

Koncepcja modernizacji i rozbudowy reaktorów biologicznych na oczyszczalni ścieków dla Grodziska Mazowieckiego

Concept for expansion and upgrading of biological reactors at the wastewater treatment plant for Grodzisk Mazowiecki

Maciej Mański¹, Danuta Duda-Nowicka², Katarzyna Umiejewska³

Słowa kluczowe: oczyszczalnia ścieków, ścieki komunalne, modernizacja, reaktor biologiczny

Streszczenie

Przyjęcie Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych (KPOŚK) przez Radę Ministrów w dniu 16 grudnia 2003 r. [3] służyło zidentyfikowaniu potrzeb w zakresie uporządkowania gospodarki ściekowej oraz uszeregowaniu ich realizacji, w taki sposób, aby spełnić wymagania określone w europejskiej dyrektywie 91/271/EWG z dnia 21 maja 1991 r. [2]. Oczyszczalnia ścieków dla aglomeracji Grodzisk Mazowiecki została zaprojektowana na przepływ średni dobowy 10 500 m³/d. Rozwój aglomeracji spowodował wzrost ilości dopływających ścieków i przeciążenie hydrauliczne oczyszczalni. Wpłynęło to na kłopoty z dotrzymaniem wskaźników jakości ścieków oczyszczonych, zgodnie z obowiązującym pozwoleniem wodno-prawnym. Dlatego też zdecydowano się na modernizację i rozbudowę ciągu biologicznego oczyszczania. Głównym celem modernizacji była wymiana systemu napowietrzania w istniejącym reaktorze biologicznym, zaś w ramach rozbudowy powstał drugi reaktor o takiej samej kubaturze co istniejący tj. 18980 m³.

Keywords: wastewater treatment plant, municipal wastewater, expansion, upgrading, biological reactor

Abstract

The adoption of the National Programme of Municipal Wastewater Treatment (KPOŚK) by the Council of Ministers on 16 December 2003 [3] served to identify the needs in the field of wastewater management arrangement and to prioritise their implementation so as to meet the requirements of the European Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 [2]. The wastewater treatment plant for Grodzisk Mazowiecki agglomeration was designed for an average daily flow of 10 500 m³/d. The development of the agglomeration caused an increase in the amount of wastewater and hydraulic overload of the plant. This led to problems in maintaining the quality of treated wastewater in accordance with the Polish regulations. Therefore, it was decided to expand and upgrade the biological reactors. The main aim of the upgrading was to replace the aeration system in the existing biological reactor and the expansion consisted in a construction of a second reactor of the same volume – 18980 m³.

1. Wprowadzenie

Celem oczyszczania ścieków jest ochrona środowiska przyrodniczego przed zanieczyszczeniami, powstającymi w wyniku ludzkiego metabolizmu oraz gospodarczej i przemysłowej działalności. W ściekach bytowych i komunalnych znajduje się wiele składników, wśród których można wyróżnić: związki organiczne, biogenne, mineralne, mikroorganizmy patogenne, pasożyty i substancje toksyczne. Oczyszczanie ścieków jest konieczne ze względu na ochronę wód oraz potrzebę włączenia związków biogennych do naturalnego obiegu pierwiastków w przyrodzie.

W Polsce, w zakresie oczyszczania ścieków, obowiązują wymagania określone w europejskiej dyrektywie 91/271/EWG z dnia 21 maja 1991 r. [2]. Polska przystępując do Unii Europejskiej zobowiązała się do wypełnienia tych wymogów zgodnie z określonymi

w negocjacjach i zapisanymi w Traktacie Akcesyjnym terminami i okresami przejściowymi. Aby zidentyfikować faktyczne potrzeby w zakresie uporządkowania gospodarki ściekowej oraz uszeregować ich realizację w taki sposób, by wywiązać się ze zobowiązań traktatowych, stworzono Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych (KPOŚK), przyjęty przez Radę Ministrów w dniu 16 grudnia 2003 r. [3] KPOŚK stanowi wykaz aglomeracji, które muszą zostać wyposażone w systemy kanalizacji zbiorczej i oczyszczalnie ścieków w terminach określonych w programie.

Zgodnie z aktualizacją KPOŚK z 2017r. oczyszczalnia ścieków dla Grodziska Mazowieckiego została zaklasyfikowana do priorytetu P3 [1]. Oznacza to, że aglomeracja Grodzisk Mazowiecki, przez realizację planowanych działań inwestycyjnych do dnia 31 grudnia 2021 r., spełni warunki dyrektywy 91/271/EWG [2], dotyczące jakości i wydajności oczyszczalni.

¹ Maciej Mański – Prezes Zakładu Wodociągów i Kanalizacji w Grodzisku Mazowieckim, Zakład Wodociągów i Kanalizacji w Grodzisku Mazowieckim, ul. Cegielniana 4, e-mail: maciej.manski@zwik-grodzisk.pl

² Danuta Duda-Nowicka – Kierownik Oczyszczalni Ścieków w Chrzanowie Dużym, Zakład Wodociągów i Kanalizacji w Grodzisku Mazowieckim, ul. Cegielniana 4, e-mail: danuta.duda-nowicka@zwik-grodzisk.pl

³ Katarzyna Umiejewska, dr inż., prof. PW – Zakład Zaopatrzenia w Wodę i Odprowadzania Ścieków, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, e-mail: katarzyna.umiejewska@pw.edu.pl

2. Charakterystyka oczyszczalni ścieków przed modernizacją i rozbudową

2.1. Wartości przyjęte do projektowania

Oczyszczalnia ścieków przed modernizacją została zaprojektowana, wybudowana i przekazana do eksploatacji przy założeniu następującej ilości i jakości ścieków [4]:

- Przepływ średni dobowy : 10 500 m³/d
- Przepływ maksymalny dobowy : 12 600 m³/d
- Przepływ maksymalny godzinowy : 840 m³/h

Jakość ścieków surowych

• Stężenia zanieczyszczeń (P = 85%):

- BZT5 : 840 mg O₂/dm³
- ChZT : 1 840 mg O₂/dm³
- Zawiesina ogólna : 870 mg/dm³
- Azot ogólny : 107 mg N/dm³
- Fosfor ogólny : 10,8 mg P/dm³

• Ładunki zanieczyszczeń (P = 85%):

- BZT5 : 8 820 kg O₂/d
- ChZT : 19 320 kg O₂/d
- Zawiesina ogólna : 9 135 kg/d
- Azot ogólny : 1 123,5 kg N/d
- Fosfor ogólny : 123,5 kg P/d

2.2. Opis układu technologicznego oczyszczania ścieków

Do oczyszczalni trafiają ścieki dwoma kolektorami grawitacyjnymi – jednym z Grodziska Mazowieckiego, drugim z Milanówka, Brwinowa i Podkowy Leśnej. Kolektory spotykają się w komorze KZO, skąd ścieki trafiają do pompowni głównej. Nieczystości ciekłe są dowożone taborem asenizacyjnym do istniejącej stacji zlewcezej.

Wszystkie ścieki, przez komorę kraty rzadkiej, w której jest zamontowana krata zgrzeblowa o przepustowości 527 l/s i perforacji 30 mm, przepływają grawitacyjnie do pompowni.

W budynku pompowni znajduje się pomieszczenie krat, w którym znajdują się dwie kraty taśmowo – hakowe o przepustowości 264 l/s i o perforacji 6 mm, każda. Po precedzeniu przez kraty ścieki wpadają do zbiornika czerpalnego o pojemności 148m³.

Pompownia główna przetłacza ścieki do komory rozprężnej i dalej do dwóch piaskowników wirowych, wyposażonych w mieszadło, instalację sprężonego powietrza i pompę mamutową do usuwania pulpy piaskowej.

Z piaskowników ścieki odpływają kanałem do dwóch osadników wstępnych wyposażonych w zgarniacz łańcuchowy a także instalację do odbioru części pływających. Są to osadniki o średnicy D = 25,0 m i wysokości całkowitej Hc=3,40 m (pojemność całkowita 1668 m³, powierzchnia czynna 490m²). Zgromadzony osad jest grawitacyjnie odprowadzany do dwóch zagęszczaczy grawitacyjnych, skąd przez komorę czerpalną jest pompowany do WKF-ów.

Po osadnikach wstępnych ścieki są kierowane do zespołu reaktora biologicznego, składającego się z dwóch obiektów RBA i RBB.

Założone w projekcie wskaźniki jakości ścieków dopływających do reaktora biologicznego:

- wartość BZT5 – 630 g O₂/m³
- stężenie zawiesin ogólnych – 435 g/m³
- stężenie azotu ogólnego – 107 g N/m³
- stężenie azotu amonowego – 75,6 g N – NH₄⁺ /m³
- stężenie fosforu ogólnego – 10,8 g P/ m³.

Pierwszy obiekt – reaktor RBA są dwie komory – beztlenowa i niedotleniona. Tam też trafia osad recykulowany i część ścieków z recyrkulacji wewnętrznej. Obiekt ten jest zbudowany z dwóch cylindrycznych współśrodkowych zbiorników żelbetowych. Pierwszy

wewnętrzny – komora beztlenowa – ma średnicę 12 m, głębokość czynną 6,3 m i pojemność czynną 712m³.

Założony w projekcie czas zatrzymania ścieków w komorze beztlenowej:

- dla średniego godzinowego dopływu ścieków – Q_{hśr} = 438 m³/h – t₁=1,6 h
- dla przepływu średniego z godzin dziennych – Q_{hd} = 638 m³/h – t₃=1,1 h
- dla maksymalnego godzinowego dopływu ścieków – Q_{hmax} = 840 m³/h – t₂=0,85 h

Zewnętrzny pierścień, o skośnym dnie, stanowiący komorę denitryfikacji, ma szerokość 4,8 m, i pojemność czynną 1360m³.

Założony w projekcie czas zatrzymania ścieków w komorze denitryfikacji:

- dla Q_{hśr} = 438 m³/h – t₁=3,1 h
- dla – Q_{hd} = 638 m³/h – t₃=2,1 h
- dla Q_{hmax} = 840 m³/h – t₂=1,6 h

Obydwa zbiorniki, wewnętrzny i zewnętrzny, wyposażone są w mieszadła zatapialne. Drugi obiekt – reaktor RBB są także dwie komory – niedotleniona i nityfikacji. W tym obiekcie komorę denitryfikacji wykonano jako komorę cyrkulacyjną o wymiarach 75x11 m i głębokości 6,3 m. Pojemność czynna komory to 4880m³. Wyposażona jest ona w dwa mieszadła wolnoobrotowe, służące do mieszania, ale powodujące także przepływ cyrkulacyjny. Do komory tej recyrkulowane są ścieki z komory odtleniania.

Założony w projekcie czas zatrzymania ścieków w komorze denitryfikacji:

- dla Q_{hśr} = 438 m³/h – t₁=11,1 h
- dla – Q_{hd} = 638 m³/h – t₃=7,6 h
- dla Q_{hmax} = 840 m³/h – t₂=5,8 h

Ze strefy denitryfikacji ścieki odpłyną do strefy nityfikacji, gdzie są napowietrzane za pomocą dyfuzorów rurowych. Komora nityfikacji jest komorą labiryntową o przepływie tłokowym. Jej wymiary w planie wynoszą 82mx22 m+34mx7 m a pojemność czynna 12356m³.

Założony w projekcie czas zatrzymania ścieków w komorze nityfikacji:

- dla Q_{hśr} = 438 m³/h – t₁=28,2 h
- dla – Q_{hd} = 638 m³/h – t₃=19,4 h
- dla Q_{hmax} = 840 m³/h – t₂=14,7 h

Parametry technologiczne komory nityfikacji:

- stężenie osadu w komorze – 3,5 kg sm/m³
- średniodobowa ilość osadu nadmiernego – 5104 kg sm/d
- wymagane średniodobowe zapotrzebowanie na tlen netto – 11050 kgO₂/d (460,4 kgO₂/h)
- wymagane max godzinowe zapotrzebowanie tlenu netto – 736 kgO₂/h
- średniodobowa (obliczeniowa) ilość sprężonego powietrza – 7943 Nm³/h
- maksymalna (obliczeniowa) ilość sprężonego powietrza – 12698 Nm³/h
- wymagany stopień recyrkulacji n=5,6
- założona wielkość recyrkulacji zewnętrznej n=0,4-1,25 200-700 m³/h
- założona wielkość recyrkulacji wewnętrznej
 - z pompowni recyrkulatu n=1,4-3,6 720-1872 m³/h
 - z komory odtleniania n=0,8-1,2 360-540 m³/h

Część ścieków z komory nityfikacji odprowadzana jest przez otwór o wymiarach 1,0x1,0 m usytuowany przy dnie, do komory odtleniania. Komora odtleniania wyposażona jest w mieszadło zatapialne oraz w mieszadło pompujące. Z komory odtleniania ścieki recyrkulowane są za pomocą mieszadła pompującego, przez komorę wypływową, do komory denitryfikacji.

Komorą odtleniania ma pojemność 403 m³.

Pomiędzy obydwoma komorami zrealizowana jest też druga recyrkulacja wewnętrzna.

Z komory nityfikacji ścieki przepływają kanałem do komory rozdziału a następnie do dwóch osadników wtórnych. Wyposażone są one w zgarniacze ssawkowe oraz instalację do zbierania i odprowadzania części pływających. Osadniki mają średnicę 25 m, głębokość całkowitą 3,25 m, powierzchnię czynną 490m² i pojemność czynną 1690m³. Przed rozbudową i modernizacją reaktora biologicznego wykonano przebudowę i ponowne uruchomienie dwóch dodatkowych

osadników wtórnych, o takich samych parametrach technicznych jak dwa wcześniej użytkowane. Osadniki te wyposażono w zgarniacze śrubowe i deflektory centralne.

W przypadku konieczności wspomagania biologicznej defosfatacji stosuje się chemiczne strącanie koagulantem PIX 113.

Sklarowane ścieki odpływają przez przelewy pilaste, umieszczone na obwodzie osadnika, do koryt przelewowych B=400 mm i następnie do kanału zbiorczego ścieków oczyszczonych B=500 mm.[4]

2.3 Jakość ścieków zgodnie z pozwoleniem wodnoprawnym

Zgodnie z Decyzją 123/14/PŚ. W Marszałek Województwa Mazowieckiego udzielił Zakładowi Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. z siedzibą w Grodzisku Mazowieckim pozwolenia na wprowadzanie oczyszczonych ścieków komunalnych z grupowej oczyszczalni ścieków w Grodzisku Mazowieckim do rzeki Rokitnicy Starej o jakości przedstawionej w tab. 1.[4]

Tabela 1. Maksymalne wskaźniki zanieczyszczeń zgodnie z obowiązującym pozwoleniem [4,7]

Table 1 Maximum pollutant parameters in accordance with existing Polish regulations

Lp.	Wskaźnik	Jednostka	Dopuszczalna wartość
1.	BZT5	mgO ₂ /l	15,0
2.	ChZT	mgO ₂ /l	125,0
3.	Zawiesiny ogólne	mg/l	35,0
4.	Azot ogólny	mgN/l	10,0
5.	Fosfor ogólny	mgP/l	1,0

3. Ilość i jakość ścieków przed modernizacją

3.1. Rzeczywista ilość ścieków surowych

Do projektu założono średni dobowy dopływ ścieków na poziomie 10500 m³/d oraz maksymalny dobowy dopływ ścieków – Q_{dmax} = 12600 m³/d.

W tab. 2 zestawiono charakterystyczne wartości przepływów w latach 2015-2017.

Tabela 2 Charakterystyczne wartości przepływów w latach 2015-2017

Table 2 Characteristic flow values

Rok	Przepływ m ³ /d		
	Minimalny	Średni	Maksymalny
2015	4054	11337	25900
2016	6880	13535	19540
2017	12210	14929	21780

Średnie przepływy, w kolejnych latach, są wyższe od przepływu średniego założonego do projektu, zaś w roku 2016 i 2017 są wyższe od przepływu maksymalnego.

3.2. Rzeczywista jakość ścieków surowych

W tab. 3 zebrano charakterystyczne stężenia wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych.

Tabela 3. Charakterystyczne wskaźniki zanieczyszczeń w ściekach surowych

Table 3 Characteristic parameters of pollution in raw wastewater

Rok	Wskaźnik mg/l								
	BZT ₅			ChZT			Zawiesina ogólna		
	Min	Śr	Max	Min	Śr	Max	Min	Śr	Max
2015	530	770	1060	1070	1621	2080	560	1000	1600
2016	320	563	920	866	1129	1680	300	795	1100
2017	480	538	600	885	962	1040	490	649	1100

Rok	Wskaźnik mg/l								
	Azot ogólny			Azot amonowy			Fosfor ogólny		
	Min	Śr	Max	Min	Śr	Max	Min	Śr	Max
2015	91,7	123,0	170,0	48	71	86	13	39	52
2016	69,6	112,5	188,0	54	75	89	14	23	36
2017	90,4	109,1	171,0	-	-	-	17	18	19

Średnie stężenia głównych pięciu wskaźników zanieczyszczeń w kolejnych latach są coraz niższe. Stężenia związków biogenych we wszystkich latach są znacznie wyższe od zakładanych.

W tab. 4 przedstawiono charakterystyczne ładunki zanieczyszczeń w ściekach surowych. Analiza wartości zawartych w tab. 4 jest utrudniona, z uwagi na różną ilość danych w każdym roku. Analizę ładunków w ściekach surowych oparto na piętnastu danych z 2015 r., dwudziestu sześciu danych z 2016 r. oraz siedmiu danych z 2017 r. Tak więc można stwierdzić, że najbardziej wiarygodne są dane z 2016 r. Z zestawienia wynika, że szczególnie niepokojące są ładunki związków biogenych, znacząco wyższe od założonych. Można również zauważyć, że średnie ładunki ChZT maleją a azotu ogólnego rosną, co może niekorzystnie wpływać na dostępność związków węgla organicznego niezbędnych do procesu denitryfikacji.

Tabela 4. Charakterystyczne ładunki zanieczyszczeń w ściekach surowych

Table 4 Characteristic pollutant loads in raw wastewater

Rok	Ładunek kg/d								
	BZT ₅			ChZT			Zawiesina ogólna		
	Min	Śr	Max	Min	Śr	Max	Min	Śr	Max
2015	4239	8699	13461	8892	18400	30485	6204	11469	21115
2016	4392	7801	14776	10434	15630	26964	4389	8873	17391
2017	6734	8340	12197	12921	14952	19711	6239	9965	16050

Rok	Ładunek kg/d								
	Azot ogólny			Azot amonowy			Fosfor ogólny		
	Min	Śr	Max	Min	Śr	Max	Min	Śr	Max
2015	569	1360	2243	250	817	1231	154	356	557
2016	1122	1454	2232	857	1025	1331	184	285	480
2017	1381	1691	2536	-	-	-	244	299	412

3.3. Stężenia azotu w ściekach oczyszczonych

Analiza jakości ścieków oczyszczonych wskazuje na przekroczenia stężeń azotu ogólnego oraz sporadycznie fosforu ogólnego. Jednakże, w latach 2015-2017 dysponowano liczniejszym zbiorem analiz form azotu (azot amonowy i azotanowy) niż azotu ogólnego. Dlatego też w tab. 5 zebrano charakterystyczne stężenia azotu azotanowego i amonowego z okresu objętego analizą.

Tabela 5. Charakterystyczne stężenia azotu amonowego i azotanowego

Table 5 Characteristic concentrations of ammonium and nitrate nitrogen

Rok	Wskaźnik, mg N/l						
	Azot amonowy			Azot azotanowy			
	Min	Śr	Max	Min	Śr	Max	Max
2015	0,051	2,84	29,0	0,96	9,6	22,4	
2016	0,044	0,70	11,4	5,66	12,46	23,0	
2017	0,036	1,78	14,9	5,20	12,34	18,80	

Z danych zawartych w tab. 5 można wnioskować, że stężenia azotu amonowego tylko w pojedynczych dniach w analizowanym okresie jest wysokie, co świadczy o nieskutecznym procesie nityfikacji. Stężenia azotu azotanowego w ściekach oczyszczonych są bardzo wysokie, tak więc proces denitryfikacji nie przebiega prawidłowo.

4. Wnioski z analizy ilości i jakości ścieków oraz doświadczeń eksploatacyjnych

Analizując dane dotyczące ilości ścieków można stwierdzić, że oczyszczalnia jest przeciążona hydraulicznie, ze względu na:

- zwiększenie ilości gospodarstw domowych podłączonych do kanalizacji w stosunku do ilości przewidzianej w projekcie,
- rozbudowa przemysłu na terenie aglomeracji.

Przeciążenie hydrauliczne ma znaczący wpływ na poprawność procesów biologicznego oczyszczania, ponieważ powoduje skrócenie czasu zatrzymania ścieków w poszczególnych strefach reaktora biologicznego. W reaktorze przed modernizacją, nie było stref fakultatywnych, które pozwalałyby na wydłużenie części tlenowej bądź niedotlenionej, w zależności od jakości dopływających ścieków. Ponadto w związku ze znacznym przeciążeniem hydraulicznym oczyszczalni, ładunki związków biogenych w ściekach surowych, były dużo wyższe od założonych. Niepokoił fakt, że średnie wartości ładunków związków biogenych rosły w kolejnych latach, zaś średnie ładunki ChZT malały, co niekorzystnie wpływało na dostępność związków węgla organicznego niezbędnych do procesu denitryfikacji i biologicznej defosfatacji. Powodowało to konieczność stosowania zewnętrznego źródła węgla organicznego do wspomaganie procesu denitryfikacji. Problemy z procesem denitryfikacji potwierdzały analizy jakości ścieków oczyszczonych. Okresowo występowały wysokie stężenia azotu azotanowego w ściekach odpływających z reaktora biologicznego. Problem z usuwaniem azotu wynikał także z braku możliwości zapewnienia wymaganego stopnia recyrkulacji wewnętrznej. Maksymalny możliwy do uzyskania stopień recyrkulacji wynosił $n=5,07$ (wobec $n=5,60$ założonego do projektu). Wymagana recyrkulacja wewnętrzna, ze względu na rzeczywisty ładunek azotu, powinna być dwukrotnie wyższa od maksymalnej. Niemożność uzyskania wyższego stopnia recyrkulacji była spowodowana względami technicznymi, tj. wydajność pomp, kubatura kanałów i komór.

Osadniki wtórne w oczyszczalni dla Grodziska Mazowieckiego mają głębokość 3,25 m, która nie zapewniała poprawnego klarowania ścieków oczyszczonych, nawet przy utrzymywaniu w komorze osadu czynnego stężenia osadu na poziomie założonym w projekcie, tj. 3,5 kg/m³. Wynikało to głównie z przeciążenia osadników masą zawieszin, co także było następstwem przeciążenia hydraulicznego. Z tego względu proces sedymentacji osadu wspomagano stosowaniem związków chemicznych.

Istniejące kłopoty na oczyszczalni ścieków wpłynęły na decyzję modernizacji i rozbudowy reaktora biologicznego.

5. Charakterystyka układu technologicznego po modernizacji i rozbudowie

5.1. Wartości założone do projektu

Z uwagi na stały rozwój aglomeracji Grodzisk Mazowiecki, do nowego projektu reaktorów biologicznych przyjęto następujące przepływy [5]:

- Średnia dobowo ilość ścieków 21 000 m³/d, w tym 2000 m³/d dowiezionych nieczystości ciekłych z uwagi na rozbudowę stacji zlewnej,
- Przepływ maksymalny godzinowy w pogodzie bezdeszczowej 1 500 m³/h,
- Przepływ maksymalny godzinowy w pogodzie deszczowej 1 700 m³/h.

Przeprowadzona analiza jakości ścieków z lat 2015-2017 wskazała na zmniejszenie się wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach surowych przy stałych ładunkach. Dlatego też do modernizacji i przebudowy przyjęto następujące stężenia:

- BZT₅ : 544 mg O₂/dm³
- ChZT : 919 mg O₂/dm³
- Zawiesina ogólna : 519 mg/dm³
- Azot ogólny : 96 mg N/dm³
- Fosfor ogólny : 16 mg P/dm³

Stężeniom tym odpowiadają następujące ładunki zanieczyszczeń:

- BZT₅ : 11 434 kg O₂/d
- ChZT : 19 296 kg O₂/d
- Zawiesina ogólna : 10 906 kg/d
- Azot ogólny : 2 026 kg N/d
- Fosfor ogólny : 342 kg P/d

5.2. Charakterystyka reaktorów biologicznych

5.2.1. Istniejący reaktor RBA i RBB

Modernizacja reaktora biologicznego objęła głównie wymianę instalacji napowietrzającej. Istniejące ruszty z dyfuzorami rurowymi zostały zdemontowane a w ich miejsce zainstalowano dyfuzory membranowe do napowietrzania drobnopęcherzykowego.

Działaniami modernizacyjnymi, w obrębie reaktora RBA, było także wydzielenie strefy predenitryfikacji, poprzez wykonanie cylindrycznej ściany działowej o średnicy wewnętrznej 15,40 m. Wobec tego zmniejszono komorę denitryfikacji z 1 335 m³ do 870 m³. Zmniejszenie strefy denitryfikacyjnej w reaktorze RBA zostało zrekompensowane, przez utworzenie stref fakultatywnych w reaktorze RBB. Reaktor RBB wyposażono w dwa mieszadła zatapialne w końcowej części pierwszego korytarza komory nityfikacji oraz cztery mieszadła zatapialne w końcowej części komory nityfikacji, tworząc strefy fakultatywne.

Ponadto zainstalowano dodatkową pompę recyrkulacji wewnętrznej w postaci mieszadła pompującego o wydajności ok. 3 000 m³/h.

5.2.2. Nowy reaktor RBF

W projekcie przewidziano budowę nowego reaktora biologicznego – RBF w postaci zbiornika żelbetowego, prostopadłościennego, otwartego o wymiarach 101,3x33,30, głębokości całkowitej 6,5 m.

Nowy reaktor jest podzielony na następujące komory – tab. 6.

Tabela 6 Zestawienie pojemności komór reaktora biologicznego RBF [5]

Table 6. Capacity of biological reactor chambers [5]

Komora	Faza procesu/Warunki	Pojemność [m ³]
Predenitryfikacji PD	niedotlenione	395
Beztlenowa DF	beztlenowe	710
Denitryfikacji	niedotlenione	5590
Nominalnie nityfikacji:	tlenowe	11 935
• Strefa fakultatywna fl	tlenowe/niedotlenione	4755
• Strefa nefakultatywna nf	tlenowe	4755
• Strefa fakultatywna fil	tlenowe/niedotlenione	2375
Odtleniania	niedotlenione	400

Kubatura nowego reaktora RBF odpowiada kubaturze istniejącego reaktora RBA +RBB.

Pracę komór nityfikacji reaktorów biologicznych charakteryzują następujące parametry technologiczne:

- stężenie osadu w komorze – 3,0 kg sm/m³
- obciążenie osadu ładunkiem zanieczyszczeń organicznych – 0,09 kg BZT₅/kg sm·d
- wiek osadu w części tlenowej 6,1 d (w temp.20°C)



- całkowity wiek osadu 19,5 d (w temp. 20°C)
- wymagane średniodobowe zapotrzebowanie na tlen – 543 kgO₂/h (w temp. 20°C)
- wymagane max godzinowe zapotrzebowanie tlenu netto – 688 kgO₂/h
- stopień recyrkulacji wewnętrznej – n=10,38 – 12,76

Założone do projektu obciążenie osadu ładunkiem zanieczyszczeń organicznych oraz wiek osadu i stopień recyrkulacji wewnętrznej pozwalają na skuteczne usuwanie ze ścieków związków azotu. Jak widać powyżej, wg założeń projektowych, stężenie osadu wynosi 3,0 kg sm/m³. Niższe stężenie, po rozbudowie i modernizacji, podyktowane jest parametrami technicznymi osadników wtórnych. Utrzymywanie takiego stężenia daje możliwość poprawnej sedimentacji osadu, bez stosowania preparatów chemicznych.

Przebudowa reaktora RBA i RBB oraz budowa nowego reaktora RBF wymagała również przeprowadzenia prac modernizacyjnych w stacji dmuchaw.

Przed modernizacją w stacji dmuchaw zainstalowane były:

- 2 dmuchawy typu HST S9000-1-H-400V o wydajności 4050-9000 Nm³/h i mocy P₂ = 240 kW,
- 1 dmuchawa HST 2500-1-A-400V o wydajności 1400 do 3400 Nm³/h i o mocy P₂ = 90 kW.

Modernizacja stacji dmuchaw polegała na wymianie dmuchawy o mocy zainstalowanej P₂ = 90 kW na dmuchawę o wydajności 2385 do 5820 Nm³/h i mocy zainstalowanej P₂ = 150 kW wraz z podłączeniem jej do instalacji sprężonego powietrza. Modernizacja objęła też automatyczne sterownice stacji dmuchaw. Wymiana dmuchawy zapewnia możliwość podawania do reaktorów biologicznych ilości powietrza odpowiadającej zapotrzebowaniu.

Wydzielenie stref fakultatywnych pozwala na prowadzenie procesów nityfikacji/denitryfikacji w zależności od jakości ścieków dopływających do reaktora biologicznego oraz ich temperatury oraz wpływa na ograniczenie dawkowania zewnętrznego źródła węgla.

Reaktory biologiczne wyposażone są w szereg pomiarów procesowych (stężenie tlenu, azotu amonowego, azotanowego, potencjału redox). Pozwala to na sterowanie ich pracą według nastaw tlenu i azotu, co zwiększa dostosowanie podaży powietrza do potrzeb procesów biologicznych.

6. Podsumowanie

Oczyszczalnia ścieków dla Grodziska Mazowieckiego przed modernizacją była przeciążona pod względem hydraulicznym, ze względu na większą niż zaprojektowano ilość dopływających ścieków. Na podstawie analizy ilości ścieków dopływających w kolejnych latach wynikało, że oczyszczalnia jest przeciążona nawet o 50 % w stosunku do założonej projektowanej średniodobowej wydajności oczyszczalni wynoszącej 10 500 m³/d. Ze względu na krótkie czasy zatrzymania w reaktorze biologicznym, zbyt niski iloraz BZT₅/N, wysokie ładunki azotu, oraz niewystarczający stopień recyrkulacji, proces denitryfikacji nie przebiegał skutecznie.

Modernizacja i rozbudowa oczyszczalni ścieków pozwala na przyjmowanie i skuteczne oczyszczanie wszystkich dopływających ścieków. Wydzielenie stref fakultatywnych (budowa rusztów napowietrzających i mieszadeł) oraz opomiarowanie reaktorów czyni proces oczyszczania bardziej elastycznym, przy jednoczesnej optymalizacji kosztów oczyszczania.

LITERATURA

- [1] Aktualizacja Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych – AKPOŚK 2017 wraz z Załącznikiem 2: Wykaz aglomeracji oraz przedsięwzięć ujętych w AKPOŚK 2017
- [2] Dyrektywa 91/271/EWG w sprawie oczyszczania ścieków komunalnych
- [3] Krajowy program oczyszczania ścieków komunalnych (KPOŚK) zatwierdzony został przez Rząd Rzeczypospolitej Polskiej 16 grudnia 2003 r
- [4] Materiały udostępnione przez Zakład Wodociągów i Kanalizacji w Grodzisku Mazowieckim
- [5] Matysiak W. – Projekt budowlany budowy reaktora biologicznego, maj 2018
- [6] Niemiecki zbiór reguł ATV-DVWK, Wytyczna ATV-131P wymiarowanie jednostopniowych oczyszczalni ścieków z osadem czynnym, wyd. „Seidel-Przywecki”, Warszawa 2000
- [7] Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 12 lipca 2019 r. w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego oraz warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu do wód lub do ziemi ścieków, a także przy odprowadzaniu wód opadowych lub roztopowych do wód lub do urządzeń wodnych, Dz. U. 2019 poz. 1311