

Jerzy Mikosz, Zbigniew Mucha

Weryfikacja założeń do projektu modernizacji małej oczyszczalni ścieków z uwzględnieniem nowej interpretacji wymagań prawnych

W Traktacie Akcesyjnym o przystąpieniu Rzeczypospolitej Polskiej do Unii Europejskiej, podpisanym 16 kwietnia 2003 r. w Atenach, Polska zobowiązała się do wdrożenia dyrektywy 91/271/EWG [1], dotyczącej oczyszczania ścieków komunalnych. Z uwagi na położenie prawie całego obszaru Polski w zlewni Morza Bałtyckiego, uznany on został za tak zwany obszar wrażliwy na eutrofizację, wymagający ograniczenia o 75% ładunku związków azotu i fosforu wprowadzanych do wód wraz ze ściekami komunalnymi. Dyrektywa 91/271/EWG wymusza konieczność wyposażenia aglomeracji w systemy kanalizacji zbiorowej oraz odpowiednie oczyszczalnie, zapewniające uzyskanie wymaganego stopnia oczyszczania ścieków. Zgodnie z zapisami tej dyrektywy oraz opracowanym na jej podstawie Krajowym Programem Oczyszczania Ścieków Komunalnych, do końca 2015 r. wszystkie aglomeracje o równoważnej liczbie mieszkańców (RLM) powyżej 2 tys. powinny być wyposażone w zbiorcze systemy kanalizacji i oczyszczalnie ścieków, których wymagana skuteczność technologiczna jest uzależniona od ich przepustowości.

Komisja Europejska przedstawiła jednak swoje wątpliwości w zakresie ewentualnego niewłaściwego wdrażania dyrektywy 91/271/EWG, wskazując na błędne przystosowanie zapisów artykułu 5 do polskiego prawa, w którym największe dopuszczalne wartości wskaźników lub minimalny stopień usunięcia zanieczyszczeń ze ścieków komunalnych wprowadzanych do wód zostały odniesione do przepustowości oczyszczalni, zamiast do wielkości całej aglomeracji, niezależnie od przepustowości oczyszczalni. Jest to szczególnie istotne w przypadku zrealizowanych już projektów sfinansowanych z Funduszu Spójności UE. Jeżeli przedstawione przez Komisję Europejską zastrzeżenia zostaną potwierdzone, to może trzeba będzie dokonać modernizacji wielu małych i średnich oczyszczalni ścieków, które obecnie nie spełniają wymagań dotyczących usuwania substancji biogenych. Na podstawie danych Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej szacuje się, że problem ten może dotyczyć 302 oczyszczalni ścieków położonych w 242 aglomeracjach o wartości RLM > 10 tys., a koszty modernizacji tych oczyszczalni mogą sięgać 1,5 mld zł [2].

Przedmiot i cel badań

Badana oczyszczalnia ścieków została zaprojektowana z uwzględnieniem wymagań określonych w rozporządzeniu Ministra Środowiska z 2006 r. [3]. Zgodnie z tymi przepisami, małe i średnie oczyszczalnie o wartości RLM < 10 tys., wówczas gdy ścieki oczyszczone nie są odprowadzane do jezior lub ich dopływów, muszą zapewniać usuwanie tylko zanieczyszczeń organicznych i zawiesin. W przypadku większej przepustowości oczyszczalni lub gdy ścieki oczyszczone są odprowadzane do jezior, muszą one zapewniać także usuwanie związków azotu i fosforu. Analizowana oczyszczalnia, pomimo zastosowania technologii obejmującej mechaniczno-biologiczne oczyszczanie ścieków, nie będzie spełniać wymagań dotyczących usuwania związków azotu określonych w przypadku aglomeracji o RLM > 10 tys.

Wykonane badania składu ścieków i parametrów osadu czynnego pozwoliły na opracowanie modelu matematycznego oczyszczalni oraz przeprowadzenie prostych badań symulacyjnych, których celem było zweryfikowanie założeń projektowych do modernizacji oczyszczalni oraz precyzyjne określenie parametrów eksploatacyjnych oczyszczalni po modernizacji, które zapewnią spełnienie wymagań dotyczących skuteczności usuwania związków biogenych ze ścieków. W przypadku małych i średnich oczyszczalni ścieków zastosowanie symulacji komputerowej zwykle nie musi wiązać się z dużymi kosztami ani rozbudowanymi programami badań składu ścieków [4]. Badania symulacyjne pokazały, że są możliwości zwiększenia skuteczności usuwania związków azotu w oczyszczalni poprzez wprowadzenie prostych modyfikacji w układzie technologicznym reaktora biologicznego, związanych ze zwiększeniem udziału pojemności komory niedotlenionej, modernizacją systemu recyrkulacji ścieków i osadu oraz budową wydzielonego osadnika wtórnego.

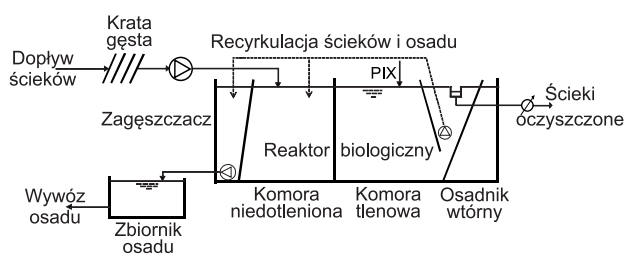
Charakterystyka oczyszczalni ścieków

Mała oczyszczalnia ścieków wykorzystuje technologię niskoobciążonego osadu czynnego w dwufazowym reaktorze w układzie uproszczonym z możliwością prowadzenia procesu chemicznego strącania związków fosforu. Oczyszczalnia została zaprojektowana na przepustowość 230 m³/d i RLM = 2300. Ścieki dopływające do oczyszczalni mają skład typowych ścieków komunalnych

z podwyższoną zawartością związków azotu. W trakcie badań do oczyszczalni doprowadzano ścieki pochodzące od 785 osób w średniorocznej ilości $83 \text{ m}^3/\text{d}$ (w sezonie letnim $90 \text{ m}^3/\text{d}$), a oczyszczalnia wykorzystywała tylko jeden ciąg technologiczny.

W części mechanicznej oczyszczalni zastosowano kratę schodkową o prześwicie 3 mm. W biologicznej części oczyszczalni zaprojektowano dwa ciągi oczyszczania z wykorzystaniem metody osadu czynnego ze strefami niedotlenioną (denitryfikacji) i tlenową (nityfikacji) oraz osadników wtórnych o przepływie pionowym (tzw. osadniki kieszeniowe). Strefy niedotlenione wyposażone są w mieszadła o osi poziomej, a strefy tlenowe w ruszt z dyfuzorami rurowymi. Recykulacja ścieków wraz z osadem czynnym następuje ze strefy separacji (umieszczonej w strefie tlenowej) do strefy niedotlenionej. Chemiczne strącanie związków fosforu odbywa się za pomocą siarczynu(VI) żelaza(III) dodawanego do strefy tlenowej przed osadnikami.

Przeróbka osadu w oczyszczalni polega na jego stabilizacji tlenowej w reaktorze, zagęszczaniu grawitacyjnym i następnie magazynowaniu w zbiorniku. Zagęszczony i ustabilizowany osad jest wywożony w stanie płynnym do większej oczyszczalni ścieków w celu jego odwodnienia. Wszystkie obiekty i urządzenia oczyszczalni, z wyjątkiem komory pomiarowej przepływu ścieków, znajdują się w budynku. Schemat technologiczny oczyszczalni przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat badanej oczyszczalni ścieków (przed modernizacją)

Fig. 1. Schematic diagram of the studied wastewater treatment plant (prior to modernization)

Zakres i metody badań

Badania wykonano w warunkach eksploatowanej oczyszczalni ścieków przy rzeczywistym obciążeniu hydraulicznym i obciążeniu ładunkiem zanieczyszczeń, które było mniejsze od obciążenia projektowego. W trakcie badań

prowadzono pomiar ilości ścieków nieoczyszczonych dopływających do oczyszczalni oraz badano ich jakość, a także analizowano parametry osadu czynnego oraz jakość ścieków oczyszczonych. Pomiar strumienia objętości ścieków dopływających do oczyszczalni wykonywano za pomocą przepływomierza elektromagnetycznego firmy Siemens połączonego z rejestratorem. Próbkę ścieków do analiz fizyczno-chemicznych pobierano ręcznie w godzinach dziennych w odstępach półgodzinnych, a następnie zlewano jako próbki 3-godzinne. Charakterystykę jakości ścieków oraz wartości parametrów technologicznych oczyszczalni przedstawiono w tabelach 1 i 2. Wyniki analiz potwierdziły, że ilości azotu ogólnego i fosforu ogólnego w odpływie z oczyszczalni wyraźnie przekraczały wartości uznane za dopuszczalne według nowej interpretacji przepisów.

Dostępne są różne strategie eksploatacyjne, mające na celu zwiększenie skuteczności usuwania związków azotu ze ścieków, jednak w większości są one stosowane w dużych oczyszczalniach z rozbudowanym układem sterowania [5, 6]. Zaproponowane założenia projektowe do modernizacji badanej oczyszczalni ścieków szły w kierunku typowym w przypadku miejskich oczyszczalni ścieków, przy wprowadzeniu wielofazowego osadu czynnego. Przewidywały one:

- zwiększenie pojemności czynnej reaktorów biologicznych przez usunięcie osadników kieszeniowych i zagęszczaczy z wnętrza reaktorów,
- powiększenie objętości komór niedotlenionych z obecnych 25% do 45% całkowitej pojemności reaktorów przez zastosowanie strefy napowietrzania przemiennego,
- wykonanie jednego osadnika wtórnego lejowego o średnicy 7 m, wspólnego dla obu reaktorów wraz z pompownią recykulacyjną,
- adaptację zbiornika osadu o pojemności 200 m^3 na wydzieloną komorę stabilizacji wyposażoną w ruszt napowietrzający.

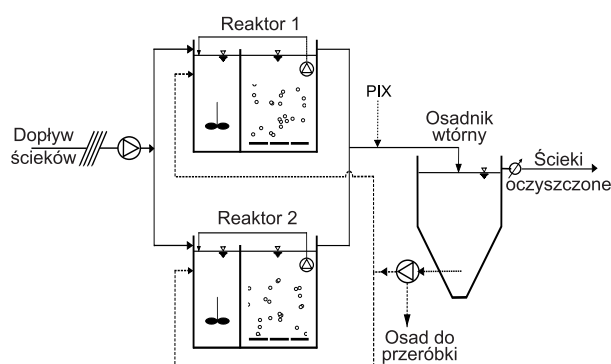
Badania symulacyjne prowadzone były z wykorzystaniem programu GPS-X[®] v. 6.1. W badaniach wykorzystano model matematyczny dopływu „tsscod”, model osadu czynnego „ASM2d” oraz model sedimentacji w osadniku wtórnym z uwzględnieniem zachodzących w nim przemian biochemicznych zgodnych z modelem „ASM2d”. Model osadu czynnego nr 2d (ASM2d) stanowi rozwinięcie pierwotnego modelu osadu czynnego nr 2 (ASM2), uwzględniającego usuwanie związków węgla, azotu i fosforu [7, 8]. Ponadto w modelu symulacyjnym uwzględniono proces chemicznego strącania związków fosforu w reaktorze biologicznym (rys. 2).

Tabela 1. Projektowe i rzeczywiste wartości wskaźników jakości ścieków
Table 1. Design and actual values of wastewater quality parameters

Parametr/wskaźnik, jednostka	Ścieki nieoczyszczone (dopływ)		Ścieki oczyszczone (odpływ)		
	wartości rzeczywiste	wartości projektowe	wartości rzeczywiste	wg pozwolenia wodnoprawnego	wg nowej interpretacji przepisów
Strumień objętości ścieków, m^3/d	90	230	90	230	–
BZT ₅ , gO_2/m^3	525	565	6	25	15
ChZT, gO_2/m^3	972	1130	44	125	125
Zawiesiny ogólne, g/m^3	219	565	–	35	35
Azot amonowy, $\text{gNH}_4^+/\text{m}^3$	68	–	0,8	–	–
Azot ogólny, gN/m^3	95	120	17,8	–	15
Fosfor ogólny, gP/m^3	11	20	6	–	2

Tabela 2. Projektowe i rzeczywiste wartości parametrów eksploatacyjnych oczyszczalni ścieków
Table 2. Design and actual values of wastewater treatment plant operating parameters

Parametr eksploatacyjny	Wartość	
	projektowa	rzeczywista
Obciążenie osadu czynnego ładunkiem BZT ₅ , gO ₂ /g·d	0,070	0,051
Wiek osadu czynnego, d	22	28
Stopień recyrkulacji ścieków i osadu, %	300	300
Zawartość osadu czynnego, kg/m ³	5	4+5
Indeks osadu czynnego, cm ³ /g	–	100+150
Zawartość tlenu rozpuszczonego, gO ₂ /m ³	2	3+4



Rys. 2. Schemat oczyszczalni ścieków poddanej badaniom symulacyjnym (po modernizacji)

Fig. 2. Schematic diagram of simulated wastewater treatment plant (after modernization)

Model oczyszczalni ścieków został opracowany i skaliowany zgodnie z typową procedurą [9, 10]. Podczas konstruowania modelu wykorzystano informacje na temat praktycznych aspektów prowadzenia symulacji komputerowej, z uwzględnieniem specyfiki małych oczyszczalni ścieków [11–13]. Podstawowe symulacje wykonano przy założeniu stałej temperatury ścieków (16°C), jednak z uwzględnieniem możliwego wpływu niskiej temperatury

ścieków na proces, co ma miejsce szczególnie w przypadku ogólnospławnych sieci kanalizacyjnych [14]. W wyniku uproszczonej kalibracji modelu ustalono wartość szybkości przyrostu bakterii autotroficznych $\mu_A = 1 \text{ d}^{-1}$ (wartość domyślna 2 d^{-1}). Pozostałe wartości parametrów kinetycznych i stechiometrycznych pozostały niezmienione. Przedmiotem badań symulacyjnych była oczyszczalnia pracująca w układzie po planowanej modernizacji. Szczegółowe cele badań obejmowały:

- ocenę możliwości uzyskania założonej skuteczności technologicznej oczyszczalni ścieków przy założeniu projektowych warunków eksploatacyjnych (obciążenie, jakość ścieków dopływających),
- określenie możliwości i celowości modyfikacji założeń projektowych w celu osiągnięcia wymaganej skuteczności technologicznej oczyszczalni,
- określenie optymalnych wartości podstawowych parametrów eksploatacyjnych gwarantujących osiągnięcie zakładanych celów modernizacji.

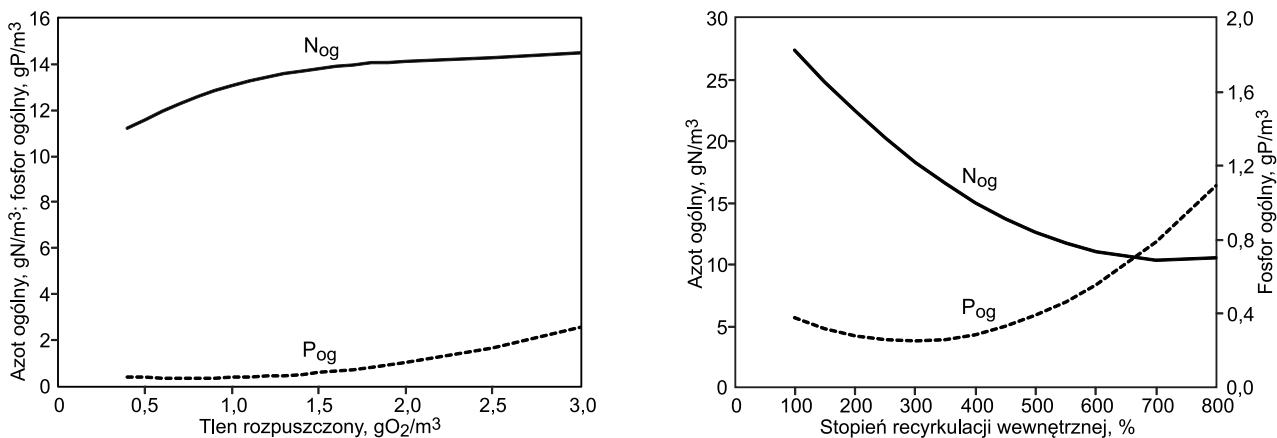
Omówienie wyników

Badaniom symulacyjnym poddano układ oczyszczalni ścieków po planowanej modernizacji i pracujący w warunkach obciążenia projektowego. W układzie tym pracują dwa dwufazowe reaktory biologiczne ze wstępną denitryfikacją (strefa niedotleniona i tlenowa w proporcji objętościowej 45% i 55%), połączone z jednym wspólnym osadnikiem wtórnym. Założono, że wprowadzenie strefy niedotlenionej pozwoli uzyskać skuteczną denitryfikację i tym samym spełnić nowe wymagania dotyczące usuwania związków azotu ze ścieków. Przeprowadzone symulacje jedynie częściowo potwierdziły założenia projektowe. Przy założonych warunkach projektowych (określonych w badaniach jako „scenariusz 1”) i przy temperaturze ścieków równej 16°C, oczyszczalnia nie zapewniła osiągnięcia dopuszczalnych ilości azotu ogólnego i fosforu ogólnego w ściekach oczyszczonych (tab. 3).

Chociaż w strefie niedotlenionej stwierdzono pełną denitryfikację, to przy stopniu recyrkulacji wewnętrznej równym 450% zawartość azotanów w odpływie ze strefy tlenowej utrzymywała się na wysokim poziomie (ok.

Tabela 3. Symulowane wartości wskaźników jakości ścieków oczyszczonych wg scenariuszy projektowych
Table 3. Simulated values of treated wastewater pollution parameters according to design scenarios

Parametr/wskaźnik, jednostka	Ścieki nieoczyszczone (dopływ)	Ścieki oczyszczone (odpływ)			
		scenariusz 1	scenariusz 2	scenariusz 3	pozwolenie wodnoprawne
Strumień objętości ścieków, m ³ /d		230			
Stopień recyrkulacji wewnętrznej, %	–	450	450	500	–
Zawartość tlenu rozpuszczonego, gO ₂ /m ³	–	5,5	1,0	1,0	–
KN/KT, %/%	–	45/55	45/55	45/55	–
Zapotrzebowanie na powietrze, m ³ /d	–	9648	5070	5010	–
Zapotrzebowanie na energię, kWh/d	–	163,8	92,6	94,3	–
BZT ₅ , gO ₂ /m ³	565	1,9	2,0	2,0	15
ChZT, gO ₂ /m ³	1130	52	52	52	125
Zawiesiny ogólne, g/m ³	565	7,1	7,2	7,2	35
Azot amonowy, gNH ₄ ⁺ /m ³	–	0,30	1,0	0,98	–
Azot ogólny, gN/m ³	120	15,9	14,0	13,1	15
Fosfor ogólny, gP/m ³	20	3,49	0,37	0,38	2



Rys. 3. Zawartość azotu ogólnego i fosforu ogólnego w ściekach oczyszczonych w zależności od ilości tlenu rozpuszczonego w strefie tlenowej i stopnia recyrkulacji wewnętrznej

Fig. 3. Total nitrogen and total phosphate concentrations in effluents as a function of dissolved oxygen content in aerobic zone and internal recirculation rate

14,9 gNO₃⁻/m³). Można się spodziewać, że w niższej temperaturze zawartość azotu ogólnego w odpływie będzie jeszcze większa. Scenariusz ten zakładał pracę dwóch dmuchaw w sposób ciągły, bez sterowania ilością tlenu rozpuszczonego w komorze reaktora (trzecia dmuchawa pełniła rolę dmuchawy rezerwowej), co skutkowało przetlenieniem osadu czynnego (5,5 gO₂/m³).

Wyniki symulacji wskazywały na konieczność wprowadzenia w pierwszej kolejności sterowania układem napowietrzania w reaktorze. Symulację takiego wariantu przeprowadzono w ramach „scenariusza 2”. Wydatek dmuchaw był sterowany za pomocą sterownika proporcjonalnego (P=0,1), w zależności od ilości tlenu rozpuszczonego w strefie tlenowej reaktora. Optymalną zawartość tlenu rozpuszczonego określono za pomocą oddzielnych serii symulacji, których wyniki przedstawiono na rysunku 3. Uznano, że najbardziej korzystne będzie utrzymywanie ilości tlenu rozpuszczonego w reaktorze na poziomie 1 gO₂/m³. W wariantcie tym osiągnięto zawartość azotu ogólnego poniżej dopuszczalnej wartości (14 gN/m³), a także bardziej skuteczne usuwanie związków fosforu, chociaż nie stosowano jego chemicznego strącania. Świadczy to o zaistnieniu w reaktorze warunków korzystnych do biologicznego nadmiarowego usuwania fosforu, pomimo braku wydzielonej strefy beztlenowej. Jednocześnie stwierdzono wyraźne zmniejszenie (ze 163,8 kWh/d do 92,6 kWh/d) zapotrzebowania na energię w części biologicznej oczyszczalni na skutek wprowadzenia sterowania układem napowietrzania.

Przy założonej zawartości tlenu rozpuszczonego w reaktorze, w następnym etapie przeprowadzono badania symulacyjne w celu określenia wymaganego stopnia recyrkulacji wewnętrznej („scenariusz 3”). Wyniki przeprowadzonych serii symulacji, przy różnym stopniu recyrkulacji wewnętrznej, przedstawiono na rysunku 3. Pokazują one, że skuteczność denitryfikacji wyraźnie rosła wraz ze zwiększaniem stopnia recyrkulacji ścieków ze strefy tlenowej do niedotlenionej. Minimalny stopień recyrkulacji, zapewniający spełnienie wymaganej jakości ścieków oczyszczonych (15 gN/m³), z odpowiednim marginesem bezpieczeństwa, wynosił 450–500%. Jest to wartość stosunkowo duża, aczkolwiek spotykana w praktyce eksploatacyjnej małych oczyszczalni ścieków. Przy recyrkulacji równej 500% zawartość azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych wynosiła 13,1 gN/m³, a fosforu ogólnego 0,38 gP/m³.

Podsumowanie

Problem nowej interpretacji wymagań dotyczących usuwania związków biogenych w małych oczyszczalniach ścieków funkcjonujących w granicach większych aglomeracji może dotyczyć w najbliższym czasie ponad 300 obiektów, które nie są do tego przystosowane pod względem technicznym i eksploatacyjnym. Należy przypuszczać, że wiele z nich będzie musiało zostać poddanych gruntownej modernizacji w celu zwiększenia ich skuteczności technologicznej. Założenia projektowe do takich modernizacji można stosunkowo niedużym nakładem pracy i kosztów zweryfikować przy pomocy symulacji komputerowej tak, aby mieć pewność uzyskania zakładanych efektów. Przeprowadzona symulacja komputerowa pozwoliła zweryfikować założenia projektowe do modernizacji oczyszczalni ścieków, jak również określić jej spodziewaną skuteczność technologiczną i eksploatacyjną. Okazało się, że oczyszczalnia po modernizacji spełni zarówno wymagania dotyczące zawartości azotu ogólnego, jak i fosforu ogólnego w ściekach oczyszczonych. Wyniki badań wskazały, że pomimo braku wydzielonej strefy beztlenowej w reaktorze biologicznym można się spodziewać, że będzie zachodził proces nadmiarowego biologicznego usuwania fosforu. Pozwoli to na uniknięcie lub wyraźne ograniczenie potrzeby stosowania chemicznego strącania związków fosforu w oczyszczalni po modernizacji. W wyniku przeprowadzonych badań symulacyjnych precyzyjnie określono warunki eksploatacyjne, jakie muszą być w tym celu spełnione. Dotyczyły one minimalnego stopnia recyrkulacji wewnętrznej, wprowadzenia systemu sterowania napowietrzaniem osadu czynnego w reaktorze oraz określenia wymaganej ilości tlenu rozpuszczonego w strefie tlenowej reaktora. W wyniku przeprowadzonych badań symulacyjnych określono także spodziewane korzyści energetyczne wynikające z modernizacji oczyszczalni ścieków.

LITERATURA

1. Dyrektywa Rady z 21 maja 1991 r. dotycząca oczyszczania ścieków komunalnych (91/271/EWG). Dziennik Urzędowy WE nr L 135/40 z 30 maja 1991 r.
2. J. KULIGOWSKA-ROSZAK: Co z Krajowym Programem Oczyszczania Ścieków Komunalnych. *Technologia Wody* 2013, nr 2, ss. 6–7.

3. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz. U. nr 137, poz. 984; rozporządzenie Ministra Środowiska z 28 stycznia 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz. U. nr 27, poz. 169.
4. J. MIKOSZ: Badania analityczne jako podstawa symulacji komputerowej w oczyszczaniu ścieków. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2007, nr 9, ss. 25–28.
5. A. STARE, D. VREČKO, N. HVALA, S. STRMČNIK: Comparison of control strategies for nitrogen removal in an activated sludge process in terms of operating costs: A simulation study. *Water Research* 2007, Vol. 41, No. 9, pp. 2004–2014.
6. D. ROSSO, M.K. STENSTROM: Energy-saving benefits of denitrification. *Environmental Engineer: Applied Research and Practice* 2007, Vol. 3, pp. 2–11.
7. GPS-X version 6.1 Technical Reference. Hydromantis Inc., Hamilton (Canada) 2011.
8. R. SZETELA, Z. DYMACZEWSKI: Modyfikacja obecnej postaci modelu osadu czynnego ASM 2d (Modification of the present form of the ASM 2d activated sludge model). *Ochrona Środowiska* 2002, vol. 24, nr 1, ss. 3–8.
9. G. LANGERGRABER, L. RIEGER, S. WINKLER, J. ALEX, J. WIESE, C. OWERDIECK, M. AHNERT, J. SIMON, M. MAURER: A guideline for simulation studies of wastewater treatment plants. *Water Science & Technology* 2004, Vol. 50, No. 7, pp. 131–138.
10. N. BOONTIAN: A calibration approach towards reducing ASM2d parameter subsets in phosphorus removal processes. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 2012, Vol. 64, pp. 984–990.
11. J.M. PENYA-ROJA, A. SECO, J. FERRER, J. SERRALTA: Calibration and validation of activated sludge model no. 2d for Spanish municipal wastewater. *Environmental Technology* 2002, 23, No. 8, pp. 849–862.
12. L. RIEGER, I. TAKÁCS, K. VILLEZ, H. SIEGRIST, P. LES-SARD, P.A. VANROLLEGHEM, Y. COMEAU: Data reconciliation for wastewater treatment plant simulation studies – planning for high-quality data and typical sources of errors. *Water Environment Research* 2010, Vol. 82, pp. 426–433.
13. N. BANADDA, I. NHAPE, R. KIMWAGA: A review of modeling approaches in activated sludge systems. *African Journal of Environmental Science and Technology* 2011, Vol. 5, No. 6, pp. 397–408.
14. A. BRZEZIŃSKA, M. ZAWILSKI: Dynamiczne modelowanie procesu biologicznego oczyszczania ścieków ogólnospławnych na przykładzie Łodzi (Dynamic modeling of the biological treatment process for combined wastewater: A case study). *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 3, ss. 21–26.

Mikosz, J., Mucha, Z. Validation of Design Assumptions for Small Wastewater Treatment Plant Modernization in Line with New Interpretation of Legal Requirements. *Ochrona Środowiska* 2014, Vol. 36, No. 1, pp. 45–49.

Abstract: In regard to wastewater discharge conditions, nutrient removal is not required for plants of capacities of up to 10,000 resident equivalents according to the current interpretation of legal regulations. European Commission objects to this interpretation and indicates that the above mentioned regulations should refer to agglomeration size rather than to plant capacity. This may result in necessity of urgent modernization of such plants in order to adapt their technologies to the nitrogen and phosphate removal.

In the near future this problem may concern several hundred of small and medium size plants in Poland. The article presents the course and the results of the research aimed at design assumption verification for modernization of an example wastewater treatment plant. Computer simulation used during the research allowed both verifying the design assumptions and setting optimal values of plant operating parameters. In addition, the capability to achieve the assumed technological effects for the plant in line with the new interpretation of legal regulations was proved.

Keywords: Wastewater treatment, effluent quality, nutrients, computer simulation.