

*Krzysztof Chmielowski, Ryszard Ślizowski, Krzysztof Pegiel*

## **OCENA DZIAŁANIA PRZYDOMOWEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW Z FILTREM PIASKOWYM O PRZEPLYWIE POZIOMYM**

### ***EVALUATION OF PERFORMANCE HOUSEHOLD SEWAGE TREATMENT PLANT BASED ON A HORIZONTAL FLOW SAND FILTER***

#### **Streszczenie**

Celem pracy jest ocena działania przydomowej oczyszczalni ścieków, opartej na filtrze piaskowym o przepływie poziomym.

Przeprowadzono analizy fizyko-chemiczne wybranych wskaźników zanieczyszczeń (BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Cr</sub>, zawiesina ogólna, fosfor ogólny) i porównano je do aktualnie obowiązujących wartości w ściekach oczyszczonych zawartych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. Na tej podstawie określono skuteczność usuwania zanieczyszczeń. Próby ścieków surowych, wstępnie oczyszczonych i oczyszczonych, pobierane były od grudnia 2008 do marca 2009 roku. Analiza fizyko-chemiczna została przeprowadzona w Laboratorium Katedry Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Zgromadzone wyniki badań, oraz ich analiza przeprowadzona w pracy, ukazały sprawne działanie przydomowej oczyszczalni.

**Słowa kluczowe:** przydomowa oczyszczalnia ścieków, filtr piaskowy, ścieki bytowe, efektywność pracy

#### ***Summary***

*The work aimed at the assessment of working of a household sewage treatment plant based on a horizontal flow sand filter.*

*Physicochemical analyses of chosen pollution indexes (BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Cr</sub>, total suspension, total phosphorus) were carried out and compared with currently in force values of these indexes according to the Regulation of the Minister of the*

*Environment of 24th July 2006. On this basis the operation of the sewage treatment plant was assessed. Raw, initially treated and treated sewage samples were taken from December 2008 to March 2009. Physicochemical analysis was carried out in the Laboratory of the Department of Sanitary Engineering and Water Management of the University of Agriculture in Kraków. The gathered results of tests and their analysis conducted in the paper showed the proper working of the household sewage treatment plant.*

**Key words:** *sewage-treatment plant, sand filter, domestic sewage, efficiency*

## WSTĘP

Odprowadzanie i unieszkodliwianie ścieków z pojedynczych domów lub niewielkich zgrupowań, które nie są podłączone do systemu kanalizacyjnego ciągle stanowi poważnym i aktualny problem. Gospodarka wodno ściekowa w obszarach wiejskich nie jest zrównoważona. Dysproporcja pomiędzy długości sieci wodociągowej i kanalizacyjnej może świadczyć że duża część nieoczyszczonych ścieków trafi w niekontrolowany sposób do ziemi i do wód, co stanowi zagrożenie zarówno dla wód powierzchniowych jak i podziemnych. Dobrym rozwiązaniem stają się przydomowe oczyszczalnie ścieków, które są szansą na zahamowanie nielegalnych zrzutów ścieków nieoczyszczonych do środowiska. Choć ilość ścieków odprowadzanych z terenów wiejskich jest stosunkowo niewielka, to wymagają one oczyszczenia w takim samym stopniu jak ścieki z terenów zurbanizowanych. Tak więc indywidualne oczyszczalnie ścieków to nic innego jak zminimalizowane standardowe oczyszczalnie ścieków.

Rozporządzenie Ministerstwa Środowiska w dniu 24 lipca 2006r. w sprawie warunków jakie należy spełnić przy doprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego [Dz.U. 2006 nr 137 poz. 984] określa jakość ścieków odprowadzanych do różnych odbiorników. Jeśli odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest grunt lub wody płynące to wymagania jakościowe są następujące:

- $BZT_5 < 40 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ ,
- $\text{ChZT}_{\text{Cr}} < 150 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ ,
- zawiesina ogólna  $< 50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

W przypadku, gdy mamy do czynienia ze ściekami wprowadzanymi do jezior i ich dopływów oraz bezpośrednio do sztucznych zbiorników wodnych usytuowanych na wodach płynących to dodatkowo stężenie azotu ogólnego nie może być wyższe od  $30 \text{ mgN}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ , a stężenie fosforu ogólnego od  $5 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Wybór sposobu unieszkodliwiania ścieków w przydomowej oczyszczalni ścieków zależy od kilku czynników:

- ilości doprowadzonych ścieków i zawartych w nich ładunku zanieczyszczeń,
- warunków gruntowo-wodnych,

- dostępnej powierzchni terenu,
- aspektów ekonomicznych.

Celem artykułu była ocena działania przydomowej oczyszczalni ścieków, opartej na filtrze piaskowym o przepływie poziomym.

### OPIS BADANEGO OBIEKTU

Przydomowa oczyszczalnia ścieków znajduje się w Krakowie przy ul. Igołomskiej. Działka znajduje się we wschodniej części miasta Krakowa Nowej Huty. Powierzchnia działki jest płaska. Pokrywają ją utwory czwartorzędowe, zalegające warstwowo od powierzchni: gliny, mułki, piaski i żwiry.

Poziom wody zalega w utworach piaszczystych - żwirowych na głębokości 2,76 m od powierzchni terenu. Poziom wód gruntowych w tym rejonie ma ścisły związek z wodami rzeki Wisły.

Przydomowa oczyszczalnia ścieków składa się z dwóch zasadniczych części:

- osadnik gnilny typ WAVIN 2000,
- filtr piaskowy o poziomym przepływie.

Osadnik gnilny o pojemności 2,0 m<sup>3</sup> jest monolitycznym, jednokomorowym zbiornikiem z polietylenu, wykonany metodą formowania obrotowego w kształcie cysterny. Zbiornik jest uźbrowany w postaci dwóch sferycznych przetłoczeń o wysokości karbów 30 mm i szerokości 30 mm. W górnej części zbiornika zamontowane zostały króćce: wlotowy i wylotowy o średnicy 110 mm. Osadnik posiada jeden wąż o średnicy 450 mm, przykryty szczelną pokrywą, służący do usuwania nagromadzonych osadów i kożucha. Osadnik został wyposażony w polietylenowy filtr wysokości 0,3m.

Drugi stopień oczyszczania stanowi filtr piaskowy o przepływie poziomym. Dno filtra uszczelnione jest folią PCV o grubości 0,3 mm. Przed odprowadzaniem do odbiornika ścieki zbierane są do studzienki i odprowadzone rurociągiem do cieku wodnego bez nazwy.

Filtr piaskowy został zaprojektowany na 4 osoby. Długość filtra wynosi 6,0 m a szerokość 5,5 m, co stanowi całkowitą powierzchnię 33 m<sup>2</sup>. Jednostkowa powierzchnia filtra przypadająca na jednego mieszkańca wynosi 8,25 m<sup>2</sup> · M<sup>-1</sup>.

### METODYKA BADAŃ

Celem artykułu była ocena działania przydomowej oczyszczalni ścieków z filtrem piaskowym o przepływie poziomym. Przeprowadzono analizy fizykochemiczne wybranych wskaźników zanieczyszczeń (BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Cr</sub>, zawiesina

ogólna, fosfor ogólny) i porównano je do aktualnie obowiązujących wartości w ściekach oczyszczonych zawartych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r.

Badania nad oceną działania przydomowej oczyszczalni ścieków z filtrem piaskowym o przepływie poziomym z indywidualnego gospodarstwa wykonane zostały w okresie od grudnia 2008 do marca 2009 r. W analizowanym okresie badawczym pobrano łącznie 8 prób ścieków, które zostały poddane analizie fizyko – chemicznej. Próbkę ścieków pobierano zgodnie z obowiązującymi zaleceniami i wytycznymi. Poboru prób ścieków dokonywano w trzech punktach ciągu technologicznego przydomowej oczyszczalni:

- na dopływie do osadnika gnilnego (ścieki surowe),
- na odpływie po osadniku gnilnym (ścieki wstępnie oczyszczone),
- na odpływie po filtrze piaskowym (ścieki oczyszczone).

Przy pobieraniu próbek ścieków mierzono temperaturę ścieków w każdym punkcie ciągu technologicznego oczyszczalni, jak również temperaturę otoczenia.

W analizowanych próbkach ścieków badano zawartość następujących wskaźników:

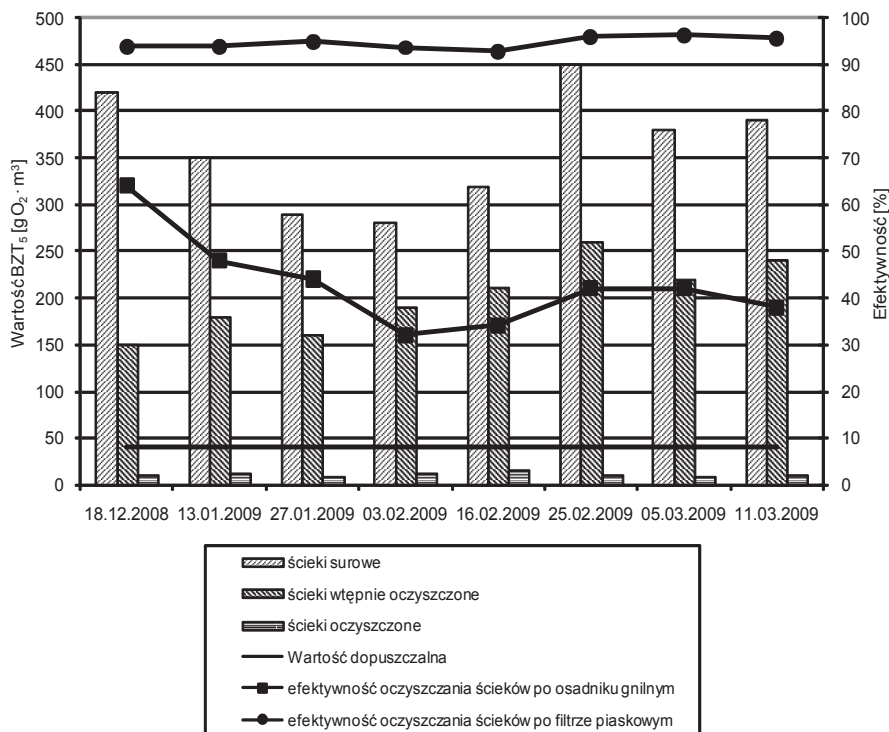
- BZT<sub>5</sub>,
- ChZT<sub>Cr</sub>,
- zawiesinę ogólną,
- fosfor ogólny.

Analizy ścieków wykonywane były w laboratorium na Uniwersytecie Rolniczym w Krakowie.

## **WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA**

Na rysunku 1 przedstawiono wartości BZT<sub>5</sub> ścieków surowych, wstępnie oczyszczonych, oczyszczonych oraz efektywności oczyszczania ścieków.

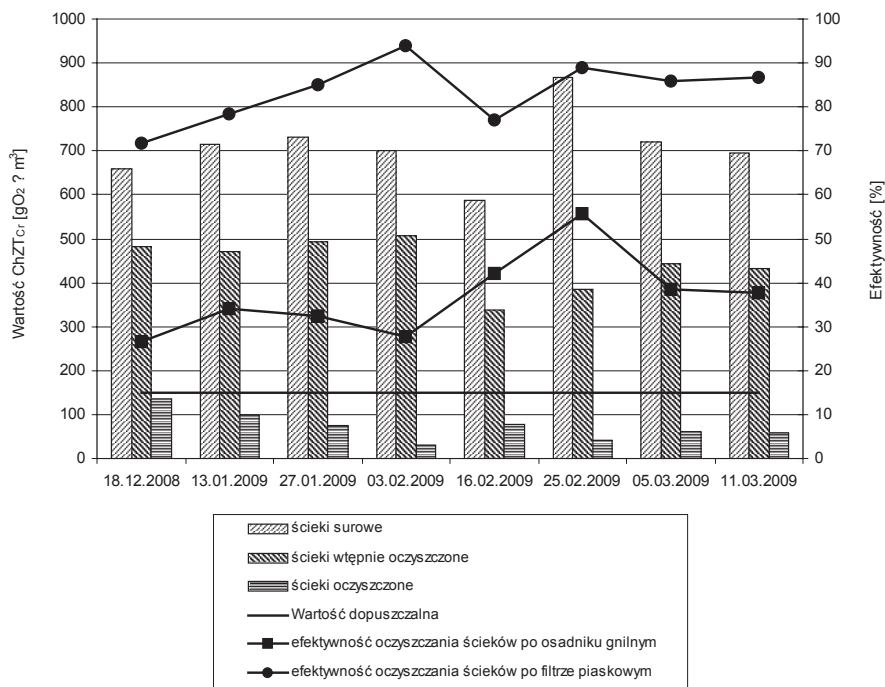
Średnia wartość BZT<sub>5</sub> dla ścieków surowych dopływających do oczyszczalni wyniosła 360 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>, natomiast zakres wartości wynosił od 280 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> do 450 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Wartość minimalna BZT<sub>5</sub> po osadniku wstępnym wynosiła 150 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>, natomiast maksymalna 260 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Wartość BZT<sub>5</sub> dla ścieków oczyszczonych wynosiła od 9 do 15 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> co daje średnia wartość redukcji wynoszącą 97%. Należy stwierdzić bardzo dobry stopień oczyszczania co świadczy o poprawnej pracy oczyszczalni.



**Rysunek 1.** Wartości BZT<sub>5</sub> w ściekach surowych, wstępnie oczyszczonych i oczyszczonych oraz efektywność oczyszczania poszczególnych urządzeń oczyszczalni  
**Figure 1.** Comparison of BOD<sub>5</sub> values of raw sewage, pre-treated sewage and treated sewage and effectiveness of its reducing

Kolejnym analizowanym wskaźnikiem był ChZT<sub>Cr</sub>. Na podstawie 8 próbek ścieków surowych, wstępnie oczyszczonych i oczyszczonych sporządzono rysunek 2.

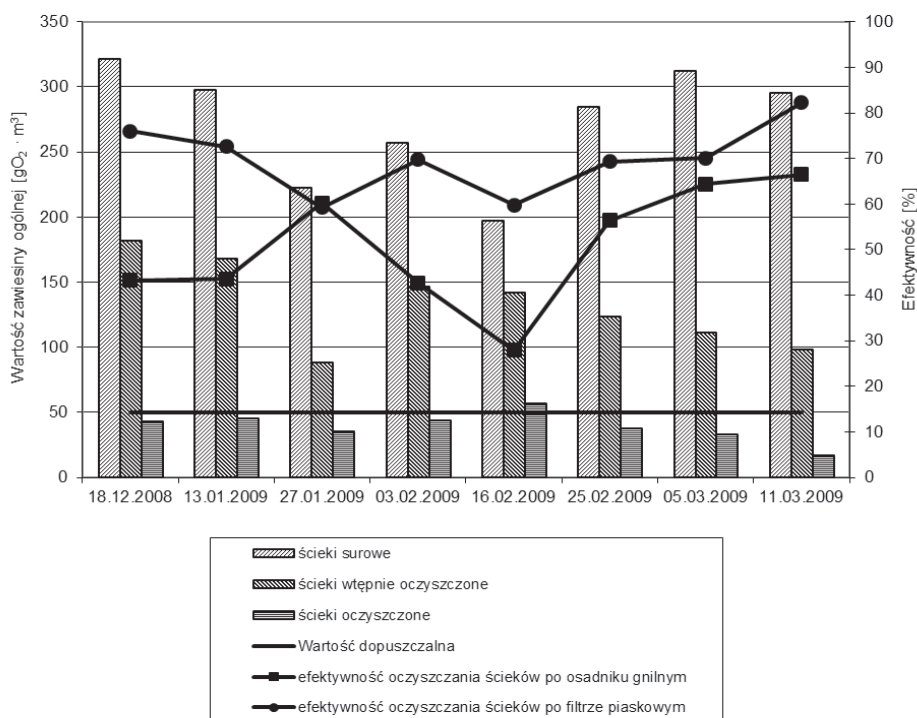
Zakres wartości ChZT<sub>Cr</sub> dla ścieków surowych wynosił 586 do 867,2 mgO<sub>2</sub>dm<sup>-3</sup>, co daje średnią wartość 709 mgO<sub>2</sub>dm<sup>-3</sup>. Minimalna wartość ścieków wstępnie oczyszczonych dla ChZT<sub>Cr</sub> wynosiła 339 mgO<sub>2</sub>dm<sup>-3</sup>, a wartość maksymalna 506 mgO<sub>2</sub>dm<sup>-3</sup>. Wartość ścieków oczyszczonych wynosiła od 30,4 do 136 mgO<sub>2</sub>dm<sup>-3</sup>. Daje to średnią efektywność wynoszącą 79,3%. W dniu 03.02.2009 r. efektywność pracy oczyszczalni była najwyższa, wynosiła 95,7%, natomiast najniższa wynosiła 79,3% w dniu 18.12.2008r. Należy stwierdzić poprawną pracę oczyszczalni pod względem zmniejszania wskaźnika ChZT<sub>Cr</sub>.



**Rysunek 2.** Wartości ChZT<sub>Cr</sub> w ściekach surowych, wstępnie oczyszczonych i oczyszczonych oraz efektywność oczyszczania poszczególnych urządzeń oczyszczalni  
**Figure 2.** Comparison of COD<sub>Cr</sub> values of raw sewage, pre-treated sewage and treated sewage and effectiveness of its reducing

Trzecim badanym wskaźnikiem była zawiesina ogólna. Wartości zawiesiny ogólnej w ściekach surowych, wstępnie oczyszczonych i oczyszczonych wraz z efektywnością usuwania przedstawiono na rysunku 3.

Średnia wartość zawiesiny ogólnej dla ścieków surowych dopływających do oczyszczalni wyniosła 274 mg·dm<sup>-3</sup>, natomiast zakres wartości wynosił od 197,6 mg·dm<sup>-3</sup> do 322,0 mg·dm<sup>-3</sup>. Wartość minimalna zawiesiny ogólnej po osadniku wstępnym wynosiła 88,4 mg·dm<sup>-3</sup>, natomiast maksymalna 182,4 mg·dm<sup>-3</sup>. Wartość zawiesiny ogólnej dla ścieków oczyszczonych wynosiła od 17,5 do 57,2 mg·dm<sup>-3</sup> co daje średnia wartość redukcji wynoszącą 84,8%. Najniższa wartość redukcji wyniosła 71,0%, najwyższa 94,1%.

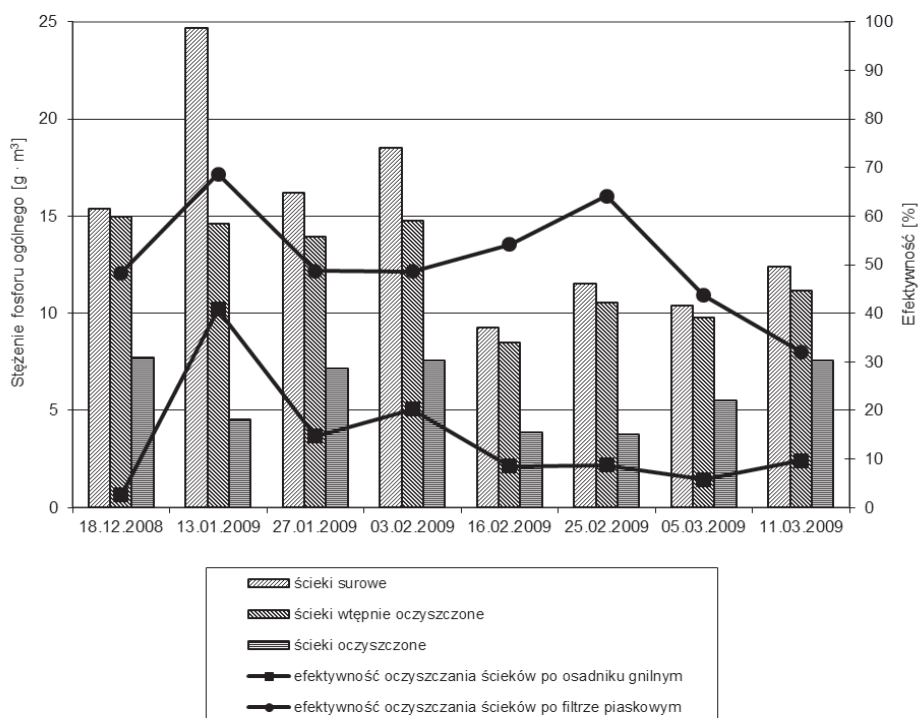


**Rysunek 3.** Wartości zawiesiny ogólnej w ściekach surowych, wstępnie oczyszczonych i oczyszczonych oraz efektywność oczyszczania poszczególnych urządzeń oczyszczalni

**Figure 3.** Comparison of total suspended solids values of raw sewage, pre-treated sewage and treated sewage and effectiveness of its reducing

Ostatnim badanym wskaźnikiem był fosfor ogólny. Wartości fosforu ogólnego w ściekach surowych, wstępnie oczyszczonych i oczyszczonych wraz z efektywnością usuwania przedstawiono na rysunku 4.

Minimalna wartość fosforu ogólnego dla ścieków dopływających do oczyszczalni wyniosła  $9,28 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{m}^{-3}$ , a maksymalna  $24,7 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{m}^{-3}$ , co dało średnią wartość  $14,8 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{m}^{-3}$ . Zakres wartości fosforu ogólnego w ściekach wstępnie oczyszczonych wyniosła od  $8,4 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{m}^{-3}$  do  $14,9 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{m}^{-3}$ . Ścieki oczyszczone zawierały średnio  $7,2 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{m}^{-3}$  fosforu ogólnego (zakres:  $3,7\text{--}7,7 \text{ mgP}_{\text{og}} \cdot \text{m}^{-3}$ ). Średnia efektywność zmniejszania fosforu ogólnego wyniosła  $57,1\%$  (zakres:  $38,7\text{--}81,5\%$ ).



**Rysunek 4.** Stężenie fosforu ogólnego w ściekach surowych, wstępnie oczyszczonych i oczyszczonych oraz efektywność oczyszczania poszczególnych urządzeń oczyszczalni

**Figure 4.** Comparison of total phosphate values of raw sewage, pre-treated sewage and treated sewage and effectiveness of its reducing

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W artykule przedstawiono wyniki badań jakości ścieków surowych wstępnie oczyszczonych i oczyszczonych przepływających przez przydomowa oczyszczalnię ścieków składającą się z osadnika gnilnego i filtra piaskowego o przepływie poziomym. Badania przeprowadzono w okresie od grudnia 2008 roku do marca 2009 roku.

Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników badań można wysnuć następujące wnioski:

1. Efektywność oczyszczania ścieków w przydomowej oczyszczalni ścieków przedstawiona podstawowymi wskaźnikami zanieczyszczeń jak BZT<sub>5</sub>, ChZT<sub>Cr</sub>, zawiesina ogólna, jest zadawalająca i mieści się w przedziale wartości, które obowiązują w pozwoleniu wodno-prawnym,



2. Średnie wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych wynosiły: BZT<sub>5</sub> – 450 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>, ChZT<sub>Cr</sub> – 709 mgO<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>, zawiesina ogólna – 274 mg·dm<sup>-3</sup>, fosfor ogólny – 14,8 mgP<sub>og2</sub>·dm<sup>-3</sup>,

3. Średnia wartość redukcji po osadniku wstępnym wyniosła dla: BZT<sub>5</sub> – 43%, ChZT<sub>Cr</sub> – 37%, zawiesiny ogólne – 50,7%, fosforu – 13,8% co świadczy o poprawnym funkcjonowaniu osadnika gnilnego, jedyne zastrzeżenia budzi niezbyt wysoka redukcja zawiesiny sięgająca niewiele ponad 50%

4. Średnie wartości redukcji wskaźników zanieczyszczeń po filtrze piaskowym wyniosły dla: BZT<sub>5</sub> – 90%, ChZT<sub>Cr</sub> – 83,5%, Zawiesina ogólna – 70%, fosfor ogólny – 51%. Wyniki otrzymane sugerują że filtr piaskowy spełnia swoją rolę w należyty sposób.

5. Podsumowując należy stwierdzić poprawną pracę oczyszczalni, jedynie wskaźnik fosforu ogólnego był usuwany w mniejszym stopniu. Przyczyną tego może być wyczerpanie się kompleksu sorpcyjnego złoża podczas eksploatacji oczyszczalni.

## BIBLIOGRAFIA

- Błażejewski R. 2003. Kanalizacja Wsi. PziTS oddział Poznań. Poznań.
- Błażejewski R. 2006. Wybrane problemy projektowania przydomowych oczyszczalni ścieków. Opracowanie.
- Dz.U. 2006 nr 137 poz. 984 – Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 roku w sprawie warunków jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego.
- Główny urząd statystyczny – Infrastruktura komunalna w 2007 r. Warszawa 2008.
- Heidrich Z. 1998. Przydomowe oczyszczalnie ścieków – poradnik. COIB, Warszawa.
- Heidrich Z., Stańko G. 2007. Leksykon przydomowych oczyszczalni ścieków. Seidel-Przywecki, Warszawa.
- Łomotowski J., Szpindor A. Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków. Arkady, Warszawa.
- Osmulka-Mróż B. Lokalne systemy oczyszczania ścieków – poradnik. Wyd. Instytutu Ochrony Środowiska, Warszawa 1995.
- Roman M. 1986. Kanalizacja. Tom 2 – Oczyszczanie ścieków. Arkady, Warszawa.
- Szpindor A. 1998. Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi. Arkady, Warszawa.

Dr inż. Krzysztof Chmielowski  
Prof. dr hab. inż. Ryszard Ślizowski  
Mgr inż. Krzysztof Pęgiel  
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
al. Mickiewicza 24/28; 30-059 Kraków

Recenzent: *Andrzej Woźniak*