Materiał i metody

Dnia 25.02.2008 r. dzięki uprzejmości Miejskiego Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej wykonano pomiary terenowe na obiektach sieci kanalizacji sanitarnej w Chełmie. Pomiary polegały na wyznaczeniu prędkości ścieków w wybranych kanałach, pomiarze wysokości napełnienia kanału ściekami, wysokości złogów osadu zalegających na dnie przewodu oraz temperatury ścieków. Jako główne kryterium wyboru przewodów do prac pomiarowych przyjęto wyznaczenie prędkości przepływu ścieków w przewodach w różnym wieku. Dlatego też wybrano kanały: na ulicy 3 Maja, oddany do eksploatacji w latach 80., kanał na ulicy Pilarskiego, oddany do eksploatacji w latach 70., oraz kanał na ulicy Karłowicza, eksploatowany od 2007 roku.

Za pomocą przymiaru liniowego mierzono napełnienie kanału ściekami oraz wysokość złogów osadu, z termometru zaś odczytywano temperaturę ścieków. Do pomiaru prędkości ścieków użyto rurki Pitota-Darcy'ego. Prędkość przepływu ścieków w kanale obliczono, posługując się wzorem [2]:

$$v = 4,47\sqrt{h} \quad (1)$$

gdzie: v - prędkość przepływu ścieków [m/s], 4,47 - współczynnik korekcyjny [-], h - różnica wysokości między zwierciadłami cieczy w sondzie Pitota-Darcy'ego [m].

W celu weryfikacji tych danych prędkość ścieków dodatkowo zmierzono metodą pływakową. Odcinek kanału, na którym przeprowadzany był ten pomiar, dobrano tak, aby tor ruchu cieczy przebiegał równoległe do kierunku przewodu. Prędkość odcinkową przepływu ścieków obliczono ze wzoru [2]:

$$v = \frac{L}{t} \quad [\text{m/s}] \quad (2)$$

gdzie: v - prędkość przepływu ścieków [m/s], L - droga, jaką przebył pływak [m], t - czas przepływu pływaka [s].

Pozostałe dane niezbędne do obliczeń, czyli: spadek dna kanału i jego długość odczytane zostały dzięki uprzejmości pracowników Zakładu z programu GeoMapa.

Wyniki badań

Mierząc prędkość ścieków za pomocą rurki Pitota-Darcy'ego, na poszczególnych odcinkach kanałów, otrzymano wartości podane w tabelach 2-5.

Prędkość mierzona za pomocą rurki Pitota-Darcy'ego na ul. 3 Maja, \varnothing 600; $i = 2,5\%$, beton

Tabela 2

Flow velocity measured by Pitot-Darcy probe, 3rd May St., \varnothing 600; $i = 2.5\%$, concrete

Table 2

Lp.	Wysokość napełnienia h	Prędkość przepływu v	Średnia prędkość przepływu v_{sr}
	[m]	[m/s]	[m/s]
1	0,0050	0,316	0,311
2	0,0045	0,300	
3	0,0050	0,316	

Prędkość mierzona za pomocą rurki Pitota-Darcy'ego na ul. 3 Maja, \varnothing 600; $i = 2,5\%$, beton

Tabela 3

Flow velocity measured by Pitot-Darcy probe, 3rd May St., \varnothing 600; $i = 2.5\%$, concrete

Table 3

Lp.	Wysokość napełnienia h	Prędkość przepływu v	Średnia prędkość przepływu v_{sr}
	[m]	[m/s]	[m/s]
1	0,0060	0,346	0,341
2	0,0055	0,332	
3	0,0060	0,346	

Prędkość mierzona za pomocą rurki Pitota-Darcy'ego na ul. Karłowicza, \varnothing 400; $i = 5,0\%$, PVC

Tabela 4

Flow velocity measured by Pitot-Darcy probe, Karłowicz St., \varnothing 400; $i = 5\%$, PVC

Table 4

Lp.	Wysokość napełnienia h	Prędkość przepływu v	Średnia prędkość przepływu v_{sr}
	[m]	[m/s]	[m/s]
1	0,0025	0,224	0,238
2	0,0030	0,245	
3	0,0030	0,245	

Tabela 5

Prędkość mierzona za pomocą rurki Pitota-Darcy'ego na ul. Pilarskiego Ø 800; $i = 2,0\%$, beton

Table 5

Flow velocity measured by Pitot-Darcy probe, Pilarski St., Ø 800; $i = 2.0\%$, concrete

Lp.	Wysokość napełnienia h	Prędkość przepływu v	Średnia prędkość przepływu v_{sr}
	[m]	[m/s]	[m/s]
1	0,0140	0,529	0,532
2	0,0145	0,538	
3	0,0140	0,529	

Mierząc prędkość ścieków metodą pływakową, na poszczególnych odcinkach kanałów otrzymano wartości podane w tabelach 6-9.

Tabela 6

Wyniki pomiaru prędkości metodą pływakową na ul. 3 Maja, Ø 600; $i = 2,5\%$, beton

Table 6

Flow velocity measured by floating object method, 3rd May St., Ø 600; $i = 2.5\%$, concrete

Lp.	Czas przepływu			Długość odcinka [m]	Napełnienie [m]	Wysokość osadu [m]	Temp. ścieków [°C]	Prędkość [m/s]	Średnia prędkość [m/s]
	min	s	ms						
1	7	12	300	142,22	0,19	0,09	16	0,329	0,317
2	7	32	200					0,314	
3	7	20	30					0,323	
4	7	24	500					0,320	
5	7	52	410					0,301	

Tabela 7

Wyniki pomiaru prędkości metodą pływakową na ul. 3 Maja, Ø 600; $i = 2,5\%$, beton

Table 7

Flow velocity measured by floating object method, 3rd May St., Ø 600; $i = 2.5\%$, concrete

Lp.	Czas			Długość odcinka [m]	Napełnienie [m]	Wysokość osadu [m]	Temp. ścieków [°C]	Prędkość [m/s]	Średnia prędkość [m/s]
	min	s	ms						
1	3	41	150	75	0,195	0,09	16	0,339	0,336
2	3	50	30					0,326	
3	3	38	420					0,343	
4	3	33	170					0,352	
5	3	55	50					0,319	

Tabela 8
Wyniki pomiaru prędkości metodą pływakową na ul. Karłowicza, Ø 400; $i = 5,0\%$, PVC

Table 8
Flow velocity measured by floating object method, Karłowicz St., Ø 400; $i = 5\%$, PVC

Lp.	Czas			Długość odcinka [m]	Napełnienie [m]	Wysokość osadu [m]	Temp. ścieków [°C]	Prędkość [m/s]	Średnia prędkość [m/s]
	min	s	ms						
1	3	28	40	46,22	0,04	0,015	16,5	0,222	0,226
2	3	18	150					0,233	
3	3	25	30					0,225	
4	3	21	400					0,229	
5	3	30	70					0,220	

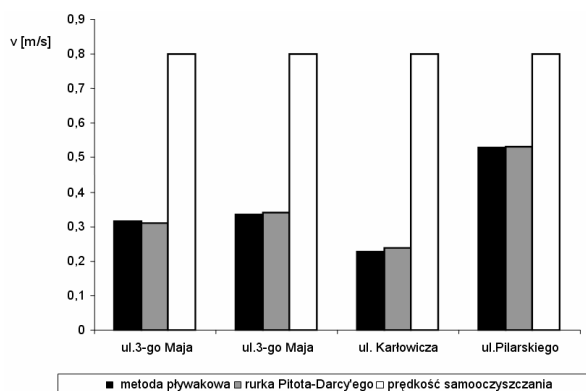
Tabela 9
Wyniki pomiaru prędkości metodą pływakową na ul. Pilarskiego, Ø 800; $i = 2,0\%$, beton

Table 9
Flow velocity measured by floating object method, Pilarski St., Ø 800; $i = 2.0\%$, concrete

Lp.	Czas			Długość odcinka [m]	Napełnienie [m]	Wysokość osadu [m]	Temp. ścieków [°C]	Prędkość [m/s]	Średnia prędkość [m/s]
	min	s	ms						
1	0	26	150	15,1	0,26	0,08	16	0,575	0,528
2	0	29	10					0,520	
3	0	30	30					0,502	
4	0	28	430					0,526	
5	0	29	120					0,517	

Omówienie wyników

Rysunek 1 i tabela 10 przedstawiają wyniki pomiarów prędkości przepływu ścieków metodą pływakową i za pomocą rurki Pitota-Darcy'ego.



Rys. 1. Wyniki pomiaru prędkości przepływu ścieków

Fig. 1. Results of sewage flow velocity measurements

Tabela 10
Zestawienie wyników pomiarów prędkości metodą pływakową i rurką Pitota-Darcy'egoTable 10
Sewage flow velocity measurements by floating object method and Pitot-Darcy probe

Ulica	Metoda pływakowa	Rurka Pitota-Darcy'ego	Prędkość średnia
	v [m/s]	v [m/s]	v_{sr} [m/s]
3 Maja	0,317	0,311	0,314
3 Maja	0,336	0,341	0,339
Karłowicza	0,226	0,238	0,332
Pilarskiego	0,528	0,532	0,530

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, iż w kanałach o długim czasie eksploatacji prędkości samooczyszczania $\geq 0,8$ m/s nie są obecnie zapewnione [3]. W badanych kanałach zaobserwowano zaleganie złogów osadów o grubościach od 1,5 cm dla kanału użytkowanego od 2007 roku do 8÷9 cm dla kanałów użytkowanych około 20-30 lat.

Podsumowanie i wnioski

Podstawowym zadaniem projektanta sieci kanalizacji grawitacyjnej jest zapewnienie prędkości przepływu umożliwiającej samooczyszczanie się kanału [4, 5]. W przypadku braku takiej prędkości w przewodzie kanalizacyjnym będzie zachodził proces sedymentacji transportowanych osadów prowadzący do wytworzenia się złoża osadowego, zmniejszenia powierzchni czynnej kanału, wzrostu oporów ruchu, a zarazem zmniejszenia przepustowości danego odcinka sieci. Wyznaczone prędkości przepływu ścieków w wybranych przewodach kanalizacji sanitarnej w Chełmie mierzone podczas ustabilizowanych wysokich napełnień nie wystarczają do samooczyszczania z osadów ściekowych. Przeprowadzone pomiary prędkości ścieków oraz wysokości złogów osadowych wykazały, iż w przypadku zbyt małej prędkości przepływu ścieków we wszystkich trzech badanych przewodach wystąpiło osadzanie się osadów. W kanałach eksploatowanych od 20-30 lat grubość warstwy osadów osiągnęła 15% średnicy, dla kanału użytkowanego ok. 30 lat oraz 10% dla przewodu eksploatowanego przez okres lat dwudziestu. Stan ten z pewnością niekorzystnie wpływa na warunki hydrauliczne pracy rozpatrywanych odcinków kanalizacji grawitacyjnej.

Podziękowanie

Dla Mistrza Sieci Kanalizacyjnej pana mgra Mariana Tarasewicza oraz pracowników technicznych Miejskiego Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej w Chełmie: pana Piotra Olidy i pana Krzysztofa Szyszkowskiego za pomoc w prowadzeniu badań oraz udostępnienie danych dotyczących sieci kanalizacyjnej miasta Chełma.

Literatura

- [1] Dąbrowski W.: Oddziaływanie sieci kanalizacyjnych na środowisko. Wyd. Polit. Krakowskiej, Kraków 2004.
- [2] Dębski K.: Hydrologia. Arkady, Warszawa 1970.

- [3] Heinrich Z.: Kanalizacja. WSiP, Warszawa 1999.
- [4] Błaszczyk W., Roman M. i Stamatello H.: Kanalizacja. Tom 1. Arkady, Warszawa 1974.
- [5] ATV - DVWK - A110P: Wytyczne do hydraulicznego wymiarowania i sprawdzania przepustowości kanałów i przewodów ściekowych. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfälle. V., GFA. Wyd. Seidel Przywecki, Warszawa 1988.

INFLUENCE OF MATERIAL, DURATION AND EXPLOITATION MANNER OF SANITATION CONDUITS ON SEWAGE FLOW VELOCITY

Abstract: The assumption of computational inclination of the channel, as well as constancy of cross-section and roughness are close to reality. Accomplishment of these assumptions depends to pipes quality and conduits execution. The all mentioned elements influence the sewage flow mean velocity in gravitational sanitation systems and they are selected to ensure self-purification of the conduits. Our research shows the real mean velocity of sewage flow after long lasting exploitation of the selected conduits. This paper presents the results of research conducted in 2008 on sanitation system in Chelm city, Poland. The studies cover the analysis of the influence of pipe material, duration and exploitation manner on the value of sewage mean velocity. In order of validation of the gained results two methods of flow measurements were used - floating object and dynamometric. It was shown that gained velocities of sewage flow in chosen sanitation channels in Chelm, do not render the purification of the pipe - despite the fact that studied channels are fulfilling the binding guidelines. Consequently, the channel is silted and sediments are unfavourably influencing the hydraulic conditions of the flow.

Keywords: gravitational flow, sewer self-purification, flow velocity measurement