

Krzysztof Chmielowski
Dariusz Młyński
Uniwersytet Rolniczy
im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

ANALIZA ZMNIEJSZANIA WYBRANYCH ZANIECZYSZCZEŃ W ŚCIEKACH BYTOWYCH NA PRZYKŁADZIE OCZYSZCZALNI W NOWYM ŻMIGRODZIE

Streszczenie

Praca przedstawia analizę zmniejszenia wybranych zanieczyszczeń w ściekach bytowych na przykładzie oczyszczalni w miejscowości Nowy Żmigród. Oceny dokonano na podstawie wyników oznaczeń wskaźników fizyczno-chemicznych w ściekach surowych i oczyszczonych, wykonanych na przestrzeni lat 2010-2014. Analizie poddano wskaźniki, takie jak: BZT₅, ChZT_{Cr} oraz zawiesinę ogólną. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono bardzo wysoką redukcję analizowanych wskaźników zanieczyszczeń, wynoszącą odpowiednio: dla BZT₅ - 99%, ChZT_{Cr} - 95% oraz zawiesiny ogólnej - 97%. Dokonując oceny pracy oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie, stwierdzono, że działa w sposób prawidłowy, o czym świadczy wysoki poziom redukcji zanieczyszczeń oraz spełnianie przez skład ścieków oczyszczonych warunków określonych przez pozwolenie wodno-prawne udzielone eksploatatorowi oczyszczalni.

Słowa kluczowe: redukcja zanieczyszczeń, ścieki bytowe, oczyszczalnia ścieków

ANALYSIS OF THE REDUCTION SELECTED POLLUTION IN DOMESTIC SEWAGE ON EXAMPLE SEWAGE TREATMENT PLANT IN NOWY ŻMIGRÓD

Summary

The paper has shown analysis of the reduction selected pollution in domestic sewage on example sewage treatment plant in Nowy Żmigród. The assessment was carried out based on results of physical and chemical parameters in samples of raw sewage and clean sewage which were made in period 2010-2014. The analysis included following indicators of pollution: BOD₅, COD_{Cr} and total suspended solids. Based on results of research concluded average reduction of BOD₅ at level 99%, for COD_{Cr} - 95% and total suspended solids - 97%. Basing at assessment of work sewage treatment plant in Nowy Żmigród concluded, that it works correctly as evidenced by the high level reduction of pollution and composition of clean sewage which meet the requirements of legislative documentation for sewage treatment plant.

Keywords: reduction of pollution, domestic sewage, sewage treatment plant

1. Wprowadzenie

Jednym z głównych oraz wciąż nieuregulowanych problemów związanych z gospodarką wodno-ściekową na obszarach wiejskich jest odprowadzanie oraz oczyszczanie ścieków z tych terenów [1]. Problem ten stanowi istotne znaczenie z punktu widzenia ochrony środowiska, gdyż nieoczyszczone lub niedoczyszczone ścieki wprowadzane do odbiornika mogą spowodować jego skażenie lub pogorszenie warunków biotycznych. Dlatego należy dążyć do podjęcia działań związanych z unieszkodliwianiem zanieczyszczeń dopływających w ściekach [4, 6]. Rozwiązaniem tego problemu może być budowa zbiorczych oczyszczalni ścieków. Należy zwrócić szczególną uwagę na dopasowanie odpowiedniej technologii oczyszczania ścieków, gdyż jej nieprawidłowy dobór może skutkować problemami eksploatacyjnymi oraz karami finansowymi za niewłaściwą jakość ścieków odprowadzanych do odbiornika [3, 9].

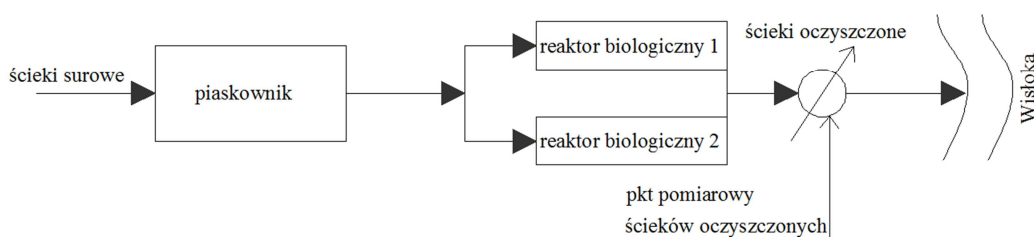
Polska jako członek Unii Europejskiej zobowiązana jest do przestrzegania zapisów Ramowej Dyrektywy Wodnej, dotyczącej ochrony ilościowej oraz jakościowej wód. Implementacja zapisów Dyrektywy na obszarze Polski nastąpiła, m.in. przez wprowadzenie tzw. Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków. Znajduje się w nim zapis, że aglomeracje, których równoważna liczba mieszkańców (RLM) wynosi co najmniej 2000, muszą być wyposażone w oczyszczalnię ścieków, których praca dostosowana jest do wymogów polskich przepisów prawnych [5, 11, 12].

Jednym z obiektów powstałych w wyniku realizacji zapisów Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków jest oczyszczalnia znajdująca się w Nowym Żmigrodzie. Autorzy za cel niniejszej pracy postawili ocenę zmniejszania wybranych zanieczyszczeń dopływających w ściekach bytowych do oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie.

2. Charakterystyka obiektu badań

Oczyszczalnia ścieków w Nowym Żmigrodzie jest obiektem typu mechaniczno-biologicznym, gdzie procesy biologicznego oczyszczania realizowane są za pomocą osadu czynnego. Oczyszczalnia obsługuje ok. 2500 RLM, a jej projektowana przepustowość to $500 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. Uproszczony schemat technologiczny oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie przedstawiono na rycinie 1.

Ryc. 1. Uproszczony schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Nowym Żmigrodzie



Źródło: Opracowanie własne

Mechaniczne oczyszczanie ścieków realizowane jest przez piaskownik, gdzie następuje separacja skrutek oraz zawieszin łatwo opadających. Procesy biologicznego oczyszczania następują w dwóch reaktorach biologicznych typu SBR. Odbiornikiem ścieków oczyszczonych jest rzeka Wisłoka.

Eksploatatorowi oczyszczalni ścieków w Nowym Żmigrodzie wydano pozwolenie wodno-prawne, regulujące skład ścieków oczyszczonych odprowadzanych do odbiornika. Wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych nie powinny przekraczać wartości granicznych podanych w tabeli 1.

Tab. 1. Dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń, w ściekach oczyszczonych, na oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie, według pozwolenia wodno-prawnego

Wskaźnik - miano	Stężenie [mg · dm ⁻³]
BZT ₅	25
ChZT _{Cr}	125
Zawiesina ogólna	35

Źródło: Opracowanie własne

3. Metodyka badań

Realizację określonego celu pracy dokonano w oparciu o dane udostępnione przez Gminne Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o. w Nowym Żmigrodzie. Zakres danych obejmował wyniki analiz fizyko-chemicznych próbek ścieków surowych i oczyszczonych dla okresu 2010–2014. Oznaczeniu poddano następujące wskaźniki zanieczyszczeń: BZT₅, ChZT_{Cr} oraz zawiesinę ogólną. Dla każdej serii obserwacyjnej, liczącej 17 zdarzeń, wyznaczono statystyki opisowe: miary pozycyjne – wartości minimalne, średnie i maksymalne oraz miary rozproszenia – odchylenie standardowe i współczynnik zmienności. Wyznaczono histogramy i dystrybuanty empiryczne analizowanych wskaźników zanieczyszczeń oznaczanych w ściekach oczyszczonych. Określenie liczby przedziałów i ich szerokości dokonano według wzorów podanych w pracy [12]:

$$1 + 3,3 \cdot \log N < L_k < 5 \cdot \log N \quad (1)$$

gdzie:

L_k – liczba przedziałów klasowych prawostronnie otwartych

N – liczba danych w ciągu obserwacyjnym

$$\Delta = \frac{S_{max} - S_{min}}{L_k} \quad (2)$$

gdzie:

Δ – szerokość przedziału klasowego

S_{max} – maksymalna wartość wskaźnika w ciągu obserwacyjnym [mg · dm⁻³]

S_{min} – minimalna wartość wskaźnika w ciągu obserwacyjnym [mg · dm⁻³]

Dodatkowo wyznaczono wskaźnik redukcji zanieczyszczeń w ściekach według wzoru:

$$\eta = \frac{S_d - S_o}{S_d} \cdot 100 [\%] \quad (3)$$

gdzie:

S_d – stężenie zanieczyszczeń w ściekach surowych [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]

S_o – stężenie zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]

4. Wyniki badań i ich analiza

Dla każdego z analizowanych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych i oczyszczonych wyznaczono statystyki opisowe – miary położenia i rozproszenia. Wyniki zestawiono w tabeli 2.

Tab. 2. Zestawienie podstawowych statystyk opisowych analizowanych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych i oczyszczonych na oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie

Wskaźnik [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]	Statystyka opisowa				
	Wartości minimalne	Wartości średnie	Wartości maksymalne	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności
Ścieki surowe					
BZT ₅	283,00	503,94	1075,00	193,86	0,18
ChZT _{Cr}	528,00	978,71	1610,00	271,98	0,17
zawiesina ogólna	208,00	417,88	650,00	129,40	0,20
Ścieki oczyszczone					
BZT ₅	1,70	5,29	11,00	2,62	0,24
ChZT _{Cr}	10,00	45,71	74,00	16,87	0,23
zawiesina ogólna	3,50	14,04	44,00	10,95	0,25

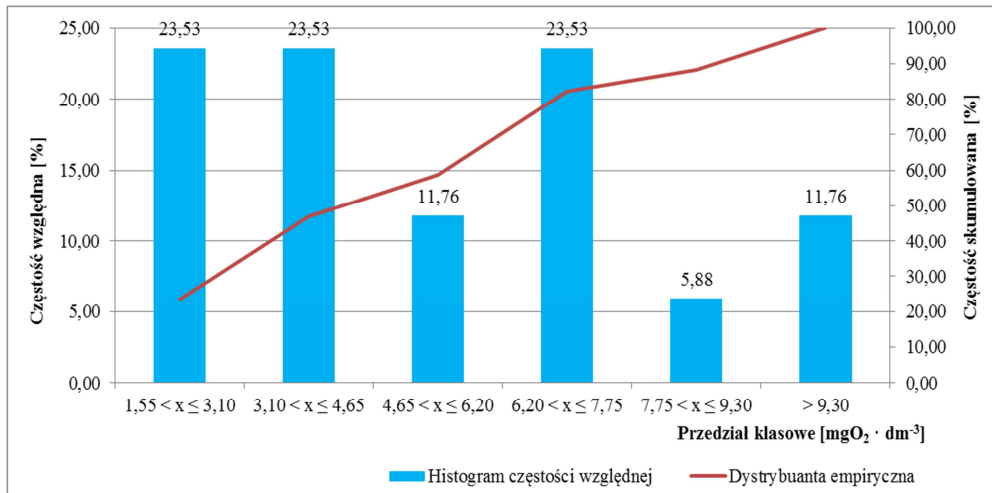
Źródło: Opracowanie własne

Analizując skład ścieków surowych, dopływających do oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie, można stwierdzić, że odbiega on od typowego składu podawanego w literaturze [2, 7]. Natomiast odnosząc wartości poszczególnych stężeń do wyników badań prowadzonych na obszarze południowej Polski przez Kaczora [8], stwierdzono, że zakres stężeń analizowanych wskaźników mieści się w przedziałach stwierdzonych przez niniejszego autora. Zawartość związków organicznych, w ściekach surowych dopływających do oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie, wyrażanych wskaźnikiem BZT₅, mieści się w przedziale od 283 do 1075 $\text{mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, przyjmując średnią wartość ok. 504 $\text{mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$. Drugi z oznaczanych wskaźników zanieczyszczeń organicznych w ściekach surowych – ChZT_{Cr} charakteryzował się wahaniami stężeń na podobnym poziomie. Jego minimalne stężenie to 528 $\text{mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, maksymalne – 1610 $\text{mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, natomiast średnie – ok. 980 $\text{mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$. W przypadku jedynego oznaczanego wskaźnika z grupy fizycznej – zawiesiny ogólnej, stwierdzono jej minimalne stężenie na poziomie 208 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, maksymalne – 650 $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ oraz średnie oscylujące wokół

wartości $418 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Ponadto stwierdzono wyrównany oraz stabilny skład ścieków surowych dopływających do oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie. Świadczą o tym wartości współczynników zmienności, których wielkości według klasyfikacji Muchy [13] charakteryzują się niskim poziomem zmienności.

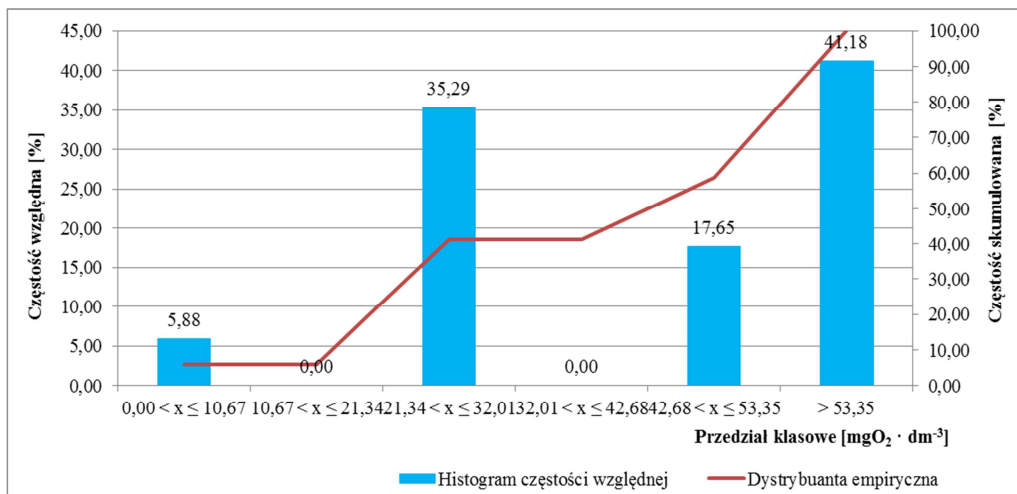
Wyznaczono histogramy i dystrybuanty empiryczne dla BZT_5 , $ChZT_{Cr}$ oraz dla zawiesiny ogólnej ścieków oczyszczonych na oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie. Zestawiono je odpowiednio na rycinach 2-4.

Ryc. 2. Histogram częstości względnej wraz z dystrybuantą empiryczną BZT_5 ścieków oczyszczanych na oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie w latach 2010-2014



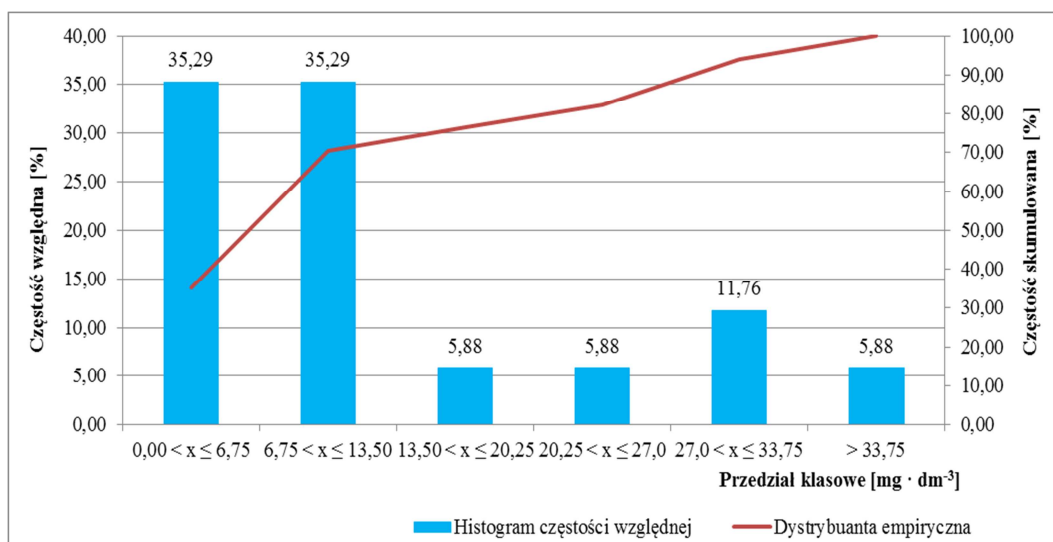
Źródło: Opracowanie własne

Ryc. 3. Histogram częstości względnej wraz z dystrybuantą empiryczną $ChZT_{Cr}$ ścieków oczyszczanych na oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie w latach 2010-2014



Źródło: Opracowanie własne

Ryc. 4. Histogram częstości względnej wraz z dystrybuantą empiryczną zawiesiny ogólnej ścieków oczyszczanych na oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie w latach 2010–2014



Źródło: Opracowanie własne

Analiza wskaźników fizyko-chemicznych próbek ścieków oczyszczonych (tab. 2) wykazała, że oczyszczalnia w Nowym Żmigrodzie działa bez zarzutów. W rozpatrywanym wieloleciu maksymalne stężenie BZT₅ na odpływie stanowiło 44% wartości granicznej określonej przez pozwolenie wodno-prawne. Jak wynika z ryciny 2, wielkość BZT₅ ścieków oczyszczonych najczęściej mieściło się w I, II oraz IV przedziale klasowym ($1,55 < x \leq 3,10$; $3,10 < x \leq 4,65$; $6,20 < x \leq 7,75 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$), w których odnotowano po 4 wyniki oznaczeń. Z dystrybuanty empirycznej tego wskaźnika wynika, że blisko 90% wszystkich wartości oznaczeń nie przekraczała $9,30 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$. W przypadku ChZT_{Cr} ścieków oczyszczonych, jego maksymalne stężenie, w rozpatrywanym wieloleciu, to ok. 60% wartości granicznej, regulowanej przez pozwolenie wodno-prawne. Wartości tego wskaźnika najczęściej mieściły się w VI przedziale klasowym ($> 53,35 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$) – 7 oznaczeń. Dystrybuanta empiryczna tego wskaźnika wskazuje, że ok. 55% wszystkich wartości oznaczeń była mniejsza od $53,35 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$. Dla zawiesiny ogólnej odnotowano jednokrotne przekroczenie stężenia na odpływie, w stosunku do wartości podanej w pozwoleniu wodno-prawnym. Natomiast w pozostałym okresie czasu redukcja tego wskaźnika nie budziła żadnych zastrzeżeń.

Z ryciny 3 wynika, że zawiesina ogólna ścieków na odpływie przyjmowała najczęściej wielkości z I oraz II przedziału klasowego ($0,00 < x \leq 6,75$; $6,75 < x \leq 13,50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) – po 6 oznaczeń. Dystrybuanta empiryczna wskazuje, że prawie 95% wyników oznaczeń osiągnęła wartości niższe od $33,75 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$.

Uzupełnieniem przeprowadzonej analizy było określenie wskaźnika redukcji zanieczyszczeń (η) w ściekach oczyszczanych na oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie. Wyniki obliczeń zestawiono w tab. 3.

Tab. 3. Przeciętna redukcja zanieczyszczeń w ściekach oczyszczanych na oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie w okresie 2010–2014

Wskaźnik - miano	Wskaźnik redukcji η [%]
BZT ₅	99
ChZT _{Cr}	95
Zawiesina ogólna	97

Źródło: Opracowanie własne

Otrzymane wyniki wskaźników redukcji analizowanych zanieczyszczeń, zestawionych w tabeli 3, pozwalają na dokonanie wysokiej oceny efektywności pracy oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie. Średnia redukcja analizowanych wskaźników zanieczyszczeń to od 95% – ChZT_{Cr} do 99% dla BZT₅.

5. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań dotyczących analizy zmniejszania wybranych zanieczyszczeń na oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie można przedstawić następujące wnioski zamykające niniejszą pracę:

1. Odpływające do odbiornika z oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie oczyszczone ścieki pod względem swego składu fizyko-chemicznego spełniały w latach 2010–2014 warunki określone przez pozwolenie wodno-prawne. Stwierdzono jednak sporadyczne przypadki przekroczenia dopuszczalnej granicy stężenia w ściekach oczyszczonych przez zawiesinę ogólną.
2. Potwierdzeniem wysokiej sprawności oczyszczalni w Nowym Żmigrodzie są wartości średnich redukcji wielkości kontrolowanych na odpływie wskaźników zanieczyszczeń. Średnia redukcja, BZT₅, w analizowanym wieloleciu, wynosiła 99%, ChZT_{Cr} – 95%, a dla zawiesiny ogólnej wynosiła 97%.
3. W świetle przedstawionej w niniejszej pracy analizy i oceny funkcjonowania oczyszczalni ścieków w Nowym Żmigrodzie można stwierdzić, że stanowi ona skuteczną barierę chroniącą wody odbiornika przed zanieczyszczeniem.

Bibliografia

1. Bergel T., Bugajski P., Pawełek J., *Analysis of the sewage system expandability in Mściwojów commune, Geomatics, Landmanagement and Landscape*, nr 2, 2013, s. 7–14.
2. Błażejowski R., *Kanalizacja wsi*, PZITS, Oddział Wielkopolski, Poznań 2003.
3. Bugajski P., *Ocena niezawodności usuwania związków biogenych w oczyszczalni ścieków metodą Weibulla*, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, nr 576, 2014, s. 13–21.
4. Chmielowski K., Satora S., Wałęga A., *Ocena niezawodności działania oczyszczalni ścieków dla gminy Tuchów*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 9, 2009, s. 63–72.
5. Chmielowski K., Bugajski P., Wąsik E., *Ocena działania oczyszczalni ścieków w Haczowie przed i po modernizacji*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 4, 2015, s. 949–964.
6. Chmielowski K., Kurek K., Bąk P., *Efektywność oczyszczania ścieków na przykładzie oczyszczalni w Lipnicy Wielkiej*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 3, 2012, s. 213–224.
7. Heidrich Z., Witkowski A., *Urządzenia do oczyszczania ścieków*, Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Warszawa 2005, s. 1–350.
8. Kaczor G., *Stężenia zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych z wiejskich systemów kanalizacyjnych województwa małopolskiego*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 9, 2009, s. 97–104.
9. Kaczor G., Bugajski P., *Ocena pracy oczyszczalni ścieków typu Ecolo-Chief w Spytkowicach*, Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 1, 2006, s. 187–195.
10. Miernik W., Młyński D., *Analiza pracy oczyszczalni ścieków w Krzeszowicach po modernizacji*, Episteme, nr 29, 2014, s. 303–310.
11. Miernik W., Młyński D., *Wpływ modernizacji oczyszczalni dla miasta Wadowice na jakość oczyszczonych ścieków*, [w:] J. Rak (red.), *Antropogeniczne czynniki wpływu na środowisko przyrodnicze na przykładzie południowo-wschodniej Polski, wschodniej Słowacji i zachodniej Ukrainy*, Wydawnictwo Muzeum Regionalnego im. Adama Fastnachta w Brzozowie, Brzozów 2014, s. 109–129.
12. Miernik W., Wałęga A., *Usuwanie ze ścieków związków organicznych i biogenych w oczyszczalni z reaktorem biologicznym funkcjonującym w układzie A2/O*, [w:] J. Rak (red.), *Wybrane aspekty ochrony i kształtowania środowiska w Polsce, we wschodniej Słowacji i zachodniej Ukrainie*, Wydawnictwo Muzeum Regionalnego im. Adama Fastnachta w Brzozowie, Brzozów 2013, s. 107–126.
13. Mucha J., *Metody geostatystyczne w dokumentowaniu złóż*, skrypt AGH, Kraków 1994.