

Włodzimierz Miernik, Andrzej Wałęga

**WPLYW CZASU EKSPLOATACJI
NA EFEKTY OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW
W OCZYSZCZALNI TYPU LEMNA**

Streszczenie

Artykuł zawiera ocenę wpływu czasu eksploatacji na efekty oczyszczania ścieków w oczyszczalni typu Lemna w Mniowie (woj. świętokrzyskie). Podstawą do jej sformułowania były badania składu fizykochemicznego ścieków surowych, dopływających do oczyszczalni i oczyszczonych, odpływających z niej do odbiornika, wykonane na obiekcie najpierw w latach 1998–2000 i powtórzone w latach 2004–2005. Ich zakres obejmował każdorazowo oznaczenie takich parametrów, jak: temperatura, odczyn, tlen rozpuszczony, BZT₅, zawiesina ogólna, azot amonowy i fosforany. Stwierdzono, że wraz z upływem czasu eksploatacji nastąpił wzrost obciążenia hydraulicznego badanej oczyszczalni, a mianowicie z 75% w latach 1998–2000, aż do planowanych 100%, tj. do 150 m³ ścieków oczyszczanych w ciągu doby, w latach 2004–2005. Towarzyszyła temu tendencja do wzrostu stężeń w ściekach surowych przede wszystkim takich parametrów, jak: zawiesina ogólna, azot amonowy i fosforany. Wzrost obciążenia hydraulicznego i ładunkiem zanieczyszczeń zaznaczył się wyraźnym pogorszeniem jakości odpływu z oczyszczalni, aczkolwiek w przypadku zawartych w nim związków organicznych (BZT₅ – średnio 24,6 mgO₂·dm⁻³) i zawiesiny ogólnej (średnio – 26,4 mg·dm⁻³), spełniał on w zdecydowanej większości

przypadków wymogi pozwolenia wodno-prawnego. Do pogorszenia się jakości odpływu z badanej oczyszczalni mógł się przyczynić także wzrost ilości zdeponowanych na dnie stawów osadów ściekowych. Bardzo wysokie stężenie oznaczanych w odpływie związków biogennych, a zwłaszcza fosforanów (średnio – $37,8 \text{ mgPO}_4^{3-} \cdot \text{dm}^{-3}$) to niewątpliwie efekt zachodzących w tych osadach procesów beztlenowych.

Słowa kluczowe: oczyszczalnia typu Lemna, eksploatacja, skuteczność działania

WSTĘP

Jeszcze na początku lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku kielecka spółka „Hydro”, bazując na rozwiązaniu opatentowanym w Stanach Zjednoczonych wdrożyła na terenie naszego kraju technologię oczyszczania ścieków z wykorzystaniem rzęsy wodnej, znaną powszechnie pod nazwą oczyszczalni typu Lemna. Aktualnie eksploatuje się w Polsce 45 tego typu oczyszczalni, przede wszystkim na terenach wiejskich [Białończyk 2002]. Pierwsze wyniki badań, uzyskane na oczyszczalniach typu Lemna, eksploatowanych z reguły jeszcze w warunkach niedociążenia hydraulicznego i ładunkiem zanieczyszczeń, wskazywały na wiele ich zalet. Były to między innymi, wysoki stopień usuwania ze ścieków związków organicznych i biogennych oraz stosunkowo niskie koszty eksploatacyjne [Białończyk 1995; Kowal 1995, 1996; Sikorski i in. 1996; Krzanowski, Miernik 1998]. Dodatkową, równie ważną zaletą oczyszczalni typu Lemna miał być brak na niej gospodarki osadami ściekowymi. Szacowano, że osady ściekowe będą się odkładać głównie w stawie pierwszym (napowietrzonym) warstwą grubości od 1 do 3 cm na rok, a także, że będzie to osad w wysokim stopniu zmineralizowany. Z takiego tempa przyrostu osadu wynikałaby konieczność jego usuwania nie wcześniej niż po upływie 25-letniego okresu eksploatacji oczyszczalni [Białończyk 1995, Sikorski i in. 1996]. Przeprowadzone badania przez Spółkę Widuch Hydro S.A. na oczyszczalniach typu Lemna (25 obiektów o okresie eksploatacji wynoszącym od 5 do 10 lat) pod kątem odkładania się w nich osadów, generalnie potwierdziły wyżej opisane założenia technologiczne. Stwierdzono również i przypadki szybszego tempa odkładania się osadów ściekowych. Występowały one na tych oczyszczalniach, które przyjmowały ścieki o ładunku zanieczyszczeń 2–3-krotnie wyższym niż określone w założeniach projektowych. Dla przykładu na oczyszczalni typu Lemna eksploatowanej w Dopiewie

k. Poznania tempo odkładania się osadów ściekowych wynosiło aż 23 cm/rok w stawie napowietrzanym i 10,3 cm/rok w stawie doczyszczającym [Białończyk 2002].

Mając na uwadze fakt, że w miarę upływu czasu eksploatacji oczyszczalni typu Lemna wzrasta ich obciążenie hydrauliczne i ładunkiem zanieczyszczeń oraz zwiększa się ilość odłożonych na dnie stawów osadów, co może wpływać na ich sprawność, autorzy podjęli próbę oceny wpływu tego czasu na efekty oczyszczania ścieków. To właśnie ta ocena stanowi zasadniczy cel niniejszej pracy.

OBIEKT BADAŃ

Wybór obiektu badań, a jest nim oczyszczalnia typu Lemna, obsługująca mieszkańców wsi i gminy Mniów położona w powiecie kieleckim (woj. świętokrzyskie), nie był dziełem przypadku. Była to bowiem czwarta z kolei tego typu oczyszczalnia w kraju, którą wybudowano ściśle według technologii amerykańskiej firmy Lemna Co. Oddano ją do eksploatacji pod koniec 1993 roku.

Ciąg technologiczny badanej oczyszczalni tworzą: w części mechanicznej – krata gęsta (prześwit 20 mm) czyszczona ręcznie, o symbolu katalogowym TKR 400/60° oraz dwukomorowy piaskownik poziomy (wymiary pojedynczej komory: długość 9,00 m; szerokość 0,26 m), a w części biologicznej – staw sztucznie napowietrzany (powierzchnia 0,20 ha; głębokość eksploatacyjna 3,00 m; czas zatrzymania ścieków około 10 dni) zaopatrzony w dwie przegrody hydrauliczne oraz staw doczyszczający zasiedlony rzęsą (powierzchnia 0,26 ha; głębokość eksploatacyjna 2,50 m; czas zatrzymania ścieków około 20 dni) zaopatrzony także w dwie przegrody hydrauliczne i system wpływających barier. Istotnym elementem uzupełniającym opisywany ciąg technologiczny jest położona na grobli rozdzielającej obydwie stawy komora koagulacji (żelbetowa studnia o wymiarach 2,0x2,5 m i głębokości 3,2 m). Funkcjonuje ona jako komora szybkiego mieszania. To do niej w okresie zimowym dodawany jest koagulant (siarczan glinu), którym wspomagany jest proces usuwania ze ścieków związków fosforu. Połączono ją ze stawami rurociągiem o średnicy 200 mm.

Odbiornikiem oczyszczonych ścieków jest rzeka Czarna Taraska w km 13+875, do której trafiają za pośrednictwem rowu melioracyjnego. Warunki odprowadzania oczyszczonych ścieków reguluje obowiązujące eksploatatora pozwolenie wodno-prawne udzielone przez Starostwo Powiatowe w Kielcach decyzją z dnia 24 lipca 2003 roku.

Wynika z niego, że objętość zrzucanych do odbiornika ścieków w ciągu doby nie może przekraczać średnio 150 m^3 i maksymalnie 200 m^3 , a dopuszczalne w nich stężenie nie może przekraczać dla: BZT_5 – $40 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$, ChZT_{Cr} – $150 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$ i zawiesiny ogólnej – $50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

METODYKA BADAŃ I OPRACOWANIA ICH WYNIKÓW

Pierwszą serię badań na oczyszczalni ścieków typu Lemna w Mniowie wykonano jeszcze w okresie od czerwca 1998 do kwietnia 2000 roku, a więc obejmującym kolejno 5, 6 i 7 rok eksploatacji obiektu. W tym czasie systematycznie jeden raz na miesiąc, w tych samych miejscach ciągu technologicznego oczyszczalni, pobierano do analizy fizykochemicznej próby ścieków surowych (komora krat) i oczyszczonych (w doku żelbetowym na odpływie ze stawu Lemna). W jej ramach, bazując na metodykach standardowych, oznaczano w pobranych próbach między innymi takie parametry jak: temperatura, odczyn, zawartość tlenu rozpuszczonego, BZT_5 , zawiesinę ogólną, azot amonowy i fosforany. W sumie na przestrzeni wyżej wymienionego okresu wykonano 23 serie pomiarowe.

Mając na uwadze realizację nakreślonego celu pracy, w okresie od czerwca 2004 do maja 2005 roku, powtórzono badania na przedmiotowym obiekcie. Ta druga seria obejmowała więc już 11 i 12 rok eksploatacji oczyszczalni typu Lemna w Mniowie. Badania terenowe (łącznie 12 serii), które jak poprzednio sprowadzały się do poboru prób ścieków surowych i oczyszczonych do analizy fizykochemicznej, powtórzono dokładnie w tych samych odstępach czasowych jak i punktach pomiarowych. Zachowano również taki sam zakres oznaczeń, jak i ich metodyki. Pozwoliło to uzyskać wyniki jednorodne pod względem genetycznym.

Zebrane wyniki badań poddano opracowaniu statystycznemu, wykorzystując do tego celu dostępny pakiet STATISTICA.PL dla komputerów PC. Obliczono więc i zestawiono w tabelach podstawowe statystyki opisowe (średnią, zakres zmienności, odchylenie standardowe średniej i współczynnik zmienności) dla oznaczanych parametrów zanieczyszczeń w ściekach surowych i oczyszczonych. Obliczenia te uzupełniono sprawdzeniem statystycznej istotności różnic testem t-Studenta (na poziomie istotności $\alpha = 0,05$) pomiędzy średnimi stężeniami w obu rozpatrywanych seriach pomiarowych, oddzielnie dla ścieków surowych i dla ścieków oczyszczonych. Obliczono także

zalecane przez Raka i Wieczystego [1997] wskaźniki niezawodności oczyszczalni, a to: sprawności oczyszczania ścieków (η), zawodności technologicznej pracy (q) i technologicznej sprawności (P_{sw}^*). Ich definicje oraz formuły służące do obliczania znaleźć można w cytowanej wyżej pracy.

WYNIKI BADAŃ I ICH DYSKUSJA

Podjmując próbę oceny wpływu czasu eksploatacji oczyszczalni ścieków typu Lemna w Mniowie, zasadnym wydaje się rozpocząć ją od przeanalizowania składu ścieków surowych, jakie w obu okresach do niej dopływały. Zmiany bowiem tego składu, a przede wszystkim wzrost stężeń oznaczanych w nich parametrów, przy równocześnie obserwowanym wzroście ich objętości dopływu, pociągają za sobą zwiększenie obciążenia oczyszczalni ładunkiem zanieczyszczeń, co w ostatecznej konsekwencji może wpływać na obniżenie efektów jej pracy, wyrażające się między innymi pogorszeniem jakości odpływu. Należy mieć na uwadze, że o ile w latach 1998–2000 przedmiotowa oczyszczalnia była obciążona hydraulicznie w około 75% wartości projektowej, to już w latach 2004–2005 obciążenie to wzrosło do 100%, czyli oczyszczano na niej średnio około 150 m³ ścieków w ciągu doby. W takich warunkach skład badanych ścieków surowych, dopływających do oczyszczalni oraz oczyszczonych, odpływających z niej do odbiornika charakteryzują dane (średnia, zakres zmienności, odchylenie standardowe średniej i współczynnik zmienności) zestawione w tabeli 1. Wynika z niej, że w okresie realizowania obu serii pomiarowych cechy fizyczne (temperatura, odczyn) ścieków surowych układały się na poziomie zbliżonym do siebie. Średnia temperatura ścieków na dopływie do oczyszczalni wynosiła 10,9 °C w wieloleciu 1998–2000 oraz 10,0 °C w latach 2004–2005, natomiast odczyn w badanych próbach ścieków oscylował wokół obojętnego. Podobną tendencję wykazywały ścieki surowe, ze względu na zawarte w nich ilości związków organicznych (BZT₅) i jonów fosforanowych. W latach 1998–2000 przeciętna wartość BZT₅ wyniosła w nich 206,9 mgO₂·dm⁻³, by z kolei w latach 2004–2005 obniżyć się do poziomu 172,0 mgO₂·dm⁻³. W tych samych okresach czasu średnie stężenie fosforanów w dopływie do oczyszczalni kształtowało się odpowiednio na poziomie 22,0 i 33,6 mgPO₄⁻³·dm⁻³.

Tabela 1. Statystyki opisowe parametrów fizykochemicznych oznaczonych w ściekach do- i odpływających z oczyszczalni typu Lemna w Mniowie
Table 1. Statistics of physical and chemical parameters determined in inflow and outflow sewage from the sewage treatment plant in Mniów village

Parametry /Parameters/	Okres eksploatacji / Period of exploitation/													
	Lata 1998-2000 / Years 1998-2000/						Lata 2004-2005 / Years 2004-2005/							
	Średnia /average/	Zakres zmiennosci (min-max)	Odchylenie standard. /stand. deviat. /average/	Współ. zmien. /coefficient of variability/	Średnia /average/	Zakres zmiennosci (min-max)	Odchylenie standard. /stand. deviat. /average/	Współ. zmien. /coefficient of variability/	Średnia /average/	Zakres zmiennosci (min-max)	Odchylenie standard. /stand. deviat. /average/	Współ. zmien. /coefficient of variability/		
Temperatura ścieków [°C] /Temperature of sewage/	dopływ /inflow/ 10,9	4-16,1	0,81	0,37	10,0	5,4-14,1	1,17	0,33	odpływ /outflow/ 9,8	1-20	1,27	0,61	1,73	1,80
Odczyn [pH]	-	6,5-7,5	-	-	-	7,0-7,5	-	-	-	7,0-7,5	-	-	-	-
Tlen rozpuszczony [mgO ₂ ·dm ⁻³] /Dissolved Oxygen/	dopływ /inflow/ 2,7	0-6,1	0,33	0,65	1,3	0-3	0,42	0,92	odpływ /outflow/ 6,5	3,6-12,2	0,33	0,34	0,60	0,31
BZT ₅ /BOD ₅ / [mgO ₂ ·dm ⁻³]	dopływ /inflow/ 206,9	15,0-583,1	36,82	0,83	172,0	59,8-358,8	23,0	0,48	odpływ /outflow/ 14,3	0,4-48,0	2,48	0,80	6,66	0,59
Zawiesina ogólna [mg·dm ⁻³] /Total suspended/	dopływ /inflow/ 58,2	9,2-166,4	9,61	0,83	174,8	62,4-348,4	19,8	0,41	odpływ /outflow/ 21,8	0,7-104,0	6,40	1,37	4,46	0,61
Azot amonowy [mgNH ₄ ⁺ ·dm ⁻³] /Ammonia nitrogen/	dopływ /inflow/ 27,3	11,75-40,2	1,48	0,28	57,5	37,5-88,5	5,34	0,26	odpływ /outflow/ 14,1	5-41	1,98	0,65	4,17	0,27
Fosforany [mgPO ₄ ⁻³ ·dm ⁻³] /Phosphates/	dopływ /inflow/ 22,0	5-104,0	4,42	0,72	33,6	21,1-53,0	3,64	0,31	odpływ /outflow/ 12,2	5-22,5	2,54	0,39	4,14	0,31

Wyraźnemu pogorszeniu uległy warunki tlenowe w ściekach doprowadzanych do oczyszczalni. Średnie stężenie rozpuszczonego w nich tlenu obniżyło się z 2,7 do 1,3 mgO₂·dm⁻³. Pozostałe analizowane parametry chemiczne w ściekach surowych występowały w drugim okresie badań w stężeniach przeciętnie 3-krotnie (zawiesina ogólna – 174,8 mg·dm⁻³) lub 2-krotnie wyższych (azot amonowy – 57,5 mgNH₄⁺·dm⁻³) niż w pierwszym. Zauważalny spadek tlenu rozpuszczonego w ściekach dopływających przy równocześnie wyraźnym wzroście w nich zawiesiny i amonowej formy azotu mogą sugerować, że do oczyszczalni przedostawała się poza kontrolą większa niż zalecana ilość ścieków z przydomowych szamb.

Analizując z kolei zmiany składu ścieków oczyszczonych, odpływających z oczyszczalni Lemna w Mniowie w obu rozpatrywanych okresach jej eksploatacji, można zauważyć, że takie ich parametry, jak: temperatura, odczyn oraz ilość rozpuszczonego tlenu są na poziomie zbliżonym do siebie. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że zawartość zawiesiny ogólnej w odpływie z oczyszczalni była niemal identyczna (w latach 1998–2000 utrzymywała się średnio na poziomie 21,8 mg·dm⁻³, a w latach 2004–2005 na poziomie 26,4 mg·dm⁻³) pomimo, że w drugim okresie jej stężenie na dopływie było jak już wcześniej zauważono 3-krotnie wyższe niż w okresie pierwszym. W tym przypadku decydował o tym niewątpliwie długi czas retencji ścieków, wynoszący dla obu stawów łącznie 30 dni, co sprzyjało procesowi jej sedymentacji. Różniły się i to zasadniczo stężenia pozostałych oznaczanych w odpływie parametrów, czyli BZT₅, azotu amonowego i fosforanów. Ich przeciętne wartości wskazują jednoznacznie na pogarszanie się jakości ścieków oczyszczonych w miarę upływu czasu eksploatacji obiektu. W latach 2004–2005 przeciętna wartość BZT₅ w odpływie ze stawu Lemna była prawie 2-krotnie wyższa niż w okresie wcześniejszym i wynosiła 24,6 mgO₂·dm⁻³, a stężenie azotu amonowego i fosforanów ponad 3-krotnie wyższe. Średnia zawartość azotu amonowego w ściekach zrzucanych do odbiornika wynosiła więc 44,2 mgNH₄⁺·dm⁻³, a fosforanów 37,8 mgPO₄⁻³·dm⁻³. Źródłem tych form związków biogennych w ściekach oczyszczonych, a zwłaszcza fosforanów, mogą być zdeponowane na dnie stawów osady ściekowe będące w fazie beztlenowego rozkładu. Wykonane jesienią 2004 roku na zlecenie eksploatatora oczyszczalni typu Lemna w Mniowie pomiary kontrolne wykazały, że osady ściekowe zdeponowane są przede wszystkim w stawie pierwszym (napowietrzanym), a ich warstwa ma miąższość od około 100 (w strefie dopływu) do 50 cm (w strefie odpływu).

Przedstawiona powyżej analiza składu fizykochemicznego ścieków surowych i oczyszczonych na przedmiotowym obiekcie, a także zarysowane tendencje jego zmian w miarę upływu czasu eksploatacji, znajdują swoje potwierdzenie w wynikach obliczeń testu t-Studenta zawartych w tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki testu t-Studenta istotności różnic pomiędzy średnimi wartościami parametrów oznaczanych w ściekach do- i odpływających z oczyszczalni typu Lemna w Mniowie

Table 2. The results of the t-Students test of significance of differences between average values of parameters in inflow and outflow sewage from Lemna sewage treatment plant

Parametry /Parameters/	Średnia wartość w okresie /Average value in period/		t	df	p*
	1998–2000	2004–2005			
Temperatura ścieków /Temperature of sewage/ dopływ /inflow/ odpływ /outflow/	10,9	10,0	0,613	25	0,545
	9,8	7,6	0,884	25	0,385
Tlen rozpuszczony /Dissolved Oxygen/ dopływ /inflow/ odpływ /outflow/	2,7	1,3	2,118	25	0,044
	6,5	5,4	1,545	25	0,135
BZT ₅ /BOD ₅ / dopływ /inflow/ odpływ /outflow/	206,9	172,0	0,650	30	0,52
	14,3	24,6	-2,203	30	0,035
Zawiesina ogólna /Total suspended/ dopływ /inflow/ odpływ /outflow/	58,2	174,8	-5,634	30	0,000
	21,8	26,4	-0,485	30	0,631
Azot amonowy /Ammonia nitrogen/ dopływ /inflow/ odpływ /outflow/	27,3	57,5	-7,133	25	0,000
	14,1	44,2	-7,025	25	0,000
Fosforany /Phosphates/ dopływ /inflow/ odpływ /outflow/	22,0	33,6	-1,455	25	0,158
	12,2	37,8	-8,448	25	0,000

t – wartość testu t-Studenta /Student's t-test value/,

df – liczba stopni swobody /number of degrees of freedom /,

p – prawdopodobieństwo testowe /p-value/

* – różnice są statystycznie istotne przy $p < 0,05$ /differences are significant for $p < 0,05$ /

Test ten potwierdził, że statystycznie istotne są różnice pomiędzy średnimi dla obu okresów badań wartościami temperatury ścieków tak na dopływie, jak i na odpływie z oczyszczalni, średnimi wartościami BZT₅ i fosforanów tylko w ściekach surowych oraz zawartością tlenu rozpuszczonego i zawiesiny ogólnej tylko w ściekach oczyszczonych. W pozostałych przypadkach i dla pozostałych parametrów różnice pomiędzy ich średnimi stężeniami okazały się statystycznie istotne na przyjętym w obliczeniach poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Pomimo potwierdzonymi wynikami badań zmianami w składzie ścieków surowych, dopływających do badanej oczyszczalni, jakość ścieków w niej oczyszczonych spełniała warunki w zakresie określonym w aktualnie obowiązującym jej eksploatatora pozwoleniu wodnoprawnym.

Dopełnienie oceny wpływu czasu eksploatacji oczyszczalni typu Lemna na efekty jej pracy stanowią obliczone dla przedmiotowego obiektu wartości wskaźników niezawodności, których wyniki zawiera tabela 3. Analizując zawarte w niej dane, można dostrzec, że sprawność oczyszczania ścieków (η), z wyjątkiem zawiesiny ogólnej, obniżyła się w latach 2004–2005 o kilkanaście, a nawet jak miało to miejsce w przypadku związków biogenych, o kilkadziesiąt procent. W okresie tym obserwowano nawet zjawisko wynoszenia fosforanów wraz z odpływającymi ściekami. W porównaniu do koncentracji na dopływie ich stężenia na odpływie były w drugim okresie badań, przeciętnie o około 13 % wyższe. Pozostałe wskaźniki, a więc zawodności technologicznej pracy oczyszczalni (q) oraz technologicznej sprawności oczyszczalni ścieków (P_{SW}^*) wystawiają pozytywną ocenę obiektowi w Mniowie. Oczyszczalnia tam eksploatowana, ze względu na eliminację w procesie oczyszczania związków organicznych i zawiesiny ogólnej, funkcjonowała w obu okresach poprawnie ($q = 0$), gwarantując przy tym wysoki poziom prawdopodobieństwa dotrzymania stężeń tych parametrów w odpływie, poniżej wartości dopuszczalnych, określonych w pozwoleniu wodnoprawnym. Prawdopodobieństwo to (P_{SW}^*) w zależności od rozpatrywanego okresu badań wahało się dla BZT₅ od 0,92 do 0,86, natomiast dla zawiesiny ogólnej od 0,83 do 0,79.

Tabela 3. Wartości wskaźników niezawodności dla oczyszczalni ścieków typu Lemna w Mniowie w latach 1998–2000 i 2004–2005

Table 3. Values of reliability indicators for the treatment plant of Lemna type in Mniów in years 1998–2000 and 2004–2005

Parametr /Parameter/	Lata /Years/ 1998-2000			Lata /Years/ 2004-2005		
	Sprawność oczyszczalni ścieków η /efficiency of the sewage treatment plant/	Zawodność technologiczna oczyszczalni ścieków q /technological unreliability of the sewage treatment plant/	Technologiczna sprawność oczyszczalni ścieków P _{sw} * /technical efficiency of the sewage treatment plant/	Sprawność oczyszczalni ścieków η /efficiency of the sewage treatment plant/	Zawodność technologiczna oczyszczalni ścieków q /technological unreliability of the sewage treatment plant/	Technologiczna sprawność oczyszczalni ścieków P _{sw} * /technical efficiency of the sewage treatment plant/
BZT _B /BOD _B /	93,0%	0,0	0,92	81,7%	0,0	0,86
Zawiesina ogólna /Total suspended/	62,5%	0,0	0,83	85,0%	0,0	0,79
Azot amonowy /Ammonium nitrogen/	48,3%	-	-	23,1%	-	-
Fosforany /Phosphates/	44,5%	-	-	+12,5%	-	-

PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

Przedstawiona w artykule próba oceny wpływu czasu eksploatacji oczyszczalni ścieków typu Lemna, eksploatowanej w gminie Mniów na efekty jej pracy, bazuje na wynikach badań uzyskanych w latach 1998–2000 i powtórzonych na przedmiotowym obiekcie w latach 2004–2005. W okresie pomiędzy pierwszą a drugą serią badań oczyszczalnia ta uzyskała pełne obciążenie hydrauliczne, wynoszące docelowo 150 m³ oczyszczanych ścieków w ciągu doby. Zmieniły się także w międzyczasie i to zasadniczo wymogi prawne w zakresie jakości ścieków oczyszczonych, odprowadzanych do odbiornika [Rozporządzenie... 2004]. Obowiązujące aktualnie pozwolenie wodno-prawne jest bardziej liberalne, nie nakłada bowiem na jej użytkownika, rygorystycznych – ustawionych na niskim poziomie stężeń związków biogenych w oczyszczonych ściekach. Zauważalny wzrost ilości azotu amonowego i fosforanów w odpływie z oczyszczalni typu Lemna w Mniowie wynikać może z jednej strony z odstępstw w zakresie jej eksploatacji, z drugiej natomiast z wyższego niż przewidywanego tempa odkładania się osadów ściekowych na dnie stawu napowietrzanego. Tej drugiej przyczynie (bardziej prawdopodobnej) sprzyjać może brak w ciągu technologicznym oczyszczalni typu Lemna osadnika wstępnego, który eliminowałby ze ścieków tę frakcję zanieczyszczeń, jaką stanowi zawiesina ogólna, jeszcze przed wprowadzeniem ich na jej część biologiczną.

Zebrane wyniki badań własnych uzupełnione studiami literatury przedmiotu pozwalają na sprecyzowanie następujących wniosków końcowych:

1. Wraz z upływem czasu eksploatacji nastąpił wzrost, aż do planowanego, pełnego obciążenia hydraulicznego oczyszczalni, któremu generalnie towarzyszyła tendencja wzrostowa stężeń parametrów fizykochemicznych oznaczanych w ściekach surowych. Największy, bo blisko 3-krotny wzrost odnotowano w przypadku stężenia zawiesiny ogólnej, to jest przeciętnie do poziomu 174,8 mg·dm⁻³.

2. Wzrostowi obciążenia hydraulicznego i ładunkiem zanieczyszczeń towarzyszyło pogorszenie się jakości ścieków oczyszczonych. Przeciętna wartość BZT₅ była w nich, w drugim okresie badań, blisko 2-krotnie wyższa niż w pierwszym i wynosiła 26,4 mgO₂·dm⁻³. Wyjątkiem może być zawartość w odpływie zawiesiny ogólnej, której ilość w pierwszym okresie badań wynosiła średnio 21,8, natomiast w drugim 26,4 mg·dm⁻³. Zarówno jednak zawartość związków organicznych, jak też i zawiesiny ogólnej w oczyszczonych ściekach spełniała w zdecydowanej większości badanych przypadków wymogi pozwolenia wodno-prawnego.

3. Szczególnie wyraźnie zaznaczył się wpływ czasu eksploatacji na wzrost w oczyszczonych ściekach ilości azotu amonowego i fosforanów. W porównaniu do pierwszego okresu badań ich stężenia w odpływie były ponad 3-krotnie wyższe i wynosiły odpowiednio $44,2 \text{ mgNH}_4^+ \cdot \text{dm}^{-3}$ i $37,8 \text{ mgPO}_4^{3-} \cdot \text{dm}^{-3}$. Wskazuje to, a zwłaszcza obecność fosforanów, na istnienie tzw. wewnętrznego źródła ich zasilania, którym są zdeponowane na dnie stawu osady ściekowe.

4. W świetle uzyskanych wyników obliczeń wskaźników niezawodności funkcjonowanie oczyszczalni typu Lemna w Mniowie w czasie analizowanych okresów jej eksploatacji należy ocenić pozytywnie. Oczyszczalnia ta pracowała niezawodnie, gwarantując wysoki poziom prawdopodobieństwa dotrzymania jakości odpływu zgodnego z wymogami pozwolenia wodno-prawnego.

5. Wydaje się, że uzupełnienie ciągu technologicznego oczyszczalni typu Lemna o osadnik wstępny powinno ograniczyć ilość odkładających się w stawach osadów ściekowych, co w konsekwencji powinno wpłynąć na poprawę efektów jej pracy, a zwłaszcza na eliminację zawartych w oczyszczanych ściekach związków biogenych.

BIBLIOGRAFIA

- Białończyk J. *Naturalna biologiczna oczyszczalnia ścieków typu Lemna*. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie nr 2, 1995, s. 62–66.
- Białończyk J. *Hydrobotaniczne oczyszczalnie ścieków typu Lemna*. Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie nr 4, 2002, s. 132–136.
- Kowal A. L. *Systemy oczyszczania ścieków Lemna*. VII Ogólnopolskie Seminarium „Eksploatacja oczyszczalni ścieków”, Kielce 25–26.IX.1995, 1995, s. 141–148.
- Kowal A. L. *System Lemna oczyszczania ścieków..* II Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy oczyszczania ścieków i ochrony wód w Dorzeczu Odry”, Polanica Zdrój, 24–26.VI.1996, 1996, s. 177–181.
- Krzanowski S., Miernik W. *Seminaturalne oczyszczalnie ścieków na terenach wiejskich*. Mat. V-tej Konferencji Naukowej „Infrastruktura techniczna wsi – ku integracji europejskiej”, Kraków–Szczecin, 19–21.X.1998, 1998, s. 97–104.
- Maślanka K., Miernik W., Popławski Ł. *Analiza efektywności ekonomicznej oczyszczalni ścieków typu Lemna w gminie Mniów w woj. świętokrzyskim*. Inżynieria Rolnicza nr 8 (28), t.1, 2001, 169–179.
- Rak J. , Wieczysty A. *Funkcjonowanie systemu oczyszczalni ścieków – odbiornik w świetle teorii niezawodności*. IX Ogólnopolska Konf. Nauk. – Tech. z cyklu „Problemy gospodarki wodno-ściekowej w regionach rolniczo-przemysłowych.”, Rajgród 1977, s. 16–24.
- Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska z dnia 8 lipca 2004 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzeniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego*. Dz.U. Nr 168, poz. 1763
- Sikorski M., Kostera E., Widuch A. *Charakterystyka techniczna i ocena efektywności pracy oczyszczalni ścieków systemu Lemna*. ZN AR we Wrocławiu 293, 1996, s. 217–227.

Dr inż. Włodzimierz Miernik, dr inż. Andrzej Wałęga
Zakład Gospodarki Wodnej i Ochrony Wód
al. Mickiewicza 24/28
30 – 059 Kraków
tel. (012) 662-40-50, e-mail: wmiernik@ar.krakow.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Stanisław Węglarczyk*

Włodzimierz Miernik, Andrzej Wałęga

INFLUENCE OF OPERATION TIME THE EFFICIENCY OF ON EFFECTIVENESS AT SEWAGE TREATMENT PROCESS IN LEMNA SEWAGE TREATMENT PLANT

SUMMARY

The evaluation of the influence of operation time the efficiency of on effectiveness sewage treatment process in a Lemna sewage treatment plant is presented in the paper. The basis for the evaluation included the study of the physical and chemical inflow of sewage to the treatment plant and outflow to the river, realized in years 1998–2000 and repeated in years 2004–2005. The research covered sewage temperature, pH, oxygen concentration, BOD₅, total suspended solids, ammonia nitrogen and phosphates. The analysis showed an increase of hydraulic load at sewage treatment plant from 75% in years 1998–2000 to projected 100% (150 m³·d⁻¹) in years 2004–2005. Also, an increase was observed of concentrate pollutants in inflow sewage for following parameters: total suspended solids, ammonia nitrogen and phosphates. The increase of hydraulic load and pollutants load was caused by deterioration of the quality outflow sewage but for organic pollutants (BOD₅ – average 24,6 mgO₂·dm⁻³) and total suspended solids (average – 26,4 mg·dm⁻³), for which the discharge met the demands of water supply and sewage. Permission the increase of quantity of the sewage sludge on bottom ponds was caused by deterioration of quality outflow sewage in the analyzed sewage treatment plant. The anaerobic process in sewage sludge was caused by very high concentrations of biogenic compounds, main phosphates (average – 37,8 mg·dm⁻³).

Key words: Lemna sewage treatment plant, operation, efficiency work