

Mirosław Szyłak-Szydłowski

Ocena zmian toksyczności odcieków ze składowiska odpadów podczas ich biologicznego oczyszczania

Opracowanie skutecznych metod zapobiegania przedostawaniu się zanieczyszczeń ze składowisk odpadów do środowiska gruntowo-wodnego i powietrza jest jednym z głównych problemów inżynierii środowiska. Ocieki ze składowisk odpadów, z uwagi na obecność w nich licznych zanieczyszczeń chemicznych i mikrobiologicznych, stanowią także poważne zagrożenie sanitarno-epidemiologiczne. W celu oczyszczenia odcieków składowiskowych stosuje się ich recyrkulację na składowisku, odprowadza do kanalizacji, po czym poddaje się je łącznemu oczyszczaniu ze ściekami miejskimi, a często unieszkodliwia oddzielnie w oczyszczalni zlokalizowanej na terenie składowiska, wykorzystującej metody mechaniczne, chemiczne, fizykochemiczne, biologiczne. Stosuje się także układy połączone z wykorzystaniem tych metod.

Skuteczność metod biologicznych zależy głównie od składu chemicznego ścieków, w tym rodzaju związków organicznych i ich podatności na rozkład biochemiczny ($[BZT_5]/[ChZT]$), a także od zawartości związków azotu i fosforu oraz metali ciężkich [1, 2]. Na skład odcieków ma wpływ wiek składowiska, stąd też metody biologiczne są głównie przydatne do oczyszczania odcieków pochodzących z młodych składowisk, w których związki organiczne występują w postaci łatwo biodegradowalnej. Klasyczne metody osadu czynnego i złożeń biologicznych nie zapewniają jednak pełnego usunięcia z odcieków zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych. Dlatego w ostatnich latach zwraca się dużą uwagę na wykorzystanie do tego celu metody osadu czynnego w sekwencyjnych reaktorach porcjowych (SBR). Zaletą tych reaktorów jest możliwość wprowadzania modyfikacji technologicznych w trakcie eksploatacji, takich jak zmiana czasu trwania poszczególnych faz, długości cyklu pracy czy sposobu doprowadzania ścieków [3]. Charakteryzują się one również małą wrażliwością na obecność substancji toksycznych, prostotą obsługi, wysoką jakością ścieków oczyszczonych, optymalnym zużyciem energii i małą powierzchnią w stosunku do reaktorów przepływowych.

Biorąc pod uwagę fakt, iż rutynowe badania chemiczne ścieków dopływających i odpływających z reaktorów biologicznych nie uwzględniają obecności wszystkich związków występujących w ściekach, w niniejszej pracy określono toksyczność ścieków w odniesieniu do czterech przedstawicieli organizmów wodnych. Celem pracy było określenie możliwości zastosowania wybranych testów

toksykologicznych do oceny zmiany toksyczności odcieków ze składowiska odpadów podczas ich biologicznego oczyszczania.

Obiekt i metodyka badań

Do badań zastosowano ocieki odprowadzane systemem drenażowym do studni zbiorczej znajdującej się przy składowisku odpadów innych niż obojętne i niebezpieczne, tzw. komunalnych, zlokalizowanym w południowo-wschodniej części Otwocka. Składowisko odpadów funkcjonuje od 1998 r., a planowane zakończenie jego eksploatacji przewidywane jest w 2028 r. Deponowane są w nim odpady komunalne o dużej zawartości biodegradowalnych substancji organicznych w ilości około 110 t/d. Planowana wielkość składowiska wynosi 1,2 mln t, natomiast obecnie zdeponowano 520 tys. t odpadów. Podłoże składowiska jest izolowane geomembraną PEHD o grubości 2 mm. Składowanie odpadów jest kwatrowe, na działkach o miąższości 1,5÷2 m, przy czym miąższość warstw izolacyjnych wynosi 0,15 m. Na terenie składowiska prowadzony jest monitoring odcieków oraz ilości powstającego gazu składowiskowego, a także stanu jakości wód powierzchniowych i podziemnych w pobliżu składowiska. Ocieki ze składowiska charakteryzowały się następującymi wskaźnikami: ChZT – 3080 gO₂/m³, ogólny węgiel organiczny – 133÷1661 gC/m³, $[BZT_5]/[ChZT]=0,092\div0,475$, siarczyn – 58÷357 gSO₄²⁻/m³, $[SO_4^{2-}]/[Cl^-]=0,026\div0,131$, miedź – 0,014÷0,428 gCu/m³, cynk – 0,096÷6,943 gZn/m³, ołów – 0,049÷0,526 gPb/m³, kadm – 0,003÷0,049 gCd/m³, chrom – 0,038÷0,720 gCr/m³, rtęć – 0,001÷0,006 gHg/m³, przewodność właściwa – 7,4÷22,1 mS/cm, pH=7,2÷7,7 [4].

Proces oczyszczania odcieków prowadzono w modelowym sekwencyjnym reaktorze porcjowym (SBR) o pojemności roboczej 6,9 dm³, wyposażonym w mieszałko oraz system napowietrzania drobnopęcherzykowego, zapewniający zawartość tlenu w ilości 2 gO₂/m³. Jako zaszczerzenie reaktora zastosowano osad czynny pobrany z oczyszczalni ścieków komunalnych w Piasecznie pod Warszawą. Zawartość osadu w reaktorze utrzymywano w zakresie 3÷4 g/dm³ (w stosunku do całej objętości reaktora). Zawartość zawieszin lotnych w osadzie wynosiła średnio 67%, a mineralnych 33%. Proces oczyszczania prowadzono przy hydraulicznym czasie przetrzymania odcieków wynoszącym 16 h, przy obciążeniu osadu ładunkiem ChZT w zakresie 0,23÷1,64 gO₂/g·d, uzyskiwanym przez zwiększenie udziału odcieków (1%, 3%, 5%, 10%, 15%, 20% i 30%) w mieszaniu ze ściekami syntetycznymi przygotowanymi

zgodnie z recepturą podaną w pracy [5]. Układ badawczy pracował w systemie trzech 8-godz. cykli na dobę. Każdy z nich składał się z 45-min. fazy napełniania, 30-min. mieszania, 130-min. napowietrzania, 45-min. mieszania, 110-min. napowietrzania, 90-min. sedimentacji i 30-min. dekantacji (w tym dekantacja 25 min i faza martwa 5 min). Parametry te określono doświadczalnie w badaniach monitoringowych, polegających na wielokrotnej kontroli charakterystyki odcieków podczas trwania cyklu w zmiennych warunkach tlenowych. Reaktor pracował w temperaturze $20 \pm 22^\circ\text{C}$ przez 9 miesięcy.

Badania toksycznego oddziaływania odcieków, tj. mieszaniny dopływającej oraz odpływu z reaktora przeprowadzano z zastosowaniem następujących organizmów zasiedlających ekosystemy wodne: larwy owadów *Chironomus* sp., skorupiaki *Daphnia magna*, ryby *Lebistes reticulatus* oraz glony *Scenedesmus quadricauda*. Test na *Chironomus* sp. oraz *Daphnia magna* wykonano według normy [6], test na *Lebistes reticulatus* zgodnie z normą [7], a test na *Scenedesmus quadricauda* wg normy [8]. Wyniki badań toksyczności ostrej (TU_a) podano jako iloraz $100/LC(EC)_{50-t}$, po czym porównano z wytycznymi Unii Europejskiej [9] w celu określenia klasy toksyczności badanych mieszanin.

Wyniki badań

Badania wykazały, że w całym analizowanym zakresie obciążenia osadu czynnego ładunkiem ChZT nastąpiło wydatne zmniejszenie toksyczności ostrej odcieków w odpływie w porównaniu z mieszaniną dopływającą do reaktora, w odniesieniu do wszystkich przebadanych organizmów testowych (tab. 1). Świadczyło to, że w procesie biologicznego oczyszczania nastąpiło unieszkodliwienie związków toksycznych zawartych w odciekach.

Analiza toksykologiczna wpływu mieszaniny dopływającej do reaktora na larwy ochotki (*Chironomus* sp.) wykazała, że jej toksyczność w badanym zakresie obciążenia osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń zawierała się w granicach $8,0 \pm 16,7$, natomiast toksyczność odcieków oczyszczonych wynosiła $1,7 \pm 3,3$. Toksyczność mieszaniny dopływającej do reaktora przy obciążeniu osadu czynnego ładunkiem ChZT w zakresie $0,23 \pm 0,34 \text{ gO}_2/\text{g-d}$ pozwala sklasyfikować ją według wytycznych Unii Europejskiej [9] do II klasy toksyczności, zaś przy obciążeniu $0,40 \pm 1,64 \text{ gO}_2/\text{g-d}$ do III klasy toksyczności (ścieki silnie toksyczne). Ocieki oczyszczone odpływające z reaktora w całym badanym zakresie obciążenia osadu ładunkiem zanieczyszczeń sklasyfikowano jako toksyczne (II kl.). Same ocieki charakteryzowały się toksycznością równą

$45,5$, co klasyfikuje je jako silnie toksyczne (III kl.) dla *Chironomus* sp.

Badania toksykologiczne na organizmach *Daphnia magna* wykazały, że toksyczność odcieków dopływających i odpływających z reaktora przy tych samych zakresach obciążenia osadu ładunkiem ChZT wahała się odpowiednio w granicach $2,2 \pm 5,0$ i $1,3 \pm 1,4$, co pozwala zaklasyfikować je jako toksyczne (II kl.) dla tych skorupiaków. Toksyczność samych odcieków wynosiła $16,0$, co pozwala określić je jako silnie toksyczne (III kl.) dla badanych organizmów.

W przypadku ryb *Lebistes reticulatus* toksyczność mieszaniny dopływającej do reaktora w całym badanym zakresie obciążenia osadu ładunkiem ChZT wynosiła $1,7 \pm 3,3$, zaś odcieków oczyszczonych $1,3 \pm 1,7$. Były one zatem toksyczne (II kl.) dla ryb. W przypadku samych odcieków ze składowiska odnotowano toksyczność wynoszącą $85,8$, co klasyfikuje je jako silnie toksyczne (III kl.) dla *Lebistes reticulatus*.

W odniesieniu do glonów *Scenedesmus quadricauda*, toksyczność mieszaniny dopływającej i odpływającej z reaktora wahała się odpowiednio w przedziałach $4,0 \pm 12,5$ i $2,7 \pm 6,3$. W zakresie obciążenia osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń $0,23 \pm 0,96 \text{ gO}_2/\text{g-d}$ mieszanina odcieków i ścieków bytowych dopływająca do reaktora wykazywała toksyczność w granicach $4,0 \pm 8,3$, była zatem toksyczna (II kl.), natomiast przy obciążeniu $1,64 \text{ gO}_2/\text{g-d}$ (toksyczność $12,5$) – silnie toksyczna (III kl.) dla tych organizmów. Wartości toksyczności odcieków odpływających z reaktora pozwalają sklasyfikować je jako toksyczne (III kl.). Silnie toksyczne dla badanych organizmów były również same ocieki, których toksyczność wynosiła $40,0$.

Dyskusja wyników

Podczas badań na embrionach ryb *Ozyris latipes*, poddawano je toksycznemu działaniu odcieków o wartości $\text{ChZT} = 740 \pm 5000 \text{ gO}_2/\text{m}^3$ i $\text{BZT}_5 = 223 \pm 1700 \text{ gO}_2/\text{m}^3$. Przy 8% ilości odcieków stwierdzono 100% śmiertelność organizmów (IV kl.) [10]. Analizowano również wpływ odcieków na młode i dorosłe ryby z tego gatunku, poddając je działaniu odcieków o $\text{ChZT} = 79 \text{ gO}_2/\text{m}^3$ i $\text{BZT}_5 = 52 \text{ gO}_2/\text{m}^3$. Uzyskane wartości toksyczności wynosiły odpowiednio $5,26$ i $1,88$ [11]. Podczas traktowania ryb *Brachydanio rerio* odciekami o $\text{ChZT} = 5200 \pm 11500 \text{ gO}_2/\text{m}^3$ i $\text{BZT}_5 = 2800 \pm 4000 \text{ gO}_2/\text{m}^3$ uzyskano toksyczność w zakresie $17,54 \pm 45,45$ (III kl.) [12]. Inni badacze, stosując ten sam gatunek testowy do badań odcieków o $\text{ChZT} = 3096 \text{ gO}_2/\text{m}^3$ i $\text{BZT}_5 = 130 \text{ gO}_2/\text{m}^3$, stwierdzili toksyczność ostrą >20 , zaś podczas testu na rybach *Poecilia vivipara* – $44,64$ [13].

Tabela 1. Toksyczność odcieków ze składowiska odpadów przy różnym obciążeniu osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń (ChZT)
Table 1. Toxicity of landfill leachates at various sludge loading with organic pollutants (COD)

Organizm testowy		Obciążenie osadu czynnego ładunkiem ChZT, $\text{gO}_2/\text{g-d}$						Ocieki surowe
		0,23	0,34	0,40	0,45	0,96	1,64	
		toksyczność ostra (TU_a)						
Larwy ochotki (<i>Chironomidae</i>)	dopływ	8,0	10,0	12,5	16,0	16,7	16,7	45,5
	odpływ	1,7	1,8	2,0	2,5	2,5	3,3	
<i>Daphnia magna</i>	dopływ	2,2	2,5	2,9	5,0	4,0	5,0	16,0
	odpływ	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	
<i>Lebistes reticulatus</i>	dopływ	1,7	2,0	2,0	2,5	2,5	3,3	85,8
	odpływ	1,3	1,4	1,7	1,4	1,4	1,7	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	dopływ	4,0	4,3	5,0	5,0	8,3	12,5	40,0
	odpływ	2,7	2,9	3,3	4,0	5,0	6,3	

Badane w niniejszej pracy odcieki również wykazywały wysoką toksyczność wobec ryb *Lebistes reticulatus*, a stwierdzony wynik 85,5 pozwala zakwalifikować je do górnej granicy III klasy toksyczności.

Wykazane w niniejszej pracy zmniejszenie toksyczności odcieków ze składowiska w procesie biologicznego oczyszczania znajduje potwierdzenie w pracach innych badaczy zajmujących się oczyszczaniem odcieków. Kiedy poddawano odcieki koagulacji/flokulacji oraz ozonowaniu, a następnie przeprowadzano badania toksykologiczne na rybach *Brachydanio rerio* i *Poecilia vivipara*, początkowa toksyczność dla *B. rerio* z wartości >20 po koagulacji/flokulacji zmniejszyła się do 14,14, zaś po ozonowaniu do 6,91. Dla *P. vivipara* odnotowano toksyczność odcieków 44,64, a podczas oczyszczania wartość ta zmalała odpowiednio do 14,14 i $6,30 \div 10,81$ [13]. Oczyszczano również odcieki kolejno w następujących procesach: koagulacja/sedymentacja, osad czynny, filtracja, adsorpcja na węglu aktywnym i chlorowanie. Odcieki (o toksyczności ostrej równej 1,88 dla dorosłych *Oryzias latipes* i 5,26 dla młodych ryb z tego gatunku) poddane oczyszczeniu tymi metodami stały się całkowicie nietoksyczne (0) [11]. W niniejszych badaniach w odniesieniu do ryb *Lebistes reticulatus* w całym zakresie obciążenia osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń uzyskano zmniejszenie toksyczności mieszaniny odcieków ze ściekami bytowymi z $1,7 \div 3,3$ do $1,3 \div 1,7$. Ekspozycja *Daphnia magna* na badane w niniejszej pracy odcieki surowe wykazała ich toksyczność wynoszącą 16,0. Wartość ta była zbliżona do niektórych wyników uzyskanych przez badaczy analizujących toksyczność odcieków pochodzących z 27 składowisk. Odcieki pochodzące z dziesięciu składowisk odpadów komunalnych charakteryzowały się toksycznością w zakresie $0 \div 31,8$, z czego aż siedem próbek odcieków uznano za silnie toksyczne (III kl.). Próbki pobrane z lizymetrów charakteryzowały się toksycznością 4,65 (toksyczne – II kl.) oraz 18,87 (silnie toksyczne – III kl.). Autorzy ci badali również toksyczność odcieków pochodzących ze składowisk, na których składowano odpady przemysłowe obojętne, niebezpieczne oraz mieszane odpady komunalne i niebezpieczne przemysłowe. Uzyskano wartości toksyczności odpowiednio w zakresach $2,4 \div 4,2$, $1,6 \div 8,8$ oraz $5,3 \div 41,7$ [14]. Zarówno badania własne, jak i cytowane wykazały, że odcieki pochodzące ze składowisk odpadów komunalnych w większości zaliczane są do III klasy toksyczności dla *Daphnia magna*. Wartości toksyczności ostrej tych odcieków były znacznie większe niż wyznaczone w przypadku odcieków ze składowisk przemysłowych. Badając toksyczność odcieków ze składowiska Łubna, charakteryzujących się $\text{ChZT} = 2678 \div 3959 \text{ gO}_2/\text{m}^3$, w teście na organizmach *Daphnia magna* uzyskano wartości toksyczności w zakresie $15,6 \div 22,7$ [15]. Odmienne, znacznie mniejsze wartości toksyczności ($3,57 \div 6,25$) uzyskano dla *Daphnia magna* poddanych działaniu odcieków charakteryzujących się $\text{ChZT} = 340 \div 920 \text{ gO}_2/\text{m}^3$ i $\text{BZT}_5 = 520 \div 600 \text{ gO}_2/\text{m}^3$ [16]. Przeprowadzono ponadto test toksyczności na skorupiakach *Gammarus pulex* i *Asellus aquaticus*. Badane odcieki charakteryzowały się $\text{ChZT} = 1200 \text{ gO}_2/\text{m}^3$ i $\text{BZT}_5 = 600 \text{ gO}_2/\text{m}^3$ i były ekstremalnie toksyczne dla pierwszego z badanych organizmów (100 – IV kl.) i toksyczne dla *Asellus aquaticus* (8,12 – II kl.) [17]. Innym skorupakiem wykorzystywanym do badań nad toksycznym działaniem odcieków była *Artemia salina*, którą poddano działaniu odcieków o $\text{ChZT} = 460 \text{ gO}_2/\text{m}^3$ i $\text{BZT}_5 = 19 \text{ gO}_2/\text{m}^3$, stwierdzając toksyczność ostrą równą 1,33 [18], zaś, podczas badań nad odciekami ze składowiska

„Łubna” toksyczność w zakresie $4,9 \div 7,2$, co pozwala zakwalifikować odcieki do I klasy toksyczności (słabo toksyczne) [15].

Prowadzono także badania nad oczyszczaniem odcieków (o toksyczności równej 1,33) metodą Fentona, ozonowania, oczyszczania biologicznego z zawieszonym nośnikiem biomasy oraz na geofiltrze. Oczyszczone odcieki wykorzystywano następnie w testach toksykologicznych na skorupiaku *Artemia salina*, uzyskując wartości toksyczności odpowiednio 1,25, 1,27, 1,01 i 1,30 [18]. Badacze ci, prowadząc badania toksykologiczne na skorupiakach *Daphnia magna* poddawanych działaniu odcieków oczyszczonych metodami napowietrzania, nanofiltracji i ozonowania wykazali, że toksyczność badanych odcieków ($3,57 \div 6,25$) nie zmniejszyła się po przeprowadzeniu tych procesów, dopiero po procesie podczyszczania biologicznego w warunkach polowych odcieki stały się nietoksyczne (0). Gdy poddawano odcieki procesowi koagulacji za pomocą FeCl_3 oraz utlenianiu przy udziale O_3 oraz $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3$, nie uzyskano znacznego zmniejszenia toksyczności badanych próbek na *Daphnia magna* i *Scenedesmus quadricauda* [19]. Badania własne nad procesem oczyszczania mieszaniny odcieków i ścieków bytowych w sekwencyjnym reaktorze porcjowym wykazały zmniejszenie toksyczności z $2,2 \div 5,0$ do $1,3 \div 1,7$ w stosunku do tych organizmów.

Podczas testu toksycznego wpływu oczyszczonych odcieków na glony *Scenedesmus quadricauda* w niniejszej pracy uzyskano zmniejszenie toksyczności ostrej z $4,0 \div 12,5$ do $2,7 \div 6,3$ w całym badanym zakresie obciążenia osadu czynnego ładunkiem ChZT. Wyniki te porównywalne są z rezultatami badaczy, którzy odnotowali ok. 50% zmniejszenie toksyczności badanych odcieków o początkowej wartości $6,67 \div 10$. Autorzy ci analizowali toksyczne działanie odcieków na glony *Scenedesmus subspicatus*, uzyskując wyniki w zakresie $1 \div 18,2$ w przypadku odcieków ze składowisk komunalnych, $1,3 \div 1,6$ – odcieków ze składowisk odpadów przemysłowych obojętnych, $3,7 \div 8,5$ – odcieków ze składowisk odpadów przemysłowych niebezpiecznych oraz $2,4 \div 33,3$ – odcieków ze składowisk odpadów mieszanych [16]. Badane odcieki pochodzące ze składowiska odpadów komunalnych w Otwocku wykazały większą toksyczność w stosunku do glonów *Scenedesmus quadricauda* (40,0) i spowodowały ich deformację. Wartość ta była większa od uzyskanej w przypadku glonów *Scenedesmus quadricauda* ($23,8 \div 33,3$) [15] i zbliżona do najwyższych wartości toksyczności ostrej odnotowanych podczas testu na glonach *Raphidocelis subcaptidata* ($5,88 \div 50,0$) [16].

Podsumowanie

Przeprowadzone badania toksykologiczne wykazały, że w procesie biologicznego oczyszczania odcieków ze składowiska odpadów, w całym badanym zakresie obciążenia osadu czynnego ładunkiem ChZT, nastąpiło zmniejszenie toksyczności ostrej odcieków w odniesieniu do wszystkich przebadanych organizmów testowych. Wykluczono zatem powstawanie w procesie biologicznego oczyszczania bardziej toksycznych produktów pośrednich rozkładu związków organicznych zawartych w odciekach. Najbardziej wrażliwe na zanieczyszczenia występujące w mieszaninie ścieków i odcieków dopływających do reaktora biologicznego okazały się larwy ochotki (*Chironomus* sp.) (toksyczność ostra $8,0 \div 16,7$), natomiast na działanie odcieków surowych – ryby *Lebistes reticulatus* (85,8).

Wyniki badań potwierdziły możliwość zastosowania wybranych testów toksykologicznych do oceny zmiany toksyczności mieszaniny ścieków i odcieków ze składowiska odpadów podczas procesu biologicznego oczyszczania. Badania toksykologiczne mogą też być przydatne do oceny postępu oczyszczania różnych rodzajów ścieków na kolejnych etapach układu technologicznego. Do oceny wpływu poszczególnych zanieczyszczeń na toksyczność badanej mieszaniny można wykorzystać analizę statystyczną, która może wykazać, jaki rodzaj zanieczyszczeń jest najlepiej skorelowany z toksycznością [20], co będzie przedmiotem kolejnych prac.

LITERATURA

1. K. BARBUSIŃSKI, B. PIECZYKOLAN, H. KOŚCIELNIAK, M. AMALIO-KOSEL: Wpływ odcieków składowiskowych na skuteczność oczyszczania ścieków miejskich i właściwości osadu czynnego. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 3, ss. 33–38.
2. W. PRZYSTAŚ, E. ZABŁOCKA-GODLEWSKA, E. GRABIŃSKA-SOTA, M. URBANIAK: Badania zdolności wybranych szczepów grzybów ligninolitycznych do rozkładu barwników syntetycznych. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 3, ss. 15–20.
3. L.H. KETCHUM: Design and physical features of sequencing bath reactors. *Water Science and Technology* 1997, Vol. 35, pp. 11–18.
4. A. GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA, A. KULIG, E. PAJOR, A. SKALMOWSKI, W. RZEMEK, M. SZYŁAK-SZYDŁOWSKI: Physico-chemical and microbiological characteristics of leachates from Polish municipal landfills. *Environmental Engineering*, Taylor & Francis, London 2007, pp. 327–337.
5. E. KLIMIUK, I. WOJNOWSKA-BARYŁA: The influence of hydraulic retention time on the effectiveness of phosphate compound removal in the Phoredox System. *Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis* 1996, Vol. 21, pp. 21–40.
6. PN-90C-04610/03 Woda i ścieki. Badania toksyczności zanieczyszczeń dla organizmów wodnych. Oznaczanie toksyczności ostrej na rozwielitce *Daphnia magna* Straus.
7. PN-90C-04610/04 Woda i ścieki. Badania toksyczności zanieczyszczeń dla organizmów wodnych. Oznaczanie toksyczności ostrej na gupiku *Lebistes reticulatus* Peters.
8. ISO 8692-1994 Water quality. Fresh water algal growth inhibition test with *Scenedesmus subspicatus* and *Selenastrum capricornutum*.
9. ACE 89/BE 2/D3 Final Report Commission EC.
10. R. KAUR, B. BUCKLEY, S. PARK, K. KIM, R. COOPER: Toxicity test of Nanji Island Landfill (Seoul, Korea) leachate using Japanese Medaka (*Oryzias latipes*) embryo larval assay. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology* 1996, Vol. 57, pp. 84–90.
11. K. OSAKI, S. KASHIWADA, N. TATARAZAKO, Y. ONO: Toxicity testing of leachate from waste landfills using Medaka (*Oryzias latipes*) for monitoring environmental safety. *Environmental Monitoring and Assessment* 2006, Vol. 117, pp. 73–84.
12. E. SISINO, C. OLIVEIRA-FILHO, M. DUFRAYER, C. MOREIRA, F. PAUMGARTTEN: Toxicity evaluation of municipal dump leachate using zebrafish acute tests. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology* 2000, Vol. 64, pp. 107–113.
13. D. BILA, A. MONTALVAO: Ozonation of a landfill leachate: Evaluation of toxicity removal and biodegradability improvement. *Journal of Hazardous Materials* 2005, B117, pp. 235–242.
14. C. BERNARD, P. GUIDO, J. COLIN, L. ANNE: Estimation of the hazard of landfills through toxicity testing of leachates – I. Determination of leachate toxicity with a battery of acute tests. *Chemosphere* 1996, Vol. 33, No. 18, pp. 2303–2320.
15. B. SŁOMCZYŃSKA, T. SŁOMCZYŃSKI: Skład fizykochemiczny i toksyczność odcieków z wysypiska odpadów komunalnych Łubna. Mat. konf. „Mikrozanieczyszczenia w środowisku człowieka”, Politechnika Częstochowska, Częstochowa 2001, ss. 125–133.
16. S.K. MARTTINEN, R.H. KETTUNEN, K.M. SORMUNEN, R.M. SOIMASUO, J.A. RINTALA: Screening of physico-chemical methods for removal of organic material, nitrogen and toxicity from low strength landfill leachates. *Chemosphere* 2002, Vol. 46, pp. 851–858.
17. M. BLOOR, C. BANKS, V. KRIVTSOV: Acute and sublethal toxicity tests to monitor the impact of leachate on an aquatic environment. *Environment International* 2005, Vol. 31, pp. 269–273.
18. B. SVENSSON, L. MATHIASSEN, L. MARTENSSON, S. BERGSTROM: *Artemia salina* as test organism for assessment of acute toxicity of leachate water from landfills. *Environmental Monitoring and Assessment* 2005, Vol. 102, pp. 309–321.
19. B. SŁOMCZYŃSKA, J. WĄSOWSKI, T. SŁOMCZYŃSKI: Effect of advanced oxidation processes on the toxicity of municipal landfill leachates. *Water Science and Technology* 2004, Vol. 49, pp. 273–277.
20. B. KOŁWZAN, W. KOŁWZAN, A.M. DZIUBEK, G. PASTERNAK: Statistical approach to assessing groundwater pollution from gasworks. *Environment Protection Engineering* 2011, Vol. 37, No. 1, pp. 119–126.

Szyłak-Szydłowski, M. Assessing Toxicity Variations in Landfill Leachates during Biological Treatment. *Ochrona Środowiska* 2011, Vol. 33, No. 2, pp. 65–68.

Abstract: Selected ecotoxicological tests were analyzed for potential use in assessing toxicity variations in landfill leachates during biological treatment in a model sequencing batch reactor (SBR). For this purpose, raw leachates, municipal sewage combined with leachates, and the effluent from the biological treatment process were made subject to acute toxicity analysis (TU_a). Toxicological analyses were performed with reference to four representatives of water organisms: the insect maggot *Chironomus* sp., the crustacean *Daphnia magna*, the fish *Lebistes reticulatus*, and the alga *Scenedesmus quadricauda*. The results obtained have revealed that over the entire range of activated sludge loading with organic pollutants (COD) the acute

toxicity of the treated leachate decreased as compared with the acute toxicity of the influent to the SBR. This finding excludes the possibility that more toxic intermediates may form during leachate treatment by the activated sludge process. Among the water organisms tested, the insect maggot *Chironomus* sp. (acute toxicity, 8.0 to 16.7) was most vulnerable to the pollutants in the sewage+leachate stream entering the SBR, and the fish *Lebistes reticulatus* (acute toxicity, 85.8) to the pollutants in raw leachates. The results of the study have substantiated the applicability of the ecotoxicological tests chosen to the assessment of toxicity variations in landfill leachates during biological treatment.

Keywords: Landfill leachates, acute toxicity, sequencing batch reactor (SBR), activated sludge, *Chironomus* sp., *Daphnia magna*, *Lebistes reticulatus*, *Scenedesmus quadricauda*.