

Piotr Bugajski, Tomasz Bergel

NIEDOCIĄŻENIA HYDRAULICZNE PRZYDOMOWYCH OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

UNDERLOADING OF HYDRAULIC IN DOMESTIC SEWAGE TREATMENT PLANT

Streszczenie

Problem niedociążenia hydraulicznego oczyszczalni ścieków na terenach wiejskich dotyczy aktualnie bardzo wielu obiektów. Wynika on z braku zbiorczych systemów odprowadzania ścieków, oraz przyjęcie na etapie projektu oczyszczalni zbyt dużej ilości dopływających ścieków. Wydaje się, iż kwestią czasu jest rozbudowa sieci kanalizacyjnych na terenach wiejskich, co pozwoli na doprowadzenie znacznie większej ilości ścieków do oczyszczalni. Natomiast bardziej złożonym problemem jest właściwe przyjęcie ilości dopływających ścieków. Aktualnie wartością, która jest najczęściej podawana jako norma przypadająca na mieszkańca to $150 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1}$ zużywanej wody (odprowadzanych ścieków) w ciągu doby. W rzeczywistości ilości te często bywają przesadne, a rzeczywista ilość zużywanej wody jest o wiele niższa.

W publikacji porównano rzeczywiste ilości dopływających ścieków w stosunku do wartości zakładanych w projekcie. W badaniach uwzględniono cztery przydomowe oczyszczalnie ścieków zlokalizowane w gminach wiejskich na terenie województwa małopolskiego.

W oczyszczalni Turbojet EP-2 dopływ ścieków wyniósł w okresie badawczym blisko $0,82 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ i był niższy od zakładanego ($1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$) o 46%. W oczyszczalni Turbojet EP-4 w okresie badawczym faktyczny dopływ wyniósł średnio $0,81 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, co stanowiło zaledwie 19% dopływu zakładanego w projekcie. W oczyszczalni Biocompact BCT S-1 ilość dopływających ścieków wyniosła średnio $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ i był to dopływ niższy od zakładanego ($0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$) o 17%. W ostatnim badanym obiekcie Biocompact BCT S-12 zakładany dopływ ścieków był na poziomie $12 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, natomiast faktyczny dopływ wyniósł $5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ i był niższy od projektowanego dopływu o 47%.

Wszystkie badane obiekty w były niedociążone hydraulicznie. Różnica pomiędzy dopływem faktycznym, a projektowanym wyniosła od 17% do 47%.

Słowa kluczowe: Ilość dopływających ścieków, niedociążenie hydrauliczne

Summary

The problem of hydraulic underloading of sewage treatment plants in rural areas concerns currently many objects. It results from several basic facts, i.e. lack of collective systems of sewage removal or assuming too large volume of inflowing sewage assumed in a treatment plant construction project. It seems that extension of sewer systems in rural areas seems a matter of time, which will allow to supply much bigger volume of sewage to the treatment plants. On the other hand proper reception of the amount of inflowing sewage is the most complex problem. Currently the most frequently quoted value per capita is $150 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1}$ of consumed water (discharged sewage) daily. In fact these amounts are often overestimated whereas real amount of water used is much lower.

The paper attempts at comparing the volume of outflowing sewage in comparison with values planned in the project. The research comprised four household sewage treatment plants situated in rural districts in the malopolskie province.

In the Turbojet EP-2 treatment plant sewage inflow during the research period was $0.82 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ and lower than assumed ($1.5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$) by 46%. In the Turbojet EP-4 the real sewage inflow was on average $0.81 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, which constituted only 19% of the inflow planned in the project. In the Biocompact BCT S-1 sewage treatment plant amount of inflowing sewage was on average $0.5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ and lower than assumed ($0.6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$) by 17%. In the last analyzed object Biocompact BCT S-12 assumed sewage inflow was on the level of $12 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, whereas the real inflow amounted to $5.0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ and was lower than the projected inflow by 47%.

During the research period all analyzed objects were hydraulically underloaded. The difference between the actual and projected inflow ranged between 17% and 47%.

Key words: amount of inflowing sewage, hydraulic underloading

WSTĘP

Rozbudowa wiejskich sieci wodociągowych oraz budowa budynków wyposażonych w pełną instalację wodociągowo-kanalizacyjną spowodowały, iż w ostatnich kilkudziesięciu latach wzrosła ilość powstających ścieków bytowych. Brak równoczesnej budowy systemów odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków spowodował, iż duża część zużytej wody (ścieków) trafia do środowiska bez wcześniejszego oczyszczenia [Błażejewski, Mazurkiewicz 2007].

Ostatnie lata przyniosły znaczną poprawę stanu skanalizowania gmin wiejskich w Polsce, głównie dzięki funduszom przedakcesyjnym (np. SAPARD). Rozwój sieci kanalizacyjnej wraz z oczyszczalniami ścieków na terenach nieurbanizowanych stał się koniecznością i zgodnie z Krajowym Programem Oczyszczania Ścieków powinien się zakończyć w roku 2015. Charakter zabudowy polskiej wsi oraz duże deniwelacje terenowe, szczególnie na terenach podgórskich i górskich powodują, iż nie możliwe jest skanalizowanie tych terenów zbiorczym systemem odprowadzania ścieków. Według aktualnych danych GUS około 21% mieszkańców terenów wiejskich podłączona jest do systemu

oczyszczania ścieków [GUS 2007]. Pozostali mieszkańcy wsi korzystają z kanalizacji bezodpływowej, której właściwe użytkowanie należy do rzadkości [Błażejewski, Mazurkiewicz 2007].

Problemem z jakim „zderzają” się eksploatacysty nowo wybudowanych lub zmodernizowanych oczyszczalni ścieków na terenach wiejskich jest niedobór dopływających ścieków [Bugajski 2005, Bugajski 2006, Kaczor 2006]. Problem ten dotyczy zarówno zbiorczych, jak i przydomowych oczyszczalni ścieków. Powodów takiego stanu rzeczy jest kilka. Najważniejszym z nich jest fakt przyjmowania przez projektantów systemów kanalizacyjnych jednostkowej ilości ścieków równej $150 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. Jak pokazują badania prowadzone w gospodarstwach wiejskich położonych na terenie kilku wsi woj. małopolskiego, ilość wody zużywanej na cele bytowe, która powinna być podstawą do określania ilości ścieków często nie przekracza $100 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, a zdarzają się również przypadki, że spada poniżej $50 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ [Bergel 2005a, Bergel 2005b]. Nie bez znaczenia jest również przyzwyczajenie mieszkańców do oszczędzania wody z okresu kiedy nie korzystali z kanalizacji. Problem „niedoboru” ścieków wynika również z faktu, że jeszcze po wielu latach od oddania do użytku kanalizacji, duża część mieszkańców nie jest do niej podłączona, pomniejszając tym samym ilość ścieków dopływających w stosunku do ilości projektowanej. Te braki ścieków skutkują zawyżonymi kosztami ponoszonymi na budowę systemów eksploatację systemów kanalizacyjnych oraz gorszymi od spodziewanych efektami oczyszczania ścieków.

CEL, ZAKRES PRACY ORAZ METODYKA BADAŃ

Celem badań było określenie rzeczywistej ilości ścieków dopływających do czterech oczyszczalni zaliczanych do grupy przydomowych, a następnie porównanie dopływów z zakładanymi w projekcie. Okres badań objął lata 2003–2004.

Pierwszym z analizowanych obiektów jest oczyszczalnia ścieków Turbojet EP-2 zlokalizowana przy budynku mieszkalnym w miejscowości Ibramowice (gm. Pałecznicza), który zamieszkuje siedmioosobowa rodzina. Druga z analizowanych oczyszczalni to Turbojet EP-4 zainstalowana w tej samej miejscowości przy szkole podstawowej (ok. 100 uczniów) i domu nauczyciela. Kolejna oczyszczalnia to Biocompact BCT S-1 zainstalowany we wsi Tworkowa (gm. Czchów) przy budynku mieszkalnym zamieszkiwanym przez czteroosobową rodzinę. Ostatni obiekt to oczyszczalnia Biocompact BCT S-12 przy szkole podstawowej oraz gimnazjum (około 300 uczniów) we wsi Rajbrot (gm. Lipnica Murowana).

Ilość dopływających ścieków określono na podstawie ilości zużywanej wody. Odczytu wskazań wodomierza dokonywano raz w tygodniu o jednakowej godzinie i zapisywano w dzienniku. W wybranych okresach odczytywano wodomierze raz na dzień Z wyjątkiem oczyszczalni Turbojet EP-2 przyjęto, iż ilość

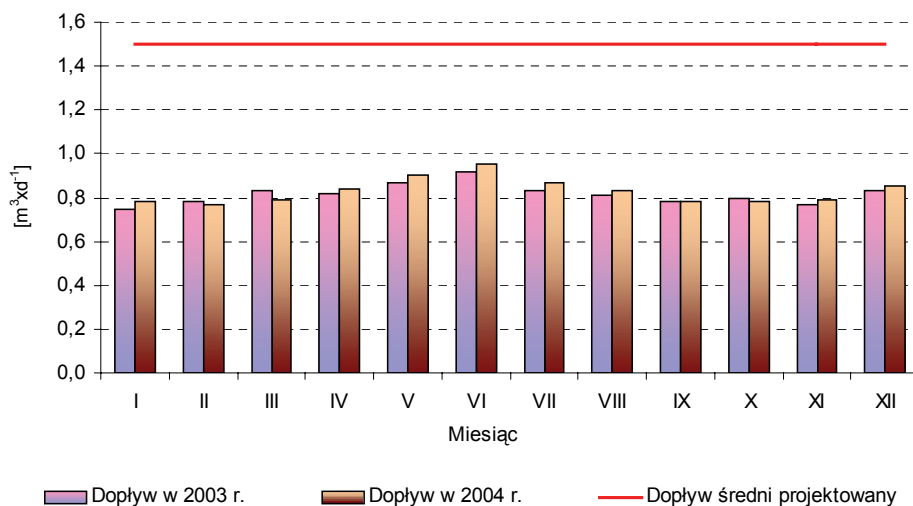
ścieków jest równa ilości zużywanej wody. Na podstawie wywiadu z właścicielami budynku w oczyszczalni Turbojet EP-2 pomniejszono tę ilość o 10%, ponieważ w gospodarstwie tym woda zużywana była na cele dodatkowe takie jak mycie pojazdów rolniczych i chów zwierząt, a więc po wykorzystaniu nie trafiała do kanalizacji w postaci ścieków stanowiąc tzw. bezzwrotne zużycie wody.

ANALIZA WYNIKÓW

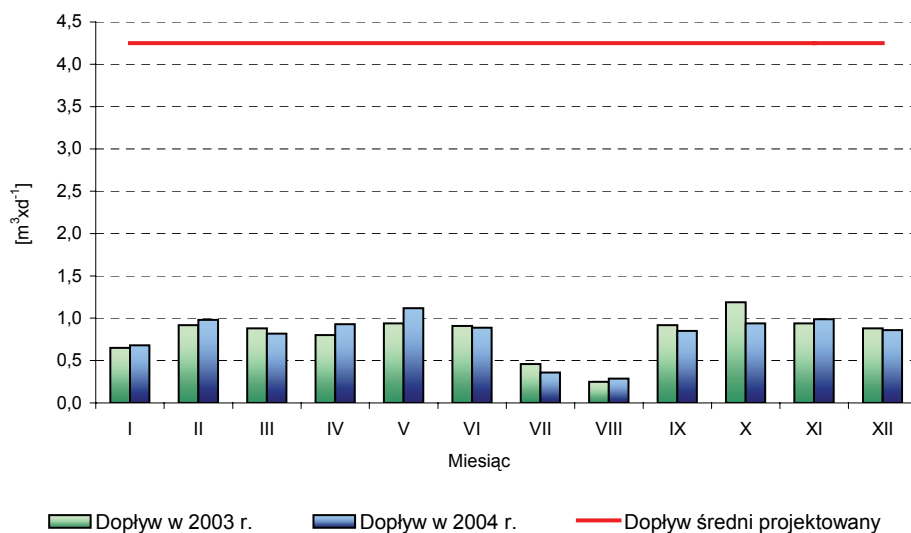
W analizowanym okresie do oczyszczalni Turbojet EP-2 dopływało średnio $0,81 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ w roku 2003 oraz $0,82 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ w roku 2004 (rys. 1). Natomiast dopływ średni zakładany w projekcie wynosił $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ (minimalny $1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ i maksymalny $1,8 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$). Dopływ faktyczny był więc o 46% niższy od zakładanego i w przeliczeniu na jednego mieszkańca wyniósł nieco ponad $115 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$. W ciągu całego okresu badań średni dopływ ścieków do oczyszczalni nie ulegał znacznym wahaniom i wynosił od $0,75 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ do $0,95 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, odchylenie standardowe wyniosło $0,046 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ w roku 2003 i $0,056 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ w roku 2004. Miesiącami o nieco zwiększonym odpływie ścieków były maj i czerwiec.

Drugi analizowany obiekt to przydomowa oczyszczalnia Turbojet EP-4 z zakładanym przepływem średnim $4,25 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ (minimalny dopływ $3,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, a maksymalny $5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$). Również w tym przypadku oczyszczalnia została przewymiarowana, gdyż faktyczny dopływ w badanym okresie wyniósł średnio $0,81 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ (rys. 2), co stanowiło zaledwie 19% dopływu projektowanego. W przypadku tego obiektu wystąpiły większe wahania dopływów w ciągu roku w porównaniu z oczyszczalnią Turbojet EP-2. Wyraźnie zmniejszony spadek dopływu ścieków występuje w miesiącach lipcu i sierpniu. W tych miesiącach zużycie wody spada w znaczący sposób w związku z wakacjami. O większych wahaniami świadczy odchylenie standardowe, które wyniosło $0,25 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ w całym okresie badań. Wakacyjny dopływ ścieków na poziomie $0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \div 0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ należy wytłumaczyć poborem wody przez mieszkańców zamieszkujących dom nauczyciela.

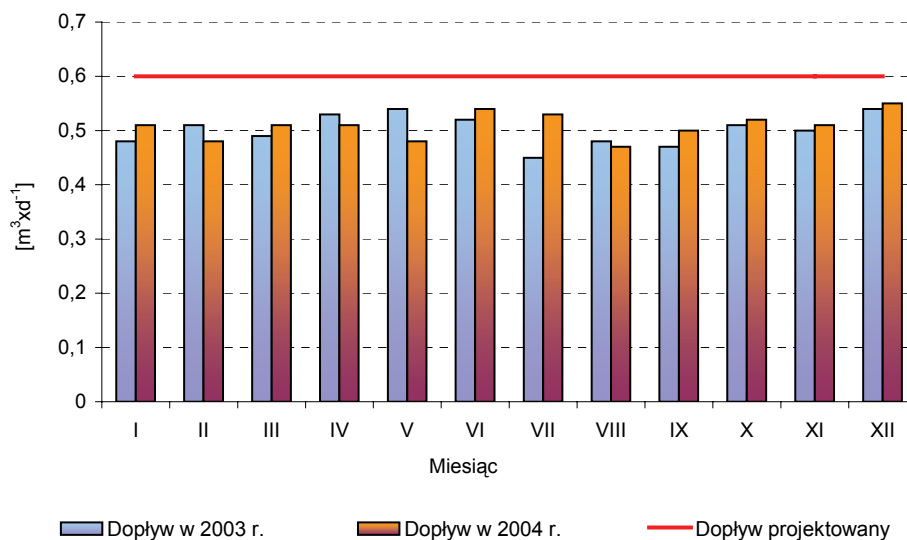
Kolejną analizowaną oczyszczalnią ścieków była przydomowa oczyszczalnia Biocompact BCT S-1. Rzeczywisty dopływ ścieków wyniósł średnio $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ i był o 17% niższy od wartości $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ zakładanej w projekcie (rys. 3). W tym przypadku zaobserwowano dużą, jak na warunki wiejskie, jednostkową ilość ścieków wynoszącą $125 \text{ dm}^3 \cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{M}^{-1}$. Z wywiadu przeprowadzonego z domownikami wynika, że ta zwiększona ilość ścieków spowodowana była intensywnymi pracami domowymi, np. kilkakrotnym w czasie tygodnia praniem bielizny i częstymi kąpielami domowników. Podobnie jak w przypadku oczyszczalni Turbojet EP-2 zaobserwowano małą zmienność ilości dopływających ścieków o czym świadczy odchylenie standardowe wynoszące $0,028 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ w roku 2003 i $0,024 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ w roku 2004.



Rysunek 1. Ilość ścieków dopływających do oczyszczalni Turbojet EP-2 w roku 2003 i 2004 wraz z dopływem projektowanym
Figure 1. Volume of sewage flowing into the treatment plant Turbojet EP-2 in 2003 and 2004 year with designing inflow



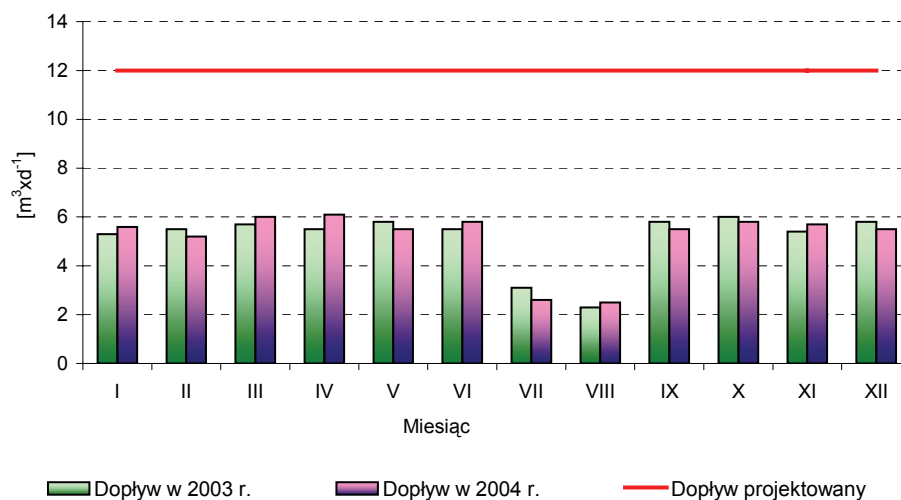
Rysunek 2. Ilość ścieków dopływających do oczyszczalni Turbojet EP-4 w roku 2003 i 2004 wraz z dopływem projektowanym
Figure 2. Volume of sewage flowing into the treatment plant Turbojet EP-4 in 2003 and 2004 year with designing inflow



Rysunek 3. Ilość ścieków dopływających do oczyszczalni Biocompact BCT S-1 w roku 2003 i 2004 wraz z dopływem projektowanym

Figure 3. Volume of sewage flowing into the treatment plant Biocompact BCT S-1 in 2003 and 2004 year with designing inflow

Ostatni z analizowanych obiektów to oczyszczalnia Biocompact BCT S-12. Jest to oczyszczalnia o największej przepustowości z grupy analizowanych obiektów. Również do tej oczyszczalni dopływała mniejsza ilość ścieków w porównaniu z dopływem projektowanym. Dopływ projektowany wyniósł dla tego obiektu $12,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$, a faktyczny dopływ ścieków wyniósł średnio $5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ i był na poziomie 47% dopływu projektowanego (rys. 4). W okresie wakacyjnym dopływ ścieków spadł i wahał się na poziomie $2,1 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1} \div 2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. W okresie w wakacji dopływ ścieków, podobnie jak w przypadku oczyszczalni Turbojet EP-4, należy wytłumaczyć tym, iż przy szkole znajduje się budynek zamieszkały przez nauczycieli. Mniejsze ilości dopływających ścieków w okresie lipiec–sierpień wpłynęły na zwiększoną nierównomierność dopływu w okresie 24 miesięcy. Obliczone odchylenie standardowe w poszczególnych latach wynosi $1,17 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ w roku 2003 i $1,24 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ w roku 2004.



Rysunek 4. Ilość ścieków dopływających do oczyszczalni Biocompact BCT S-12 w roku 2003 i 2004 wraz z dopływem projektowanym.

Figure 4. Volume of sewage flowing into the treatment plant Biocompact BCT S-12 in 2003 and 2004 year with designing inflow

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonej analizy ilości dopływających ścieków do czterech przydomowych oczyszczalni ścieków sformułowano następujące wnioski:

1. Analizowane oczyszczalnie ścieków są niedociążone hydrauliczne. Dopływy rzeczywiste w porównaniu do dopływów zakładanych w projekcie były niższe nawet o 81% (oczyszczalnia Turbojet EP-4 przy szkole). W pozostałych przypadkach różnica wynosiła od 17% do 53%.

2. Dopływ ścieków do oczyszczalni obsługujących gospodarstwa indywidualne charakteryzuje się małymi wahaniami w ciągu całego roku, podczas gdy w przypadku oczyszczalni zainstalowanych przy szkołach, widoczny jest znaczny spadek ilości dopływających ścieków w miesiącach wakacyjnych.

3. Jednostkowa ilość odpływających ścieków do oczyszczalni obsługujących budynki mieszkalne wyniosła w przypadku oczyszczalni Turbojet EP-2 $115,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, natomiast w przypadku oczyszczalni Biocompact BCT S-1 $125,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$.

4. Przy projektowaniu lub doborze typoszeregów małych i przydomowych oczyszczalni ścieków powinno się uwzględniać faktyczną ilość dopływających ścieków na podstawie ilości zużywanej wody (odczytów z wodomierza). Przyjmowanie wartości teoretycznych skutkuje niedociążeniem hydraulicznym obiektów.

BIBLIOGRAFIA

- Bergel T. *Objętość ścieków odprowadzanych z gospodarstw wiejskich do kanalizacji w zależności od struktury zużycia wody wodociągowej*. Maszynopis, Rozprawa doktorska, Akademia Rolnicza w Krakowie, 2005a.
- Bergel T. *Optymalizacja doboru jednostkowego odpływu ścieków jako warunek prawidłowego funkcjonowania wiejskich systemów kanalizacyjnych*. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 11/2005, 2005b, 23–26.
- Błażejowski R., Mazurkiewicz J. *Wybór małej oczyszczalni ścieków dla terenów niezurbanizowanych*. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 1/2007, s. 22–26.
- Bugajski P. *Wpływ czynników eksploatacyjnych na efekty oczyszczania ścieków w przydomowych oczyszczalniach z osadem czynnym*. Maszynopis, Rozprawa doktorska, Akademia Rolnicza w Krakowie, 2005.
- Bugajski P. *Ilość odpływających ścieków do oczyszczalni SBR – BIOVAC w Książu Wielkim w latach 2000–2004*. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 2/2. PAN O/Kraków – Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi, 2006, s. 97–105.
- Kaczor G. *Jednostkowe odpływy ścieków z kanalizacji w gminie Koszyce*. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 2/1. PAN O/Kraków – Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi, 2006, s. 171–182.

Dr inż. Piotr Bugajski
Dr inż. Tomasz Bergel
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
e-mail: pbugajsk@ar.krakow.p, tbergel@ar.krakow.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Stanisław Czaban*