

Piotr Bugajski, Stefan Satora

**BILANS ŚCIEKÓW DOPLYWAJĄCYCH
I DOWOŻONYCH DO OCZYSZCZALNI
NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO OBIEKTU**

***THE BALANCE OF SEWAGE INFLOWING
AND BROUGHT TO THE TREATMENT PLANT BASED
ON EXAMPLE OF THE CHOSEN OBJECT***

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące ilości ścieków dopływających systemem kanalizacyjnym oraz ilości ścieków dowożonych taborem asenizacyjnym do zbiorczej oczyszczalni ścieków w Nowym Brzesku. Analizowana oczyszczalnia ścieków zlokalizowana jest na terenie miejscowości Nowe Brzesko w Nowobrzeskim Obszarze Gospodarczym na lewym brzegu rzeki Wisły. Do obiektu odprowadzane są ścieki bytowo-gospodarcze z 250 budynków mieszkalnych. Analizę ilości ścieków prowadzono w okresie od stycznia 2005 roku do grudnia 2007 roku. W okresie tym określono ilość ścieków dopływających i dowożonych w poszczególnych miesiącach celem porównania ich z ilością projektowaną. Ponadto w pracy opisano częstość występowania określonych wielkości dopływów ścieków, a także prawdopodobieństwo ich wystąpienia. Analiza wykazała, iż badany obiekt jest niedociążony hydraulicznie. W roku 2005 faktyczna ilość ścieków oczyszczanych stanowiła zaledwie 20,4% zakładanej przepustowości oczyszczalni, w roku 2006 wartość ta wyniosła 22%, a w roku 2007 stanowiła 26,7%. W okresie 3 lat odnotowano dużą nierównomierność ilości ścieków dopływających oraz ścieków dowożonych w poszczególnych miesiącach. Wahania ilości ścieków dopływających w poszczególnych latach wyniosły w roku 2005 od $28,8 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ do $64,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, dla roku 2006 od $40,1 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ do $66,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ i dla roku 2007 od $49,8 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ do $84,9 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Natomiast wartości ekstremalne ilości ścieków dowożonych kształtowały się w zakresie od $2,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ do $6,4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ w roku 2005, od $3,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ do $7,8 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ w roku 2006 i od $4,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ do $10,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ w roku 2007. Stwierdzono, iż ścieki dowożone stanowią od 8,2% do 11,5% całości faktycznego obciążenia oczyszczalni. Najczęściej dopływ ścieków występuje w przedziałach

od $30 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ do $60 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ oraz w przedziale od $60 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ do $90 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Odnotowano w nim blisko 85% wszystkich dopływów ścieków jakie zdarzyły się w analizowanym okresie.

Słowa kluczowe: ścieki, ilość ścieków, częstość, prawdopodobieństwo wystąpienia

Summary

The paper presents the results of the research regarding the amount of sewage inflowing by the sewerage system and the amount of sewage brought to the collective sewage treatment plant in Nowe Brzesko with the sanitation vehicle. The analyzed treatment plant is located in the area of Nowe Brzesko town in Nowe Brzesko Economic Area on the left bank of the Vistula River. Domestic sewage from 250 buildings are drained into this object. The analysis of the amount of sewage was carried out in the period from January 2005 to December 2007. In this period the amount of sewage inflowing and brought in each month was defined in order to compare this amount with the designed one. Moreover, the paper presents the frequency of the defined amounts of inflowing sewage occurrence, as well as the probability of their occurrence. After data analysis, it was stated that the tested object is hydraulically under-loaded. In 2005 the actual amount of treated sewage constituted only 20,4% of the established treatment plant capacity, in 2006 this amount was 22% and in 2007 – 26,7%. In the period of 3 years high irregularity of the amount of incoming and brought sewage in each month was noticed. Fluctuations of the amount of inflowing sewage valued respectively: for 2005 from $28,8 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ to $64,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, for 2006 from $40,1 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ to $66,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ and for 2007 from $49,8 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ to $84,9 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. On the other hand the extreme values of the brought sewage were: from $2,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ to $6,4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ in 2005, from $3,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ to $7,8 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ in 2006 and from $4,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ to $10,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ in 2007. The brought sewage was found to account from 8,2% to 11,5% of the total actual hydraulic loading of the sewage treatment plant. Additionally, it was stated that the most often occurring inflow was from $30 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ to $60 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ sewage inflow or from $60 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ to $90 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. These ranges covered for almost 85% of all incoming sewage which happened in the analyzed period. The other average-daily amounts of inflowing sewage happened incidentally.

Key words: sewage, amount of sewage, frequency, probability of occurrence

WSTĘP

Aktualnie w Polsce widoczna jest różnica pomiędzy terenami wiejskimi a miejskimi dotycząca stanu zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków. Wynika to przede wszystkim z wysokich kosztów budowy sieci wodociągowej i kanalizacyjnej [Błażejewski 2003]. Jako kraj członkowski Unii Europejskiej jesteśmy zobowiązani do uporządkowania gospodarki wodno-ściekowej na terenie całego kraju do roku 2015 [Dyrektywa 2000/6/EC]. W ostatnich latach nastąpił zdecydowany rozwój systemów odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków. Gminy wiejskie mają możliwość korzystania z różnego rodzaju środków ze-

wewnętrznych na budowę kanalizacji i oczyszczalni ścieków. Problem pojawia się w momencie gdy zostaje wybudowana oczyszczalnia ścieków, a nie została rozbudowana sieć kanalizacyjna. Skutkiem czego jest niedociążenie hydrauliczne oczyszczalni [Bugajski 2006; Kaczor, Bugajski 2008]. Drugim czynnikiem, który powoduje, iż do oczyszczalni dopływa mniej ścieków niż to zakładano w projekcie jest przyzwyczajenie ludności na wsi do oszczędzania wody [Bergel, Bugajski 2008]. Prowadzone badania wykazują, iż mieszkańcy terenów wiejskich zużywają mniej wody od mieszkańców miast. Różnice te mogą wynosić nawet 50% na co wskazują liczne badania prowadzone przez wielu autorów [Chmielowski, Ślizowski 2008; Bergel 2006]. Aby zwiększyć ilość ścieków dopływających do oczyszczalni dowożone są one taborem asenizacyjnym z „szamb”. Jednak stężenie zanieczyszczeń ścieków w szambach jest znacznie wyższe w porównaniu do stężeń w ściekach dopływających systemem kanalizacyjnym. Dodatkowym problemem jest to, iż ścieki przetrzymywane dłuższy okres czasu w szambach są zagnite. Dostarczenie dużej ilości ścieków o zwiększonym stężeniu oraz zagnitych może spowodować zakłócenie procesu oczyszczania w oczyszczalni ścieków [Bugajski 2008]. Na nagłe zmiany stężeń zanieczyszczeń narażone są zwłaszcza oczyszczalnie pracujące w oparciu o metodę osadu czynnego. Dlatego ważne jest określenie maksymalnej ilości ścieków dowożonych. Obecnie przyjmuje się wartość 10% jako maksymalną ilość ścieków dowożonych w stosunku do ścieków dopływających.

CEL ORAZ ZAKRES PRACY

Celem badań było określenie ilości ścieków dopływających systemem kanalizacyjnym oraz dowożonych taborem asenizacyjnym do zbiorczej oczyszczalni w miejscowości Nowe Brzesko. Badania dotyczące ogólnej ilości ścieków unieszkodliwianych w oczyszczalni prowadzono od stycznia 2005 do grudnia 2007 roku (36 miesięcy). W okresie tym określono ilość ścieków dopływających i dowożonych w poszczególnych miesiącach celem porównania ich z ilością projektowaną oraz celem określenia ilości ścieków dowożonych do dopływających. W pracy określono ponadto częstość występowania ekstremalnych (wydzielonych) wielkości dopływów ścieków, a także prawdopodobieństwo ich wystąpienia.

CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAŃ

Analizowana oczyszczalnia ścieków zlokalizowana jest na terenie miejscowości Nowe Brzesko w Nowobrzeskim Obszarze Gospodarczym, na lewym brzegu rzeki Wisły. Do obiektu dopływają ścieki z sołectwa Nowe Brzesko. Długość sieci kanalizacyjnej wynosi około 5 kilometrów. Do sieci przyłączo-

nych jest 250 budynków mieszkalnych. Kanalizacja jest siecią grawitacyjną wykonaną z przewodów PCV o średnicach od 200 mm do 315 mm. Dodatkowo do oczyszczalni dowożone są ścieki taborem asenizacyjnym z szamb z terenu gminy.

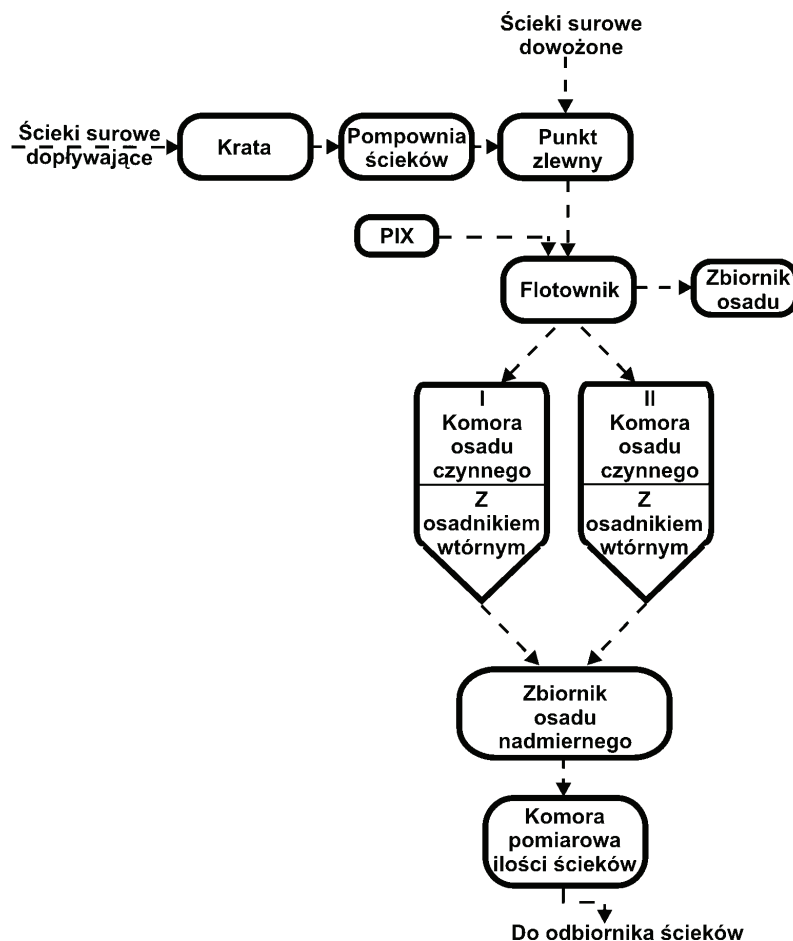
Projektowana przepustowość oczyszczalni ścieków wynosi:

- $Q_{\text{sr.d.}} = 544,2 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$
- $Q_{\text{sr.h.}} = 54,4 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$
- $Q_{\text{max.h.}} = 74,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

W skład ciągu technologicznego obiektu wchodzi: krata koszowa, przepompownia ścieków, flotownik napowietrzany ze zbiornikiem osadu, komora osadu czynnego zespolona z osadnikiem wtórnym, zbiornik osadu nadmiernego oraz studnia pomiaru przepływu ścieków. Ścieki kolektorem grawitacyjnym \varnothing 315 mm dopływają do komory krat, gdzie następuje oddzielenie większych zanieczyszczeń stałych. Następnie ścieki są przepompowywane do flotownika napowietrzanego. W zbiorniku tym w skutek napowietrzania następuje wyflotowanie (wyniesienie) tłuszczu i olei na powierzchnię ścieków. Przed flotownikiem w ciągu technologicznym znajduje się punkt zlewny ścieków dowożonych. Następnie ścieki pozbawione trafiają do bioreaktorów z osadem czynnym. W komorach tych zachodzi proces biologicznego usuwania zanieczyszczeń organicznych ze ścieków. Komory osadu czynnego zespolone są z osadnikami wtórnymi, w których następuje oddzielenie osadu nadmiernego ze ścieków. Osad nadmierny jest przepompowywany do zbiornika osadu nadmiernego. Przed odprowadzeniem ścieków do odbiornika, którym jest rzeka Wisła ścieki przechodzą proces stabilizacji w stawach, gdzie następuje dodatkowe ich doczyszczanie w wyniku naturalnego procesu sedymentacji. Aktualnie ze względu na małe ilości dopływających ścieków wykorzystywany jest jeden z dwóch ciągów technologicznych, który stanowi 50% przepustowości projektowanej obiektu, czyli $272,1 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Nowym Brzesku przedstawiono na rysunku 1.

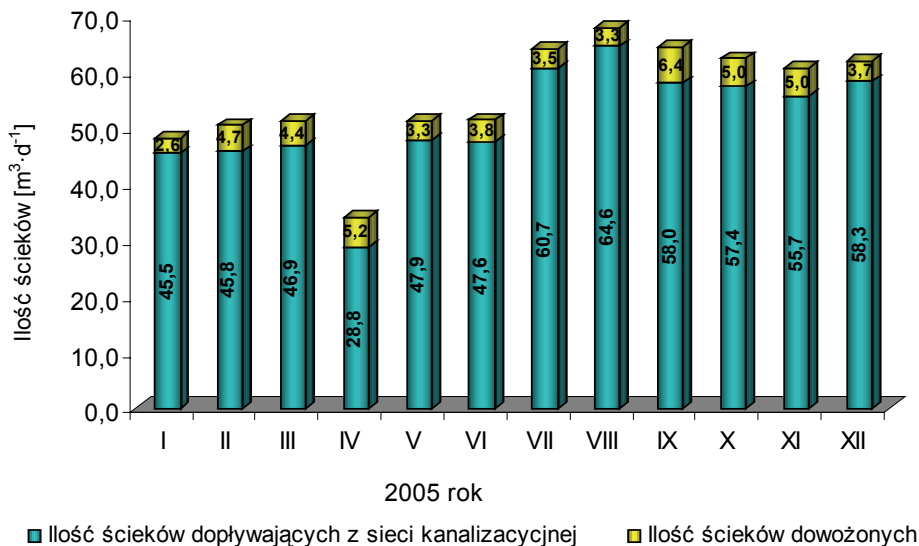
WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

W roku 2005 średnia dobowa ilość dopływających ścieków wyniosła $51,4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, co stanowiło 18,9% projektowanej przepustowości obiektu. W okresie tym średnia ilość ścieków dowożonych taborem asenizacyjnym wyniosła $4,2 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Łączna ilość oczyszczanych ścieków w analizowanej oczyszczalni wyniosła $55,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. W porównaniu do ilości projektowanej rzeczywisty dopływ stanowił 20,4 %. Ilość ścieków dowożonych stanowiła 7,6% całości objętości przepływających ścieków przez obiekt. W roku 2005 w poszczególnych miesiącach zaobserwowano nierównomierność dopływu zarówno ścieków dopływających, jak i dowożonych. Najniższy dopływ ścieków zaobserwowano w kwietniu ($28,8 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$), natomiast najwyższy w sierpniu ($64,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$).



Rysunek 1. Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Nowym Brzesku
Figure 1. Scheme of technological system of sewage treatment plant in Nowe Brzesko

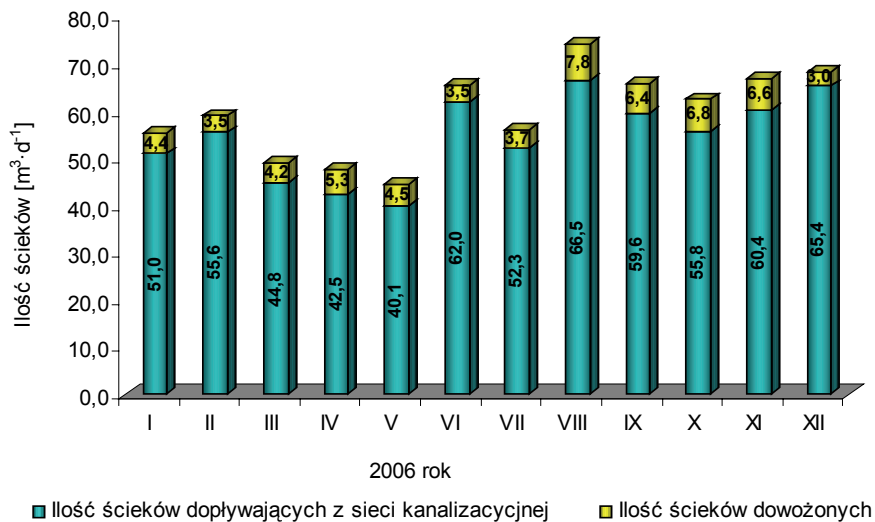
W tym samym czasie wahania ilości ścieków dowożonych wyniosły od $2,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ do $6,4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Ilość przepływających ścieków przez oczyszczalnię w roku 2005 przedstawiono na rysunku 2. W roku 2006 średnia ilość ścieków dopływających zwiększyła się o $3,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ w porównaniu do roku poprzedniego i wyniosła $54,7 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Również odnotowano większą ilość ścieków dowożonych taborem asenizacyjnym z terenu gminy średnio o $0,9 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. W roku 2006 średnia dobową ilość ścieków dowożonych wyniosła $5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Łączna ilość ścieków oczyszczanych w oczyszczalni wyniosła średnio $59,7 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, co stanowiło blisko 22,0% ilości projektowanej.



Rysunek 2. Średnia dobowa ilość ścieków dopływających i dowożonych do oczyszczalni w 2005 roku

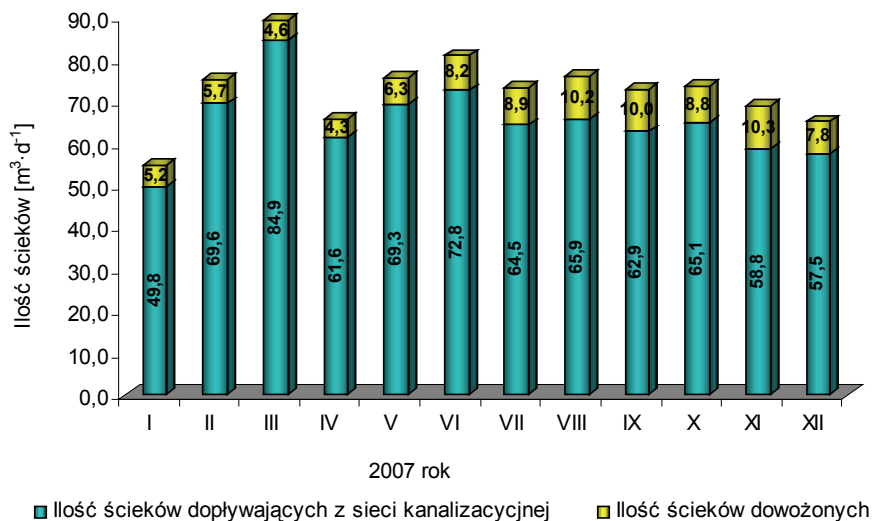
Figure 2. Average volume of sewage flowing and brought into the sewage treatment plant in 2005 year

Podobnie jak w roku 2005 odnotowano nierównomierność w poszczególnych miesiącach zarówno ilości dopływających ścieków, jak i dowożonych taborem asenizacyjnym. Wahania ilości ścieków dopływających wyniosły od $40,1 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ do $66,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, natomiast ścieków dowożonych od $3,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ do $7,8 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Omówione ilości ścieków przedstawiono na rysunku 3. W kolejnym roku 2007 zwiększyła się średnio dobowa ilość dopływających ścieków w porównaniu do roku 2006 o $10,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Średni dobowy dopływ w analizowanym roku wyniósł $65,2 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Również wzrosła ilość ścieków dowożonych w porównaniu do analogicznego okresu z roku 2006 do poziomu $7,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Łączna ilość ścieków oczyszczanych w oczyszczalni wyniosła $72,7 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, co stanowiło blisko 27% dopływu projektowanego. Podobnie jak w latach poprzednich wystąpiła nierównomierność ilości ścieków dopływających, jak i dowożonych w poszczególnych miesiącach. Wahania ilości ścieków dopływających wyniosły od $49,8 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ do $84,9 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, natomiast ścieków dowożonych od $4,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ do $10,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$.



Rysunek 3. Średnia dobowa ilość ścieków dopływających i dowożonych do oczyszczalni w 2006 roku

Figure 3. Average volume of sewage flowing and brought into the sewage treatment plant in 2006 year

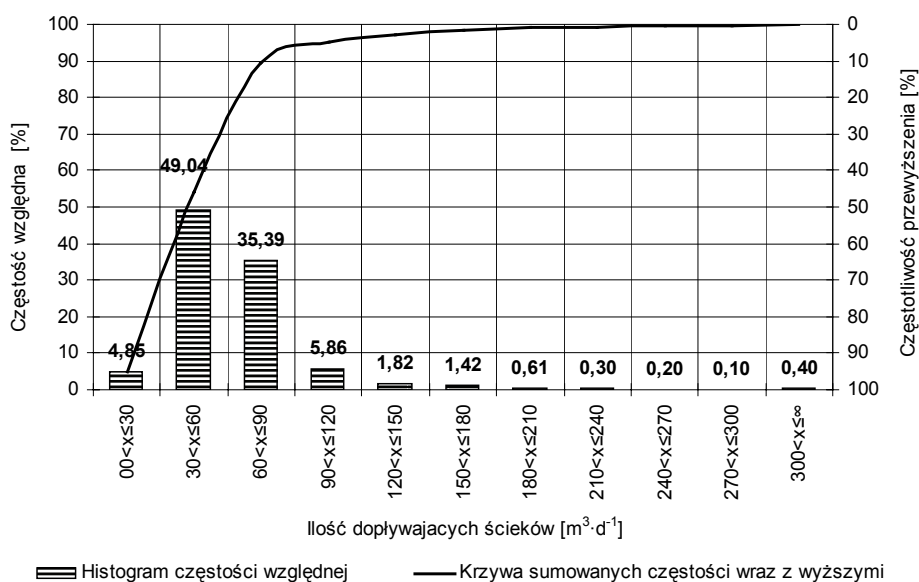


Rysunek 4. Średnia dobowa ilość ścieków dopływających i dowożonych do oczyszczalni w 2007 roku

Figure 4. Average volume of sewage flowing and brought into the sewage treatment plant in 2007 year

Analizą wyników badań objęto również częstości występowania wielkości poszczególnych dopływów ścieków oraz prawdopodobieństwo pojawienia się tych wartości. Liczebność klas oraz rozpiętość poszczególnych przedziałów ustalono w oparciu o wytyczne zawarte w podręczniku Józwiaka i Podgórskiego „Statystyka od podstaw” [2001]:

Przedziały klasowe dla poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń dobrano tak, aby szereg rozdzielczy dał możliwie szczegółowy, a zarazem przejrzysty obraz struktury zbioru statystycznego. Dla dopływów średnio dobowych w okresie 36 miesięcy przyjęto 11 klas o rozpiętości $30 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Zgodnie z wytycznymi, aby każdy przedział klasowy był równy, dla potrzeb obliczeniowych pierwszy przedział przyjęto od 0 do 30, pomimo że, najmniejszą wartością odnotowaną w ściekach była wartość $5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Częstość występowania poszczególnych wartości wraz z krzywą sumowaną częstości ze stężeniami wyższymi przedstawiono na rysunku 5.



Rysunek 5. Histogram częstości względnej oraz krzywa sumowanych częstości wraz z wyższymi ilości dopływających ścieków do oczyszczalni w wieloleciu 2005–2007
Figure 5. Histogram relative frequency and curve accumulate frequency with superiority volume of sewage flowing to sewage treatment plant in 2005–2007 years

Dopływy średnio dobowe najczęściej pojawiały się w przedziale od 30 do $60 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Procentowy udział dopływów w tym przedziale wynosił 49,4% wszystkich analizowanych pomiarów. Kolejnym przedziałem, w którym odno-

towano dużą częstość dopływających ścieków to przedział od 60 do 90 m³·d⁻¹. W tym przedziale odnotowano ponad 35% udział wszystkich dopływów.

W pozostałych przedziałach udziały procentowe były na bardzo niskim poziomie. Prawdopodobieństwo pojawienia się dopływu w jednym z dwóch wspomnianych przedziałach wynosi około 50%.

WNIOSKI I STWIERDZENIA

Na podstawie analizy wyników badań w okresie wielolecia 2005–2007 dotyczących ilości ścieków dopływających i dowożonych do zbiorczej oczyszczalni w Nowym Brzesku sformułowano następujące stwierdzenia i wnioski:

1. Oczyszczalnia ścieków w Nowym Brzesku jest niedociążona hydraulicznie. W roku 2005 faktyczny dopływ ścieków był niższy od projektowanego o blisko 80%, w roku 2006 o 78%, a w roku 2007 o 73%. Mimo iż widoczny jest w okresie badań wzrost ilości dopływających ścieków aby zwiększyć przepustowość oczyszczalni do zakładanej w projekcie istnieje potrzeba rozbudowy sieci kanalizacyjnej na terenie gminy.

2. Średnio dobowe ilości ścieków dopływających kolektorem kanalizacyjnym zwiększały się w okresie badań z 51,4 m³·d⁻¹ w roku 2005 do 54,7 m³·d⁻¹ w roku 2006 i do 65,2 m³·d⁻¹ w roku 2007. W okresie tym zaobserwowano dużą nierównomierność dopływających ścieków w poszczególnych miesiącach. W roku 2005 różnica pomiędzy dopływem minimalnym, a maksymalnym wyniosła 35,8 m³·d⁻¹, w roku 2006 wyniosła 26,4 m³·d⁻¹, a w roku 2007 35,1 m³·d⁻¹.

3. Udział ilości ścieków dowożonych taborem asenizacyjnym w całości ścieków przepływających przez oczyszczalnię wahał się w poszczególnych latach od 8,2% do 11,5%. Średnio dobowe ilości ścieków dowożonych wyniosły 4,2 m³·d⁻¹ w roku 2005, 5,0 m³·d⁻¹ w roku 2006, a 7,5 m³·d⁻¹ w roku 2007.

4. W okresie badań najczęściej pojawiającym się dopływem ścieków był dopływ w przedziale od 30 do 60 m³·d⁻¹. Udział dopływów w tym przedziale stanowił ponad 49% wszystkich pomiarów. Kolejny przedział w którym odnotowano również duży udział analizowanych dopływów średnio dobowych to przedział od 60 do 90 m³·d⁻¹. W tym przedziale odnotowano ponad 35% zdarzeń.

BIBLIOGRAFIA

- Bergel T. *Objętość ścieków odprowadzanych z gospodarstw do kanalizacji w zależności od struktury zużycia wody wodociągowej*. Rozprawa doktorska – maszynopis [2006], Akademia Rolnicza w Krakowie.
- Bergel T., Bugajski P. *Wpływ wybranych czynników na bezzwrotne zużycie wody w gospodarstwach wiejskich*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 9/2008, s. 60–63.
- Błażejowski R. *Kanalizacja wsi*. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Wielkopolski. Poznań 2003.

- Bugajski P. *Efekty pracy podczyszczalni ścieków poubojowych z ubojni trzody chlewnej*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 3/2008, PAN o/Kraków, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi, s. 23–30.
- Bugajski P. *Ilość dopływających ścieków do oczyszczalni SBR – BIOVAC w miejscowości Książ Wielki w latach 2000–2004*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 3/1(2006). PAN o/Kraków, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi. s. 97–105.
- Chmielowski K., Ślizowski R. *Charakterystyka ilościowa ścieków dopływających do przydomowej oczyszczalni ścieków z pojedynczego gospodarstwa wiejskiego*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 9/2008, s. 11–13.
- Dyrektywa Ramowa Unii Europejskiej w sprawie Polityki Wodnej, nr 2000/60/EC, wg Official Journal of the European Communities, 2000, nr dokumentu L 327.
- Józwiak J., Podgórski J. *Statystyka od podstaw*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2001.
- Kaczor G., Bugajski P. *Evaluation of a BIOCOMPACT sewage treatment plant operating under low hydraulic loading conditions*. Environment Protection Engineering 3/2008, s. 53–58.

Dr inż. Piotr Bugajski
Dr hab. inż. Stefan Satora
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, tel. (012) 632-57-88
pbugajsk@ar.krakow.pl, rmsatora@cyf-kr.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Stanisław Czaban*