

Piotr Bugajski

**ŁADUNKI ZANIECZYSZCZEŃ CHARAKTERYZUJĄCE
ŚCIEKI POCHODZĄCE Z BUDYNKÓW SZKOLNYCH
NA TERENACH WIEJSKICH**

***POLLUTION LOADS FOR SEWAGE FROM SCHOOL
BUILDINGS IN RURAL AREAS***

Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę wyników badań dotyczących jednostkowych ładunków zanieczyszczeń w ściekach odpływających z dwóch budynków użyteczności publicznej – szkół. Oba budynki szkolne znajdują się na terenie typowych gmin wiejskich województwa małopolskiego. Do pierwszej ze szkół w miejscowości Rajbrot w okresie badań uczęszczało 365 uczniów, natomiast do drugiej ze szkół w miejscowości Imbramowice ilość uczęszczających uczniów wynosiła 100.

Celem przeprowadzonych badań było określenie jednostkowego ładunku w odniesieniu do BZT₅, ChZT, zawiesiny ogólnej, azotu ogólnego oraz fosforu ogólnego. Przeprowadzone badania obejmowały okres 36 miesięcy w latach 2006–2008. W okresie tym pobrano 36 próbek ścieków odpływających (surowych) z każdego obiektu ze średnią częstotliwością raz w miesiącu. Na podstawie zbioru danych określono następujące charakterystyczne wielkości jednostkowych ładunków zanieczyszczeń: minimum, maksimum oraz wartość średnia arytmetyczna.

Wyniki badań porównano do informacji dotyczących jednostkowego ładunku zanieczyszczeń w ściekach bytowych podawanych w literaturze. Uaktualnione dane dotyczące specyfiki ładunków zanieczyszczeń w ściekach pochodzących z budynków szkolnych powinny się przyczynić do poprawnego projektowania lub doboru indywidualnych systemów oczyszczalni ścieków dla tego typu obiektów na podstawie obliczonej równoważnej liczby mieszkańców (RLM) wszędzie tam, gdzie nie ma danych dotyczących analiz fizykochemicznych ścieków.

Słowa kluczowe: jednostkowy ładunek zanieczyszczeń, ścieki

Summary

The paper presents the analysis of research results on the unit pollution loads in the effluent from two public utility buildings – schools. Both school buildings are located in the typical rural communes in Lesser Poland Voivodeship. During the research period the first school in Rajbrot was attended by 365 students whereas the number of students in the second school in Imbramowice reached 100.

The objective of this study was to determine the unit load for the following pollution indexes: BOD₅, COD, total suspended solids, total nitrogen and total phosphorus. The research period was 36 months in 2006–2008. During this period 36 samples of the sewage runoff (raw sewage) from each object were collected on average once a month. Based on the collected data the following characteristic values of unit pollution loads were defined: minimum, maximum and arithmetic mean.

The research results were compared to information presented in the literature on the unit pollution loads in household sewage. Updated data on pollution loads in sewage from the school buildings should contribute to the correct design or selection of individual sewage treatment systems based on the population equivalent (PE) for objects of this type wherever there are no data on physico-chemical analyses of sewage.

Key words: unit pollution load, sewage

WSTĘP

W ostatnich latach nastąpił w Polsce duży wzrost instalowanych przydomowych oczyszczalni ścieków [Choromański 2009; Błażejowski, Mazurkiewicz 2007]. Wszędzie tam, gdzie nieuzasadniona jest ekonomicznie budowa zbiorczego systemu odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków proponuje się instalację indywidualnych systemów oczyszczania [Świgoń 2008; Błażejowski 2007]. Niestety, w większości przypadków jedynym kryterium doboru tych obiektów jest cena, a nie skuteczność oczyszczania dostosowana do danych warunków. Zrozumiałym jest, że dystrybutor obiektów będzie wskazywał na same zalety swojego wyrobu, ukrywając wady. Również w jego interesie będzie sprzedaż jak największej ilości obiektów, gdyż to przynosi większy zysk. Błędy popełnione przy wyborze technologii oraz wielkości obiektów będą skutkować wyższymi kosztami zakupu urządzenia ale również w późniejszym okresie zwiększonymi kosztami eksploatacyjnymi. Okazuje się, że wiele istniejących obiektów tego typu jest niedociążonych hydraulicznie, tzn. faktyczna ilość dopływających ścieków jest mniejsza od ilości zakładanej w projekcie [Pawełek 2007; Bugajski, Bergel 2009]. Aby tych błędów unikać w przyszłości, należy przyjmować wielkość przydomowej oczyszczalni w odniesieniu do specyfiki budynku, z którego będą odprowadzane ścieki. Należy także mieć na uwadze, iż ścieki pochodzące z budynków mieszkalnych będą miały inny ładunek zanieczyszczeń niż ścieki pochodzące z budynków użyteczności publicznej, jakimi są

np. szkoły [Heidrich, Kozak 2009; Bugajski, Bergel 2008; Kaczor 2009]. Przybliżone dane z roku 2009 mówią, iż w Polsce do końca roku 2008 wybudowano w Polsce 52 tys. przydomowych oczyszczalni ścieków różnego typu, i oczywiście rok rocznie przybywa po kilka tysięcy takich obiektów [Choromański 2009]. Jeżeli tylko niewielki procent z tej liczby obiektów będzie funkcjonował nieprawidłowo ze względu na popełnione błędy projektowe, to stanowiło to będzie znaczne zagrożenie dla środowiska [Bugajski 2009; Bugajski, Kaczor 2008]. Dlatego przy doborze przydomowej oczyszczalni ścieków należy uwzględnić oprócz ceny obiektu również charakter użytkowy budynku z którego będą odprowadzane ścieki.

CEL ORAZ ZAKRES BADAŃ

Celem przeprowadzonych badań było określenie jednostkowego ładunku wybranych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach pochodzących z dwóch budynków szkolnych. Rozważania na temat jednostkowych ładunków zanieczyszczeń przeprowadzono odniesieniu do BZT₅, ChZT, zawiesiny ogólnej, azotu ogólnego oraz fosforu ogólnego. Przeprowadzone badania obejmowały okres 36 miesięcy w latach 2006–2008. W okresie tym pobrano 36 próbek ścieków odpływających (surowych) z każdego obiektu ze średnią częstotliwością raz w miesiącu. Analizę ścieków wykonywano w Laboratorium Oceny Jaskości Wody i Ścieków mieszczącego się na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Na podstawie zbioru danych określono następujące charakterystyczne wielkości jednostkowych ładunków zanieczyszczeń: minimum, maksimum oraz wartość średnia arytmetyczna. W okresie badań w obu budynkach pomiarem objęto również ilość zużywanej wody celem określenia ilości odpływających ścieków. Uzyskane wyniki analiz fizykochemicznych oraz ilości odpływających ścieków dały podstawę do określenia jednostkowego ładunku zanieczyszczeń przy wykorzystaniu wzoru [1]:

$$L_j = \frac{Q_{sr.d.} \cdot S_x}{L_u} \quad (1)$$

gdzie:

- L_j – jednostkowy ładunek zanieczyszczeń $g \cdot M^{-1} \cdot d^{-1}$,
- $Q_{sr.d.}$ – średnia dobowa ilość ścieków $m^3 \cdot d^{-1}$,
- S_x – stężenie wskaźnika zanieczyszczeń $g \cdot m^{-3}$,
- L_u – liczba użytkowników korzystających z oczyszczalni.

OPIS ANALIZOWANYCH OBIEKTÓW

Do badań wytypowano dwa budynki szkolne mieszczące szkoły podstawowe wraz z gimnazjum.

Pierwszy z obiektów to budynek mieszczący szkołę podstawową wraz z gimnazjum. Szkoła zlokalizowana jest w miejscowości Rajbrot, w gminie Lipnica Murowana, w województwie małopolskim. Do szkoły w okresie badawczym uczęszczało średnio 365 uczniów. Woda do budynku dostarczana jest ze zbiorczej sieci wodociągowej, natomiast ścieki odpływają do przydomowej oczyszczalni ścieków typu BCT S-12, która została zaprojektowana przez słowacką firmę Biocompact. Bioreaktor został zaprojektowany na średni przepływ ścieków $12 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Jest to oczyszczalnia bazująca na nisko obciążonym osadzie czynnym z przedłużonym czasem napowietrzania. Ścieki do oczyszczalni doprowadzane i odprowadzane są grawitacyjnie. Po przejściu przez proces oczyszczania odpływają do przepływającego obok potoku Uszwica. Oczyszczalnia Biocompact BCT S-12 znajduje się w zamkniętym pomieszczeniu, wybudowanym dla jej potrzeb. W okresie badań na podstawie odczytów wskaźnika wodomierza określono ilość powstających ścieków. Faktyczny średniodobowy dopływ ścieków w okresie 36 miesięcy wyniósł $5,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Można zatem stwierdzić, iż przedmiotowa oczyszczalnia była niedociążona hydraulicznie. Dopływ faktyczny w porównaniu do dopływu zakładanego wyniósł blisko 46%.

Drugi z budynków poddanych analizie to zespół szkół (podstawowa oraz gimnazjum) zlokalizowany w miejscowości Imbramowice w gminie Pałecznicza w województwie małopolskim. W trakcie prowadzonych badań do szkoły uczęszczało 100 uczniów. Woda do budynku dostarczana jest z wodociągu grupowego, natomiast ścieki odpływają grawitacyjnie do przydomowej oczyszczalni ścieków typu Turbojet EP-4. Oczyszczalnia składa się z dwukomorowego osadnika wstępnego, gdzie dzięki procesom sedymentacji i flotacji zostają wstępnie oczyszczone. Z osadnika wstępnego przez otwory w ścianie działowej ścieki przedostają się do zbiornika retencyjnego, w którym są przetrzymywane i skąd pompą dawkowane są do bioreaktora z osadem czynnym o przepustowości projektowanej $4,25 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. W analizowanym okresie dopływ ścieków był dużo niższy i wynosił średnio w ciągu doby $0,8 \text{ m}^3$. Podobnie, jak w poprzednim przypadku, obiekt był niedociążony hydraulicznie, a różnica pomiędzy dopływem faktycznym a zakładanym wyniosła aż 81%. Z komory bioreaktora ścieki trafiają grawitacyjnie do ostatniego zbiornika, którym jest osadnik wtórny, skąd odpływają do odbiornika, którym jest pobliski potok „bez nazwy”.

W obu analizowanych budynkach znajdują się toalety dla uczniów wyposażone w miski ustępowe oraz w pisuary ze spłukiwaną wodą oraz umywalki z wodą zimną.

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

W pierwszym z analizowanych budynków, jakim jest zespół szkół w Rajbrocie rzeczywista, średniodobowa ilość ścieków wyniosła $5,5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Ilość powstających ścieków przyjęto na podstawie ilości zużywanej wody. Odczyt wo-

domierza mieszczącego się wewnątrz budynku wykonywany był raz w tygodniu. Wywiad z użytkownikami budynku pozwolił stwierdzić, iż w okresie badań nie było tzw. bezzwrotnego zużycia wody, czyli praktycznie cała zużyta woda w budynku trafiała jako ścieki bytowe do oczyszczalni. Ilość dopływających ścieków była o 54% mniejsza od założeń projektowych, które zakładają dopływ na poziomie $12 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Można zatem stwierdzić, iż średnio każdy z 365 uczniów zużywał w trakcie pobytu w szkole $15,07 \text{ dm}^3$ wody w ciągu jednego dnia.

W analizowanym okresie w 36 próbkach ścieków odpływających z budynku szkolnego średnia wartość stężenia zanieczyszczeń wyniosła dla:

- BZT₅ – $264,3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$,
- ChZT – $513,6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$,
- zawiesiny ogólnej – $254,3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$,
- azotu ogólnego – $78,5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$,
- fosforu ogólnego – $34,6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$.

Korzystając ze wzoru (1), znając stężenia poszczególnych zanieczyszczeń oraz ilość powstających ścieków, obliczono jednostkowe ładunki zanieczyszczeń dla ww. wskaźników.

W odniesieniu do BZT₅ uzyskano następujące charakterystyczne wartości:

- minimum – $0,63 \text{ g} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,
- maksimum – $10,40 \text{ g} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,
- średnia arytmetyczna – $3,98 \text{ g} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$.

W odniesieniu do ChZT uzyskano następujące charakterystyczne wartości:

- minimum – $2,54 \text{ g} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,
- maksimum – $38,89 \text{ g} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,
- średnia arytmetyczna – $7,74 \text{ g} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$.

W odniesieniu do zawiesiny ogólnej uzyskano następujące charakterystyczne wartości:

- minimum – $0,73 \text{ g} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,
- maksimum – $28,38 \text{ g} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,
- średnia arytmetyczna – $3,83 \text{ g} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$.

W odniesieniu do azotu ogólnego uzyskano następujące charakterystyczne wartości:

- minimum – $0,20 \text{ g} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,
- maksimum – $2,61 \text{ g} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,
- średnia arytmetyczna – $1,18 \text{ g} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$.

W odniesieniu do fosforu ogólnego uzyskano następujące charakterystyczne wartości:

- minimum – $0,21 \text{ g} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,
- maksimum – $1,30 \text{ g} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,
- średnia arytmetyczna – $0,52 \text{ g} \cdot \text{M}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$.

Mając powyższe informacje, porównano je do informacji podanych w literaturze – dotyczących średnich jednostkowych ładunków zanieczyszczeń w ściekach płynących w zbiorczych systemach kanalizacyjnych. Wg Heidricha i Kozaka [2009] określono średnie jednostkowe ładunki zanieczyszczeń ze 139 zbiorczych systemów kanalizacyjnych dla 5 wskaźników zanieczyszczeń, które wynoszą odpowiednio dla:

- BZT₅ – 68,0 g·M⁻¹·d⁻¹,
- ChZT – 125 g·M⁻¹·d⁻¹,
- zawiesina ogólna – 66 g·M⁻¹·d⁻¹,
- azot ogólny – 12,8 g·M⁻¹·d⁻¹,
- fosfor ogólny – 1,96 g·M⁻¹·d⁻¹.

Porównując wartości jednostkowego ładunku zanieczyszczeń w ściekach odpływających ze szkoły w Rajbrocie, stwierdzono, iż wartość wszystkich analizowanych wskaźników jest dużo mniejsza w porównaniu do wartości w typowych ściekach bytowych pochodzących z gospodarstw domowych. Poniżej przedstawiono o ile mniejsza jest wartość jednostkowego ładunku w ściekach odpływających z analizowanej szkoły w porównaniu do wartości podawanych w literaturze dla ścieków bytowych:

- BZT₅ – 94,1%,
- ChZT – 93,8%,
- zawiesina ogólna – 94,2%,
- azot ogólny – 90,8%,
- fosfor ogólny – 73,5%.

W przypadku drugiego z badanych obiektów w szkole w miejscowości Imbramowice średniobową ilość powstających ścieków określono na poziomie 0,8 m³·d⁻¹. Tak, jak poprzednio również i w tym przypadku ilość powstałych ścieków określono na podstawie cotygodniowych odczytów wskazań wodomierza. Również i w tym budynku rzeczywista ilość powstających ścieków jest mniejsza od ilości ścieków, którą zakładano w projekcie oczyszczalni. Różnica ta wynosi 81,2%. Przyjmując, iż każdego dnia do szkoły uczęszczało 100 uczniów, każdy z nich zużywał około 8,0 dm³ wody. W budynku szkolnym praktycznie cała zużyta woda trafiała jako ścieki do oczyszczalni.

W badanym okresie w 36 próbkach ścieków odpływających ze szkoły określono średnią wartość stężenia zanieczyszczeń, która wyniosła dla:

- BZT₅ – 173,8 g·m⁻³,
- ChZT – 423,7 g·m⁻³,
- zawiesiny ogólnej – 182,5 g·m⁻³,
- azotu ogólnego – 84,7 g·m⁻³,
- fosfor ogólny – 35,1 g·m⁻³.

Wartości wskaźników podstawowych: BZT₅, ChZT oraz zawiesiny ogólnej były niższe w porównaniu do wartości tych wskaźników w ściekach pochodzących ze szkoły w Rajbrocie. Natomiast wartości wskaźników eutroficznych

były nieznacznie wyższe w porównaniu do wartości z poprzedniego obiektu. Również i w tym przypadku, korzystając ze wzoru (1), znając stężenia poszczególnych zanieczyszczeń oraz ilość powstających ścieków obliczono jednostkowe ładunki zanieczyszczeń dla 5 wskaźników.

W odniesieniu do BZT₅ uzyskano następujące charakterystyczne wartości:

- minimum – $0,36 \text{ g}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,
- maksimum – $3,35 \text{ g}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,
- średnia arytmetyczna – $1,39 \text{ g}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$.

W odniesieniu do ChZT uzyskano następujące charakterystyczne wartości:

- minimum – $1,28 \text{ g}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,
- maksimum – $18,96 \text{ g}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,
- średnia arytmetyczna – $3,39 \text{ g}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$.

W odniesieniu do zawiesiny ogólnej uzyskano następujące charakterystyczne wartości:

- minimum – $0,33 \text{ g}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,
- maksimum – $5,77 \text{ g}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,
- średnia arytmetyczna – $1,46 \text{ g}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$.

W odniesieniu do azotu ogólnego uzyskano następujące charakterystyczne wartości:

- minimum – $0,19 \text{ g}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,
- maksimum – $1,23 \text{ g}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,
- średnia arytmetyczna – $0,68 \text{ g}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$.

W odniesieniu do fosforu ogólnego uzyskano następujące charakterystyczne wartości:

- minimum – $0,14 \text{ g}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,
- maksimum – $0,53 \text{ g}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,
- średnia arytmetyczna – $0,28 \text{ g}\cdot\text{M}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$.

Także i w tym przypadku, porównując wartości jednostkowego ładunku zanieczyszczeń w ściekach odpływających ze szkoły w Imbramowicach stwierdzono, iż wartość wszystkich wskaźników jest mniejsza w porównaniu do wartości w typowych ściekach bytowych (podanych w analizie w poprzednim budynku). Poniżej przedstawiono o ile mniejsza jest wartość jednostkowego ładunku w ściekach odpływających ze analizowanej szkoły w Imbramowicach w porównaniu do wartości podawanych w literaturze dla ścieków bytowych:

- BZT₅ – 97,9%,
- ChZT – 97,3%,
- zawiesina ogólna – 97,8%,
- azot ogólny – 94,7%,
- fosfor ogólny – 85,7%.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzona analiza jednostkowego ładunku zanieczyszczeń w odniesieniu do budynków szkolnych pozwala stwierdzić, iż projektując oczyszczalnię ścieków dla tego typu obiektów, jakim są szkoły, na podstawie informacji o równoważnej liczbie mieszkańców (RLM), nie powinno się przyjmować takich samych kryteriów dotyczących jednostkowych ładunków zanieczyszczeń jak w przypadku budynków mieszkalnych. Najczęściej, dobierając lub projektując oczyszczalnię ścieków dla pojedynczych gospodarstw domowych lub budynków użyteczności publicznej, projektant nie dysponuje analizami fizykochemicznymi ścieków, a jedynie ma informacje o liczbie użytkowników oraz ilości pobieranej wody. W takim przypadku oblicza się ilość równoważnych mieszkańców (RLM) na podacie posiadanych danych dotyczących liczby użytkowników oraz ilości zużywanej wody, natomiast jednostkowy ładunek zanieczyszczeń przyjmowany jest w odniesieniu do ścieków bytowych z gospodarstw domowych. W rezultacie w wielu przypadkach oczyszczalnie zainstalowane przy budynkach użyteczności publicznej są „przeprojektowane”, co podnosi koszty samej oczyszczalni, jak i późniejszej jej eksploatacji. W oczyszczalniach, które są niedociążone mogą występować zakłócenia procesów biologicznych, które będą wpływać na skuteczność eliminacji zanieczyszczeń. Wyniki badań opartych na przykładzie dwóch budynków szkolnych powinny się przyczynić do poprawnego projektowania lub doboru indywidualnych systemów oczyszczania ścieków dla tego typu obiektów wszędzie tam, gdzie nie ma danych dotyczących analiz fizykochemicznych ścieków.

BIBLIOGRAFIA

- Błażejowski R. *Kanalizacja wsi*. Przegląd Komunalny 11(194)/2007, 2007, s. 83–98.
- Błażejowski R., Mazurkiewicz J. *Wybór małej oczyszczalni ścieków dla terenów nieurbanizowanych*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 1/2007, 2007 s. 22–26.
- Bugajski P. *Zagrożenia wód eutrofizacją odbiorników w wyniku stosowania indywidualnych systemów oczyszczania ścieków*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 9/2009, 2009, s. 4–5.
- Bugajski P., Bergel T. *Niedociążenia hydrauliczne przydomowych oczyszczalni ścieków*. Infstarktura i Ekologia Terenów Wiejskich 5/2009, 2009, s. 147–154.
- Bugajski P., Bergel T. *Wielkości wybranych stężeń zanieczyszczeń w ściekach bytowych odpływających z terenów wiejskich*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 9/2009, 2008, s. 28–29, 55.
- Bugajski P., Kaczor G. *Ocena działania wybranych przydomowych oczyszczalni w warunkach zimowych i letnich*. Przemysł Chemiczny 5/2008, 2008, s. 424–426.
- Choromański K. *Przydomowe oczyszczalnie ścieków – panaceum czy zagrożenie?* Woda i ścieki 12/2009, 2009, s. 14–16.
- Heidrich Z., Kozak T. *Jednostkowe ładunki zanieczyszczeń charakteryzujące ścieki miejskie*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 12/2009, 2009, s. 20–22.

- Kaczor G. *Stężenia zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych z wiejskich systemów kanalizacyjnych województwa małopolskiego*. Infstarktura i Ekologia Terenów Wiejskich 9/2009, 2009, s. 97–104.
- Pawełek J. *Rozwój systemów zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków na terenach wiejskich w Polsce*. Przegląd Geodezyjny 12/2007, 2007, s. 8–10.
- Świgoń Z. *Prawne i techniczne aspekty budowy przydomowej oczyszczalni (cz. 1.)*. Rynek Instalacyjny (1/2)/2008, 2008, s. 73–75.

Dr inż. Piotr Bugajski
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej,
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie,
Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków,
tel. (012) 6662-40-39
e-mail: p.bugajski@ur.krakow.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Zdzisław Wójcicki*