

Mariola ŚCISŁOWSKA, Lidia WOLNY

Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii i Ochrony Środowiska  
Instytut Inżynierii Środowiska, ul. Brzeźnicka 60a, 42-200 Częstochowa

## Charakterystyka wybranych gminnych oczyszczalni ścieków

Oczyszczalnie ścieków na terenach wiejskich, ze względu na zmienność dopływu i skład ścieków oraz brak laboratoriów umożliwiających ciągłą kontrolę i ewentualne korekty parametrów procesu oczyszczania, powinny być proste i niezawodne. W artykule zostały przedstawione nowoczesne technologie lokalnego oczyszczania ścieków (oczyszczalnie typu ECOLO-CHIEF i BIO-PAK). Oczyszczalnie te, pracujące w oparciu o mechaniczno-biologiczny proces oczyszczania, obsługują podobną liczbę mieszkańców. Oczyszczaniu poddawane są ścieki doprowadzane zarówno siecią kanalizacyjną, jak również dowożone wozami asenizacyjnymi. Przedstawiono analizę porównawczą wybranych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych i oczyszczonych dla omawianych oczyszczalni, wykonanych w dwóch próbach. Wszystkie zostały wybudowane po 2000 roku. Przepustowość hydrauliczna badanych oczyszczalni nie przekracza 2000 m<sup>3</sup>/d, a dobowy dopływ ścieków wynosi ok. 100 m<sup>3</sup>. Stopień usunięcia zawiesiny ogólnej mieści się w granicach 93÷99%, natomiast spadek wartości BZT<sub>5</sub> i ChZT w zakresie 90÷98%. W zależności od oczyszczalni i samej metody oczyszczania stopień usunięcia zanieczyszczeń jest różny w każdej z oczyszczalni, jednakże każda z nich spełnia kryteria dotyczące wartości dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń dla ścieków oczyszczonych, odprowadzanych do odbiornika.

**Słowa kluczowe:** ścieki, gminne oczyszczalnie ścieków, przepustowość, efekt oczyszczania

### Wprowadzenie

Pomimo kilkunastoletniego aktywnego rozwoju i unowocześniania infrastruktury sanitarnej w Polsce jej stan na terenach niezurbanizowanych nadal odbiega od naszych oczekiwań (w tym wymagań prawa polskiego i unijnego). Na duże zaniebdania w tej dziedzinie wskazują dane GUS. W Polsce wg danych za 2004 r. 84% mieszkańców miast miało dostęp do kanalizacji, a 84,5% do oczyszczalni ścieków, natomiast na wsi odpowiednio zaledwie 17,3 i 18,4% [1].

Po wstąpieniu Polski do Unii Europejskiej został nałożony na nasz kraj obowiązek dostosowania polskiego ustawodawstwa do norm europejskich. Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych przyjęty i wprowadzony przez ministerstwo w 2005 r. w celu dostosowania Polski do standardów europejskich w dziedzinie gospodarki ściekami komunalnymi nakłada zebranie i oczyszczanie wszystkich ścieków komunalnych na terenie naszego państwa do 2015 r. Program zakłada budowę sieci kanalizacyjnej wraz z budową nowych lub rozbudowę i modernizację istniejących oczyszczalni ścieków.

Wśród procesów oczyszczania ścieków wyróżnia się: oczyszczanie mechaniczne, oczyszczanie chemiczne oraz oczyszczanie biologiczne.

Mechaniczne oczyszczanie ścieków nazywane jest bardzo często procesem wstępnego oczyszczania. W tym procesie wykorzystywane są właściwości fizyczne zanieczyszczeń występujących w ściekach - ich wielkość, ciężar itp. [2-4].

Chemiczne oczyszczanie ścieków jest rzadko stosowane w oczyszczalniach ścieków miejskich. W grupie metod chemicznego oczyszczania ścieków można wyodrębnić:

- neutralizację ścieków, którą stosuje się w sytuacjach, kiedy mamy do czynienia ze ściekami kwaśnymi lub zasadowymi. Rodzaj ścieków określany jest w oparciu o wartość pH. Prawidłowy przebieg oczyszczania biologicznego ścieków może zachodzić, kiedy  $6,5 < \text{pH} < 8,5$ . Inne wartości pH wymagają poddania ścieków procesowi neutralizacji. Ścieki kwaśne są zobojętniane przez wprowadzenie do nich np. wapna palonego lub wapna gaszonego. Ścieki zasadowe są zobojętniane przez wprowadzenie do nich np. dwutlenku węgla lub kwasu siarkowego;
- redukcję - polega ona na obniżeniu stopnia utlenienia. Typowym przykładem jest proces redukcji zawartego w ściekach, pochodzących z galwanizerni, chromu sześciowartościowego do chromu trójwartościowego za pomocą wprowadzonego do ścieków zasadowych siarczynu żelazowego, a do ścieków kwaśnych siarczynu;
- utlenianie - chemiczne utlenianie ścieków jest wykorzystywane tylko w sytuacjach, kiedy biologiczny rozkład zanieczyszczeń zawartych w ściekach jest niemożliwy. Procesowi utleniania chemicznego są poddawane ścieki zawierające zanieczyszczenia mineralne, np. siarczyny. Organiczne zanieczyszczenia występujące w ściekach poddawane są temu procesowi, kiedy są one trujące. W procesie utleniania chemicznego stosowany jest przeważnie chlor, wapno chlorowane, dwutlenek chloru, podchloryn i tlen (powietrze);
- wytrącanie - stosuje się do usuwania ze ścieków metali (Pb, Fe, Ni, Ag, Cr, Al). Zanieczyszczenia występujące w ściekach w postaci związków rozpuszczalnych (chloramin i związków metali) oraz nierozpuszczalnych związków są usuwane ze ścieków poprzez zastosowanie substancji wytrącających [3-7].

Biologiczne oczyszczanie ścieków to proces, w którym wykorzystuje się wybrane grupy mikroorganizmów do oczyszczania ścieków, które przeszły wstępne oczyszczanie, ale nadal są bogate w zanieczyszczenia koloidalne i rozpuszczalne. Ścieki zawierające substancje organiczne mogą ulegać oczyszczeniu w wyniku działania bakterii żyjących w warunkach tlenowych lub beztlenowych. Znamienne jest, że procesowi rozkładu substancji organicznych przez organizmy anaerobowe w warunkach beztlenowych towarzyszy proces wydzielania ciepła.

Biorąc pod uwagę środowisko, w którym przebiega proces biologicznego oczyszczania, ścieków wyodrębnia się [5]:

- oczyszczanie biologiczne prowadzone w warunkach naturalnych,
- oczyszczanie biologiczne prowadzone w warunkach półnaturalnych,
- oczyszczanie biologiczne prowadzone w warunkach sztucznych.

Biorąc pod uwagę miejsce powstawania ścieków, ich wielkość i rodzaj, wśród oczyszczalni ścieków można wyróżnić trzy grupy:

- oczyszczalnie komunalne (miejskie), których zadaniem jest oczyszczenie ścieków z danej jednostki osadniczej,
- oczyszczalnie przemysłowe - to wyspecjalizowane systemy, których zadaniem jest usunięcie zanieczyszczeń powstałych w procesie produkcyjnym danego zakładu,
- oczyszczalnie przydomowe - to małe oczyszczalnie, zadaniem których jest oczyszczanie ścieków bytowo-gospodarczych odprowadzanych z pojedynczych domów (domków jednorodzinnych) [8, 9].

Proces projektowania oczyszczalni dla jednostki osadniczej powinien uwzględniać:

- dane ogólne aglomeracji, jej położenie, czynniki miastotwórcze, liczbę mieszkańców w chwili obecnej i w perspektywie 30-40 lat, sposób i wielkość zapotrzebowania na wodę, sposób i ilość odprowadzanych ścieków oraz inne informacje przedstawione w planie rozwoju przestrzennego,
- dane o odbiorniku ścieków, charakterystyczne jego stany, prawdopodobieństwo ich wystąpienia, jakość wód, warunków, jakim powinny odpowiadać odprowadzane ścieki itd.,
- dane dotyczące istniejącej i projektowanej kanalizacji,
- dane dotyczące ilości i jakości odprowadzanych ścieków do oczyszczalni,
- dane dotyczące właściwości geotechnicznych terenów, na których będzie zlokalizowana oczyszczalnia ścieków [6, 7, 10].

Celem pracy jest zwięzła analiza efektów usuwania zanieczyszczeń w małych, gminnych oczyszczalniach ścieków. Do analizy wybrano 3 oczyszczalnie z trzech gmin o podobnej liczbie mieszkańców i infrastrukturze wodociągowo-kanalizacyjnej. Przedstawione oczyszczalnie były uruchomione po 2000 r.

## 1. Oczyszczalnia typu ECOLO-CHIEF w Kobielach Wielkich

Gmina Kobiele Wielkie położona jest w południowej części województwa łódzkiego, w powiecie radomszczańskim. Powierzchnia całkowita gminy wynosi 101,9 km<sup>2</sup>, około 1/3 jej obszaru to lasy. W 39 wsiach mieszka 4758 osób. Gmina ma charakter rolniczy - ponad 63% powierzchni stanowią użytki rolne i funkcjonuje tu ponad 1300 gospodarstw [11].

Oczyszczalnia ścieków w miejscowości Kobiele Wielkie jest oczyszczalnią mechaniczno-biologiczną typu ECOLO-CHIEF o przepustowości  $Q_{d.śr.} = 120 \text{ m}^3/\text{dobę}$ . Oczyszczalnia obsługuje mieszkańców miejscowości i gminy Kobiele Wielkie. Ścieki przyjmowane przez oczyszczalnię to typowe ścieki gospodarczo-bytowe, które są dostarczane do oczyszczalni systemem kanalizacji sanitarnej do ujmowania i transportowania ścieków z miejscowości Kobiele Wielkie oraz transportem asenizacyjnym ze zbiorników bezodpływowych. Rozruch technologiczny oczyszczalni ścieków został przeprowadzony w październiku 2002 r. [12].

### Zasada działania oczyszczalni typu ECOLO-CHIEF w Kobielach Wielkich

Ilość ścieków surowych dopływających do oczyszczalni wynosi 120 m<sup>3</sup>/dobę, w tym 4,3 m<sup>3</sup>/dobę stanowią ścieki dowożone taborem asenizacyjnym. Ścieki dopływają grawitacyjnie do pompowni, a następnie rurociągiem są tłoczone do studzienki rozprężnej, z której spływają grawitacyjnie do osadnika wstępnego. W osadniku wstępnym podlegają sedymentacji, a zgromadzone osady - częściowej fermentacji. W osadniku tym też rozpoczyna się proces usuwania azotu ze ścieków oraz proces przeróbki osadu. Na powierzchni powstaje kożuch, który ma za zadanie utrudnić odpływ gazów fermentacyjnych i odciąć dopływ tlenu z powietrza, a tym samym ułatwić prowadzenie procesu bez nadmiernego wydzielania zapachów.

Podczyszczone ścieki przepływają do komory niedotlenionej (anoksydacyjnej), w której następuje proces denitryfikacji. Mieszają się tam ścieki z osadnika wstępnego (bogate w węgiel organiczny) ze ściekami i zawieszoną osadą czynnego podawanymi pompą recyrkulacyjną z ostatniej komory napowietrzania [12]. Proces denitryfikacji realizuje się w komorze anoksydacyjnej przez kontakt ścieków podfermentowanych, bogatych w związki organiczne i proste kwasy lotne wspomagające biologiczne procesy usuwania fosforu i azotu z osadem czynnym przepompowywanym z ostatniej komory napowietrzania, gdzie jest go najwięcej.

Proces oczyszczania jest realizowany w komorach napowietrzania, zwanych także komorami osadu czynnego. Ścieki przepływają przez połączone zbiorniki i są w nich napowietrzane sprężonym powietrzem. W zbiornikach następuje proces przyrostu masy osadu czynnego z ok. 3 do ok. 6 kg s.m.o./m<sup>3</sup> z równoczesnym biologicznym rozkładem organicznych substancji ścieków i redukcją BZT<sub>5</sub>.

Ścieki są pożywką dla drobnoustrojów, które to przy zapewnieniu im odpowiednich warunków (temperatura, pH, zawartość tlenu itp.) są w stanie je oczyścić. Warunki te są stworzone w komorach napowietrzania, ścieki zawierające nieopadalne, rozpuszczone i koloidalne związki organiczne zostają napowietrzane do uzyskania stężenia tlenu rozpuszczonego powyżej 2 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. W tych warunkach następuje produkcja nowych komórek osadu czynnego. W pierwszej komorze napowietrzania przyrost ten jest mały z uwagi na osvajanie się organizmów z nowym środowiskiem w postaci dopływających ścieków z osadnika wstępnego. Przyrost ten zwiększa się w następnych komorach, dlatego w celu intensyfikacji procesu oczyszczania prowadzi się recyrkulację sedymentujących osadów z osadnika wtórnego do pierwszej komory napowietrzania w celu zwiększenia jego koncentracji już na początku procesu [12, 13].

W komorach napowietrzania realizowany jest również proces nityfikacji. Wymaga on lepszego natlenienia ścieków (3÷4 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>), odpowiedniego pH (7,5÷8,5) i zasadowości. Proces przebiega najlepiej w temperaturze powyżej 20°C, poniżej 5°C praktycznie zanika. Czas nityfikacji wynosi ok. 4 godz. w lecie, do 6÷8 godz. w zimie. Opcjonalnie do ostatniej z komór napowietrzania może być dodawany pompką dozującą roztwór siarczanu żelazowego (PIX 113) - dawka ok. 10 mg/dm<sup>3</sup> ścieków. Dodanie soli żelaza do ścieków ma na celu związanie rozpuszczonych związków fosforowych i wytrącenie ich w postaci osadu.

Nadmiar osadu czynnego jest usuwany do komory tlenowej stabilizacji osadu i okresowo odwadniany na filtrze workowym. Oddzielenie osadu czynnego od ścieków oczyszczonych i jego sedymentacja odbywa się w osadniku wtórnym. Pozbawione zawiesiny ścieki poprzez przelewy powierzchniowe i komorę pomiarową przepływu są odprowadzane kanałem grawitacyjnym do odbiornika. Z leja osadnika wtórnego osad zagęszczony jest zawracany do pierwszej komory napowietrzania w ilości ok. 4% oraz do komory anoksydacyjnej w ilości ok. 96%.

Kontrola stężenia suchej masy osadu odbywa się pośrednio przez pomiar sedymentacji osadu czynnego w cylindrze o pojemności 1 dm<sup>3</sup> po 5 i 30 minutach, ustaleniu z wykresu indeksu osadu i obliczeniu suchej masy osadu czynnego [12, 13].

Osad dobrze opadający ma indeks w granicach 50÷150 ml/g. Wyższe wartości wskazują na pęcznienie osadu wywołane najczęściej przez bakterie nitkowate. Osad nadmierny odprowadzany jest okresowo z osadnika wtórnego do wydzielonej komory stabilizacji tlenowej za pomocą pompy powietrznej przez przełączenie zaworów na przewodzie recyrkulacyjnym osadu. Komora tlenowej stabilizacji osadu jest wydzielonym zbiornikiem wyposażonym w ruszt napowietrzający do dodatkowego napowietrzania zgromadzonych w niej osadów nadmiernych. Do komory okresowo jest wypompowywany osad z osadnika wstępnego w proporcji max 1:1. Stabilizacja mieszaniny osadu wstępnego z nadmiernym trwa ok. 15 dni. Pozostały osad zostaje odwodniony na filtrze z dodatkiem polielektrolitu w celu intensyfikacji procesu.

Zastosowana technologia oczyszczania ścieków to pełne mechaniczno-biologiczne oczyszczanie ścieków metodą osadu czynnego z tlenową stabilizacją osadu nadmiernego z jednoczesnym usuwaniem związków biogenych: azotu i fosforu [12].

W tabeli 1 zostały przedstawione wybrane wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach dopływających do oczyszczalni w miejscowości Kobiełe Wielkie oraz w ściekach oczyszczonych.

Tabela 1

**Wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych i oczyszczonych w oczyszczalni ECOLO-CHIEF w Kobielach Wielkich**

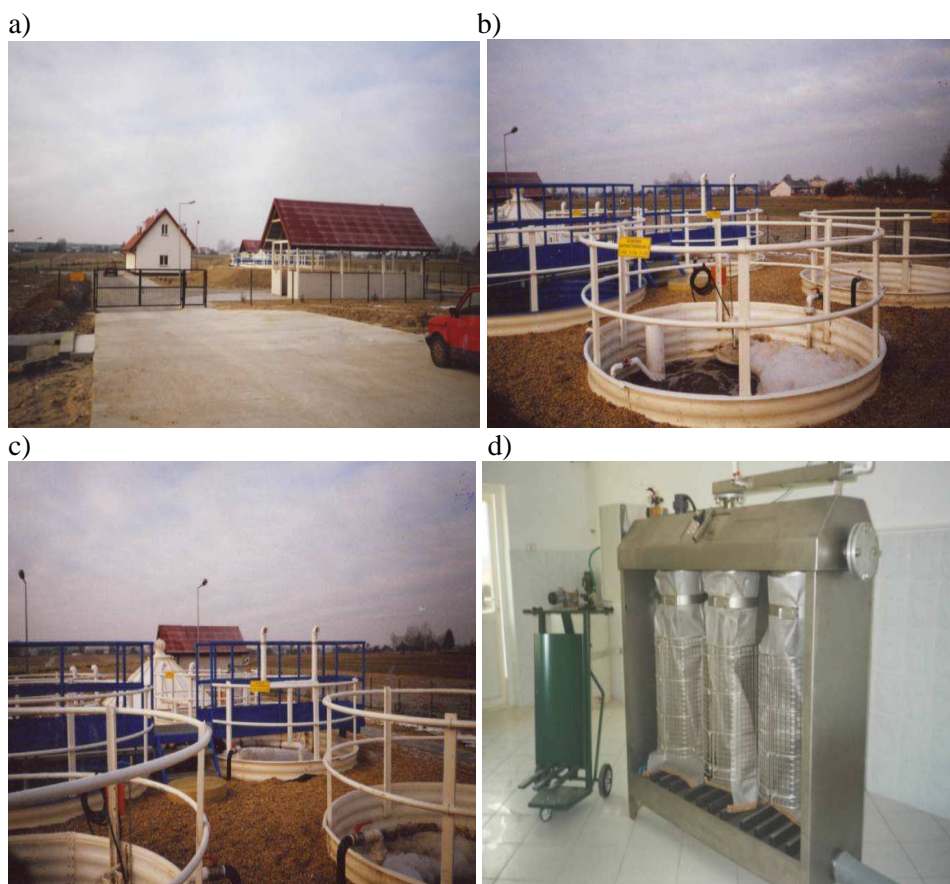
Wskaźnik zanieczyszczeń	Jednostka	I próba			II próba	
		Ścieki surowe	Ścieki oczyszczone	Stopień usunięcia zanieczyszczeń	Ścieki oczyszczone	Stopień usunięcia zanieczyszczeń
BZT <sub>5</sub>	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	283,0	4,0	98,6	6,0	97,9
ChZT	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	1580,0	37,0	97,7	34,2	97,8
Zawiesina ogólna	g/m <sup>3</sup>	1260,0	12,6	99,0	11,8	99,1
Azot ogólny	gN/m <sup>3</sup>	211,0	43,0	79,6	43,2	79,5
Fosfor ogólny	gP/m <sup>3</sup>	24,7	6,47	73,8	5,9	76,11

Efektywność usuwania zanieczyszczeń ze ścieków znacznie przekracza 95%. Przy zastosowaniu metod defosfatacji ścieków (PIX) ilość fosforu na odpływie jest niższa od  $1,5 \text{ mgP/dm}^3$ , a wskaźnik  $\text{BZT}_5$  kształtuje się poniżej  $10 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ .

### Gospodarka osadowa w oczyszczalni

Technologia odwodnienia osadu przewiduje wstępne zagęszczanie do uwodnienia 80%, a po zakończeniu I etapu procesu odtransportowuje się odwodniony osad pod zadaszone składowiska, gdzie następuje dalszy proces suszenia. Na składowisku usytuowanym pod wiatą osad jest układany w workach filtracyjnych. Składowisko osadu nakryte jest wiatą wykonaną z lekkiej konstrukcji, częściowo osłonięte - chroniąc osad przed opadami atmosferycznymi i równocześnie zapewniając przewiew.

Ilość osadów ustabilizowanych tlenowo i wysuszonych wynosi docelowo  $124 \text{ m}^3/\text{rok}$ . Osady ustabilizowane tlenowo, po zagęszczeniu i odwodnieniu, składowane są w pryzmach na zadaszonym poletku i wywożone okresowo na najbliższe składowisko odpadów stałych.



Rys. 1. Oczyszczalnia typu ECOLO-CHIEF: a) widok ogólny oczyszczalni, b) komory napowietrzania, c) komora anoksydacyjna, d) workownica do osadu DRAIMAD (fot. własne)

Skratki są to odpady zatrzymywane w wyniku cedzenia ścieków surowych na kracie koszowej (kod 19 08 01). Na kracie zatrzymywane są zanieczyszczenia stałe większe niż prześwit między prętami kraty, który posiada wymiar 10 mm. Skratki, w ilości 7 m<sup>3</sup>/rok, składowane są w kontenerach umieszczonych pod wiatą, dezynfekowane m.in. środkiem Lisoformin 700 i okresowo transportowane na składowisko odpadów stałych [15, 16].

Na rysunku 1 przedstawiono wybrane obiekty oczyszczalni ścieków ECOLO-CHIEF.

## 2. Oczyszczalnia typu BIO-PAK w Żytnie

Gmina Żytno położona jest w północno-zachodniej Małopolsce. Zajmuje ona obszar 200 km<sup>2</sup> zamieszkały przez około 6100 osób. Powierzchnia gminy znajduje się w zlewni rzeki Pilicy, która od strony wschodniej stanowi jej naturalną granicę. Blisko 50% jej powierzchni pokrywają lasy. Gmina jest typowo rolniczą, a powierzchnia użytków rolnych wynosi 10 704 ha. Na terenie gminy znajduje się 36 wsi zgrupowanych w 24 sołectwach. Produkcją roślinną i zwierzęcą zajmuje się 1700 gospodarstw indywidualnych. Poza rolnictwem działa 109 podmiotów gospodarczych, głównie w handlu i usługach.

Działająca oczyszczalnia jest oczyszczalnią mechaniczno-biologiczną, pracującą w oparciu o proces oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego, wyposażona jest ona w jeden reaktor BIO-PAK typ KBA-80-600 [17]. Do oczyszczalni doprowadzane są ścieki sanitarne pochodzące z miejscowości Żytno poprzez układ kanalizacji oraz dowożone ze zbiorników bezodpływowych zlokalizowanych na terenie gminy.

Ilość ścieków dopływających do oczyszczalni jest na poziomie [17]:

- $Q_{d.sr.} = 150 \text{ m}^3/\text{d}$ , w tym ścieki dowożone 30 m<sup>3</sup>/d,
- $Q_{d.max.} = 180 \text{ m}^3/\text{d}$ ,
- $Q_{h.max.} = 16 \text{ m}^3/\text{h}$ .

W skład układu technologicznego oczyszczania ścieków wchodzi następujące elementy:

- stacja zlewna ścieków dowożonych,
- pompownia ścieków surowych z kratą koszową,
- stacja mechanicznego podczyszczania ścieków,
- segment oczyszczalni BIO-PAK,
- zbiornik magazynowy osadu nadmiernego,
- budynek techniczny,
- kanał odpływowy ścieków oczyszczonych wraz ze studzienką pomiarową [17].

### Proces technologiczny oczyszczania w oczyszczalni BIO-PAK

Ścieki dopływają grawitacyjnie do zbiornika pompowni, który wykonany jest z elementów żelbetowych, a powstające skratki usuwane są na sicie skratkowym o wydajności 20 m<sup>3</sup>/d [18].

Technologia oczyszczania ścieków w oczyszczalni BIO-PAK oparta jest o metodę osadu czynnego nisko obciążonego z niewielkim jego przyrostem. Zasadniczy proces oczyszczania przebiega przez intensywne napowietrzanie ścieków w obecności drobnoustrojów. Prawie wszystkie procesy określane mianem „biologicznego oczyszczania ścieków” odnoszą się do procesów aerobowych, czyli do procesów zachodzących w ściekach zawierających tlen. Właściwe oczyszczanie, czyli usuwania zanieczyszczeń organicznych ze ścieków nie przypisuje się wyłącznie procesom bakteryjnym, a raczej procesom adsorpcji, czyli procesom powierzchniowym wywołanym przez śluzowate kłaczkowate i błony otaczające bakterie. Biologiczne oczyszczanie ścieków przebiega dwufazowo: w pierwszej fazie w celu uzyskania energii zostaje utleniona część związków organicznych i równocześnie tworzą się nowe komórki, a w drugiej fazie bakterie łączą się w łatwo opadające kłaczkowate. Biologiczne kłaczkowanie możliwe jest wtedy, gdy przyrost bakterii ustaje i zostaną wydzielone naturalne związki spolimeryzowane o długości łańcucha dostatecznej do połączenia bakterii. Druga faza zajmuje zasadniczą część napowietrzania. Oczyszczanie ścieków metodą osadu czynnego powoduje usunięcie ze ścieków znacznej ilości substancji organicznych, nieopadalnych zawiesin i cząstek koloidalnych. Nie ulegają natomiast w zasadzie usunięciu rozpuszczone substancje nieorganiczne, poza przyswajalnymi przez mikroorganizmy (związki azotu i fosforu) [18, 19].

### Efektywność pracy oczyszczalni

Wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych i oczyszczonych oraz stopień usunięcia zanieczyszczeń zostały przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2

**Wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych i oczyszczonych w oczyszczalni BIO-PAK w Żytnie**

Wskaźnik zanieczyszczeń	Jednostka	I próba			II próba	
		Ścieki surowe	Ścieki oczyszczone	Stopień usunięcia zanieczyszczeń	Ścieki oczyszczone	Stopień usunięcia zanieczyszczeń
BZT <sub>5</sub>	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	160,0	11,5	92,8	10,2	93,6
ChZT	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	497,0	47,9	90,4	48,0	90,3
Zawiesina ogólna	g/m <sup>3</sup>	177,0	11,2	93,7	11,5	93,5
Azot ogólny	gN/m <sup>3</sup>	59,0	31,7	46,3	32,6	44,7
Fosfor ogólny	gP/m <sup>3</sup>	7,0	1,3	81,4	1,1	84,3

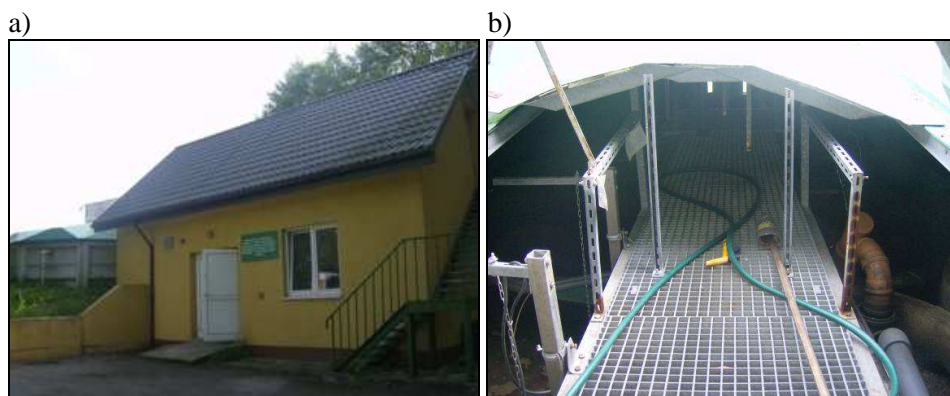
Na podstawie powyższej tabeli można stwierdzić, że:

- efekt oczyszczania uzyskany w istniejącym ciągu technologicznym oczyszczalni jest wysoki,
- uzyskuje się zadowalający stopień usunięcia zanieczyszczeń eutroficznych,
- jakość ścieków odpływających z oczyszczalni spełnia wymogi Rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi.



dzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska.

Poniżej przedstawiono widok ogólny oraz bioreaktor oczyszczalni ścieków w Żytnie (rys. 2).



Rys. 2. Oczyszczalnia ścieków BIO-PAK w Żytnie: a) widok ogólny oczyszczalni, b) bioreaktor BIO-PAK (fot. własne)

### 3. Oczyszczalnia w Kodrębie

Gmina Kodrąb położona jest między Radomskiem a Przedborzem w województwie łódzkim. Powierzchnia gminy liczy 105,8 km<sup>2</sup>, lasy zajmują niespełna 17% jej terenu. Obszar gminy jest intensywnie wykorzystywany rolniczo (7574 ha użytków rolnych), 856 ha zajmują drogi, sady, zabudowania i inne użytki. Gmina Kodrąb liczy 4879 mieszkańców (stan na 11.05.2006 r. - w 19 sołectwach). Głównym działem gospodarki w gminie jest rolnictwo. Gospodarstw rolnych jest 1604, dominują niewielkie, o przeciętnej powierzchni ok. 4,5 ha [20].

W Kodrębie istnieje mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków o przepustowości 200 m<sup>3</sup>/d. Oczyszczalnia ta pracowała wyłącznie na ściekach dowożonych z szamb od stycznia 2003 do czerwca 2004 roku. W czerwcu 2004 został włączony do oczyszczalni pierwszy odcinek wybudowanej kanalizacji sanitarnej w Kodrębie o długości 2,6 km z pompownią ścieków. Obecnie do oczyszczalni dostarczane są ścieki z gospodarstw domowych objętych zasięgiem I etapu budowy kanalizacji sanitarnej w Kodrębie [21].

Ilość ścieków dopływających do oczyszczalni jest na poziomie [20]:

- $Q_{d.sr.} = 165 \text{ m}^3/\text{d}$ , w tym ścieki dowożone 33 m<sup>3</sup>/d,
- $Q_{d.max.} = 209 \text{ m}^3/\text{d}$ , w tym ścieki dowożone 40 m<sup>3</sup>/d,
- $Q_{h.max.} = 20 \text{ m}^3/\text{d}$ , w tym ścieki dowożone 5 m<sup>3</sup>/h.

#### Zasada działania oczyszczalni ścieków

Ścieki dowożone do oczyszczalni ścieków zlewane są poprzez stanowisko zlewne ścieków dowożonych do komory rozprężnej, skąd płyną przez kratę łukową, na której następuje wstępne oczyszczenie ścieków z części stałych, do

pompowni ścieków, w której zainstalowana jest krata koszowa. Pompy w pompowni tłoczą ścieki do koryta rozdziału ścieków, w którym następuje rozdział ścieków. Część z nich przepływa do komory retencyjnej, część odpływa bezpośrednio do układu biologicznego oczyszczania (do komory defosfatacji). Pompy tłoczą ścieki w systemie sterowania ręcznego lub automatycznego za pomocą przełącznika czasowego lub sygnalizatorów poziomu [20].

Ścieki surowe poddawane są procesom mechanicznego podczyszczania (krata łukowa i koszowa, piaskownik) oraz biologicznego oczyszczania. Osad wydzielony w osadnikach zawracany jest do układu technologicznego, do komór denitryfikacji za pomocą układu recyrkulacji zewnętrznej, a oczyszczone ścieki odpływają grawitacyjnie, poprzez stanowisko pomiarowe ścieków oczyszczonych, do wylotu ścieków oczyszczonych i dalej do odbiornika - do rowu otwartego i do rzeki Widawki. Część zawartości komory nityfikacji przepompowywana jest za pośrednictwem recyrkulacji wewnętrznej do komory denitryfikacji.

Osad nadmierny stabilizowany jest w komorach tlenowych reaktora, zagęszczany w zagęszczaczu grawitacyjnym, po czym przetłaczany jest do urządzenia odwadniającego, a następnie składowany jest na składowisku osadu odwodnionego [20].

W tabeli 3 przedstawiono wartości niektórych wskaźników zanieczyszczeń w ściekach dopływających i odpływających z oczyszczalni w Kodrębie oraz stopień usunięcia zanieczyszczeń.

Tabela 3

**Wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych i oczyszczonych w oczyszczalni w Kodrębie**

Wskaźnik zanieczyszczeń	Jednostka	I próba			II próba	
		Ścieki surowe	Ścieki oczyszczone	Stopień usunięcia zanieczyszczeń	Ścieki oczyszczone	Stopień usunięcia zanieczyszczeń
BZT <sub>5</sub>	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	540	12	97,8	9	98,3
ChZT	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	1370	61	95,5	65	95,2
Zawiesina ogólna	g/m <sup>3</sup>	559	24	95,7	28	95,0
Azot ogólny	gN/m <sup>3</sup>	35	4,0	88,6	5,5	84,3
Fosfor ogólny	gP/m <sup>3</sup>	40	1,0	97,5	1,1	97,2

### Gospodarka osadowa w oczyszczalni

W trakcie procesu oczyszczania ścieków powstają „skratki”, tj. zanieczyszczenia usunięte na kratkach łukowej i koszowej, piasek wydzielony w piaskowniku oraz osad nadmierny, tworzony w procesie biologicznego oczyszczania [22]. Skratki wychwytywane są na sicie łukowym oraz kracie koszowej, po czym usuwane są do pojemnika, gdzie z kolei są higienizowane wapnem chlorowanym. Ilość „skratek” wyniosła podczas wstępnej eksploatacji ok. 50 l/tydzień, zatem roczna ilość „skratek” kształtuje się na poziomie 2,60 m<sup>3</sup>/rok.

Osad nadmierny, ustabilizowany tlenowo w komorze tlenowej, usuwany jest do zagęszczacza grawitacyjnego w ilości do 3 m<sup>3</sup>/d, a tu podlega grawitacyjnemu zagęszczeniu. Ciecz nadosadowa przepompowywana jest do układu biologicznego oczyszczania, zaś zagęszczony osad nadmierny usuwany jest poza zagęszczacz, na stanowisko mechanicznego odwadniania osadu, a następnie na stanowisko osadów odwodnionych. Ilość osadu nadmiernego, ustabilizowanego, zagęszczonego, odwodnionego mechanicznie wynosi 300 l/d, zatem roczna ilość osadu odwodnionego wynosi ok. 110 t/rok.

Piasek usuwany jest z piaskownika do separatora piasku, w którym jest premywany wodą wodociągową w celu wymycia zawiesin organicznych (proces higienizacji piasku), po czym jest zagęszczany i odwadniany w worku. Rzeczywista ilość piasku wynosi ok. 30 l/tydzień, co w skali roku stanowi 1,5 t/rok.

Wszystkie odpady z procesów podczyszczania mechanicznego ścieków (piasek, skratki) oraz biologicznego oczyszczania (osad nadmierny odwodniony mechanicznie) są gromadzone na stanowisku składowania osadów odwodnionych, skąd okresowo wywożone są poza oczyszczalnię.



Rys. 3. Oczyszczalnia ścieków w Kodrębie: a) widok ogólny, b) komory nityfikacji i denityfikacji, c) komory napowietrzania, d) separator piasku (fot. własne)

Na rysunku 3 przedstawiono oczyszczalnię ścieków w Kodrębie. Na fotografiach pokazane zostały komory napowietrzania i komory nityfikacji i denityfikacji oraz separator piasku.

## Podsumowanie

Przedstawione oczyszczalnie mają wiele wspólnych cech, przede wszystkim obsługują one tereny rolnicze, a w związku z tym przyjmują podobne ścieki. Wszystkie oczyszczalnie pracują w oparciu o mechaniczno-biologiczny proces oczyszczania, a ich przepustowość wynosi co najmniej 100 m<sup>3</sup>/d. Oczyszczeniu poddane zostają ścieki doprowadzane zarówno siecią kanalizacyjną, jak również dowożone wozami asenizacyjnymi.

Przedstawione oczyszczalnie typu ECOLO-CHIEF (Kobiele Wielkie), typu BIO-PAK (Żytno) i typowa oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna (Kodrąb) obsługują podobną liczbę mieszkańców, ale znacznie różnią się pod względem konstrukcyjnym.

W artykule dokonano również porównania efektywności oczyszczania ścieków i spełnienia wymagań dotyczących minimalnego procentu stopnia usunięcia zanieczyszczeń w przypadku omawianych oczyszczalni. Każda z oczyszczalni mieści się w kryteriach dotyczących wartości dopuszczalnych dla ścieków oczyszczonych doprowadzanych do odbiornika. Wśród oczyszczalni, różnych pod względem konstrukcyjnym, wspólną cechą jest automatyzacja procesów technologicznych.

Ze względu na to, że są to nowe oczyszczalnie (miały swój rozruch po 2000 r.), mają one bardzo dobre rezultaty stopnia usunięcia zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych. Stężenie BZT<sub>5</sub> w ściekach oczyszczonych w oczyszczalni ECOLO-CHIEF w dwóch próbach wynosi odpowiednio 4,0 i 6,0 gO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, w oczyszczalni typu BIO-PAK 11,5 i 10,2 gO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, natomiast w oczyszczalni w Kodrębie wynosi 12,0 i 9,0 gO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. We wszystkich oczyszczalniach nie przekracza więc to stężenie dopuszczalnej wartości ustalonej na poziomie 40,0 gO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Podobnie stężenie ChZT w omawianych oczyszczalniach jest w granicach normy i tak w oczyszczalni ECOLO-CHIEF wynosi 37,0 i 34,2 gO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, w oczyszczalni BIO-PAK wynosi 47,9 i 48,0 gO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, natomiast w oczyszczalni w Kodrębie wynosi 61 i 65 gO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. We wszystkich oczyszczalniach uzyskuje się zadowalający stopień usunięcia zanieczyszczeń eutroficznych, tj. wyrażonych wskaźnikami fosforu i azotu ogólnego.

Stopień usunięcia zanieczyszczeń w oczyszczalni ECOLO-CHIEF jest największy dla zawiesiny ogólnej, gdyż wynosi 99,1%, natomiast dla BZT<sub>5</sub> i ChZT jest na podobnym poziomie (ponad 97%).

W oczyszczalni BIO-PAK największy stopień usunięcia zanieczyszczeń jest najwyższy dla BZT<sub>5</sub> i wynosi 93,6%, równie wysoki jest stopień usunięcia zanieczyszczeń dla zawiesiny ogólnej i wynosi 93,5%. W mechaniczno-biologicznej oczyszczalni w Kodrębie stopień usunięcia zanieczyszczeń dla BZT<sub>5</sub>, ChZT i zawiesiny ogólnej także jest wysoki i wynosi w granicach 95÷98%.

Na podstawie przeanalizowanego materiału można stwierdzić, że w poszczególnych latach eksploatacji oczyszczalnie działały zgodnie z przepisami ochrony środowiska, ze szczególnym uwzględnieniem przepisów dotyczących wprowadzania ścieków oczyszczonych do odbiorników, a także z wymaganiami dotyczącymi stopnia usunięcia zanieczyszczeń.

Przedstawione w pracy oczyszczalnie należą do kategorii małych oczyszczalni ścieków ze względu na to, iż charakteryzują się przepustowością hydrauliczną nieprzekraczającą 2000 m<sup>3</sup> ścieków bytowo-gospodarczych na dobę. Budowa takich oczyszczalni na terenach wiejskich to najlepsze rozwiązanie ze względu na rozproszony charakter zabudowy, utrudnienia terenowe, a przede wszystkim względy ekonomiczne. Jednakże z uwagi na duże rozproszenie - na obszarach nieskanalizowanych wydawałoby się słuszne promowanie budowy przydomowych oczyszczalni ścieków.

W małych oczyszczalniach ścieków wykorzystuje się podobne procesy jednostkowe jak w średnich i dużych oczyszczalniach. Oczyszczalnie ścieków na terenach wiejskich ze względu na dużą zmienność dopływu i skład ścieków, brak laboratoriów umożliwiających ciągłą kontrolę i ewentualne korekty parametrów procesów oczyszczania powinny być możliwie proste i niezawodne. Dla planowanych nowych, małych oczyszczalni ścieków w gminie można zaproponować technologię złóż biologicznych jako najbardziej odporną na nierównomierność dopływających ścieków i zużywających stosunkowo mało energii elektrycznej [23, 24].

*Źródło finansowania BW-401/202/07.*

## Literatura

- [1] GUS: Główny Urząd Statystyczny, Ochrona Środowiska 2005, Warszawa 2005.
- [2] Łomotowski J., Szpindor A., Nowoczesne systemy oczyszczania ścieków, Arkady, Warszawa 2002.
- [3] Wodociągi i kanalizacja, praca pod redakcją W. Żuchowskiego, Wyd. VERLAG DASHOFER Sp. z o.o., Warszawa 2005.
- [4] UNICEF, Guidelines, on municipal wastewater management: 10 keys for Policy and decision makers, 2004.
- [5] Żuchowicki A.W., Odprowadzanie ścieków, Skrypt Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Koszalińska, Koszalin 2002.
- [6] Sikorski M., Ozimek T., Skarbek R., Oczyszczanie ścieków bytowo-gospodarczych w rolnictwie i na wsi, „Zanieczyszczenia obszarowe pochodzące z rolnictwa i możliwość ich ograniczenia”, Biuro Programu UNEP/WHO, Warszawa 1995.
- [7] Roman M., Kanalizacja. Oczyszczanie ścieków, Tom II, Arkady, Warszawa 1986.
- [8] Gospodarka wodno-ściekowa, praca pod redakcją Z. Heidricha, Wyd. VERLAG DASHOFER Sp. z o.o., Warszawa, 2005.
- [9] Wasterwater Technology Fact Sheet, Sequencing Bath Reactors, United States Environmental Protection Agency, EPA 832-F-99-073, 1999.
- [10] Pollington D., Sludge as a fuel source, Proc. of 1<sup>st</sup> Eur. Biosolids and Organic Residuals Conf. Aqua-Enviro/Leeds Univesity, Wekefield 1996.

- [11] Strategia Rozwoju Gminy Kobbiele Wielkie, Kobbiele Wielkie 2001.
- [12] Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Kobbiele Wielkie, Radomsko 2002.
- [13] Materiały własne firmy, dostępne na stronie: [www.ecolochief.com](http://www.ecolochief.com), odczyt 10.06.2010.
- [14] Materiały informacyjne z wielobranżowego Przedsiębiorstwa produkcyjno-usługowego SUMAX, „Typoszereg biologiczno-mechanicznych oczyszczalni ścieków ECOLO-CHIEF”, 2000.
- [15] Materiały instruktażowe Wstępna instrukcja eksploatacji oczyszczalni ścieków w m. Kobbiele Wielkie, Łódź 2002.
- [16] Operat wodno-prawny dla przedsięwzięcia: Oczyszczalnia ścieków typu ECOLO-CHIEF o przepustowości średniej  $Q_{d.sr.} = 120 \text{ m}^3/\text{d}$  w gm. Kobbiele Wielkie, 2003.
- [17] Strategia Rozwoju Gminy Żytno, opracowana dla gminy Żytno, 2000.
- [18] Projekt budowlany oczyszczalni ścieków - część technologiczna wraz z elementami operatu wodno-prawnego, Tomaszów Mazowiecki 2000.
- [19] Reaktor BIO-PAK, Instrukcja eksploatacji oczyszczalni ścieków BIO - PAK, 2004.
- [20] Plan Rozwoju Lokalnego 2004-2013 dla gminy Kodrąb, 2004 r., zatwierdzony uchwałą Rady Gminy XVIII/116/04 z dn. 8.12.2004.
- [21] Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy Kodrąb, Radomsko 2002.
- [22] Projekt technologiczny oczyszczalni ścieków dla miejscowości Kodrąb, Poznań 1999.
- [23] Błażejowski R., Mazurkiewicz J., Wybór małej oczyszczalni ścieków dla terenów niezurbanizowanych, GWiTS 2007, 81, 1, 22.
- [24] Grygorczuk-Petersons E., Ocena efektywności oczyszczalni ścieków w gminie Narewka woj. podlaskie, GWiTS 2008, 2, 66.

## Characteristic of Selected Commune Wastewater Treatment Plants

In this paper the modern, local wastewater treatment technologies, such as ECOLO-CHIEF, BIO-PAK were presented. These mechanical-biological wastewater treatment plants run mainly in the agricultural areas and serve similar numbers of inhabitants. The wastewater treatment plants for the agricultural areas should be as simple and reliable as possible, because of the fluctuation of sludge feed and wastewater composition, as well as lack of laboratories to control and correct the parameters of the treatment processes.

In the paper the comparative analysis of pollution indicators in the raw and treated sewage was presented. All analyzed WWTP were started after 2000 year. The hydraulic throughput of the tested wastewater treatment plants did not exceed  $2000 \text{ m}^3$  and the daily sewage input is about  $100 \text{ m}^3$ . The effect of the total suspension reduction in the described plants is about 98-99% and the  $\text{BOD}_5$  and COD decrease of about 97-98%. Therefore all tested wastewater treatment plants have met the requirements and the new discharge limits for the treated and disposed wastewater.

**Keywords:** sewage, commune wastewater treatment plants (WWTP), throughput, efficiency