

WPLYW POLA MAGNETYCZNEGO NA PROCES
OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW
I. PRZEMIANY ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH I AZOTU
W POLU MAGNETYCZNYM O INDUKCJI 180 mT

MARTA JANOSZ-RAJCZYK, AGNIESZKA TOMSKA

Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii i Ochrony Środowiska, ul. Dąbrowskiego 69, 42-200 Częstochowa

Keywords: wastewater treatment, activated sludge, magnetic field.

EFFECT OF STATIC MAGNETIC FIELD IN THE WASTEWATER
TREATMENT PROCESS
I. CHANGE OF ORGANIC COMPOUNDS AND AMMONIUM NITROGEN
IN THE STATIC MAGNETIC FIELD STRENGTH OF 180 mT

In the present investigation we studied the effects of static magnetic field on transformation of organic compounds and ammonium nitrogen. The research was carried out on laboratory scale at room temperature. Two continuously operating test systems were run in parallel. In one of the systems the raw sewage was exposed to magnetic field strength of 180 mT. The magnets were attached to a pipe used for raw sewage. The second system was used as a control.

The research was carried out without activated sludge and with activated sludge. The investigation carried out in an experiment without activated sludge showed that the removal of COD for system with the raw sewage exposed to magnetic field strength of 180 mT was 15% higher than system in absence of magnetic field. During investigation carried out in an experiment with activated sludge it was observed that the removal of COD was similar in both systems. The nitrification rate for system in which raw sewage was exposed to magnetic field was lower than the system in which it was not.

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań nad wpływem stałego pola magnetycznego na przemiany związków organicznych i azotu amonowego. Badania prowadzono w skali laboratoryjnej w temperaturze pokojowej w dwóch układach działających równolegle. W jednym z układów ścieki surowe ekspozowano w polu magnetycznym o indukcji 180 mT. Magnetyzer umieszczono na przewodzie doprowadzającym ścieki surowe. Drugi układ traktowano jako układ kontrolny.

Badania realizowano bez udziału osadu czynnego oraz z udziałem osadu czynnego. Prowadząc badania w eksperymencie bez osadu czynnego odnotowano wyższy o 15% stopień usunięcia ChZT w układzie, w którym ścieki surowe ekspozowano w polu magnetycznym o indukcji 180 mT w porównaniu z układem działającym poza oddziaływaniem pola magnetycznego. Prowadząc badania z wykorzystaniem osadu czynnego wykazano, że stopień usunięcia ChZT utrzymywał się na podobnym poziomie w obu układach. Szybkość nityfikacji w układzie, w którym ścieki surowe ekspozowano w polu magnetycznym była niższa w porównaniu z układem działającym poza oddziaływaniem pola magnetycznego.

WPROWADZENIE

Ciągle poszukuje się nowych metod umożliwiających intensyfikację eliminacji zanieczyszczeń ze ścieków, które by nie wymagały rozbudowy już istniejących oczyszczalni lub budowy dużych kosztownych bioreaktorów oraz charakteryzowały się stosunkowo niewielkimi kosztami eksploatacyjnymi.

Ciekawym rozwiązaniem jest wspomaganie biologicznych metod eliminacji zanieczyszczeń stałym polem magnetycznym z wykorzystaniem magnesów stałych. Urządzenia wykorzystujące magnesy stałe ułożone tak, że umożliwiają swobodny przepływ medium eksponowanym w polu magnetycznym (PM) nazywamy magnetyzerami. Ich konstrukcja jest nieskomplikowana i nie wymaga zasilania jakąkolwiek formą energii. W inżynierii sanitarnej magnetyzery znalazły zastosowanie w procesie uzdatniania wody, przede wszystkim do zapobiegania tworzenia się kamienia kotłowego głównie w kotłach, wymiennikach ciepła i podgrzewaczach [1, 8].

Jak dotąd w piśmiennictwie brak jest systematycznych badań nad wpływem PM na proces biodegradacji substratów organicznych zawartych w ściekach jak i na przemiany związków azotowych, w tym na proces nityfikacji. Na podstawie dotychczasowego przeglądu literaturowego wnioskuje się, że nadal nierozwiązane zagadnienie to wielkość PM, jaką należy zastosować, aby usprawnić proces oczyszczania ścieków. Zakres indukcji PM podawany przez badaczy jest szeroki i mieści się w granicach 7÷1200 mT.

Na możliwość intensyfikacji oczyszczania ścieków przemysłowych w PM wskazał Grünwald powołując się na innych badaczy. Autor podał, że uzyskano dobre efekty w procesie oczyszczania ścieków pochodzących z produkcji powłok epoksydowych stosując PM o indukcji 1200 mT [2]. Jung i Sofer wykazali, że działanie PM intensyfikowało proces biodegradacji fenolu przy indukcji magnetycznej 150 i 350 mT i za wartość optymalną uznano indukcję 150 mT [5]. Łebkowska potwierdziła, że stałe pole magnetyczne intensyfikuje proces biodegradacji osadem czynnym związków organicznych, ale w zakresie 5 mT do 140 mT. Cytowana autorka maksymalną wydajność procesu uzyskała przy indukcji 7,5 mT i uznała ją za optymalną [6]. Rutkowska-Narożniak wykazała, że pole magnetyczne o indukcji 7 mT stanowi czynnik wspomagający biodegradację p-nitroaniliny przez mikroorganizmy osadu czynnego, również obserwowała wyższy stopień eliminacji ChZT o 10÷20%. Studiując wyniki badań uzyskane przez tę autorkę zaobserwowano, że pole magnetyczne wpływało korzystnie na proces nityfikacji związków amonowych w niekorzystnych dla procesu nityfikacji warunkach – przy obciążeniu osadu ładunkiem zanieczyszczeń w granicach 0,47÷0,74 g ChZT/g_{sm}·d [7]. Wiśniowska i wsp. poczynili podobne spostrzeżenia dotyczące pozytywnego wpływu PM na wydajność nityfikacji przy niekorzystnym dla tego procesu obciążeniu substratowym osadu. Autorzy wykorzystali w badaniach magnetyzer wytwarzający PM o indukcji 400 mT. Nie podali jednak, jaki był rozkład PM w komorze i w przewodzie napowietrzającym, gdzie usytuowano magnetyzer [10].

W literaturze spotyka się również informacje wskazujące na negatywny wpływ PM na biodegradację związków organicznych obecnych w ściekach oraz na brak działania na proces oczyszczania ścieków. Łebkowska wykazała, że PM o indukcji 140÷190 mT hamowało biologiczny rozkład aniliny [6]. Grünwald stwierdził natomiast, że zastosowane PM o indukcji 310 mT nie powodowało zwiększenia usunięcia ChZT ze ścieków syntetycznych w procesie biologicznego oczyszczania [2].

Dotychczasowe badania nie wskazują również jasno na miejsce założenia urządzenia magnetostaticznego w ciągu technologicznym oczyszczalni ścieków. Łebkowska i Rutkowska-Narożniak proponują zainstalowanie takiego urządzenia na komorze napowietrzana. Takie umiejscowienie urządzenia magnetostaticznego wydaje się jednak sprawą technicznie trudną do realizacji. Korzystniejszym wydaje się szukanie innych mediów obecnych w oczyszczalniach ścieków, które można poddawać działaniu PM, mediów transportowanych w kanałach (przewodach rurowych), co pozwoli na zaprojektowanie nieskomplikowanego konstrukcyjnie urządzenia magnetostaticznego. Z miejscem założenia magnetyzera wiąże się również problem czasu działania. W przypadku komory napowietrzania jest to działanie ciągłe, natomiast w przypadku przewodów doprowadzających ścieki surowe czy osad recykulowany jest to działanie okresowe.

Uważa się za uzasadnione podjęcie badań w celu określenia wpływu PM na proces oczyszczania ścieków uprzednio eksponowanych w stałym polu magnetycznym o określonej indukcji. Zakres pracy obejmował prześledzenie stopnia eliminacji zanieczyszczeń ze ścieków eksponowanych w PM o indukcji 180 mT:

- bez udziału osadu czynnego (seria I),
- z udziałem osadu czynnego (seria II).

MATERIAŁY I METODY

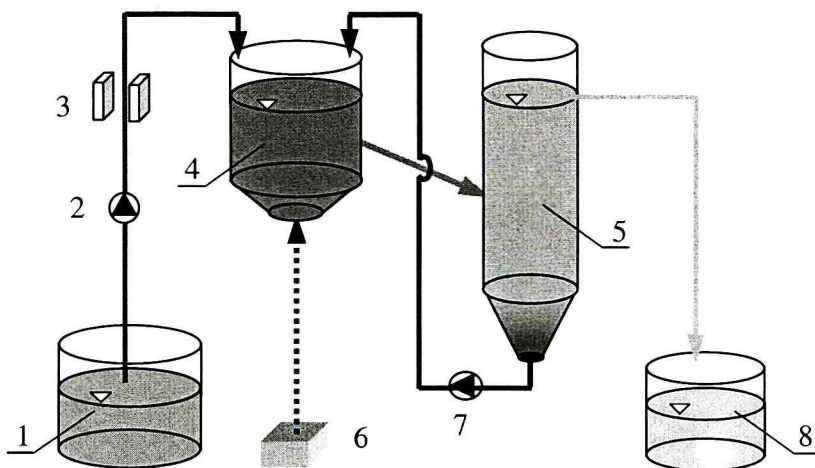
BADANE SUBSTRATY POKARMOWE

Oczyszczaniu poddawano syntetyczne ścieki o charakterze bytowo-gospodarczym dalej nazywane ściekami surowymi [4]. Ścieki modyfikowano wzbogacając je solami amonowymi (do ścieków surowych każdorazowo dodawano 20 mg/dm³ chlorku amonowego). W zależności od potrzeb zmieniano również udział substratów organicznych tak, aby uzyskać ChZT ścieków surowych o żądanej wartości. Głównym źródłem substratów organicznych był pepton i bulion.

STANOWISKO BADAWCZE

Badania prowadzono w warunkach dynamicznych w dwóch równoległe pracujących układach. Każdy układ składał się z: komory napowietrzania o pojemności 3,7 dm³, osadnika wtórnego, pompek dozujących, przeponowych i zbiorników na ścieki. Całkowita pojemność każdego układu badawczego wynosiła 5,8 dm³. Instalację zestawiono zgodnie z normą ISO [4]. Na rysunku 1 przedstawiono schemat pojedynczej instalacji badawczej z uwzględnieniem miejsca zainstalowania urządzenia magnetostaticznego na przewodzie doprowadzającym ścieki do układu. Magnetyzer tak zamontowano, aby oddziaływał jedynie na ścieki surowe. W badaniach wykorzystano urządzenie magnetostaticzne wytwarzające stałe PM o indukcji 180 mT. Urządzenie to składało się z magnetyzerów firmy „Maksor”. Urządzenie magnetostaticzne zastało wyskalowane za pomocą gausometru – model 912 firmy Magnetic Instrumentation Inc. (USA).

Instalację badawczą, do której wprowadzano ścieki wcześniej eksponowane w PM, dalej oznaczano symbolem M180. Instalację kontrolną względem, której oceniano wpływ PM nazywano układem K. Układ K ustawiono w oddzielnym pomieszczeniu, aby funkcjonował poza zasięgiem PM.



Rys. 1. Schemat laboratoryjnej oczyszczalni ścieków (1- zbiornik ścieków surowych, 2 - pompa dozująca, 3 - magnetyzer, 4 - komora napowietrzania, 5 - osadnik wtórny, 6 - pompa napowietrzająca, 7 - pompa recykulacyjna, 8 - zbiornik ścieków oczyszczonych)

Scheme of the laboratory scale wastewater treatment plant (1- storage vessel for influent, 2 - dosing pump, 3 - magnetizer, 4 - aeration vessel, 5 - secondary clarifier, 6 - airlift pump, 7 - recycling pump, 8 - effluent collection vessel)

MATERIAŁ ZASZCZEPIAJĄCY

Źródłem mikroorganizmów w serii II był osad czynny. Pobrano go z komory napowietrzania z miejskiej oczyszczalni ścieków w Częstochowie.

BADANIA KONTROLNE

Dla scharakteryzowania procesów zachodzących w układach badawczych wykonywano następujące oznaczenia ścieków surowych i odpływających z komory osadu czynnego: ChZT, $N-NH_4^+$ zasadowość, pH w serii I i II oraz $N-NO_2^-$ $N-NO_3^-$ w serii II. Oznaczenia fizyko-chemiczne ścieków surowych i odpływających wykonywano jako próby średniodobowe. Badania osadu czynnego obejmowały oznaczenia zawiesiny, stężenia tlenu rozpuszczonego, pH. Oznaczenia analityczne wykonywano według [3, 9].

PRZEBIEG BADAŃ

I serię badań bez udziału osadu czynnego realizowano w dwóch etapach. Dla uzyskania odpowiedniego obciążenia substratowego komory napowietrzania w poszczególnych etapach dozowano ścieki o ChZT zmieniającym się w granicach $265 \div 479 \text{ mg/dm}^3$ w etapie I i $433 \div 649 \text{ mg/dm}^3$ w etapie II a $N-NH_4^+$ w zakresie $0,3 \div 6,6 \text{ mg/dm}^3$ w etapie I i $2,3 \div 9,2 \text{ mg/dm}^3$ w etapie II. Należy zaznaczyć, że badań nie prowadzono w warunkach jałowych. Proces oczyszczania prowadzono z udziałem mikroorganizmów pochodzących ze ścieków surowych i wprowadzanych wraz ze sprężonym powietrzem do komory napowietrzania.

Ścieki surowe charakteryzowały się odczynem lekko zasadowym (pH 7,2÷7,6). Badania prowadzono w temperaturze pokojowej (17,1÷19,3°C). Obciążenie komory napowietrzania ładunkiem zanieczyszczeń zmieniało się w granicach 1500÷1970 g ChZT/m³·d – etap I oraz 1780÷2660 g ChZT/m³·d – etap II. Czas napowietrzania ścieków w komorze napowietrzania średnio wynosił w kolejnych etapach 4,8 h lub 5,8 h (Tab. 1).

Tabela 1. Zmiany stężenia azotu amonowego, ChZT i parametry technologiczne w procesie oczyszczania ścieków bez udziału osadu czynnego dla układów M 180 i K (seria I)

Variation of ammonium nitrogen concentration, COD and technical data in the wastewater treatment process without activated sludge for systems M180 and K (series I)

Etap /Stage	Parametr Parameter	Azot amonowy Ammonium nitrogen	ChZT COD	Stopień usunięcia ChZT COD removal efficiency	Czas napowietrzania Aeration time	Temperatura Temperature	Obciążenie komory ładun- kiem zanieczyszczeń Aeration tank loading	
		mg/dm ³	mg/dm ³	%	h	°C	g ChZT/m ³ ·d	
I	Dopl. Infl.	2,8*	350*		4,8	17,1÷18,3	1500÷1970	
		0,3÷6,6	265÷479					
	Układ M180	11,7*	171*					48*
	System M180	3,1÷24,6	144÷216					18÷64
	Układ K	9,2*	184*					44*
	System K	2,9÷17,6	150÷224	16÷60				
II	Dopl. Infl.	5,6*	529*		5,8	18,1÷19,3	1780÷2660	
		2,3÷9,2	433÷646					
	Układ M180	23,4*	172*					66*
	System M180	9,0÷36,7	116÷314					33÷79
	Układ K	20,8*	255*					51*
	System K	4,7÷34,6	186÷369	21÷67				

* - wartości średnie / average values
 ÷ - zakres wartości / range values

Badania w serii II z udziałem osadu czynnego realizowano w trzech etapach różniących się obciążeniem substratowym komory napowietrzania. W etapie I wprowadzano do komory napowietrzania ścieki o ChZT w granicach 185÷276 mg/dm³, w etapie II 309÷415 mg/dm³ oraz w etapie III 423÷536 mg/dm³. W ściekach surowych N - NH₄⁺ był obecny w stężeniach kolejno dla poszczególnych etapów 7,5÷11,6 mg/dm³, 11,1÷15,1 mg/dm³, 14,2÷16,2 mg/dm³. Ścieki surowe charakteryzowały się odczynem lekko zasadowym (o pH 7,3÷8,3). Badania prowadzono w temperaturze pokojowej (19,1÷23,1°C). W I i II etapie badań wraz ze zwiększaniem stężenia doprowadzanych substratów zwiększano obciążenie osadu ładunkiem zanieczyszczeń w zakresie 0,31÷0,61 g ChZT /g·d dla układu M180 i 0,30÷0,66 g ChZT/g·d dla układu K (etap I), 0,52÷0,85 g ChZT/g·d w układzie M i 0,69÷0,89 g ChZT/g·d (etap II). W etapie III zwiększono stężenie wprowadzanych zanieczyszczeń natomiast obniżono obciążenie substratowe osadu w porównaniu do etapu II (poprzez zwiększenie zawiesin w komorze napowietrzania). Obciążenie w tym etapie wahało się w granicach 0,5÷0,72 g ChZT/g·d

(układ M180) i $0,49 \div 0,69$ g ChZT/g·d (układ K). Czas napowietrzania ścieków w ko-
morze napowietrzana wynosił w etapie I i II 5,5 h oraz w etapie III 5,3 h (Tab. 2 i 3).

Tabela 2. Parametry technologiczne oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego w układach M180 i K (seria II)
Technical data of the wastewater treatment with the activated sludge process for systems M180 and K
(series II)

Etap / Stage	Parametr Parameter	Czas napowietrzania Aeration time	Temperatura Temperature	Obciążenie komory ładunkiem zanieczyszczeń Aeration tank loading	Obciążenie osadu czynnego Activated sludge loading,	Stężenie zawiesiny Suspend solids concentration
		h	°C	g ChZT/m ³ ·d	g ChZT/g _{sm} ·d	g/dm ³
I	Układ M180 System M180	5,5	19,9±20,8	1107*	0,44*	2,54*
				800÷1223	0,31÷0,61	2,02±2,81
	Układ K System K			1100*	0,48*	2,35*
				805±1216	0,40÷0,66	1,83±2,86
II	Układ M180 System M180	5,5	19,1±21	1545*	0,68*	2,34*
				1311±1772	0,52±0,85	1,80±3,39
	Układ K System K			1598*	0,83*	1,94*
				1370±1793	0,69±0,89	1,6÷3
III	Układ M180 System M180	5,3	19,9 ÷ 23,1	2272*	0,61*	3,77*
				1898±2419	0,50±0,72	3,19±4,50
	Układ K System K			2311*	0,57*	4,09*
				1944±2477	0,49±0,69	3,54±4,98

* - wartości średnie / average values
÷ - zakres wartości / range values

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

SERIA I

Prowadząc badania bez udziału osadu czynnego przy obciążeniu komory ładunkiem zanieczyszczeń w zakresie $1500 \div 1970$ g ChZT/m³·d dla etapu I obserwowano, że biodegradacja zanieczyszczeń utrzymywała się na wyrównanym poziomie w obu układach. Średnio stopień usunięcia ChZT w układzie M180 wynosił 48%, a w układzie K 44%. Natomiast w etapie II prowadząc badania przy wyższym obciążeniu substratowym komór $1780 \div 2660$ g ChZT/m³·d odnotowano wyższy stopień usunięcia zanieczyszczeń o średnio 15% w układzie M180 w odniesieniu do układu K. W układzie M180 wyniósł średnio 66% oraz w kontroli 51% (Rys. 2, Tab. 1).

W tej serii obserwowano gromadzenie się azotu amonowego w odpływach z obydwu układów, przy czym obserwowano nieco wyższe stężenia azotu amonowego w układzie M180. W etapie I odnotowywano stężenia N - NH₄⁺ w granicach $3,1 \div 24,6$ mg/dm³ dla M180 oraz $2,9 \div 19,6$ mg/dm³ dla układu K a w etapie II odpowiednio dla układów $9,0 \div 36,7$ mg/dm³ oraz $4,7 \div 34,6$ mg/dm³ (Rys. 3, Tab. 1). Wyniki uzyskane w tej serii etapu II (gdzie obserwowano wyższy stopień usunięcia ChZT w układzie M180) pozwalają sądzić, że eksponowanie ścieków surowych w PM o indukcji 180 mT może usprawnić proces

oczyszczania. Dlatego też w serii II podjęto badania mające na celu określenie stopnia usunięcia zanieczyszczeń organicznych oraz szybkości nityfikacji ścieków poddawanych działaniu PM o indukcji 180 mT metodą osadu czynnego.

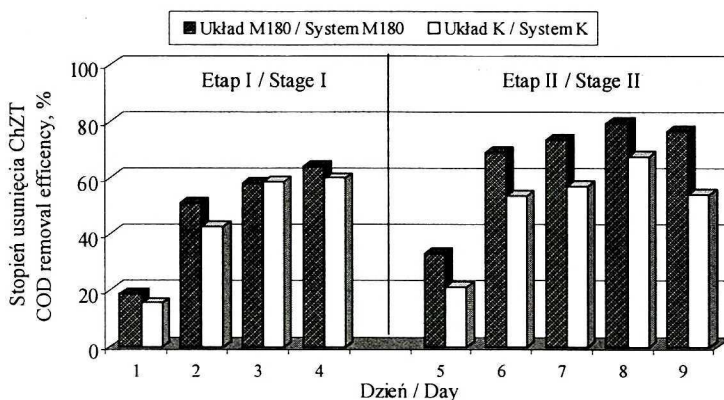
Tabela 3. Zmiany stężenia związków azotu i ChZT oraz szybkość nityfikacji w procesie oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego w układach M180 i K (seria II)

Variation of nitrogen compounds concentration, COD and nitrification rate of the wastewater treatment with the activated sludge process for systems M180 and K (series II)

Etap / Stage	Parametr Parameter	Azot amonowy Ammonium nitrogen	Azot azotynowy Nitrite nitrogen	Azot azotanowy Nitrate nitrogen	ChZT COD	Stopień usunięcia ChZT COD removal efficiency	Szybkość nityfikacji v ₁ Nitrification rate v ₁	Szybkość nityfikacji v ₂ Nitrification rate v ₂
		mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	%	g N/m ³ ·h	g N-NO ₃ ⁻ /m ³ ·h
I	Dopt. Infl.	10,1*	2,71*	0,32*	252*			
		7,5÷11,6	0,19÷5,20	0,06÷1,18	185÷276			
	Układ M180 System M180	5,7*	3,24*	40,9*	54,8*	78*	7,59*	7,38*
		1,5÷8,8	2,02÷5,12	39,2÷43,6	39,8÷78,8	71÷86	6,79÷8,14	6,79÷7,76
	Układ K System K	5*	3,64*	43,4*	50,9*	80*	8,12*	7,86*
		1,6÷8,2	2,02÷6,00	38÷51,6	33,3÷72,9	73÷82	6,80÷9,56	6,80÷9,04
II	Dopt. Infl.	13*	2,87*	0,23*	366*			
		11,1÷15,1	1,46÷4,54	0,04÷0,42	309÷415			
	Układ M180 System M180	17,9*	0,71*	7,63*	58,6*	83*	1,29*	1,29*
		11,8÷24,2	0,18÷1,09	0,40÷15,2	41,7÷82,0	73÷90	0÷2,64	0÷2,64
	Układ K System K	11,3*	2,13*	25,83*	53,1*	85*	4,79*	4,7*
		6,3÷15,0	1,28÷3,97	17,0÷38,2	27,9÷104,1	71÷93	3,3÷7,01	2,96÷7,01
III	Dopt. Infl.	15,5*	0,92*	0,05*	497*			
		14,2÷16,2	0÷2,24	0÷0,08	423÷536			
	Układ M180 System M180	22,9*	1,32*	4,84*	37,7*	92*	1,07*	0,91*
		12,5÷27,6	0,01÷3,41	0,10÷13,8	32,0÷51,3	90÷94	0,004÷3,11	0,004÷2,59
	Układ K System K	17,7*	3,3*	9,4*	48,3*	90*	2,27*	1,8*
		12,8÷27,4	0,03÷6,64	0,40÷26	30,3÷77,3	85÷94	0,29÷6,02	0,06÷4,98
* - wartości średnie / average values								
÷ - zakres wartości / range values								

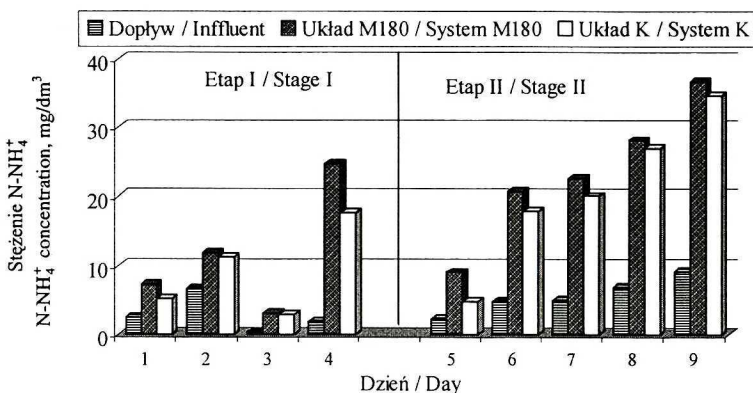
SERIA II

W tej serii badań prowadzonej już z wykorzystaniem osadu czynnego stopień usunięcia zanieczyszczeń organicznych wyrażonych jako ChZT utrzymywał się na podobnym poziomie zarówno w układzie M180 jak i w układzie K. Różnice pomiędzy stopniem usunięcia ChZT w kontroli i układzie badawczym utrzymywały się na poziomie rzędu 2÷3% (Tab. 3).



Rys. 2. Dobowe zmiany stopnia usunięcia ChZT w procesie oczyszczania ścieków bez udziału osadu czynnego w układach M180 i K (seria I)

Variation of daily COD removal efficiency in the wastewater treatment process without activated sludge for systems M180 and K (series I)

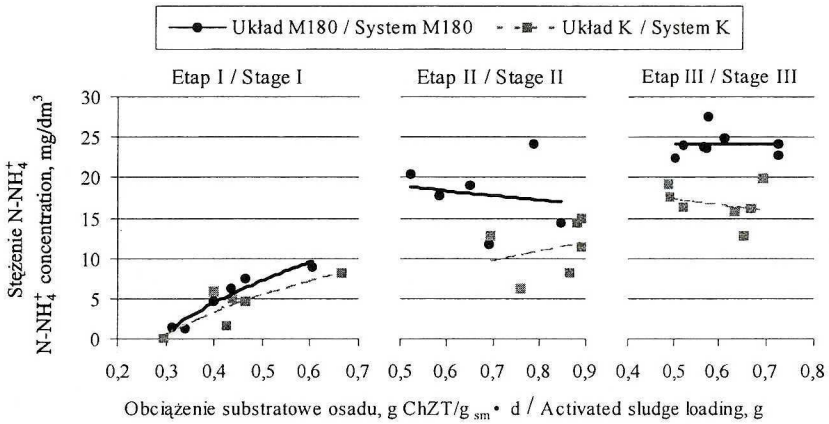


Rys. 3. Dobowe zmiany stężenia azotu amonowego w procesie oczyszczania ścieków bez udziału osadu czynnego w układach M180 i K (seria I)

Variation of daily ammonium nitrogen concentration in the wastewater treatment process without activated sludge for systems M180 and K (series I)

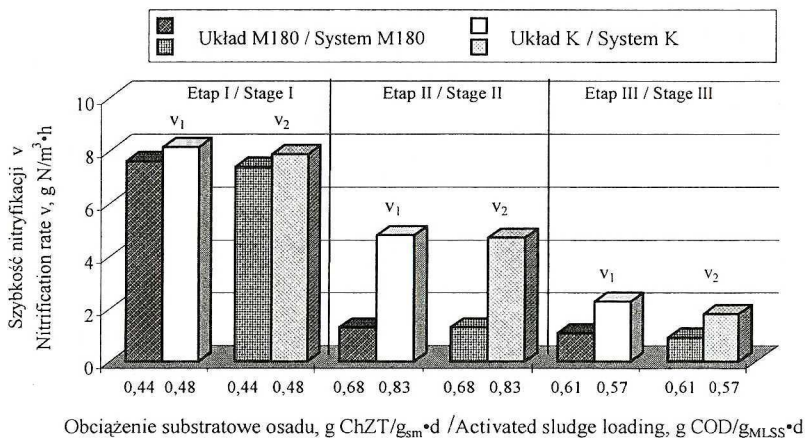
Analizując przemiany związków azotowych stwierdzono, że w I etapie badań proces nityfikacji przebiegał w podobny sposób w obu układach. Stężenia związków azotu w ściekach oczyszczonych utrzymywały się na wyrównanym poziomie zarówno w układzie M180, jak i w układzie K. Średnie stężenia mineralnych form azotu utrzymywały się w podobnym zakresie (Tab. 3).

W II i III etapie badań stwierdzono jednak, że procesy nityfikacyjne przebiegały z mniejszą wydajnością w układzie M180. W tym układzie stwierdzono gromadzenie $N-NH_4^+$ oraz niższe stężenia $N-NO_2^-$ i $N-NO_3^-$ w ściekach oczyszczonych w porównaniu z układem K. W układzie K przyrost azotu amonowego w ściekach oczyszczonych w porównaniu z dopływem obserwowano dopiero w etapie III (Tab. 3). Na rysunku 4 przedstawiono zmiany stężenia azotu amonowego w odniesieniu do obciążenia substratowego osadu dla układów M180 oraz K.



Rys. 4. Zmiany stężenia azotu amonowego w odniesieniu do obciążenia substratowego osadu dla układów M180 i K (seria II)
 Dependence of activated sludge loading for ammonium nitrogen concentration in systems M180 and K (series II)

Uzyskane w badaniach wyniki pozwoliły na obliczanie szybkości nityfikacji v_1 i v_2 . Szybkość nityfikacji v_1 wyrażono jako ilość powstającego azotu azotynowego i azotanowego w odniesieniu do czasu napowietrzania ścieków, a szybkość nityfikacji v_2 wyrażono jako ilość powstającego azotu azotanowego w odniesieniu do czasu napowietrzania ścieków. Badania wykazały, że szybkość nityfikacji v_1 i v_2 w każdym kolejnym dniu pomiarowym była niższa w układzie, do którego dozowano surowe ścieki uprzednio eksponowane w PM. Porównując średnie wartości szybkości nityfikacji v_1 stwierdzono, iż proces ten w I etapie przebiegał na wyrównanym poziomie w obu układach, w II i III etapie sprawniej w układzie K w etapie II 3,63 razy, a w etapie III 2 razy. Średnie szybkości nityfikacji v_1 i v_2 przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Porównanie średnich szybkości nityfikacji v_1 i v_2 dla układów M180 i K (seria II)
 Comparison of average nitrification rate v_1 and v_2 for systems M180 and K (series II)

Eksponowanie surowych ścieków w PM o indukcji 180 mT przyczyniło się do pogorszenia procesu nityfikacji. Łebkowska również, jak wspomniano wcześniej, wykazała negatywny wpływ pola magnetycznego o indukcji 140÷190 mT na usuwanie zanieczyszczeń, ale organicznych. Należy zaznaczyć jednak, że w badaniach wspomniana autorka oddziaływała PM bezpośrednio na mikroorganizmy osadu czynnego. W przedstawionych badaniach natomiast nie oddziaływano PM o indukcji 180 mT bezpośrednio na mikroorganizmy osadu czynnego, a jedynie na surowe ścieki.

PODSUMOWANIE

- Prowadząc badania bez udziału osadu czynnego odnotowano wyższy o 15% w porównaniu z układem kontrolnym stopień usunięcia ChZT w układzie, w którym surowe ścieki eksponowano w polu magnetycznym o indukcji 180 mT.
- Prowadząc badania z wykorzystaniem osadu czynnego wykazano, że stopień usunięcia zanieczyszczeń organicznych wyrażonych jako ChZT utrzymywał się na podobnym poziomie zarówno w układzie, w którym ścieki poddawano działaniu pola magnetycznego jak i w układzie kontrolnym.
- Wprowadzanie do komory osadu czynnego surowych ścieków wcześniej eksponowanych w polu magnetycznym o indukcji 180 mT wpłynęło niekorzystnie na proces nityfikacji. Stwierdzono, że szybkość nityfikacji była mniejsza w porównaniu z układem kontrolnym.

LITERATURA

- [1] Bartoszewicz J., Cz. Burzyński, E. Chmarzyński, R. Gruszko: *Urządzenie do uzdatniania wody*, Urząd patentowy PRL, Opis patentowy nr 137 692 z 31 maja 1988.
- [2] Grünwald A.: *Vliv magnetického pole na aktivacni proces*, Vodni hospodářství, řada B, **10**, 271–274 (1984).
- [3] Hermanowicz W., J. Dojlido, W. Dożańska, B. Koziorowski, J. Zerbe: *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*, Arkady, Warszawa 1999.
- [4] ISO 11733: *Water quality – Evaluation of the elimination and biodegradability of organic compounds in an aqueous medium – Activated sludge simulation test*, International Standard, 1995.
- [5] Jung J.T., S. Sofer: *Enhancement of phenol biodegradation by south magnetic field exposure*, J. Chem. Technol. Biotechnol., **70**, 3, 229–303 (1997).
- [6] Łebkowska M.: *Wpływ stałego pola magnetycznego na biodegradację związków organicznych*, Prace Naukowe PW, Inżynieria Sanitarna i Wodna, Z. 13, Warszawa 1991.
- [7] Rutkowska-Narożniak A.: *Zastosowanie stałego pola magnetycznego do intensyfikacji biodegradacji zanieczyszczeń w ściekach*, Praca doktorska, Warszawa 1997.
- [8] Sobota J., Z. Buczek: *Urządzenie do magnetycznej obróbki cieczy*, Urząd patentowy PRL, Opis patentowy nr 136 545 z 31 października 1987.
- [9] Spectrophotometer handbook: DR/4000; HACZ Comp., U.S.A. 1997.
- [10] Wiśniowska E., R. Nowak, M. Janosz-Rajczyk, J. Szczypiorowska, M. Włodarczyk-Makuła, J. Koścień: *Badania wstępne nad wpływem stałego pola magnetycznego na usuwanie azotu amonowego w procesie osadu czynnego*, Archiwum Ochrony Środowiska, **26**, 4, 33–43 (2000).