INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND EKOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 5/2008, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 41–49
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Krzysztof Chmielowski, Piotr Bugajski

EFEKTYWNOŚĆ USUWANIA ZANIECZYSZCZEŃ W OSADNIKACH GNILNYCH TYPU „DUOFILTER”

EFFECTIVENESS OF POLLUTANTS' REMOVAL IN „DUOFILTER” TYPE SEPTIC TANKS

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań nad efektywnością usuwania zanieczyszczeń organicznych i zawiesin ogólnych w osadnikach gnilnych typu „DUOFILTER”. Badane obiekty stanowiły pierwszy stopień oczyszczania ścieków bytowych w przydomowych oczyszczalniach ścieków. Dalsze doczyszczanie ścieków zachodziło przy współudziale procesów biochemicznych na filtrze piaskowym o przepływie pionowym.

Badane osadniki gnilne składały się z trzech komór: pierwszej osadowej oraz dwóch przepływowych wyposażonych w filtr ze struktur porowatych.

Monitoring obejmował okres od października 2003 do maja 2005. Próbki ścieków pobierano z pierwszej komory osadnika (ścieki surowe) oraz z odpływu po osadniku (ścieki wstępnie oczyszczone). Analiza fizykochemiczna ścieków obejmowała następujące wskaźniki zanieczyszczeń: BZT_5, $ChZT_{Cr}$, zawiesinę ogólną.

Na podstawie przeprowadzonej analizy wyników stwierdzono średnią skuteczność zmniejszenia BZT_5 od 25,3 do 40,2%; $ChZT_{Cr}$ od 32,4 do 43,5 %; zawiesiny ogólnej od 35,9 do 56%.

Słowa kluczowe: ścieki bytowe, osadnik gnilny, przydomowa oczyszczalnia ścieków

Summary

The article presents results of research carried out on four "DUOFILTER" type septic tanks. Analysed objects made first step of living sewage treatment in household sewage treatment plants. As a second step of treatment vertical flow sand filter was applied. Sewage flow through the tank in each case was less than 1,0 $m^3 \cdot d^{-1}$. Septic tank consisted of three chambers: first – sedimental one and two flow ones, equipped with filter made of porous structures. The research was carried out during the period from October 2003 to May 2005. Concentrations of raw sewage pollutants were analysed – taken from the first chamber of the tank, and sewage primarily treated – taken on the outflow from the tank. Three indexes from the basic group: BOD_5, COD_{Cr}, total suspended solids were physicochemically analysed. On the basis of the carried out results' analysis, mean effectiveness of BOD_5 was ascertained from 25,3 to 40,2%; COD_{Cr} from 32,4 to 43,5 %; total suspended solids from 35,9 to 56%.

Key words: *living sewage, septic tank, household sewage treatment plant*

WSTĘP

Na terenach gdzie nie można wykonać kanalizacji grawitacyjnej dobrą alternatywą staje się kanalizacja ciśnieniowa lub podciśnieniowa [Myczka 2001]. Natomiast w przypadku, gdy nie można zastosować wyżej podanych rozwiązań, a budowa szczelnego dołu bezodpływowego (szamba) w aspekcie czasu jest nieopłacalna, doskonałym rozwiązaniem okazuje się budowa przydomowej oczyszczalni ścieków [Błażejewski 1997; Błażejewski 2000; Jucherski 2000; Świgoń 2001].

Istotnym czynnikiem decydującym o efektywności oczyszczania ścieków jest poprawna eksploatacja przydomowej oczyszczalni [Olszak 2001; Makowska 2001; Jucherski, Walczowski 2001]. W przypadku wielu oczyszczalni składających się w pierwszej części z osadnika gnilnego istotne jest regularne wywożenie osadów nagromadzonych w tym urządzeniu.

W polskim katalogu urządzeń wzorcowych [Tabernacki i in. 1990] przyjmuje się 10-dniowy okres przetrzymywania ścieków w osadniku gnilnym, przy średnim dobowym dopływie ścieków 100–130 $dm^3 \cdot M^{-1} \cdot d^{-1}$. Zakłada się, że taki czas przetrzymania jest wystarczający do biochemicznego beztlenowego rozkładu zanieczyszczeń zawartych w ściekach. Zaleca się usuwanie kożucha i osadu raz na 3–4 miesiące, maksymalnie co 6 miesięcy.

W tabeli 1 przedstawiono typowy skład ścieków odpływających z osadników gnilnych. Wartość BZT_5 mieści się w szerokim przedziale od 90 do 280 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$. Podobna sytuacja dotyczy stężenia zawiesiny ogólnej i tłuszczy.

W tabeli 2 przedstawiono procentowe efekty zmniejszenia wartości i stężeń wybranych wskaźników zanieczyszczeń w osadnikach gnilnych.

Tabela 1. Właściwości fizykochemiczne ścieków odpływających z osadników gnilnych [Canter, Knox 1985; Laak 1986; Kuczewski 1997]
Table 1. Physicochemical properties of sewage which flow out of septic tanks [Canter, Knox 1985; Laak 1986; Kuczewski 1997]

Wskaźnik zanieczyszczenia (Idex)	Jednostka (Unit)	Zakres (Range)
BZT_5 (BOD_5)	$[mgO_2 \cdot dm^{-3}]$	90-280
aawiesiny ogólne / total suspended solids	$[mg \cdot dm^{-3}]$	40-165
Tłuszcze / fat	$[mg \cdot dm^{-3}]$	50-150

Tabela 2. Procentowe efekty zmniejszenia wartości i stężenia wybranych wskaźników zanieczyszczeń w osadnikach gnilnych [Osmulska-Mróz 1995; Metcalf. Eddy 1991; Asenizacja… 1982]
Table 2. Proportional effects of reducing values and concentrations of chosen pollutants' indexes in septic tanks [Osmulska-Mróz 1995; Metcalf, Eddy 1991; Asenizacja… 1982]

Wskaźnik zanieczyszczenia Index	Skuteczność oczyszczania [%] Effectiveness reduction		
	USA USA	Francja France	Polska Poland
BZT_5 (BOD_5)	42,9–62,3	48,2–56,3	23,3
$ChZT_{Cr}$ (COD_{Cr})	59,0–70,6	–	30,3
zawiesiny ogólne / total suspended solids	85,0–87,0	83,7–85,0	45,4

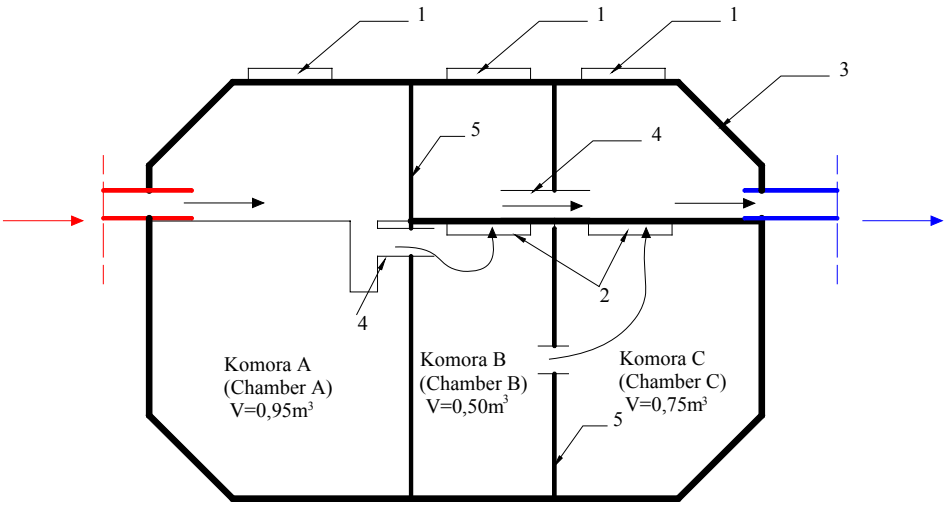
Osadniki gnilne odznaczają się stosunkowo niską skutecznością usuwania zanieczyszczeń i dlatego, jako drugi stopień oczyszczania, powinno stosować się jedno z poniższych rozwiązań: drenaż rozsączający, filtr piaskowy o przepływie pionowym, filtr piaskowy o przepływie poziomym lub oczyszczalnię hydrobotaniczną.

PROCEDURY BADAWCZE

Celem artykułu było określenie efektywności usuwania zanieczyszczeń w osadniku gnilnym typu „DUOFILTER". Osadnik ten stanowił pierwszy stopień oczyszczania ścieków w przydomowej oczyszczalni zlokalizowanej w Moszczenicy Wyżnej w powiecie nowosądeckim. Jako drugi stopień oczyszczania zastosowano filtr piaskowy o przepływie pionowym. Badania przeprowadzono na czterech osadnikach gnilnych w okresie od października 2003 do maja 2005 roku. Z każdego osadnika pobrano próbki ścieków surowych (z pierwszej

komory) oraz ścieków wstępnie oczyszczonych (na wylocie z osadnika gnilnego). Pobrane próbki ścieków poddano w laboratorium analizie chemicznej, oznaczając następujące wskaźniki zanieczyszczeń: BZT_5, $ChZT_{Cr}$ oraz zawiesinę ogólną.

Osadnik „DUOFILTER" wykonany jest z żywicy poliestrowej konstrukcyjnej wysoce udarowej oraz żywicy poliestrowej chemoodpornej. Cała konstrukcja zbrojona jest watą szklaną. Dodatkowym wzmocnieniem są perforowane przegrody o specjalnych kształtach i konstrukcji, wtopione poprzecznie wewnątrz zbiornika. Komora A (rys. 1) stanowi osadnik wstępny o średnicy ϕ = 110 cm, w którym następuje wydzielanie zanieczyszczeń stałych ze ścieków oraz ich beztlenowy rozkład na prostsze związki organiczne i gazy. Tak podczyszczone ścieki, pozbawione najgrubszych zawiesin, przedostają się przez



Rysunek 1. Osadnik gnilny „DUOFILTER" z podwójnym filtrem ze struktur porowatych [Ślizowski, Chmielowski 2005] (1– pokrywa, 2– filtr ze struktur porowatych, obudowa z żywic poliestrowych, 4– rura ϕ 100 mm, 5– przegroda)
Figure 1. Septic tank „DUOFILTER" with double filter from porous structures [Ślizowski, Chmielowski 2005](1– cover, 2– filter from porous structures, 3– casing from polyester resins, 4– pipe ϕ 100 mm, 5– baffle)

poprzeczną perforowaną ścianę zbiornika do komory filtracyjnej (komora B), która jest usytuowana szeregowo. W komorze tej następuje zatrzymanie drobnych zawiesin na porowatym filtrze wykonanym z poliestru. Czas działania takich filtrów jest nieograniczony ze względu na możliwość okresowego przepłukiwania ich wodą. W komorze filtracyjnej zachodzą dalsze procesy beztle-

nowego rozkładu zanieczyszczeń, dzięki bakteriom beztlenowym i fakultatywnym. Druga komora filtracyjna (komora C) usytuowana szeregowo, wyposażona jest w filtr regenerowany o strukturze porowatej i wykonany z poliestru (rys. 1). Ścieki po przejściu przez filtr odprowadzane są górą do części odpływowej układu i kierowane na drugi stopień oczyszczania tlenowego (filtr piaskowy o przepływie pionowym).

WYNIKI

Wyniki badań laboratoryjnych, dotyczące wartości BZT5, ChZTCr oraz stężenia zawiesiny ogólnej zostały przedstawione tabelarycznie (tab. 3, 4 i 5). W opracowaniu statystycznym dla każdego z rozpatrywanych wskaźników zanieczyszczeń obliczono wartości średnie, minimalne i maksymalne w ściekach surowych oraz efekty zmniejszenia zawartości rozpatrywanego wskaźnika w wyniku wstępnego oczyszczania.

Tabela 3. Zestawienie wartości BZT_5 minimalnych, średnich i maksymalnych w ściekach surowych i wstępnie oczyszczonych oraz efektywności zmniejszenia BZT_5
Table 3. Comparison of BOD_5 values – minimal, mean and maximal in raw and initially treated sewage and effectiveness of BOD_5 reduction

Numer oczyszczalni (number of sewage treatment plant)	Ilość serii (quantity of series)	BZT_5 [$mgO_2 \cdot dm^{-3}$] (BOD_5 [$mgO_2 \cdot dm^{-3}$])						Efektywność zmniejszenia BZT_5 [%] (effectiveness of BOD_5 reduction [%])		
		Ścieki surowe (treated sewage)			ścieki wstępnie oczyszczone (initially treated sewage)					
		min (min)	średnia (mean)	max (max)	min (min)	średnia (mean)	max (max)	min (min)	średnia (mean)	max (max)
1	14	179,4	437,7	717,6	59,8	255,0	478,4	18,2	39,7	71,4
2	12	162,7	404,6	747,5	108,4	224,5	358,8	7,7	40,2	75,0
3	13	149,5	251,9	398,6	80,0	185,9	299,0	12,5	25,3	70,3
4	13	239,2	364,9	598,0	89,7	257,5	448,5	6,3	30,8	62,5

W tabeli 4 przedstawiono wartości $ChZT_{Cr}$ ścieków surowych i wstępnie oczyszczonych oraz efektywność zmniejszenia tego wskaźnika zanieczyszczeń.

W tabeli 5 przedstawiono wartości stężeń zawiesiny ogólnej w ściekach surowych i wstępnie oczyszczonych oraz efektywność zmniejszenia tego wskaźnika zanieczyszczeń.

Tabela 4. Zestawienie wartości $ChZT_{Cr}$ minimalnych, średnich i maksymalnych w ściekach surowych i wstępnie oczyszczonych oraz efektywności zmniejszenia $ChZT_{Cr}$
Table 4. Comparison of COD_{Cr} values – minimal, mean and maximal in raw and initially treated sewage and effectiveness of COD_{Cr} reduction

Numer oczyszczalni (number of sewage treatment plant)	Ilość serii (quantity of series)	$ChZT_{Cr}$ [$mgO_2 \cdot dm^{-3}$] (COD_{Cr} [$mgO_2 \cdot dm^{-3}$])						Efektywność zmniejszenia $ChZT_{Cr}$ [%] (effectiveness of COD_{Cr} reduction [%])		
		Ścieki surowe (treated sewage)			ścieki wstępnie oczyszczone (initially treated sewage)					
		min (min)	średnia (mean)	max (max)	min (min)	średnia (mean)	max (max)	min (min)	średnia (mean)	max (max)
1	14	322,9	673,8	1148,8	107,6	386,5	572,3	9,3	40,6	66,7
2	12	347,0	742,2	1272,4	175,8	409,2	728,4	20,1	43,5	66,1
3	13	169,4	461,2	933,6	133,6	295,3	598,0	4,6	33,4	67,9
4	13	411,2	672,3	968,8	210,4	442,1	659,0	3,4	32,4	61,4

Tabela 5. Zestawienie stężenia zawiesiny ogólnej w ściekach surowych i wstępnie oczyszczonych oraz efektywności zmniejszenia zawiesiny ogólnej
Table 5. Comparison of total suspended solids' concentration in raw and initially treated sewage and effectiveness of total suspended solids reduction

Numer oczyszczalni / number of sewage treatment plant	Ilość serii / quantity of series	Zawiesina ogólna [$mg \cdot dm^{-3}$] (total suspended solids [$mg \cdot dm^{-3}$])						Efektywność zmniejszenia zawiesiny ogólnej [%] / effectiveness of total suspended solids reduction [%]		
		Ścieki surowe / treated sewage			ścieki wstępnie oczyszczone / initially treated sewage					
		min / min	średnia / mean	max / max	min / min	średnia / mean	max / max	min / min	średnia / mean	max / max
1	14	153,2	519,0	940,4	78,0	205,3	326,0	19,3	56,0	76,4
2	12	133,6	504,1	914,0	85,6	216,7	618,0	6,5	51,7	84,5
3	13	130,8	264,7	594,0	51,6	145,7	222,0	8,8	39,4	78,5
4	13	130,0	408,4	1092,0	101,2	212,9	328,0	7,3	35,9	86,4

DYSKUSJA WYNIKÓW

Ścieki surowe powstające w gospodarstwach domowych według Błażejewskiego [2003] charakteryzują się średnią wartością BZT_5 na poziomie 300 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$. Analizując dane zawarte w tabeli 1 można stwierdzić że średnia wartość BZT_5 w ściekach surowych dopływających do osadnika gnilnego wahała się od 251,90 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$ w oczyszczalni numer 3 do 437,70 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$ w oczyszczalni numer 1.

Średnia wartość BZT_5 w ściekach wstępnie oczyszczonych wypływających z osadnika gnilnego wahała się od 185,90 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$ w oczyszczalni numer 3 do 257,5 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$ w oczyszczalni numer 4. Według Kuczewskiego [1993] i Laaka [1986] zakres zmienności BZT_5 w ściekach po osadniku gnilnym wynosi 90–280 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$. Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki, można stwierdzić, że mieszczą się one w przedziale podawanym przez innych autorów.

Średnia efektywność zmniejszenia BZT_5 w badanych osadnikach gnilnych wahała się od 25,3% w oczyszczalni numer 3 do 40,2% w oczyszczalni numer 2. Minimalna efektywność zmniejszenia BZT_5 wahała się od 6,3% w oczyszczalni numer 4 do 18,2% w oczyszczalni numer 1. Natomiast maksymalna efektywność zmniejszenia BZT_5 wahała się od 62,5% w oczyszczalni numer 4 do 75% w oczyszczalni numer 2.

Analizując dane zawarte w tabeli 2, można stwierdzić że średnia wartość $ChZT_{Cr}$ w ściekach surowych dopływających do osadnika gnilnego wahała się od 742,2 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$ w oczyszczalni numer 2 do 461,2 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$ w oczyszczalni numer 3.

Średnia wartość $ChZT_{Cr}$ w ściekach wstępnie oczyszczonych wypływających z osadnika gnilnego wahała się od 295,3 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$ w oczyszczalni numer 3 do 409,2 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$ w oczyszczalni numer 2. Według Osmulskiej-Mróz [1995] wartość $ChZT_{Cr}$ ścieków po osadniku gnilnym wynosi średnio 460 $mgO_2 \cdot dm^{-3}$. Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki, można stwierdzić, że kształtują się on na poziomie nieco niższym niż podaje to literatura.

Średnia efektywność zmniejszenia $ChZT_{Cr}$ w badanych osadnikach gnilnych wahała się od 32,4% w oczyszczalni numer 4 do 43,5% w oczyszczalni numer 2. Minimalna efektywność zmniejszenia $ChZT_{Cr}$ wahała się od 3,4% w oczyszczalni numer 4 do 20,1% w oczyszczalni numer 2. Natomiast maksymalna efektywność zmniejszenia $ChZT_{Cr}$ wahała się od 61,4% w oczyszczalni numer 4 do 67,9% w oczyszczalni numer 3.

Analizując dane zawarte w tabeli 3, można stwierdzić że średnie stężenie zawiesiny ogólnej w ściekach surowych dopływających do osadnika gnilnego wahało się od 264,7 $mg \cdot dm^{-3}$ w oczyszczalni numer 3 do 519,0 $mg \cdot dm^{-3}$ w oczyszczalni numer 1.

Średnie stężenie zawiesiny ogólnej w ściekach wstępnie oczyszczonych wypływających z osadnika gnilnego wahało się od 145,7 $mg \cdot dm^{-3}$ w oczyszczalni numer 3 do 216,7 $mg \cdot dm^{-3}$ w oczyszczalni numer 2. Według Kuczewskiego [1993] i Laaka [1986] zakres zmienności zawiesiny ogólnej w ściekach po osadniku gnilnym wynosi 40-165 $mg \cdot dm^{-3}$. Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki, należy stwierdzić stosunkowo wysokie wartości tego wskaźnika w ściekach wstępnie oczyszczonych.

Średnia efektywność zmniejszenia zawiesiny ogólnej w badanych osadnikach gnilnych wahała się od 35,9% w oczyszczalni numer 4 do 56,0% w oczyszczalni numer 1. Minimalna efektywność zmniejszenia zawiesiny ogól-

nej wahała się od 6,5% w oczyszczalni numer 2 do 19,3% w oczyszczalni numer 1. Natomiast maksymalna efektywność zmniejszenia zawiesiny ogólnej wahała się od 76,4% w oczyszczalni numer 1 do 86,4% w oczyszczalni numer 4.

PODSUMOWANIE

W pracy dokonano oceny działania czterech osadników gnilnych typu DUOFILTER z uwzględnieniem efektów usuwania zanieczyszczeń organicznych (BZT_5, $ChZT_{Cr}$) oraz zawiesiny ogólnej. Analizę przeprowadzono dla ścieków surowych (pobranych z pierwszej komory osadnika) i oczyszczonych (na odpływie z osadnika).

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

– Średnia skuteczność zmniejszenia BZT_5 w badanych osadnikach wahała się od 25,3% do 40,2%, średnia skuteczność zmniejszenia $ChZT_{Cr}$ wyniosła od 32,4% do 43,5%, średnia skuteczność zmniejszenia zawiesiny ogólnej mieściła się w zakresie od 35,9% do 56,0%

BIBLIOGRAFIA

Asenizacja indywidualna. Zeszyty Techniczne Francuskiego Ministerstwa Ochrony Środowiska. Warszawa 1982.

Błażejewski R. *Przydomowe oczyszczalnie ścieków. Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Zarzeczewie*. Włocławek 1997.

Błażejewski R. *Przydomowe oczyszczalnie ścieków*. Przegląd Komunalny, nr 4, s. 55, 2000.

Błażejewski R. *Kanalizacja wsi*. PZITS oddział wielkopolski. Poznań. 2003.

Canter L.W., Knox R.C. Septic *Tank System Effects on Ground Water Quality*. Lewis Publ. Inc. Michigan 1985.

Jucherski A. *Skuteczność oczyszczania ścieków bytowo-gospodarskich w oczyszczalniach gruntowych i glebowo-roślinnych w rejonach górzystych*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, z. 72, s. 371–380, Kraków 2000.

Jucherski A., Walczowski A. *Skuteczność oczyszczania ścieków bytowych w zagrodach górskich.* Wiad. Mel. i Łąk. nr 2, s. 75–78. 2001.

Kuczewski K. *Efekty oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych w trzykomorowym osadniku przepływowym*. Zeszyt Problemowy PZITS nr 672, Wrocław. 1993.

Kuczewski K. *Małe oczyszczalnie ścieków jako niezbędne elementy wiejskich systemów kanalizacyjnych*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Inżynieria Środowiska, nr 314, s. 33–43. 1997.

Laak R. *Wastewater Engineering Desing for Unsewered Areas*. Technomic Publ. Co. Basel-Lancaster. 1986.

Makowska M. *Sprawność wybranych mini oczyszczalni z osadem czynnym w układzie przepływowym.* Gaz, Woda i Technika Sanitarna nr 6, s. 208–220, 2001.

Metcalf, Eddy. *Wastewater Engineering, Treatment*, Disposal, Reuse. Third edition. New York 1991.

Myczka J. *Obliczeniowe aspekty wymiarowania średnic kanalizacji podciśnieniowej*. Inżynieria Rolnicza, nr 8, s. 269–283, 2001.

Olszak B. *Zastosowanie technologii Cyklo-SBR na przykładzie oczyszczalni ścieków w Mikołajkach*. Przegląd Naukowy. Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, z. 23, s. 171–178, 2001.
Osmulska-Mróz B. *Lokalne systemy unieszkodliwiania ścieków – poradnik*. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 1995.
Ślizowski R., Chmielowski K. *Skuteczność oczyszczania ścieków w przydomowej oczyszczalni „DUOFILTER" opartej na bazie filtra piaskowego o przepływie pionowym.* Kraków 2005.
Świgoń Z. *Oczyszczalnia ściąga*. Przegląd Komunalny, nr 12, s. 67–70. 2001.
Tabernacki J., Heidrich Z., Sikorski M. i in. *Album wzorcowych rozwiązań odprowadzania i unieszkodliwiania ścieków bytowo-gospodarczych z miejskich gospodarstw zagrodowych.* Instytut Melioracji i Użytków Zielonych. Falenty 1990.

Dr inż. Krzysztof Chmielowski
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji,
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej

Dr inż. Piotr Bugajski
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji,
Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej

Recenzent: *Prof. dr hab. inż. Stanisław Krzanowski*