

# INSTAL

(334)

2012

TEORIA I PRAKTYKA W INSTALACJACH MIESIĘCZNIK CENA 20 ZŁ + 5% VAT ISSN 1640-8160

**POLEKO-2013**  
Poznań 20-23.11.2012 r.

zapraszamy  
do odwiedzenia  
stoiska INSTAL  
nr 123 w pawilonie 3A

## W NUMERZE:

SUROWCE ENERGETYCZNE:

- SŁOMA
- BIOPALIWA ROŚLINNE I ZWIERZĘCE
- ZRĘBKI LEŚNE

WPLYW SYSTEMÓW WENTYLACYJNYCH  
NA WSKAŹNIK ENERGII PIERWOTNEJ

BADANIA SKUTECZNOŚCI DZIAŁANIA  
WYCIĄGÓW LABORATORYJNYCH

WODOMIERZE PO 5 LATACH EKSPLOATACJI W SIECI  
WODOCIĄGOWEJ

WYMIAROWANIE INSTALACJI WODOCIĄGOWYCH  
W TYPOWYCH BUDYNKACH  
W MIEJSCOWOŚCIACH UZDROWISKOWYCH

ZASADY PROJEKTOWANIA  
POMPOWNI KANALIZACYJNYCH

ZAGADNIENIA PRZYDOMOWYCH  
OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

DIAGNOSTYKA PRZYŁĄCZY KANALIZACYJNYCH

## RUBRYKI STAŁE:

ROZMOWY INSTAL-u

LISTY DO REDAKCJI

TAM BYLIŚMY

WIADOMOŚCI

NOWE WYROBY

NOWE KSIĄŻKI

# Techniczne i ekonomiczne aspekty budowy i eksploatacji przydomowych oczyszczalni ścieków typu SBR

The technical and economical aspects of construction and utilization of the small SBR type sewage treatment plants

JERZY BYKOWSKI, JOANNA BORSIAK

Celem pracy była analiza technicznych, technologicznych i ekonomicznych aspektów budowy i eksploatacji przydomowych oczyszczalni ścieków typu SBR. Wszystkie analizowane urządzenia posiadały aprobaty techniczne, a deklarowany przez producentów stopień oczyszczenia kwalifikował ścieki do odprowadzenia do wód powierzchniowych lub rozprowadzenia w gruncie. Największy udział w całkowitych nakładach inwestycyjnych miały koszty samych urządzeń (65-94 % nakładów inwestycyjnych). Roczny jednostkowy koszt oczyszczenia ścieków w urządzeniach przydomowych typu SBR wynosił od 5,94 do 11,42 zł za m<sup>3</sup>, był więc porównywalny z górnymi stawkami stosowanymi przez polskie przedsiębiorstwa branży wodociągowo-kanalizacyjnej za odprowadzenie i oczyszczenie ścieków.

The aim of this study was to analyze technical, technological and economic aspects of the construction and operation of small sewage treatment plants of SBR type. All of the analyzed devices had technical approvals. Declared by the manufacturers the purity level, qualified the sewage for removal into the surface water or distribution in the soil.

The largest influence on the total capital expenditures had cost of the equipment itself (65-94% of investment). The annual unit cost in small sewage treatment in SBR sewage facilities ranged from 5.94 to 11.42 zł per m<sup>3</sup> which was comparable to upper rates used by Polish water and wastewater branch companies.

dr hab. inż. Jerzy Bykowski, mgr inż. Joanna Borsiak  
– Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu – Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji, Zakład Gospodarowania Wodą i Ekonomiki Inżynierii Środowiska.

## Wstęp

Stan i rozwój infrastruktury technicznej do odprowadzania i oczyszczania ścieków jest ściśle związany z zagospodarowaniem przestrzennym obszarów wiejskich. Wpływają na to warunki lokalne, czynniki demograficzne oraz zmieniające się funkcje społeczno-ekonomiczne wsi [12]. Przy zwartej zabudowie wiejskich jednostek osadniczych stosuje się zwykle zbiorcze systemy kanalizacji i oczyszczania ścieków. Przy przewadze w polskich wsiach zabudowy rozproszonej [18], w których zagrody są oddalone od siebie o 120 – 150 m [24], równie efektywne pod względem ekonomicznym może być też stosowanie indywidualnych oczyszczalni zagrodowych. W ostatnich latach coraz częściej zastępowane są urządzenia typu SBR (sekwencyjny reaktor biologiczny) z wykorzystaniem osadu czynnego [14]. Obecnie na rynku można znaleźć różne konstrukcje urządzeń, dlatego wybór powinien być poprzedzony odpowiednimi analizami, uwzględniającymi zintegrowane aspekty techniczne, ekonomiczne, środowiskowe i społeczne [19]. Z punktu widzenia indywidualnego inwestora, przy zapewnieniu przez producenta urządzenia odpowiedniego stopnia oczyszczenia ścieków, nadal najważniejszy jest jednak aspekt ekonomiczny [9].

## Cel i metodyka pracy

Celem pracy była analiza technicznych, technologicznych i ekonomicznych aspektów budowy i eksploatacji przydomowych oczyszczalni ścieków typu SBR. W pracy, w formie anonimowej, wykorzystano dane uzyskane od polskich dystrybutorów urządzeń, firm zagranicznych, bądź przedstawicieli polskich producentów oraz wyniki własnych obliczeń kosztów, według cen i stawek z końca 2010 roku. Założono, że oczyszczalnia ścieków, wykonana w optymalnych warunkach gruntowo – wodnych, będzie obsługiwała 4 osobowe gospodarstwo domowe, przy zużyciu wody na jednego mieszkańca w ilości 150 dm<sup>3</sup>/M na dobę i oczyszczała rocznie 219 m<sup>3</sup> ścieków (150 dm<sup>3</sup>/Md · 4 osoby · 365 dni).

W pracy analizowano koszty opracowania dokumentacji, koszty urządzeń, koszty montażu oraz koszty dodatkowe z tytułu odprowadzenia oczyszczonych ścieków do rowu melioracyjnego – zlokalizowanego w odległości 5 m lub do drenażu rozsączającego – złożonego z dwóch przewodów o łącznej długości 22 m.

Wśród składowych kosztów eksploatacji kalkulowano koszty wywozu osadów z osadników oraz koszty zużycia energii elektrycznej. Jednostkowe koszty wywozu określono na podstawie wzoru podanego przez Umiejewską [25]:

$$k = (1,08 - 0,06 \cdot V_b) \cdot l - 0,614 \cdot V_b + 11,9$$

gdzie:

- k – jednostkowe koszty wywozu osadu zgromadzonego w ciągu roku w osadniku gnilnym [zł/m<sup>3</sup>];
- V<sub>b</sub> – pojemność zbiornika na ścieki w jednostce taboru asenizacyjnego [m<sup>3</sup>];
- l – odległość wywozu [km].

Założono, że osad będzie wywożony pojazdem asenizacyjnym o pojemności cysterny 4,0 m<sup>3</sup>, wariantowo przy odległościach wywozu (l) – 5, 10 i 20 km.

W kalkulacji kosztów zużycia energii elektrycznej zastosowano taryfę G 11 (bez opłaty abonamentowej oraz stałych i zmiennych opłat dystrybucyjnych oraz szacunkowe roczne zapotrzebowanie energii dla poszczególnych urządzeń).

Do oceny efektywności kosztowej urządzeń zastosowano wskaźnik kapitałochłonności oraz wskaźnik średniego rocznego kosztu jednostkowego.

**Wskaźnik kapitałochłonności W<sub>k</sub>** określany jest wzorem [11, 26]:

$$W_k = \frac{I}{P}$$

gdzie:

- I – nakłady inwestycyjne [zł];
- P – średnia wielkość efektu inwestycji w roku, w jednostkach naturalnych.

**Wskaźnik rocznego kosztu jednostkowego E** można natomiast oszacować na podstawie formuły [1, 22]:

$$E = \frac{I(r+s) + K_a}{P}$$

gdzie:

- I – nakłady inwestycyjne [zł];
- r – stopa procentowa,
- s – stopa amortyzacji,
- K<sub>a</sub> – roczne koszty eksploatacji urządzeń,
- P – średnia wielkość efektu inwestycji w roku, w jednostkach naturalnych.

Obliczenia tego wskaźnika wykonano przy założeniu stopy amortyzacji w wysokości 10% (okres eksploatacji technicznej urządzeń 10 lat) i stopy procentowej r = 2,625% (informacja Banku Ochrony Środowiska, udzielającego kredytów na realizację małych oczyszczalni ścieków na terenie Wielkopolski). Kredytobiorcą mogły być osoby fizyczne, wspólnoty mieszkaniowe jak również przedsiębiorcy, a przedmiotem kredytowania zakup i instalacja lub modernizacja urządzeń o przepustowości do 250 m<sup>3</sup>/d. Kwota

kredytu dla osób fizycznych nie mogła być wyższa od 50.000 zł oraz nie wyższa niż 80% kosztów realizowanej inwestycji. Oprocentowanie dla kredytobiorcy wynosiło 0,70 stopy redyskonta weksli NBP, które w okresie prowadzonych kalkulacji wynosiło 2,625%. W założeniach nie uwzględniono kosztów prowizji przygotowawczej, która w tym przypadku stanowiła do 2% (nie mniej niż 200 zł).

### Podstawowe parametry techniczne analizowanych urządzeń

Analizę objęto 5 typowych przydomowych oczyszczalni opartych na wykorzystaniu sekwencyjnego reaktora biologicznego (SBR), przeznaczonych do biologicznego oczyszczania ścieków komunalnych (tabela 1).

Tabela 1. Podstawowe parametry techniczne analizowanych przydomowych oczyszczalni ścieków typu SBR

Firma	Liczba obsługiwanych mieszkań RUM	Przepustowość [m <sup>3</sup> /d]	Powierzchnia zajęta przez oczyszczalnię [m <sup>2</sup> ]	Parametry zbiorników		Zużycie energii [kWh/d]	Norma
				Objętość reaktora [m <sup>3</sup> ]	Materiał		
A	2-6	0,9-1,2	5,4	1,8	PE	3,12	PN-EN12566-3
B	4-6	1,0	5,0	1,2	PE/TWS	2,50-3,50	PN-EN 12566-3
C	4	0,9	4,5	2,0	PE/żelbet	0,75	PN-EN 12566-3
D	4-16	0,9-2,4	3,5	1,5	beton/ HDPE	0,66	PN-EN 12566-3 DIN 4261
E	4	0,9	4,0	3,0	PE-LLD	1,80-2,40	PN-EN12566-3 DIN 4261

Analizowane urządzenia są przystosowane do obsługi od 4 do 6 mieszkańców, z wyjątkiem oczyszczalni D (do 16 mieszkańców). Ich przepustowość waha się w przedziale od 0,9 do 2,4 m<sup>3</sup> ścieków na dobę. Oczyszczalnie potrzebują niewielką powierzchnię do zamontowania urządzeń (3,5 do 5,4 m<sup>2</sup>). Zróżnicowane jest przewidywane zużycie energii elektrycznej przez oczyszczalnie, szacowane na 0,66 do 3,5 kWh na dobę.

Deklarowany przez producentów urządzeń stopień oczyszczenia ścieków analizowanych przydomowych oczyszczalni zestawiono w tabeli 2. Wszystkie analizowane urządzenia wykonano zgodnie z normami EN 12566 oraz DIN 4261.

Tabela 2. Stopień oczyszczenia ścieków analizowanych przydomowych oczyszczalni typu SBR

Firma	Stopień oczyszczenia [mg/dm <sup>3</sup> ]		
	BZT <sub>5</sub>	ChZT	zawiesina ogólna
A	5	35	8
B	6	38	15
C	4	35	11
D	20	70	*
E	8	<50	10

\* spełnia wymogi II klasy czystości wody

Zgodnie z obowiązującymi przepisami, deklarowany stopień oczyszczenia kwalifikował ścieki do odprowadzenia do wód powierzchniowych lub rozprrowadzenia w gruncie.

### Analiza nakładów inwestycyjnych

Koszty opracowania dokumentacji technicznej dla potrzeb budowy przydomowych oczyszczalni ścieków były zróżnicowane i wynosiły od 100 zł, w przypadku oczyszczalni (A) do 1200 zł (C). Koszt dokumentacji firmy (C) uwzględnia podstawowe badania geologiczne oraz dodatkowo opracowanie dokumentacji drenażu (koszt 100 zł), w przypadku rozszczynania ścieków oczyszczonych. Średni koszt opracowania dokumentacji dla potrzeb budowy przydomowych oczysz-

czalni ścieków oszacowano na kwotę około 580 zł.

**Koszty oczyszczalni typu SBR** wahały się od 6800 zł (firma A) do 12000 zł (firma D). W przypadku firmy (C) możliwe jest opcjonalnie zwiększenie klasy oczyszczania do klasy N (nityfikacja) lub do klasy D (denityfikacja) oraz higienizacji oczyszczonych ścieków (dodatkowo 1659 zł). Są to jednak rozwiązania o wyższym zaawansowaniu technologicznym, zapewniające wysoki stopień redukcji zanieczyszczeń. Średni koszt urządzeń analizowanych wariantów małych oczyszczalni ścieków typu SBR wynosił około 10 tys. zł.

W większości firm **koszt dostawy** oczyszczalni do inwestora, przy odległości nie przekraczającej 100 km, był wliczony w cenę urządzeń. W przypadku firmy (C), stawka transportowa wynosiła 2,50 zł/km. Koszty transportu (niewielkie w stosunku do wartości urządzeń) pominięto w charakterystyce nakładów inwestycyjnych.

Przy założeniu optymalnych warunków gruntowo-wodnych, **koszty montażu urządzeń** były istotnie zróżnicowane i wynosiły od 600 do 3 600 zł. Najwyższe koszty montażu odnotowano dla

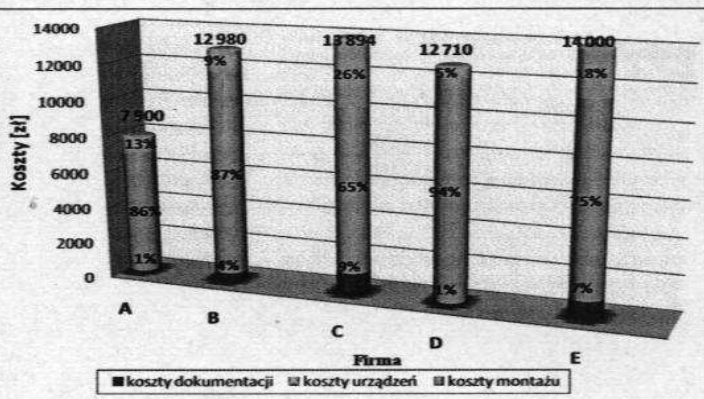
oczyszczalni firm (C) – 3 600 zł, jednak ujmują one wszystkie niezbędne roboty, w tym przykładowo – koszty związane z rozładunkiem urządzeń. W przypadku firmy (A), której koszt montażu kształtuje się na poziomie 1000 zł, musimy doliczyć koszt najmu maszyn do robót ziemnych, który może wynosić od 350 do 600 zł brutto. Przykładowo, do robót wykonywanych przez wymienioną firmę (A) należą: osadzenie oczyszczalni ścieków w gotowym wykopie, podłączenie oczyszczalni do istniejącej kanalizacji (maksymalnie 3 metry bieżące) podłączenie odcieku (maksymalnie 3 metry bieżące), uruchomienie oczyszczalni, zalanie osadem czynnym i przeszkolenie w zakresie użytkowania oczyszczalni oraz doradztwo w zakresie sposobu odprowadzania wody pościekowej. Firma (D) natomiast, oferująca najniższe koszty montażu (600 zł), nie uwzględnia w nich kosztów wykonania wykopu pod oczyszczalnię oraz ułożenia zbiornika (zadanie inwestora). Dodatkowo, do ceny montażu we wszystkich przypadkach należy wliczyć koszty podłączenia budynku mieszkalnego do oczyszczalni oraz oczyszczalni z odprowadzalni-kiem.

W ramach **kosztów dodatkowych**, oszacowano koszty wykonania odprowadzenia oczyszczonych ścieków w wariantach – bezpośrednio do rowu melioracyjnego lub drenażu rozsączającego. Obliczenia wykonano metodą szczegółową [23]. Przy przyjęciu optymistycznego założenia polegającego na położeniu oczyszczalni w odległości zaledwie 5 m od rowu, koszt wykonania takiego podłączenia oszacowano na kwotę 515 zł. W przypadku konieczności wykonania drenażu rozsączającego koszt dodatkowy oszacowano na 4128 zł. Koszty dodatkowe wykonania drenażu rozsączającego mogą stanowić od 34 do 61% kosztów samych urządzeń, co istotnie wpływa na łączne nakłady inwestycyjne.

Strukturę **nakładów inwestycyjnych** na budowę przydomowych oczyszczalni ścieków typu SBR (bez kosztów transportu i kosztów dodatkowych – odprowadzenia oczyszczonych ścieków), przeznaczonych do obsługi czteroosobowego gospodarstwa domowego przedstawiono na rys. 1.

Ich wartości były istotnie zróżnicowane i wynosiły od 7 900 zł (firma A) do 14 000 zł (firma E). Największą część kosztów stanowiły koszty samych urządzeń (65 do 94%), koszty montażu urządzeń od 5 do 26%, a koszty opracowania dokumentacji technicznej zaledwie od 1 do 9% nakładów inwestycyjnych.

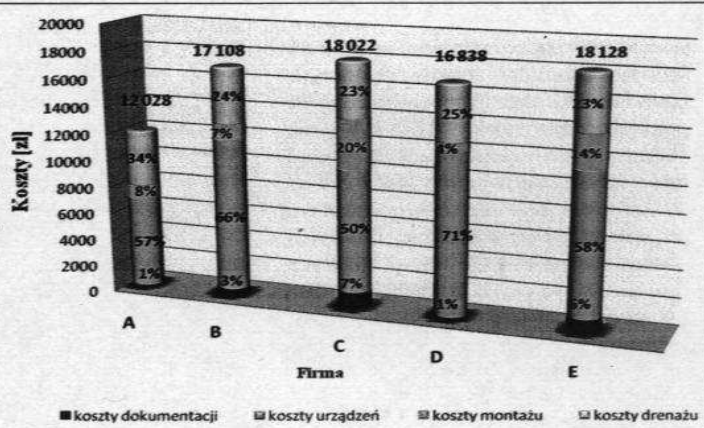
Rys. 1. Nakłady inwestycyjne (bez kosztów transportu i kosztów dodatkowych) na wykonanie przydomowych oczyszczalni ścieków typu SBR



Struktura całkowitych nakładów inwestycyjnych ulega niewielkiej zmianie, przy uwzględnieniu w analizach kosztów wykonania, optymistycznego wariantu odprowadzenia oczyszczonych ścieków, do położonego w niewielkiej odległości istniejącego rowu melioracyjnego. I w tym przypadku, najważniejszym składnikiem kosztów pozostaje koszt samych urządzeń, który stanowi od 63 do 91% ponoszonych nakładów.

Przy uwzględnieniu kosztów odprowadzenia oczyszczonych ścieków do drenażu rozsączającego, **całkowite nakłady inwestycyjne** oszacowano na kwotę od 12 do 18 tys. zł, przy czym koszt zakupu urządzeń stanowił już tylko od 50 do 71% tych wartości (rys. 2).

Rys. 2. Nakłady inwestycyjne (bez kosztów transportu) na wykonanie przydomowych oczyszczalni ścieków typu SBR, wariantie odprowadzenia oczyszczonych ścieków do drenażu rozsączającego



Dla porównania, alternatywne nakłady inwestycyjne na wykonanie zbiornika bezodpornego (szamba) o objętości 10 m<sup>3</sup> wynosiły 6-6,5 tys. złotych i były 2-3 krotnie mniejsze od nakładów inwestycyjnych, jakie należało ponieść na instalację przydomowych oczyszczalni ścieków typu SBR. Przy założonych ilościach ścieków, szambo należy opróżniać z częstotnością przynajmniej raz na 2 tygodnie, co zwiększa koszty jego eksploatacji.

### Analiza kosztów eksploatacji

Oszacowane jednostkowe **koszty wywozu osadów** cysterną o pojemności 4 m<sup>3</sup> na odległości 5, 10 i 20 km, wyniosły odpowiednio 13,64, 17,84 i 26,24 zł za metr sześcienny. Jednostkowe koszty wywozu osadów oferowane przez specjalistyczne firmy funkcjonujące na terenie województwa wielkopolskiego były zbliżone i wynosiły około 22 zł/m<sup>3</sup>, przy odległości wywozu do 15 km (wóz asenizacyjny 4,5 m<sup>3</sup>). W przypadku wywozu na dalsze odległości, firmy do ceny podstawowej doliczały 2,5 zł za każdy dodatkowy kilometr.

W pracy przyjęto założenie, że jednostkowa dobowo produkcja osadu wyno-

si 0,65 dm<sup>3</sup> – na mieszkańca w ciągu doby [14]. Zwykle usuwane jest 90% zawartości osadnika, pozostawiając resztę jako niezbędną dla dalszej prawidłowej eksploatacji urządzenia. Na podstawie średniej ilości osadów wytwarzanych w ciągu roku w czteroosobowym gospodarstwie (0,65 dm<sup>3</sup>/RLMd · 4 RLM · 365 d = 949 dm<sup>3</sup> = 0,95 m<sup>3</sup>) oraz objętości analizowanych osadników wstępnych oszacowano, że roczne koszty wywozu osadu

**Tabela 3. Roczne koszty wywozu osadów, oszacowane dla analizowanych wariantów przydomowych oczyszczalni i zróżnicowanej odległości wywozu**

Firma	Pojemność zbiorników na osad [m <sup>3</sup> ]	Średnie roczne koszty wywozu osadu [zł] na odległość		
		5 km	10 km	20 km
A	1,33	9	12	18
B		- 54*		
C	1,22	10	13	19
D	0,98	13	16	24
E	1,70	7	9	14

\*- oczyszczalnia tej firmy nie posiada osadników wtórnych, wykorzystuje suszarnię do osadu

były niewielkie i wyniosły od 7 do 24 zł za rok (tab. 3).

W przypadku oczyszczalni firmy (B) wyposażonej w suszarnię, średnia miesięczna produkcja osadu wysuszonego w suszarkach (deklaracja producenta) wynosi około 30 dm<sup>3</sup> dla czteroosobowego gospodarstwa domowego, co daje 360 dm<sup>3</sup> suchego osadu rocznie. Przy założeniu, że osad będzie gromadzony w 120 litrowych pojemnikach na śmieci, przy średnim koszcie wywozu pojemnika – 18 zł, średni roczny koszt wywozu osadu oszacowano na ok. 54 zł. Do kosztów nie doliczono kosztów zakupu worków do suszarki (cena ok. 10 zł/szt.), wykorzystywanych w procesie suszenia.

W tabeli 4 zestawiono **roczne koszty zużycia energii elektrycznej** powstałe w trakcie eksploatacji analizowanych przydomowych oczyszczalni ścieków. Największym zapotrzebowaniem z analizowanych charakteryzowały się oczyszczalnie firm (A) oraz (B), które oszacowano na poziomie około 1100 kWh/rok. Obliczony roczny koszt zużycia energii wyniósł zatem odpowiednio 287 i 276 zł. Rozwiązaniem najmniej energochłonnym była natomiast oczyszczalnia firmy (C), dla której roczne zużycie energii elektrycznej oszacowano na 208 kWh, a roczny koszt na 52 zł.

**Prognozowane roczne koszty eksploatacji przydomowych oczyszczalni ścieków**

**Tabela 4. Roczne koszty zużycia energii elektrycznej, oszacowane dla analizowanych przydomowych oczyszczalni, obsługujących czteroosobowe gospodarstwo**

Firma	Średnie zużycie energii elektrycznej podane przez producenta [kWh/d]	Roczne zużycie energii elektrycznej [kWh/rok]	Roczne koszty energii elektrycznej [zł]
A	3,12	1139	287
B	3,00	1095	276
C	0,57	208	52
D	0,66	241	61
E	2,10	767	193

typu SBR, stanowiące sumę kosztów wywozu osadu oraz kosztów zużycia energii elektrycznej wynosiły od 62 do 330 zł (tabela 5). Wartości największe (300-330 zł rocznie) dotyczyły oczyszczalni firm (A) oraz (B). Z dwóch analizowanych kosztów, relatywnie wysoki jest udział kosztów zużycia energii, który stanowił od 71 do nawet 97% kosztów eksploatacji. Niższymi kosztami wywozu w relacji do kosztów energii, charakteryzowały się oczyszczalnie wyposażone w większe zbiorniki na osad firm (E) oraz (A).

Wskaźnik rocznego kosztu eksploatacji, obliczony jako iloraz rocznych kosztów eksploatacji i nakładów inwestycyjnych (bez kosztów odprowadzenia oczyszczonych ścieków) wynosił od 0,4 do 3,9% (tabela 5). Największą jego wartość (3,7-3,9%) oszacowano dla najtańszej z analizowanych oczyszczalni firmy (A), co potwierdza generalną zasadę, że im tańsze urządzenia tym relatywnie wyższe mogą być koszty ich eksploatacji.

Dla porównania, roczne koszty wywozu nieczystości z alternatywnego rozwiązania w postaci zbiornika bezodpływowe-

go (szamba) o objętości 10 m<sup>3</sup>, odbywającego się w cyklach dwutygodniowych (4 osoby · 150 dm<sup>3</sup>/dobę · 14 dni = 8,4 m<sup>3</sup>), przy jednorazowym koszcie wywozu 120 zł, oszacowano na kwotę 2880 zł (24 wywozy · 120 zł).

**Wybrane wskaźniki oceny efektywności ekonomicznej inwestycji**

**Wskaźnik kapitałochłonności** analizowanych rozwiązań technicznych, w zależności od sposobu odprowadzenia oczyszczonych ścieków (warianty 1, 2 i 3) wahał się od 36 do 83 zł za m<sup>3</sup> ścieków, oraz od 1975 do 4532 zł, w przeliczeniu na jednego obsługiwanego mieszkańca (tabela 6). Najtańszym rozwiązaniem, około 1,5 krotnie tańszym od pozostałych, była oferta firmy (A). Pozostałe oferty w zasadzie są porównywalne, a odchylenia różnic wartości wskaźnika nie przekraczały 10%. Co zrozumiałe, największymi wskaźnikami kapitałochłonności charakteryzowały się rozwiązania z odprowadzeniem oczyszczonych ścieków za

**Tabela 5. Roczne koszty eksploatacji (suma kosztów wywozu osadów i zużycia energii elektrycznej) oraz wskaźnik kosztów eksploatacji analizowanych przydomowych oczyszczalni ścieków**

Firma	Roczne koszty eksploatacji [zł] przy odległości wywozu osadu			Nakład inwestycyjny [zł]	Wskaźnik rocznego kosztu eksploatacji [%]
	5 km	10 km	20 km		
A	296	299	305	7900	3,7-3,9
B		330*		12980	2,5
C	62	65	71	13894	0,4-0,5
D	74	77	85	12710	0,6-0,7
E	200	202	207	14000	1,4-1,5

**Tabela 6. Wskaźniki kapitałochłonności analizowanych przydomowych oczyszczalni ścieków typu SBR, obsługujących czteroosobowe gospodarstwo domowe odprowadzające 219 m<sup>3</sup> ścieków rocznie (A - bez odprowadzenia oczyszczonych ścieków, B - z odprowadzeniem ścieków do drenażu rozsączającego, C - z odprowadzeniem ścieków do rowu melioracyjnego)**

Firma	Wskaźnik kapitałochłonności					
	urządzeń w wariantie			urządzeń w wariantie		
	1	2	3	1	2	3
	[zł/m <sup>3</sup> ]			[zł/M]		
A	36	55	39	1975	3007	2104
B	60	78	62	3245	4277	3374
C	64	83	66	3474	4505	3602
D	58	77	61	3178	4209	3306
E	64	83	67	3500	4532	3629

**Tabela 7. Wskaźniki rocznego kosztu jednostkowego analizowanych przydomowych oczyszczalni ścieków typu SBR (czteroosobowe gospodarstwo domowe, 219 m<sup>3</sup> ścieków rocznie, wywóz osadów na odległość 10 km)**

Firma	Wskaźnik rocznego kosztu jednostkowego					
	urządzeń w wariantie			urządzeń w wariantie		
	1	2	3	1	2	3
	[zł/m <sup>3</sup> ]			[zł/M]		
A	5,94	8,33	6,24	324	454	340
B	9,03	11,42	9,33	492	622	508
C	8,35	10,74	8,64	455	585	471
D	7,71	10,10	8,01	420	551	427
E	9,03	11,42	9,33	492	623	509

(1 - bez odprowadzalnika oczyszczonych ścieków, 2 - z odprowadzeniem ścieków do drenażu rozsączającego, 3 - z odprowadzeniem ścieków do rowu melioracyjnego)

pomocą drenażu rozsączającego, które były średnio o 25% większe, od wskaźników obliczonych dla rozwiązania z odprowadzeniem ścieków do rowu melioracyjnego.

Obliczenia wskaźnika rocznego kosztu jednostkowego wykonano przy założeniu stopy amortyzacji w wysokości 10% (okres eksploatacji technicznej urządzeń 10 lat) i stopy procentowej 2,625%, przy wywozie osadów na odległość 10 km. Roczny koszt oczyszczenia ścieków w przeliczeniu na mieszkańca, w zależności od typu urządzenia wahał się od 324 do 623 zł. Średni koszt oczyszczenia 1 m<sup>3</sup> ścieków wynosił od 5,94 do 11,42 zł (tabela 7).

Dla porównania, jednostkowa cena odprowadzenia i oczyszczenia 1 m<sup>3</sup> ścieków w I grupie taryfowej w Polsce, obejmującej indywidualne gospodarstwa domowe, skalkulowana w analizowanym okresie przez przedsiębiorstwa komunalne, wahała się w szerokim przedziale od 4 do 10 zł (średnio 5-6 zł). Ponadto, przedsiębiorstwa pobierały też tak zwane opłaty abonamentowe – za gotowość do świadczenia usług w kwocie od 5 do 10 zł za miesiąc. Jednostkowy koszt oczyszczenia ścieków przy użyciu przydomowych oczyszczalni ścieków typu SBR był więc porównywalny z górnymi stawkami stosowanymi przez specjalistyczne przedsiębiorstwa branży wodociągowo-kanalizacyjnej.

### Dyskusja wyników i wnioski

Tereny nieurbanizowane zamieszkuje blisko 15 mln (40%) mieszkańców Polski. Niestety, tylko co czwarty z nich (24%) ma dostęp do zbiorczej sieci kanalizacyjnej, chociaż z wodociągów zbiorowych (sieciowych) korzysta już blisko 70% ludności wiejskiej [13]. Ta dysproporcja wskazuje, na nadal istniejące duże zaległości w procesie unieszkodliwiania ścieków na terenach pozamiejskich. Od szeregu lat problem ten próbuje się również rozwiązać poprzez stosowanie przydomowych oczyszczalni ścieków, jednak w stopniu stosunkowo niewielkim, niżby to wynikało z potencjalnych zalet tego typu rozwiązań [2,5].

W aktualnym stanie prawnym [20] w gminach wymaga się przyłączenia nieruchomości do istniejącej sieci kanalizacyjnej lub w przypadku, gdy budowa takiej sieci jest technicznie i ekonomicznie nieuzasadniona, wyposażenie nieruchomości w zbiornik bezodpływowy nieczystości ścieków lub też w przydomową oczyszczalnię ścieków. Przyłączenie nieruchomości do sieci kanalizacyjnej nie jest też obowiązkowe, jeżeli nieruchomość jest już wyposażona w przydomową oczyszczal-

nię ścieków, spełniającą wymagania określone w odrębnych przepisach [15], w tym normy PN-EN 12566-3 [21]. Przydomowe oczyszczalnie stanowią przy tym ważną alternatywę dla bezodpływowych zbiorników (szamb), które przy dużej odległości od punktu zlewnego mogą się okazać rozwiązaniem kosztownym [8], a poza tym często nieszczelne zbiorniki działające jak studnie chłonne, odprowadzają nie oczyszczone ścieki do gruntu i wód podziemnych, co stanowi istotne zagrożenie dla środowiska [6].

Na polskim rynku można znaleźć obecnie szereg rozwiązań technicznych przydomowych oczyszczalni ścieków, o różnym stopniu zaawansowania technologicznego, ale również zróżnicowanych kosztach budowy i prognozowanych kosztach eksploatacji [10]. Należą do nich także rozwiązania oparte na działaniu sekwencyjnego reaktora biologicznego (SBR) z osadem czynnym, zapewniającego przemienne warunki tlenowe, niedotlenienia i beztlenowe, które następują po sobie w jednym zbiorniku [3, 4, 16].

Przeprowadzone analizy wykazały szeroką ofertę przydomowych oczyszczalni ścieków typu SBR. Wszystkie analizowane urządzenia wykonane były zgodnie z normami, a deklarowany przez producentów stopień oczyszczenia kwalifikował ścieki do odprowadzenia do wód powierzchniowych lub rozproszczenia w gruncie. Stwierdzono, że zarówno nakłady inwestycyjne jak i późniejsze koszty eksploatacyjne zależą w dużym stopniu od warunków lokalnych. Obok samego kosztu zakupu urządzeń, na łączny koszt inwestycji wpływają też możliwości odprowadzenia oczyszczonych ścieków. Przy braku w pobliżu rowu melioracyjnego, należy się liczyć z koniecznością wykonania drenażu rozsączającego, co może zwiększyć nakłady inwestycyjne nawet o 30 do 60% kosztu urządzeń. Jednym ze sposobów obniżenia kosztów budowy może być natomiast udział własny inwestora w wykonaniu części robót, szczególnie tych nie wymagających specjalistycznego przygotowania, np. ziemnych lub pomocniczych przy montażu. Przy wyborze urządzeń należy brać również pod uwagę, z pozoru stosunkowo niewysokie, koszty eksploatacji. Ponoszone będą przez cały okres eksploatacji technicznej urządzeń, co w efekcie zmniejsza korzyści wynikające z zakupu tańszego urządzenia.

Należy też podkreślić, że analizy ekonomiczne, mogące stanowić podstawę wyboru urządzeń przydomowych oczyszczalni ścieków, są stosunkowo trudne

i mogą być obarczone dużym ryzykiem. Opierają się bowiem na szeregu założeniach, w tym jednostkowych cenach lub kosztach, które szczególnie w odniesieniu do procesu eksploatacji urządzeń, mogą ulegać istotnym zmianom w czasie (przykładowo ceny paliw czy energii elektrycznej).

Istnieje zatem potrzeba udoskonalania i wdrażania do praktyki obiektywnego, wielokryterialnego systemu oceny przydomowych oczyszczalni ścieków, uwzględniającego nie tylko nakłady inwestycyjne i koszty eksploatacji, ale także interes przyszłych pokoleń i środowiska przyrodniczego. Wykorzystując koncepcję ekorozwoju, Bradley i in. [7] opracowali wielokryterialny system oceny przydomowych oczyszczalni ścieków, zmodyfikowany do polskich warunków przez Błażejewskiego i Mazurkiewicza [5]. System oceny bazuje na sześciu kryteriach: A – społecznym, A/B – społeczno – ekonomicznym, B – ekonomicznym, B/C – ekonomiczno – środowiskowym, C – środowiskowym, C/A – środowiskowo – społecznym. Oczyszczalnię ocenia się kolejno według każdego kryterium, jak w systemie ocen szkolnych. Analizy Mazurkiewicza [17] wykazują jednak, że mimo dość wysokiej skuteczności oczyszczania ścieków w minioczyszczalniach, w tym SBR, reaktory przepływowe mogą nie gwarantować odpowiedniej jakości na odpływie, względem zanieczyszczeń organicznych i zawiesiny.

Na podstawie analiz pięciu ofert przydomowych oczyszczalni ścieków typu SBR przygotowanych do obsługi cztero-osobowego gospodarstwa domowego sformułowano następujące wnioski:

1. Wszystkie analizowane urządzenia wykonane były zgodnie z normami, a deklarowany przez producentów stopień oczyszczenia kwalifikował ścieki do odprowadzenia do wód powierzchniowych lub rozproszczenia w gruncie. Urządzenia różnią się pod względem szczegółowych rozwiązań technicznych, a co za tym idzie wartością nakładów inwestycyjnych oraz prognozowanymi kosztami eksploatacyjnymi.
2. Największy udział w całkowitych nakładach inwestycyjnych miały koszty samych urządzeń (65-94% nakładów inwestycyjnych). Istotny wpływ na ostateczny koszt realizacji inwestycji mogą mieć koszty dodatkowe wynikające z możliwości odprowadzenia oczyszczonych ścieków. W przypadku konieczności wykonania drenażu rozsączającego, koszty dodatkowe mogą stanowić od 34 do nawet 61% kosztów nowych urządzeń.

3. Wskaźnik rocznego kosztu eksploatacji, obliczony jako iloraz rocznych kosztów eksploatacji i nakładów inwestycyjnych (bez kosztów odprowadzenia oczyszczonych ścieków) był niewielki i wynosił od 0,4 do 3,9%. Największą jego wartość oszacowano dla najtańszej z analizowanych oczyszczalni, co potwierdza generalną zasadę, że im tańsze urządzenia tym wyższe relatywnie mogą być koszty ich eksploatacji. Stosunkowo niewielkie koszty eksploatacji ponoszone przez cały okres życia projektu mają istotny wpływ na ostateczną efektywność ekonomiczną jego realizacji.
4. Roczny jednostkowy koszt oczyszczenia ścieków w urządzeniach przydomowych typu SBR wynosił od 5,94 do 11,42 zł za m<sup>3</sup>, był więc porównywalny z górnymi stawkami stosowanymi przez polskie przedsiębiorstwa branży wodociągowo-kanalizacyjnej za odprowadzenie i oczyszczenie ścieków.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Błażejowski R.: Kryteria oceny techniczno-ekonomicznej oczyszczalni ścieków. *Mat. Symp. „Oczyszczanie wody i ścieków oraz unieszkodliwianie odpadów”*. Gdańsk, 1998: 33-41.
- [2] Błażejowski R.: *Kanalizacja wsi*. PZITS, Warszawa, 2003: .
- [3] Błażejowski R., Mazurkiewicz J.: Rozwiązania techniczne i technologiczne przydomowych oczyszczalni ścieków. *Materiały seminarium szkoleniowego, Przysiek, 2006*: 22-40.
- [4] Błażejowski R.: Innowacje w oczyszczaniu małych ilości ścieków, *Wodociągi – Kanalizacja. Oczyszczanie ścieków*. Nr 7, 2006: 16-18.
- [5] Błażejowski R., Mazurkiewicz J.: Wybór małej oczyszczalni ścieków dla terenów niezurbanizowanych, *Gaz, Woda, Technika Sanitarna* nr 1. 2007: 22-16.
- [6] Błażejowski R.: Stan kanalizacji na terenach niezurbanizowanych w Polsce i perspektywy ich rozwoju. *Zeszyty Komunalne* nr 10, 2007: 83-86.
- [7] Bradley B.R., Daigger G.T., Rubin R.: Tchobanoglous G. The sustainable development case for onsite wastewater treatment *Proc. 9th National Symposium on Individual and Small Community Sewage System*. Fort Worth, ASAE, St. Joseph, 2001: 404-413.
- [8] Bykowski J., Spychała M., Greser A.: Osadniki gnilne – ekonomiczne i techniczne aspekty wyboru urządzeń. *Przegląd Komunalny* nr 2, Dodatek branżowy, 2001: 12-14.
- [9] Bykowski J., Wieczorek M.: Structure of Costs of Construction and Exploitation of Small House Waste Water Treatment Plants. *Acta horticulturae et regioneolurae*. SPU Nitra, R.6, 2003: 96-98.
- [10] Bykowski J.: Analiza ekonomiczna przydomowych oczyszczalni ścieków. *Zesz. Nauk. Wydz. Bud. i Inż. Środ. Politechniki Koszalińskiej* nr 21. Inż. Środ. 2003: 779-788.
- [11] Chudzik B.: Problemy zasadności wyboru systemu kanalizacji terenów wiejskich. *Ekoinżynieria* nr 3, 1997: 26-32.
- [12] Dolata M.: System odprowadzania i oczyszczania ścieków na obszarach wiejskich – postęp i potrzeby. *Journal of Agribusiness and Rural Development* nr 3(9), 2008: 53-62.
- [13] GUS: *Rocznik Statystyczny. Ochrona Środowiska 2010*. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa, 2010.
- [14] Heidrich Z.: *Urządzenia do oczyszczania ścieków: projektowanie, przykłady obliczeń*. Wyd. Seidel-Przywecki, Warszawa, 2005: 172-186.
- [15] Kamińska J.: *Zasady dopuszczania oczyszczalni ścieków do produkcji i sprzedaży w Polsce. Kanalizacja terenów niezurbanizowanych*, Poznań, 20-21 listopada 2008: 65-72.
- [16] Makowska M.: Sekwencyjne reaktory biologiczne (SBR) jako przydomowe oczyszczalnie ścieków. VIII Ogólnopolskie Sympozjum Szkoleniowe „Projektowanie, budowa i eksploatacja przydomowych oczyszczalni ścieków”. *Praca zbiorowa pod red. R. Błażejowskiego. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. Oddział Wielkopolski*. Kiekrz, 2003: 55-68.
- [17] Mazurkiewicz J.: Efektywność miniooczyszczalni ścieków w Polsce i USA. *Wodociągi. Kanalizacja*. 11 (69), 2009: 46-49.
- [18] Miłoszewski R.: Ekonomiczna efektywność zagrodowych oczyszczalni ścieków. IX Ogólnopolska Konferencja Naukowo – Techniczna p.t. „Problemy gospodarki wodno – ściekowej w regionach rolniczo – przemysłowych”, Rajgród, 1997: 297-305.
- [19] Mucha Z., Miłosz J.: Racjonalne stosowanie małych oczyszczalni ścieków z uwzględnieniem kryteriów zrównoważonego rozwoju. *Środowisko. Czasopismo techniczne* 2-5, 2009: 91-100.
- [20] Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 28 listopada 2005 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach. (*Dz. U. z 2005 r. nr 236, poz. 2008*).
- [21] PN-EN 12566-3. *Małe oczyszczalnie ścieków dla obliczeniowej liczby mieszkańców (OLM) do 50*. C. 3.
- [22] Rogowski W.: *Rachunek efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych*. Oficyna Ekonomiczna, Kraków, 2004.
- [23] *Stowarzyszenie Kosztorysantów Budowlanych: Polskie standardy kosztorysowania robót budowlanych*. Warszawa, 2005.
- [24] Szpindor A.: *Zaopatrzenie w wodę i kanalizacja wsi*. Arkady, Warszawa, 1992.
- [25] Umiejewska K.: Racjonalne rozwiązania unieszkodliwiania ścieków powstałych na terenach poza zasięgiem kanalizacji. *Rozpr. dokt. Politechnika Warszawska*, 1999.
- [26] Wierzbicki K., Wiśniewski A.: Koszty wybranych oczyszczalni ścieków lokalnych i indywidualnych kanalizacji wiejskich. *Wiad. Mel. i Łąk*. Nr 3, 2000: 129-133.