

Anna RUTKOWSKA-NAROŹNIAK, Elżbieta PAJOR\*

## **WPLYW STAŁEGO POLA MAGNETYCZNEGO 16 mT NA ORGANIZMY OSADU CZYNNEGO W PROCESIE BIODEGRADACJI FORMALDEHYDU**

Celem badań było określenie wpływu statycznego pola magnetycznego (PM) 16mT na organizmy osadu czynnego w czasie biodegradacji formaldehydu (FA) w syntetycznych ściekach. Wyniki badań wskazują, że efektywność biodegradacji FA i zanieczyszczeń wyrażonych jako CHZT, przy stężeniu 185÷1800 mgFA/dm<sup>3</sup> w dopływie, była wysoka i nie zależała od PM. Dla stężenia FA w dopływie > 1800 mg /dm<sup>3</sup> zaobserwowano obniżenie skuteczności biodegradacji zanieczyszczeń w obu reaktorach. W stężeniach FA w dopływie > 1400 mg/dm<sup>3</sup> stwierdzono znaczny spadek wartości pH w odpływach z obu reaktorów. Od tego stężenia zaobserwowano także zanik organizmów należących do kluczowych grup osadu czynnego wg Madoniego. Wykazano, że do stężenia FA 1400 mg/dm<sup>3</sup> w dopływie, pole magnetyczne miało pozytywny wpływ na występowanie orzęsków osiadłych. Obserwacje mikroskopowe osadu czynnego udowodniły, że PM miało również pozytywny wpływ na obecność robaków obłych. Różnorodność organizmów oznaczana metodą Madoniego była na ogół wyższa w osadzie czynnym eksponowanym w PM niż w reaktorze kontrolnym. Badania wykazały, że stosowanie PM o indukcji 16 mT w procesie biodegradacji FA (do stężenia 1400 mgFA/dm<sup>3</sup> w dopływie) miało pozytywny wpływ na organizmy osadu czynnego i ich różnorodność biologiczną.

### 1. WSTĘP

Formaldehyd (FA) jest związkiem toksycznym, niebezpiecznym dla ludzi i zwierząt, często występującym w ściekach przemysłowych. Badania CIOP-PIB (Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy) wykazały, że FA w stężeniu 100 mg/dm<sup>3</sup> wstrzymuje fermentację metanową osadów, a jego maksymalne stężenie nie wpływające na procesy oczyszczania biologicznego na złożach, wynosi około 300 mg/dm<sup>3</sup> [5]. Jego

---

\* Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska, ul Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa, anna.narozniak@is.pw.edu.pl.

usunięcie ze ścieków jest trudne, ponieważ łatwo wchodzi w reakcje ze związkami w nich występującymi, tworząc trudnobiodegradowalne połączenia. Stąd poszukiwanie skutecznych metod jego eliminacji. Pajor (2002) prowadziła badania nad eliminacją formaldehydu w ściekach mocznikowo-formaldehydowych i wykazała, że w reaktorze hybrydowym zasiedlonym grzybami mikroskopowymi można uzyskać 97,5% eliminację FA (przy początkowym stężeniu  $79 \text{ mg/dm}^3$ ). Stałe pole magnetyczne (PM) jest jednym z czynników oddziałujących na mikroorganizmy, może więc być wykorzystane do wspomagania usuwania uciążliwych zanieczyszczeń organicznych ze ścieków na drodze biologicznej.

Interpretacja wyników badań nad wpływem PM jest trudna, ponieważ wszelkie zmiany u organizmów nie zachodzą w sposób liniowy wraz ze zmianą indukcji magnetycznej i zależą od wielu parametrów, zarówno abiotycznych jak i biotycznych. Na efekt PM ma wpływ geometria pola i układ magnesów oraz wartość indukcji. Większość badań wykazuje, że silne  $\text{PM} > 1\text{T}$  hamuje, a słabe intensyfikuje procesy fizjologiczne organizmów (Guevorkian i in. 2006, Zhang i in. 2007, Miyakoshi i in. 2005). Łebkowska już w 1991 roku wykazała, że indukcja 8 mT zwiększa o 25% efektywność oczyszczania syntetycznych ścieków metodą osadu czynnego, a rozkład oranżu polifalanowego, aniliny i acetanilidu o 47, 27 i 16%. Rutkowska-Naroźniak (1997) zaobserwowała podobne zależności i wykazała 3-krotne zwiększenie efektywności biodegradacji p-nitroaniliny w PM (7 mT) w porównaniu z próbką kontrolną. Badania autorki wykazały także wzrost aktywności dehydrogenaz i hydrolaz u mikroorganizmów osadu czynnego. Ji i in. (2010) na podstawie swoich badań udokumentowali, że PM do 20 mT pozytywnie wpływało na wzrost bakterii osadu czynnego i biodegradację ścieków. Natomiast Chen i Li (2008) zanotowali zwiększenie wydajności tworzenia polihydroksywalerianu w PM 21 mT, a polihydroksymaślanu w polu 7 mT. Tomaska i Wolny (2007) stwierdziły, że PM 40 mT przyspiesza usuwanie organicznych związków azotu ze ścieków, a Krzemieniewski (2003) wykazał, że PM 400 – 600 mT stymuluje kondycjonowanie osadów ściekowych. Janosz-Rajczyk i Tomaska (2006) wykazały wpływ PM na intensyfikację przemian azotu organicznego i azotu Kjeldahla oraz nitryfikacji. Zaobserwowana wzmożona aktywność oddechowa nitryfikatorów II fazy procesu była niewielka ale znacząca. Nie obserwowano natomiast wpływu PM na właściwości sedymentacyjne osadu [16]. Łebkowska i inni [2011 i 2013] wykazała, że PM 7mT w warunkach tlenowych intensyfikuje biodegradację FA w zakresie stężeń w ściekach dopływających  $800\text{--}3000 \text{ mg/dm}^3$  (przy  $3000 \text{ mg FA/dm}^3$  o 64 %) oraz, że PM 7 mT w warunkach tlenowych intensyfikuje biodegradację FA obecnego w ściekach z Wydziału Aminoplastów Zakładów Tworzyw Sztucznych w zakresie stężeń  $120\text{--}1600 \text{ mg/dm}^3$  przy przedłużonym do 3-7 dni czasie dozowania danego stężenia FA (od ok. 2 do 5-krotnie) Badania Rutkowskiej i Pajor [2011] wykazały, że PM 7 mT wpływa na wzrost liczebności mikroorganizmów osadu czynnego i ich aktywność dehydrogenazową oraz na większą stabilność osadu oznaczaną metodą Madoniego w porównaniu z próbkami kontrolnymi.

Wyjaśnienia działania słabych pól magnetycznych należy szukać w obszarze fizyki kwantowej i można je uznać za „zjawiska paradoksalne” (Binhi, 2002). Wyniki badań

wskazują na możliwość zastosowania pola magnetycznego do oczyszczania ścieków, zarówno o charakterze bytowo-gospodarczym, jak i przemysłowym. Należy przypuszczać, że zastosowanie słabych pól magnetycznych może zwiększyć efektywność usuwania FA ze ścieków przemysłowych.

## 2. CEL I ZAKRES

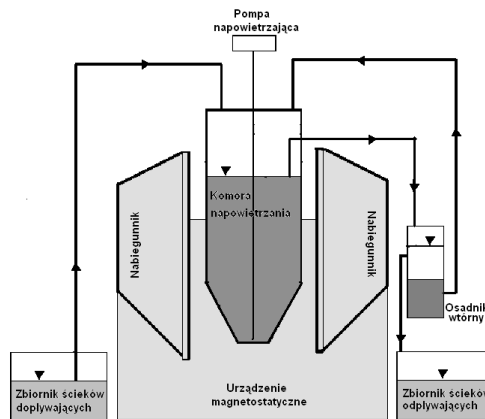
Celem pracy była ocena oddziaływania stałego pola magnetycznego 16 mT na biocezołę osadu czynnego podczas biodegradacji formaldehydu w ściekach syntetycznych.

Zakres badań obejmował analizę biologiczną osadu czynnego metodą Madoniego [11] z uwzględnieniem między innymi: liczebności mikroorganizmów, dominującej grupy kluczowej, liczby jednostek taksonomicznych tworzących mikrofaunę, oraz ocenę skuteczności biodegradacji formaldehydu i zanieczyszczeń wyrażonych jako ChZT.

## 3. METODYKA BADAŃ

Układ badawczy składał się z urządzenia magnetostaticznego wytwarzającego stałe pole magnetyczne 7 mT oraz 4 litrowego bioreaktora (komory napowietrzania) umieszczonego wewnątrz pola (rys.1). Urządzenie magnetostaticzne wyskalowano za pomocą mikrotelesmierza. Jako kontrolę (K) zastosowano analogiczny reaktor bez udziału PM. Badania prowadzono w skali laboratoryjnej w warunkach hodowli ciągłej, dozując ścieki syntetyczne z FA. Użyty do badań osad czynny zaadoptowano do rozkładu FA (w stężeniu do  $100 \text{ mg/dm}^3$ ). W ściekach dozowanych do bioreaktorów zwiększano stopniowo stężenie FA od 100 do  $2880 \text{ mg/dm}^3$ . Proces prowadzono do uzyskania określonego spadku FA w ściekach odpływających w jednym z bioreaktorów tj. do tak zwanego stanu ustalonego. Zakres badań kontrolnych obejmował analizę biologiczną osadu czynnego metodą Madoniego, Oznaczano między innymi grupy kluczowe mikrofauny, liczbę taksonów oraz liczebność organizmów. W ściekach dopływających i odpływających z reaktorów przeprowadzono oznaczenia ChZT oraz stężenia FA, a w bioreaktorach suchej masy osadu. Skuteczność oczyszczania formaldehydu określano między innymi na podstawie stopnia eliminacji FA oraz zanieczyszczeń wyrażonych jako ChZT.

Proces prowadzono w warunkach hodowli ciągłej osadu czynnego, dozując ścieki wraz z FA do reaktorów przy użyciu pompy perystaltycznej. Oczyszczone ścieki z komór napowietrzania przepływały do osadnika wtórnego, skąd odpływały do zbiornika ścieków oczyszczonych, a zsedymetowany osad podlegał recyrkulacji. Eksperyment przy danym stężeniu formaldehydu prowadzono do uzyskania stanu ustalonego, tj. odpowiedniego stężenia FA w odpływie w jednym z bioreaktorów.



Rys. 1. Schemat urządzenia do biodegradacji FA w polu magnetycznym

### 3.1. BADANIA KONTROLNE

Badania chemiczne ścieków dopływających i odpływających

Oznaczano:

- formaldehyd według PN-C-04593:1971
- pH pehametrem CPC-501 firmy ELMETRON
- ChZT według PN-ISO 6060:2006

Skład ścieków syntetycznych: stosowano ścieki syntetyczne wg Weinbergera zgodnie z PN-87/C04616/10 o składzie: bulion ( $75 \text{ mg/dm}^3$ ), pepton ( $50 \text{ mg/dm}^3$ ), mocznik ( $30 \text{ mg/dm}^3$ ), octan sodu ( $100 \text{ mg/dm}^3$ ), NaCl ( $30 \text{ mg/dm}^3$ ), KCl ( $7 \text{ mg/dm}^3$ ),  $\text{CaCl}_2$  ( $7 \text{ mg/dm}^3$ ),  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ( $50 \text{ mg/dm}^3$ ),  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ( $63 \text{ mg/dm}^3$ ),  $\text{NaHCO}_3$  ( $168 \text{ mg/dm}^3$ ), skrobia ( $100 \text{ mg/dm}^3$ ). Do ścieków dodawano FA z roztworu formaliny.

Badania biologiczne

Analiza biologiczna osadu czynnego – określenie klasy osadu wg Madoniego (1994)

Oznaczanie suchej masy osadu wg PN-78/C-04541

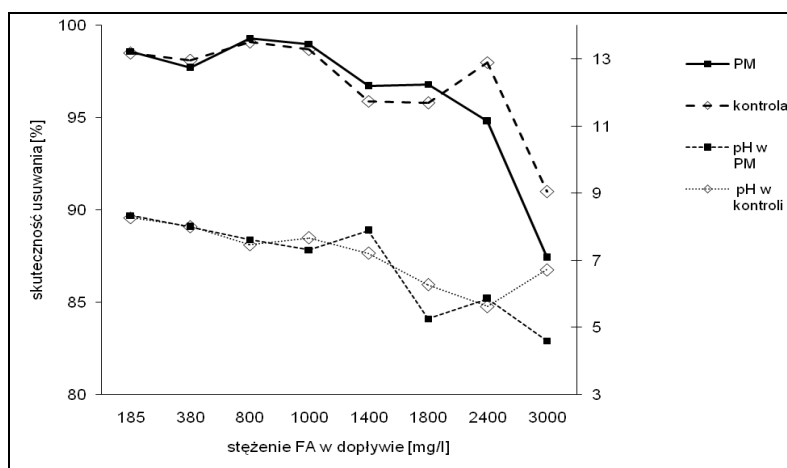
Parametry technologiczne

Obliczono parametry technologiczne prowadzenia procesu: obciążenie reaktora ładunkiem zanieczyszczeń ( $\text{mg ChZT}/(\text{dm}^3 \cdot \text{d})$  i  $\text{mg FA}/(\text{dm}^3 \cdot \text{d})$ ) oraz obciążenie biomasy reaktora ładunkiem zanieczyszczeń ( $\text{mg ChZT}/(\text{mg} \cdot \text{d})$  i  $\text{mg FA}/(\text{mg} \cdot \text{d})$ ).

## 4. WYNIKI BADAŃ

Na podstawie przeprowadzonych badań (tab. 1, rys. 2) biodegradacji formaldehydu w komorze eksponowanej w PM oraz reaktorze kontrolnym, odnotowano bardzo wysoką

i zbliżoną skuteczność eliminacji FA przy stężeniach w dopływie 185–2400 mg/dm<sup>3</sup> na poziomie 94,8–99,3% dla obydwu reaktorów. Dla najwyższego stężenia FA w dopływie równego 3000 mg/dm<sup>3</sup> stwierdzono spadek efektywność usuwania FA w obu komorach. Nie zaobserwowano jednak znaczących różnic pomiędzy reaktorami (w PM-87,4% i 91% w K). W zakresie stężeń 185–800 mg FA/dm<sup>3</sup> w dopływie do reaktorów kontrolnego i eksponowanego w PM, FA eliminowany był do poziomu od 2,5 do 7,2 mg/dm<sup>3</sup>. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 8 lipca 2004 r. w sprawie warunków jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, najwyższe dopuszczalne stężenie formaldehydu w odprowadzanych ściekach nie powinno przekraczać 2 mg/dm<sup>3</sup>.



Rys. 2. Skuteczność usuwania FA i wartości pH w procesie oczyszczania syntetycznych ścieków metodą osadu czynnego w czasie ekspozycji w PM 16 mT

Skuteczność usuwania zanieczyszczeń wyrażonych jako ChZT (tab. 1, rys. 2) w reaktorze eksponowanym w PM 16 mT oraz w reaktorze kontrolnym, dla stężeń FA w dopływie w zakresie 185–1400 mg/dm<sup>3</sup> była zbliżona i wysoka (86–94%). Natomiast dla wyższych stężeń FA w dopływie (1800–3000 mg/dm<sup>3</sup>) zaobserwowano spadek efektywności usuwania zanieczyszczeń dla obu reaktorów. Dla PM wyniosła ona od 85,8–57,7%, a dla bioreaktora kontrolnego 83–61,7%. Dla stężenia w dopływie równego 3000 mg FA/l skuteczność usuwania zanieczyszczeń wyrażonych jako ChZT w reaktorze kontrolnym była o 6,6 % wyższa niż w PM. Jednocześnie dla stężeń powyżej 1400 mg FA/dm<sup>3</sup> w dopływie, zaobserwowano znaczny spadek wartości pH, z ok. 7 w odpływach z obu reaktorów, do wartości w zakresie 5,9–4,6 (PM) i 6,7–5,6 w kontroli (rys. 2). Od tego stężenia zaobserwowano także zanik organizmów należących do kluczowych grup osadu czynnego według Madoniego. Obniżenie efektu oczyszczania ścieków w PM w ostatnim etapie badań w porównaniu z kontrolą mogło wynikać, poza różnicami w pH, z wyższego obciążenia

osadu ładunkiem zanieczyszczeń ( FA i ChZT) w reaktorze w PM aniżeli w kontrolnym (tab.1).

Tabela 1. Zestawienie wyników badań chemicznych i biologicznych w procesie oczyszczania syntetycznych ścieków z FA metodą osadu czynnego w czasie ekspozycji w PM 16 mT

Parametry/Oznaczenie		Badanie po dniach procesu								
		2	8	15	18	36	43	50	63	
Obciążenie reaktora ładunkiem zanieczyszczeń [mg/dm <sup>3</sup> *d]	FA	185	380	800	1000	1400	1800	2400	3000	
	ChZT	734	1311	3274	2851	3427	3528	4700	6000	
Obciążenie biomasy ładunkiem zanieczyszczeń [mg/mg*d]	FA	PM	0,082	0,148	0,339	0,609	1,014	3,333	1,846	4,411
		K	0,093	0,161	0,329	0,641	1,206	1,607	3,333	3,750
	ChZ	PM	0,326	0,512	1,387	1,738	2,483	6,533	3,615	8,824
		T	0,371	0,556	1,347	1,828	2,954	3,150	6,528	7,500
Stężenie FA w dopływie [mg/dm <sup>3</sup> ]		<b>185</b>	<b>380</b>	<b>800</b>	<b>1000</b>	<b>1400</b>	<b>1800</b>	<b>2400</b>	<b>3000</b>	
Indeks biotyczny Madniego (IBO)	PM	6	6	6	5	5	1	0	0	
	K	5	1	1	5	5	1	0	0	
Klasa osadu	PM	II	II	II	III	III	IV	IV	IV	
	K	III	IV	IV	III	III	IV	IV	IV	

K- reaktor kontrolny

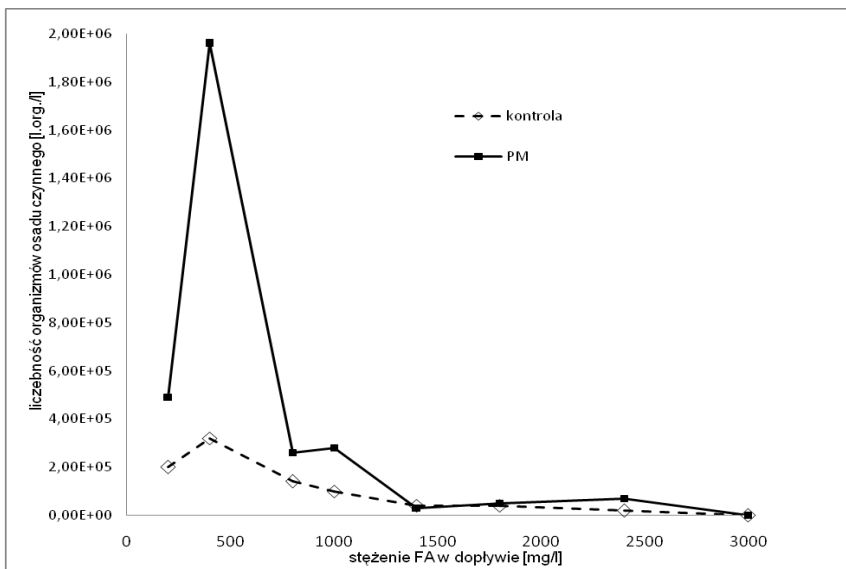
PM- reaktor w polu magnetycznym

Indeks biotyczny Madniego wskazywał, że przy stężeniu FA w ściekach dopływających do 800 mg FA/dm<sup>3</sup>, klasa jakości osadu w PM (tab.1) świadczyła o większej stabilności i aktywności osadu czynnego w porównaniu z kontrolą (klasa II, a w reaktorze kontrolnym – klasa IV).

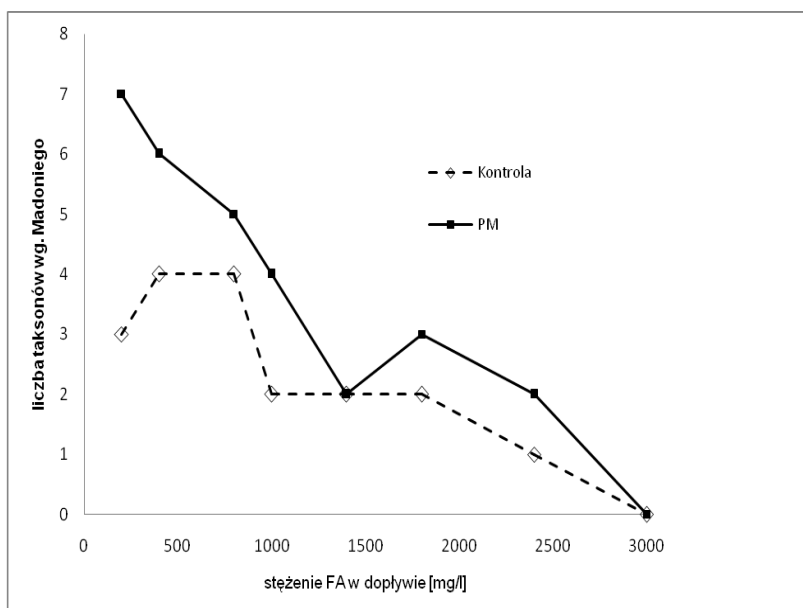
Analiza mikroskopowa wykazała pozytywny wpływ PM na liczebność organizmów w biocenozie osadu czynnego (rys. 3). W reaktorze eksponowanym w PM była ona na ogół wyższa niż w kontrolnym. Od stężenia FA w dopływie 380 mg/dm<sup>3</sup> obserwowano w reaktorze kontrolnym stały spadek liczebności organizmów, natomiast w reaktorze eksponowanym w PM wyraźne obniżenie liczebności organizmów stwierdzono dopiero od stężenia 1400 mg FA/dm<sup>3</sup>. Przy najwyższym stężeniu FA w dopływie w obu reaktorach nie zaobserwowano już żadnych żywych organizmów. Spowodowane było to prawdopodobnie gwałtownym obniżeniem pH (rys. 2, tab.1).

Badania wykazały również wpływ pola PM na bioróżnorodność organizmów w biocenozie osadu czynnego. Liczba jednostek taksonomicznych (wg Madniego) w obu reaktorach była stosunkowo niska (7÷0). W komorze eksponowanej w PM stwierdzono jednak większą liczbę taksonów w porównaniu z kontrolą (rys. 4). W obu reaktorach obserwowano

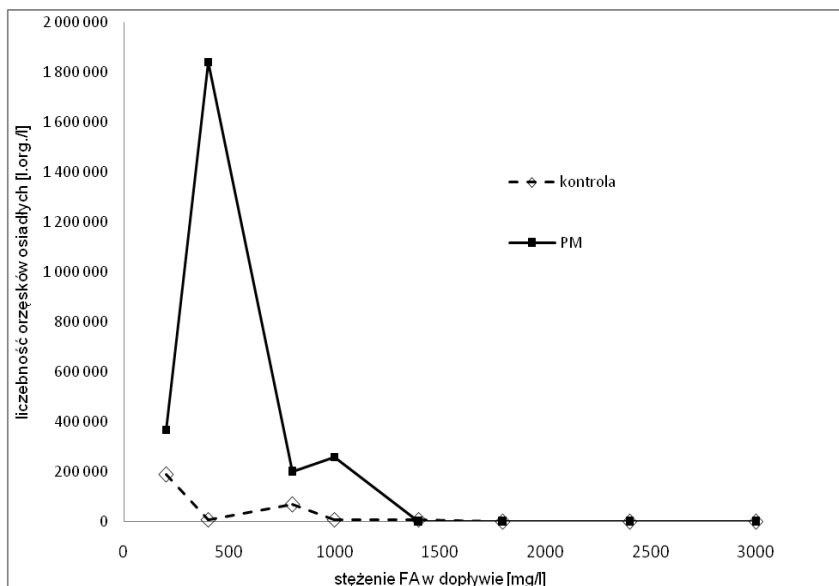
no na ogół spadek liczby taksonów wraz ze wzrostem stężenia FA w ściekach dopływających.



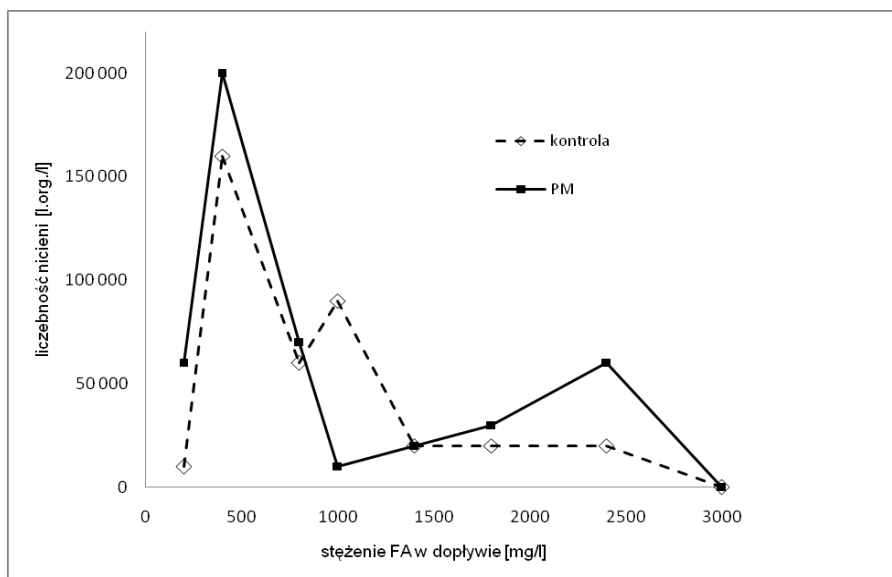
Rys. 3. Wpływ PM 16 mT na liczebność organizmów wyższych w osadzie czynnym



Rys. 4. Wpływ PM 16 mT na bioróżnorodność osadu czynnego



Rys. 5. Wpływ PM 16 mT na liczebność orzęsków osiadłych w osadzie czynnym



Rys. 6. Wpływ PM 16 mT na liczebność nicieni w osadzie czynnym

Wykazano także, że pole magnetyczne miało wpływ na występowanie orzęsków osiadłych. W stężeniach do 1400 mg FA/dm<sup>3</sup> w dopływie ich udział w strukturze dominacyj-



nej osadu czynnego (wg Madoniego) był znacznie wyższy w komorze w PM w porównaniu z bioreaktorem kontrolnym (rys. 5). W stężeniu  $> 1400 \text{ mg FA/dm}^3$  orzęski osiadłe nie występowały w osadzie czynnym.

Liczebność nicieni w biocenozie osadu czynnego była w obu bioreaktorach stosunkowo duża i w reaktorze w PM była wyższa niż w kontroli w zakresie stężeń  $185\text{--}1000 \text{ mg FA/dm}^3$  oraz  $1800\text{--}2400 \text{ mg FA/dm}^3$  w dopływie (rys. 6).

## 5. WNIOSKI

Skuteczność biodegradacji formaldehydu i zanieczyszczeń wyrażonych jako ChZT w zakresie stężeń w dopływie  $185\text{--}1800 \text{ mg FA/dm}^3$  była wysoka i nie zależała od ekspozycji w polu magnetycznym.

Zaobserwowano spadek efektywności eliminacji FA dla najwyższego stężenia FA w dopływie, bez znaczących różnic w obu komorach (91% w kontroli, 87,4% w PM).

Dla stężenia w dopływie  $3000 \text{ mg FA/dm}^3$  skuteczność usuwania zanieczyszczeń wyrażonych jako ChZT w reaktorze kontrolnym była o 6,6% wyższa niż w PM.

W obu reaktorach zaobserwowano spadek efektywności usuwania zanieczyszczeń wyrażonych jako ChZT (w PM  $85,8\text{--}57,7\%$ , w kontroli  $83\text{--}61,7\%$ ) dla stężeń FA w dopływie ( $1800\text{--}3000 \text{ mg/dm}^3$ ).

Dla stężeń powyżej  $1400 \text{ mg FA/dm}^3$  w dopływie zaobserwowano znaczny spadek pH w odpływach z obu reaktorów.

Obniżenie efektu oczyszczania ścieków w PM, w ostatnim etapie badań w porównaniu z kontrolą, mogło wynikać z obniżenia pH oraz wyższego obciążenia osadu ładunkiem zanieczyszczeń w reaktorze w PM niż w reaktorze kontrolnym.

Bioróżnorodność organizmów była większa w PM niż w kontroli.

PM wywierało pozytywny wpływ na występowanie robaków obłych w osadzie czynnym.

Wykazano także, że pole magnetyczne miało pozytywny wpływ na występowanie orzęsków osiadłych.

Badania wykazały, że stosowanie PM o indukcji 16 mT w procesie biodegradacji FA (do stężenia  $1400 \text{ mg FA/dm}^3$  w dopływie) miało pozytywny wpływ na organizmy osadu czynnego i ich różnorodność biologiczną.

## LITERATURA

- [1] BINHI V.N., *Magnetobiology. Underlying Physical Problems*. Academic Press, Elsevier, 2002
- [2] CHEN H., LI X., *Effects of static magnetic field on synthesis of polyhydroxyalkanoates from different short-chain acids by activated sludge*, *Bioresource Technology*, 2008, Vol. 99, 5538–5544.
- [3] CIOP – PIB, *Formaldehyd*, 2007.

- [4] GUEVORKIAN K., VALLES J.M.JR., *Paramecium caudatum with static magnetic fields*, Biophysical Journal, 2006, Vol. 90, 3004–3011.
- [5] JANOSZ-RAJCZYK M., TOMSKA A., *Wpływ pola magnetycznego na proces oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 2006, Vol. 2, 28–31.
- [6] JI Y., WANG Y., SUN J., YAN T., LI J., ZHAO T., YIN X., SUN CH., *Enhancement of biological treatment of wastewater by magnetic field*, Bioresource Technology, 2010, Vol. 101, 8535–8540.
- [7] KRZEMIENIEWSKI M., DĘBOWSKI M., JANCZUKOWICZ W., PESTA J., *Effect of sludge conditioning by chemical methods with magnetic field application*, Polish Journal of Environmental Studies, 2003, Vol. No12, 5: 595–605.
- [8] ŁEBKOWSKA M., RUTKOWSKA NAROŻNIAK A., PAJOR E., *Effect of a static magnetic field of 7 mT on formaldehyde biodegradation in industrial wastewater from urea-formaldehyde resin production by activated sludge*, Bioresource Technology, 2013, Vol. 132, 78–83.
- [9] ŁEBKOWSKA M., RUTKOWSKA NAROŻNIAK A., PAJOR E., POCHANKE Z., *Effect of a static magnetic field on formaldehyde biodegradation in wastewater by activated sludge*, Bioresource Technology, 2011, Vol. 102, 8777–8782.
- [10] ŁEBKOWSKA M., *Wpływ stałego pola magnetycznego na biodegradację związków organicznych*, Praca habilitacyjna, Politechnika Warszawska Prace naukowe, Inżynieria Sanitarna i Wodna 13, Warszawa 1991.
- [11] MADONI, P., *A sludge biotic index (SBI) for the evaluation of the biological performance of activated sludge plant based on the microfauna analysis*, Water Research, 1994. Vol. 28, No. 1, 67-75.
- [12] MIYAKOSHI J., *Effects of static magnetic fields at the cellular level*, Progress in Biophysics and Molecular Biology, 2005, Vol. 87, No. 2-3, 213–223.
- [13] PAJOR E., GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA A., *Wykorzystanie immobilizowanych hodowli grzybów mikroskopowych do biodegradacji formaldehydu występującego w ściekach mocznikowo-formaldehydowych*, Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, 2002, Vol. 11, 447–458.
- [14] ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 8 lipca 2004 w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego.
- [15] RUTKOWSKA NAROŻNIAK A., PAJOR E., *Wpływ stałego pola magnetycznego 7mT na organizmy osadu czynnego w procesie biodegradacji formaldehydu*, Ochrona środowiska i zasobów naturalnych, 2011, Vol. 49, 389–397.
- [16] RUTKOWSKA NAROŻNIAK A., *Zastosowanie stałego pola magnetycznego do intensyfikacji biodegradacji zanieczyszczeń w ściekach*, Rozprawa doktorska, Warszawa, 1997.
- [17] TOMSKA A., WOLNY L., *Enhancement of biological wastewater treatment by magnetic field exposure*, Desalination, 2007, Vol. 222, 368–373.
- [18] ZHANG P., YIN R., CHEN Z., WU L., YU Z., *Genotoxic effect of superconducting static magnetic field (SMFs) on wheat (Triticum aestivum) pollen mother cells (PMCs)*, Plasma Science and Technology, 2007, Vol. 9, No. 2, 241–247.

#### IMPACT OF A STATIC MAGNETIC FIELD OF 16 MT ON ACTIVATED SLUDGE ORGANISMS IN THE PROCESS OF FORMALDEHYDE BIODEGRADATION

The aim of the study was to determine the impact of a static magnetic field (MF) of 16 mT on formaldehyde (FA) biodegradation in synthetic wastewater and on organisms of activated sludge. Research results indicated that the biodegradation efficiencies measured as COD removal and FA removal were very high and not dependent on MF when the initial FA concentration in wastewater was from 185 to

1800 mg/L. When the FA concentration in raw wastewater exceeded 1800 mg/L, a decrease in pollutants biodegradation was observed, both in the bioreactor exposed to MF and in control reactor. When the initial FA concentration in wastewater was >1400 mg/L, pH of treated wastewater from both reactors decreased considerably. Moreover, the number of organisms belonging to the key groups in activated sludge according to Madoni also declined. It was proved that MF had a positive impact on the presence of attached ciliates when FA concentration in raw wastewater was below 1400 mg/L. Microscopic observations showed that MF had also a positive effect on the presence of roundworms. Biodiversity of organisms determined by Madoni method was usually higher in the activated sludge exposed to MF than in control reactor. Research proved that MF application of 16 mT in biodegradation process of FA in concentration below 1400 mg/L had a positive effect on activated sludge organisms and their biodiversity.