

1. Podstawowe informacje o gospodarce ściekowej w Gminie Łochów.

Gospodarka ściekowa

Kanalizacja sanitarna w gminie Łochów to system grawitacyjno-ciśnieniowy z 40 szt. przepompowni. Aktualna długość czynnej sieci kanalizacyjnej wynosi 85,7 km, ilość przyłączy kanalizacyjnych – 2527 sztuk (miasto Łochów – 1617 szt., obszar wiejski – 910 szt.). Ilość mieszkańców obsługiwanych przez sieć to ok. 8760 osób. Ścieki z przepompowni odprowadzane są przewodami tłocznymi PE-HD, połączenia rurociągów tłocznych z kanałami grawitacyjnymi w studzienkach rozprężnych (montowane dla wytrącenia prędkości przepływu ścieków). Kanały sanitarne grawitacyjne wykonane są z rur PVC-U w zakresie średnic od 200-315mm. Podłączenia kanalizacyjne wykonane są również z rur PVC-U w zakresie średnic od 160-200 mm.

Oczyszczalnia ścieków w Łochowie zlokalizowana jest na peryferiach miasta, od strony półn-wsch., przy ul. Przemysłowej 43. Oczyszczalnia ta jest oczyszczalnią ścieków komunalnych mechaniczno-biologiczną typ HYDROCENTRUM o maksymalnej przepustowości 1755 m³/d, średnia dobową przepustowość oczyszczalni wynosi 1300 m³/d. Oczyszczalnia składa się z dwóch reaktorów osadu czynnego.

2. Charakterystyka oczyszczalni w Łochowie

2.1. Ogólna charakterystyka i lokalizacja oczyszczalni

Miejska oczyszczalnia ścieków komunalnych w Łochowie zlokalizowana jest na peryferiach miasta od strony półn-wsch., przy ul. Przemysłowej 43, na działkach o nr ewid. 4277/1 i 4279/1. Obsługuje zbiorczy system kanalizacyjny mieszkańców miasta Łochów oraz miejscowości: Ostrówek, Budziska, Majdan, Łojew, Laski. Oczyszczalnia w Łochowie jest oczyszczalnią mechaniczno-biologiczną typ HYDROCENTRUM. Budowę oczyszczalni ścieków rozpoczęto 28 czerwca 1994 roku, zakończenie rozruchu 3 października 1995 roku. W maju 2009 roku została rozpoczęta modernizacja obiektu, która została zakończona w lipcu 2011 roku. Oczyszczalnia ścieków decyzją Starostwa Powiatowego w Węgrowie z dnia 22 marca 2016 r, znak: ŚRB. 6341.11.2016.AM posiada pozwolenie wodno-prawne na wprowadzanie oczyszczonych ścieków komunalnych do rowu melioracyjnego R-H, a dalej Kanału Kolejowego (Łojewskiego rowu) będącego dopływem rzeki Bug.

2.2. Założenia do projektu oczyszczalni

Aktualnie ścieki do oczyszczalni doprowadzane są trzema rurociągami tłocznymi:

- z sieci kanalizacji miasta Łochów
- z miejscowości Łopianka i Ostrówek
- z dzielnicy fabrycznej Łochowa (dawniej Bumar)

Oczyszczalnia ścieków w Łochowie przyjmuje ścieki z następujących miejscowości:

Łochów 6713 mieszkańców

Ostrówek 1750 mieszkańców

Budziska 844 mieszkańców

Majdan 192 mieszkańców

Łojew 283 mieszkańców

Ogrodniki 570 mieszkańców

Razem 10352 mieszkańców.

Do wymiarowania oczyszczalni przyjęto ładunek od 10500 RLM (ścieki dopływające z kanalizacji) i 1000 RLM (ścieki dopływające z punktu zlewnego).

Ogółem - 11500 RLM

Ilość ścieków: $10500 \times 0,12 \text{ m}^3/\text{d} = 1260 \text{ m}^3/\text{d} + 40 \text{ m}^3/\text{d}$ (ścieki dowożone) = **1300 m³/d**
($Q_{\text{maxh}} = 165 \text{ m}^3/\text{h}$). [23]

Oczyszczalnia składa się z dwóch reaktorów osadu czynnego: pierwszego przyjmujący ładunek od 5000 RLM i drugi od 6500 RLM.

Przewidywane ilości ścieków dopływających do oczyszczalni wynoszą [23]:

maks. dobowy dopływ ścieków - $Q_{\text{dmax}} = 1755 \text{ m}^3/\text{d}$

średni dobowy dopływ ścieków - $Q_{\text{d}} = 1300 \text{ m}^3/\text{d}$

maks. godzinowy dopływ ścieków - $Q_{\text{hmax}} = 165,6 \text{ m}^3/\text{h}$

Przewidywane stężenia zanieczyszczeń wynoszą [23]:

Wartość BZT₅ - $531 \text{ g O}_2/\text{m}^3$

stężenie zawiesin ogólnych - $619 \text{ g}/\text{m}^3$

stężenie azotu ogólnego - $106 \text{ g N}/\text{m}^3$

stężenie fosforu ogólnego - $22 \text{ g P}/\text{m}^3$

Przewidywane średnie ładunki zanieczyszczeń dopływające do oczyszczalni wynoszą [23]:

ładunek BZT₅ - $690 \text{ kg}/\text{d}$

ładunek zawiesin ogólnych - 805 kg/d

ładunek azotu ogólnego - 138 kg N/d

ładunek fosforu ogólnego - 28,8kg P/d

Wymagany stopień redukcji wartości BZT₅ [11],[23]:

$$\eta = \frac{531 \text{gO}_2/\text{m}^3 - 25 \text{gO}_2/\text{m}^3}{531 \text{gO}_2/\text{m}^3} \times 100\% = 95,3\%$$

2.3. Technologia oczyszczalni ścieków

Ścieki komunalne dopływające do oczyszczalni zbiorczym systemem kanalizacji sanitarnej, dopływają poprzez kratę mechaniczną schodkową o prześwicie 4mm oraz piaskownik wirowy, współpracujący z separatorem piasku do zbiornika retencyjno-uśredniającego o objętości 165 m³. Ścieki dowożone transportem asenizacyjnym, wprowadzane są do stacji zlewnej połączonej z przepompownią ścieków, z której podawane są pompą porcjami do zbiornika retencyjnego. W zbiorniku ścieki są retencjonowane i uśredniane, skąd są tłoczone przy pomocy dwóch zespołów pomp, do komór rozdzielczych dwóch reaktorów wielofunkcyjnych SBR1 i SBR2:

Pompy P1 i P2 do SBR 1

Pompy P3 i P4 do SBR 2.

Każdy reaktor SBR składa się z dwóch ciągów technologicznych:

SBR1: R1 i R2

SBR2: R3 i R4

Reaktory SBR1 i SBR2 zostały wykonane w postaci dwóch monolitycznych bloków żelbetowych, na stropie jednego i drugiego zlokalizowano budynek technologiczny mieszczący stację dmuchaw oraz armaturę związaną z funkcjonowaniem reaktora biologicznego. Dla potrzeb poszczególnych reaktorów pracują dmuchawy o odpowiednio takich samych numerach porządkowych (D1, D2, D3, D4). Każdy z ciągów podzielony jest na komorę zamkniętą (ciśnieniową) i komorę otwartą (bezcisnieniową). Ścieki wymieszane z osadem czynnym w komorach rozdzielczych reaktorów SBR1 i SBR2, dopływają do komór

ciśnieniowych, gdzie w warunkach wysokiego obciążenia zachodzi redukcja węgla organicznego i współbieżna denitryfikacja azotu azotanowego pochodzącego z komór beciśnieniowych i doprowadzonego do komór ciśnieniowych po fazie spustu. Kolejna faza biologicznego oczyszczania ścieków przebiega w komorach beciśnieniowych, dokąd mieszanina ścieków i osadu czynnego przepływa otworami przepływowymi umieszczonymi przy dnie ściany odgradzającej obie komory. W czasie fazy tlenowej zawartość obu komór: ciśnieniowej i beciśnieniowej mieszana jest i napowietrzana sprężonym powietrzem wtłaczanym rusztami napowietrzającymi wyposażonymi w dyfuzory z elastycznymi membranami. Tłoczone powietrze dostarcza tlen niezbędny dla procesów życiowych biomasy oraz zapewnia odpowiednie mieszanie dla utrzymania kłaczków osadu czynnego w postaci zawiesiny równomiernie wypełniającej reaktor [6],[14]. Z chwilą gdy upłynie czas fazy napowietrzania lub po osiągnięciu poziomu maksymalnego w reaktorze, następuje faza sedymentacji, zostaje wstrzymany dopływ sprężonego powietrza do reaktora (dmuchawa obsługująca ten ciąg wyłącza się). Podczas sedymentacji następuje oddzielenie warstwy sklarownych oczyszczonych ścieków od zgromadzonego głębiej osadu czynnego. Dopływające do komory ciśnieniowej ścieki powodują powolne i stopniowe podwyższanie się poziomu ścieków w obu komorach oczyszczania. Po upływie czasu fazy sedymentacji następuje kolejna faza dekantacji, podczas której zdekantowane ścieki oczyszczone w sposób wymuszony przy pomocy sprężonego powietrza z dmuchawy wtłaczanego do komory ciśnieniowej powodują podnoszenie się poziomu ścieków w komorze beciśnieniowej do koryt zbiorczych i dalej odpływają do odbiornika ścieków oczyszczonych. W momencie, gdy upłynie czas fazy dekantacji lub poziom ścieków w komorze ciśnieniowej osiągnie poziom minimalny (zabezpieczający przedostanie się powietrza do komory beciśnieniowej i zakłócenia dekantacji), zostaje odcięty dopływ sprężonego powietrza z dmuchawy i otwarta przepustnica odpowietrzająca następuje faza dekompresji, w której upuszczane jest powietrze z komory ciśnieniowej, co powoduje wyrównanie się poziomu ścieków w obrębie ciągu technologicznego reaktora. Po zakończeniu fazy dekompresji rozpoczyna się kolejny cykl oczyszczania - napełniania reaktora i kolejny cykl biochemicznego oczyszczania ścieków. Od chwili zakończenia procesu napowietrzania, powstające w komorze oczyszczania warunki beztlenowe sprzyjają kumulacji fosforu w biomase osadu czynnego oraz umożliwiają procesy denitryfikacji, uwalniając azot cząsteczkowy usuwany w fazie tlenowej do atmosfery. Zagęszczony i bogaty w fosfor osad nadmierny jest usuwany z reaktorów pod koniec cyklu

spustu ścieków oczyszczonych. Osad nadmierny z SBR2 (R3, R4) usuwany jest podnośnikami mamutowymi do zbiornika osadu zlokalizowanego w reaktorze SBR2, stąd jest przepompowywany pompą do komory osadu nadmiernego, natomiast osad z SBR1 (R1, R2) tłoczony jest pompami osadowymi bezpośrednio do zbiornika osadu nadmiernego zlokalizowanego przy zbiorniku retencyjnym ścieków surowych. Ze zbiornika osadu nadmiernego osad odprowadzany jest do stacji mechanicznego odwadniania osadu.

2.4. Podstawowe urządzenia oczyszczalni ścieków

Krata mechaniczna schodkowa

Krata mechaniczna schodkowa Eko-Celkon typu OZ-A/700/4, o szerokości szczelin 4 mm jest krata gęstą i zatrzymuje na zasadzie cedzenia zanieczyszczenia stałe większe niż, prześwit kraty. Krata zbudowana jest z ustawionych równolegle lamin w kształcie schodków, z których co druga jest ruchoma. Krata czyści się samoczynnie ze zgromadzonych na niej zanieczyszczeń poprzez ruch lamin ruchomych przesuwający zanieczyszczenia ku górze kraty. Załączenie ruchu lamin odbywa się automatycznie poprzez układ sterujący jej pracą na podstawie różnicy poziomu ścieków przed i za kratą. Różnica ta powstaje wskutek blokowania swobodnego przepływu ścieków przez zanieczyszczenia zabrane na laminach kraty. Podczas ruchu lamin skratki zrzucają się do rury spustowej, a następnie na przenośnik ślimakowy odprowadzający je do pojemnika ustawionego pod wylotem pionowej rury spustowej w budynku technologicznym. Krata sterowana jest lokalnie z własnej szafy sterowniczej. Przenośnik ślimakowy załącza się automatycznie w zależności od pracy kraty (z pewnym opóźnieniem). Możliwa jest praca kraty w sterowaniu automatycznym (opisanym powyżej – według sondy poziomu), w układzie czasowym lub ręcznym. Wyboru trybu pracy dokonuje się przy pomocy przełączników w lokalnej szafie sterowniczej. Na szafie tej znajduje się wyłącznik bezpieczeństwa którego dotknięcie powoduje natychmiastowe wyłączenie kraty. Krata wyposażona jest w przelew awaryjny, który działa samoczynnie w przypadku nadmiernego wzrostu poziomu ścieków w komorze przed kratą mechaniczną. Przelew ten może działać wyjątkowo w sytuacjach awaryjnych (awaria kraty mechanicznej), gdyż przelewanie się ścieków bez podczyszczenia mechanicznego może powodować zanieczyszczenie zbiornika retencyjnego częściami stałymi i zapychanie się pomp ściekowych.

Piaskownik wirowy

Ścieki wpływają statycznie do piaskownika poziomo-wirowego (wykonanego z kompozytów poliestrowo-szklanych) o średnicy 250cm i wysokości cylindrycznej części dopływowej 90 cm z komorą piaskową o średnicy 60 cm i głębokości 182,5 cm zabudowanego wewnątrz komory [23]. Zawiesina mineralna (piasek) opada na dno piaskownika, z którego jest usuwana okresowo przy pomocy pompy piasku Metalchem MS1-24 (wersja do pulpy piaskowej) do separatora piasku. Pompa piasku może być sterowana ręcznie lub czasowo (czas pracy, czas przerwy). Usunięcie piasku ułatwia instalacja sprężonego powietrza wprowadzona do części piaskowej. Ilość dopływającego powietrza można regulować zaworem zamontowanym na rurociągu powietrza. Praca spulchniacza regulowana jest automatycznie: nastawiany jest czas pracy i czas przerwy (spulchniacz załącza się przed załączeniem pompy, z odpowiednim wyprzedzeniem).

Stacja zlewna ścieków dowożonych

W skład stacji zlewnej wchodzi:

1. Stacja zlewna ścieków - urządzenie identyfikujące dostawców ścieków wraz z pomiarem i kontrolą wskaźników jakości oraz ilością dostarczonych ścieków. Stacja zabezpiecza także przed przekroczeniem założonych wartości pomiarowych zgodnych z przyjętymi normami.
2. Sito bębnowe (szczelinowe, wyposażone w kosz obrotowy czyszczony hydraulicznie) do wychwytywania skratek o przepustowości nominalnej 120 m³/h (max 150 m³/h) i mocy 1,1 kW.
3. Piaskownik poziomo-wirowy do oddzielania piasku i zawiesiny mineralnej od ścieków z pompą do pulpy piaskowej.

Pompownia ścieków dowożonych z komorą zasuw

Zadaniem tej pompowni jest przetłoczenie ścieków dostarczonych do punktu zlewnej oczyszczalni wozami asenizacyjnymi oraz ścieków powstających w zapleczu technicznym i socjalnym budynku oczyszczalni. W przepompowni tej zainstalowana jest pompa Metalchem typ MS1-34z.

Zbiornik retencyjno-uśredniający oraz zbiornik osadu nadmiernego

Obiekt ten ma postać zblokowanego, żelbetowego, dwukomorowego zbiornika. Jedna komora pełni funkcję zbiornika retencyjno-uśredniającego, druga pełni funkcję zbiornika osadu. Poniżej zostaną scharakteryzowane oba zbiorniki.

Zbiornik retencyjno-uśredniający z przepompownią ścieków

Zbiornik retencyjno-uśredniający ma wymiary w planie 1100 x 500 cm i głębokość od wierzchu dna do wierzchu stropu 385 cm. Głębokość czynna zbiornika wynosi 320 cm (objętość zbiornika ok 165m³). Zbiornik przykryty jest stropem żelbetowym, w którym znajdują się otwory technologiczne umożliwiające montaż urządzeń (piaskownik, pompy, mieszadło) oraz otwór wjazdowy. Dno ukształtowane jest ze spadkami w kierunku środka zbiornika, gdzie znajduje się zagłębienie z pompami służącymi to przetłaczania ścieków do komór rozdzielczych reaktorów wielofunkcyjnych. Ściana środkowa o długości 550 cm ułatwia cyrkulację ścieków, przeciwdziałającą odkładaniu się osadów na dnie zbiornika. W górnej części zbiornika zaprojektowano koryto żelbetowe doprowadzające ścieki do kraty schodkowej, a następnie do piaskownika. Koryto kraty schodkowej na całej długości ma szerokość 70 cm i jest przykryte. W części do której doprowadzone są ścieki (komora uspokojenia) głębokość koryta wynosi 90 cm, w pozostałej 58 cm przed kratą i 70 cm za kratą. Ścieki dopływają do komory uspokojenia trzema rurociągami tłocznymi. Ścieki dopływają do zbiornika retencyjno- uśredniającego po mechanicznym oczyszczeniu na kracie i w piaskowniku. Do zbiornika retencyjnego dopływają ścieki podawane przez pompownię z kanalizacji zbiorczej oraz ścieki dowożone z punktu zlewnego. Zbiornik służy do gromadzenia (retencjonowania) ścieków surowych w celu uśredniania ich ilości i złagodzenia nierównomierności godzinowych, a także do uśredniania składu ścieków. Sprzyja temu okresowe mieszanie ścieków przy pomocy mieszadła zatapialnego, które jest sterowane czasowo z centralnego sterownika komputerowego (nastawiany czas pracy i czas przerwy). Mieszadło jest zabezpieczone przed pracą na sucho pływakiem, który wyłącza mieszadło, gdy poziom ścieków w zbiorniku nadmiernie się obniży.

Zbiornik wyposażony jest w dwa zespoły pomp zasilających reaktory SBR1 i SBR 2:

- pompy P1 i P2 podające ścieki do SBR1

- pompy P3 i P4 podające ścieki do SBR2

Pompy sterowane są automatycznie, możliwe jest jednak załączanie i wyłączenie ręcznie niezależne od automatyki. W zbiorniku zainstalowana jest sonda hydrostatyczna wykorzystana w procesie sterowania pracy pomp oraz pływaki stanu maksymalnego i minimalnego. Pompy pracują w parach przemiennie. Jednocześnie może pracować w warunkach normalnych jedna pompa w każdym systemie sterowania. Jeżeli zostanie osiągnięty poziom maksymalny w zbiorniku - załączane są wszystkie czynne pompy. Na wyposażenie technologiczne zbiornika retencyjno-uśredniającego składają się: krata schodkowa, przenośnik ślimakowy do skratek, zastawki kanałowe, pompy zatapialne Metalchem typu MS5-44, mieszadło zatapialne średnioobrotowe FLYGT, urządzenie wyciągowe typu WPR-101 do mieszadła, przenośny żuraw słupowy obrotowy z napędem ręcznym udźwig 150kg (do demontażu pomp ściekowych i pompy do pulpy piaskowej), piaskownik poziomo-wirowy. Poniżej zostaną scharakteryzowane główne urządzenia technologiczne zbiornika: krata schodkowa i piaskownik poziomo-wirowy.

Instalacja do magazynowania i dawkowania reagentu PIX

Instalacja służy do wspomagania biologicznego usuwania fosforu i składa się ze zbiornika magazynowania i dawkowania preparatu PIX oraz rurociągów podających PIX (2 x 20 DN PEHD), do rurociągów tłoczących ścieki ze zbiornika retencyjno-uśredniającego do komór rozdzielczych reaktorów.

W skład stacji wchodzi:

zbiornik magazynowy dwupłaszczowy o pojemności 6m^3

pompa dozująca (chemoodporna, membranowa, elektromagnetyczna) – 2 szt.
o wydajności max 60l/h i regulacji ręcznej w zakresie od 1-100% wydajności max.

Filtr powietrza

Filtr powietrza zapobiega rozprzestrzenianiu się nieprzyjemnych zapachów. Przez filtr przechodzi powietrze ze zbiornika retencyjno-uśredniającego oraz pomieszczenia technicznego, w którym znajdują się urządzenia stacji zlewnej ścieków dowożonych. Proces oczyszczania przebiega w organicznym złożu zasiedlonym przez mikroorganizmy. Uzyskiwany stopień oczyszczenia - około 95%. Urządzenie składa się z komory filtracyjnej i komory

zasilającej. W komorze filtracyjnej na ruszcie ułożone jest torfowo-korowe złożo zasiedlone przez mikroorganizmy. W komorze zasilającej umieszczony jest wentylator, zasysający powietrze z wentylowanych obiektów.

Wielofunkcyjne reaktory typu Hydrocentrum SBR1 i SBR2



Fot. Reaktory SBR1 i SBR2 (źródło: J.Mech, SZGK Łochów)

Reaktor SBR1

SBR1 pierwszy wielofunkcyjny reaktor osadu czynnego typu Hydrocentrum jest zblokowanym obiektem żelbetowym o średnicy wewnętrznej 21,75 m i głębokości 6,00 m, wyniesionym ok. 3,5 m ponad powierzchnię terenu. W skład reaktora wchodzi komora rozdzielcza oraz dwa ciągi komór oczyszczania, które składają się ze zbiorników ciśnieniowych i beciśnieniowych (otwartych). Reaktor obsypany jest gruntem pochodzącym z wykopu. Wierzch ścian zewnętrznych reaktora położony jest 0,50 m powyżej krawędzi nasypu reaktora. Z nasypu w dwu miejscach, w rejonie ścian poprzecznych dzielących dwa ciągi komór oczyszczania znajdują się pomosty prowadzące na strop komory ciśnieniowej i do stacji dmuchaw.

Komora rozdzielcza reaktora SBR1

Obiekt o średnicy wewnętrznej 4,75m usytuowany jest w centrum reaktora wielofunkcyjnego i zajmuje powierzchnię ok. 17,7 m², przy głębokości całkowitej 6,00 m (głębokość czynna 5,50 m). Komora rozdzielcza jest pierwszym elementem bioreaktora, wspólnym dla obu jego ciągów. Dopływają do niej ścieki przewodem DN150 (Ø156x3,0mm, stal kwasoodporna) po oczyszczeniu mechanicznym, uśrednione w zbiorniku retencyjnym. Jest do niej też kierowany strumień recyrkulacji osadu z komór bezciśnieniowych reaktora dwoma wylotami rur DN150 (Ø156x3,0, stal kwasoodporna). W komorze są dwa podnośniki powietrzne (pompy mamut) DN250 (Ø256x3,0, stal kwasoodporna) odprowadzające ścieki równomiernie systemem lewarowym do komór oczyszczania. Na rurociągach odprowadzających ścieki z pomp „mamut” zamontowane są kołnierzowe zasuwki nożowe DN250, PN 6, z napędem ręcznym. Komora rozdziału SBR1 jest wyposażona w mieszadło zatapialne sterowane automatycznie (nastawy czasowe) przeciwdziałające gromadzeniu się osadu, prod. FLYGT typ SR 4620 SF o mocy 1,5 kW wraz z zamocowaniem, prowadnicą i żurawikiem. Komora przykryta jest stropem żelbetowym z otworem 0,8x0,8m w miejscu montażu mieszadła, dwoma otworami 0,8x0,8m nad instalacją odprowadzającą ścieki z komory rozdzielczej do komór oczyszczania oraz trzema otworami Ø0,6m (nad końcówką rurociągu ścieków surowych, końcówkami rurociągów osadowych i w miejscu przeznaczonym do wejścia do komory).

Komory oczyszczania

Komory oczyszczania wielofunkcyjnego reaktora osadu czynnego zaprojektowano w postaci dwóch ciągów technologicznych, z których każdy składa się z komory ciśnieniowej i komory bezciśnieniowej (otwartej).

Komory ciśnieniowe reaktora SBR1

Komora ciśnieniowa jest pierścieniowym zbiornikiem o średnicy wewnętrznej 1000 cm, z wbudowaną wewnątrz komorą rozdzielczą o średnicy wewnętrznej 475 cm i wysokości wewnętrznej 575 cm. Komora przykryta jest stropem i jest podzielona dwiema pionowymi przegrodami na połowy. Do komór ciśnieniowych dopływają ścieki po oczyszczeniu mechanicznym, wymieszane z osadem czynnym, przez przelew grawitacyjny lub za pośrednictwem podnośników powietrznych, z komory rozdzielczej. W komorze

utrzymywane są umiarkowane warunki tlenowe przez system napowietrzania drobnopęcherzykowego. W fazie napowietrzania komora ta pracuje podobnie jak komora bezciśnieniowa: realizowany jest w niej proces oczyszczania metodą osadu czynnego pracującego w warunkach tlenowych. W komorze tej, obciążenie osadu jest jednak relatywnie wyższe niż w komorze bezciśnieniowej. Wyższe obciążenie sprzyja selekcji form osadu czynnego. Faza napowietrzania jest natychmiast przerywana (pomimo braku upływu zadanego czasu jej trwania) gdy poziom ścieków w komorze osiągnie poziom maksymalny krytyczny sygnalizowany sondą ultradźwiękową lub pływakiem zainstalowanym na tym poziomie. W fazie sedymentacji napowietrzanie jest wyłączane i osad sedymentuje na dnie komory, podobnie jak w komorze bezciśnieniowej. W fazie dekantacji ścieków do komory ciśnieniowej tłoczone jest sprężone powietrze z dmuchawy. W komorze tej powstaje nadciśnienie, powodujące wypychanie ścieków otworem dolnym do komory bezciśnieniowej. Poziom ścieków w komorze ciśnieniowej ograniczony jest przez działanie wyłączników pływakowych oraz zadany w systemie sterowania poziom minimalny sygnalizowany wskazaniem ultradźwiękowej sondy poziomu zainstalowanej w komorze ciśnieniowej: poziom minimum na sondzie lub wyłącznik poziomu minimalnego zabezpiecza przed przedostaniem się powietrza do komory bezciśnieniowej i zakłóceniem dekantacji ścieków (natychmiast zostaje zakończona faza dekantacji), poziom maksimum zabezpiecza przed przelaniem się osadu czynnego do odpływu (natychmiast przerywa fazę napowietrzania i rozpoczyna fazę sedymentacji osadu). W fazie oczekiwania następuje wyrzut powietrza z komory ciśnieniowej do atmosfery, ciśnienie w komorze stabilizuje się i następuje wyrównanie poziomu ścieków w komorach.

Na wyposażenie komory ciśnieniowej jednego ciągu składają się:

- 2 włazy szczelne stalowe DN600 zamontowane na stropie (jeden stanowi dostęp do drabiny włazowej, drugi jest usytuowany ponad końcówką rurociągu doprowadzającego ścieki,
- przewód stalowy DN250 ($\varnothing 256 \times 3,0 \text{ mm}$), materiał stal kwasoodporna doprowadzający ścieki z komory rozdzielczej,
- ruszt napowietrzający składający się z 34 sztuk dyfuzorów membranowych, gumowych śr. 9" z kolektorami powietrznymi i instalacją odwadniającą typ „Sanitaire”,

- regulatory poziomu cieczy,
- otwory $\varnothing 200$ przy dnie w ścianie łączącej komorę ciśnieniową z komorą bezciśnieniową (17 szt.)
- deflektory przymocowane do dna naprzeciwko otworów łączących komorę bezciśnieniową (17szt.)

Komory bezciśnieniowe reaktora SBR1



Fot. Reaktor SBR1 - faza napowietrzania (źródło: J.Mech, SZGK Łochów)

Komora bezciśnieniowa jest zewnętrznym pierścieniowym zbiornikiem reaktora wielofunkcyjnego o średnicy wewnętrznej 21,75 m. Szerokość komory wynosi 5,625 m. Komora podzielona jest na dwa ciągi technologiczne pionowymi przegrodami. Komora bezciśnieniowa jest typową otwartą komorą napowietrzania: utrzymywane jest w niej natlenianie ścieków i osadu czynnego. W komorze tej zachodzą procesy tlenowego rozkładu pozostałości zanieczyszczeń organicznych. Ponadto niskie obciążenie osadu czynnego i dobre warunki tlenowe sprzyjają procesowi nityfikacji, czyli utleniania azotu amonowego do azotanów, który jest w tej komorze procesem przeważającym. Napowietrzanie tej komory odbywa się przy pomocy sprężonego powietrza dostarczanego z dmuchaw do wglębnego drobnopęcherzykowego systemu napowietrzającego. Spust osadu

nadmiernego sterowany jest automatycznie w ramach sterowania pracą reaktora (w sterowniku nastawiany jest czas zrzutu osadu z R1, R2 na podstawie czasu pracy pomp osadowych INFRA P1, P2). Osad nadmierny z SBR 1 odprowadzany jest bezpośrednio do zbiornika osadu nadmiernego. Praca dmuchaw sterowana jest płynnie przetwornikami częstotliwości, na podstawie wskazań sond tlenowych zainstalowanych w komorach bezciśnieniowych (układ dąży do utrzymania zadanego stężenia tlenu). W fazie sedymentacji dmuchawy nie pracują, zachodzi sedymentacja grawitacyjna osadu i klarowanie ścieków w komorze. W fazie dekantacji poziom ścieków w komorze wzrasta wskutek powodowania nadciśnienia w komorze ciśnieniowej i wypychania z niej ścieków dołem do komory otwartej. Dzięki temu sklarowane ścieki oczyszczone odpływają przez koryto wyposażone w regulowane przelewy rurkowe. Po zakończeniu spustu osadu następuje dekompresja (otwarcie zasuwy dekompresji i zamknięcie zasuwy dekantacji) poziom w komorze otwartej obniża się (ścieki cofają się do komory ciśnieniowej). Reaktor przechodzi wówczas do fazy napowietrzania na początku której ustawiono czas opóźnienia startu dmuchawy do czasu, obniżenia się poziomu ścieków w komorze otwartej poniżej poziomu koryta przelewowego.

Wyposażenie komory jednego ciągu technologicznego stanowią:

- deflektory przymocowane do dna naprzeciwko otworów łączących komorę bezciśnieniową z komorą ciśnieniową 17 szt.,
- ruszt napowietrzający składający się z 173 szt. dyfuzorów membranowych gumowych z kolektorami powietrznymi i instalacją odwadniającą,
- podnośnik powietrzny (pompa „mamut”) DN150 ($\varnothing 156 \times 3,0$ mm, materiał stal kwasoodporna) do transportu osadu nadmiernego do komory rozdzielczej, z zasuwą nożową DN150 z napędem ręcznym,
- pompa INFRA typ IF 2 100T ($Q=15\text{m}^3/\text{h}$, $h=8\text{m}$, $n=2900\text{obr./min}$, $P=0,9\text{kW}$) , wersja bez kolana sprzęgłowego z węzłem elastycznym DN50, podłączona do rurociągu stalowego DN100 ($\varnothing 106 \times 3,0$ mm, materiał stal kwasoodporna) z zaworem kulowym DN50,
- koryta przelewowe o wym. 300mm x 300m, wykonane z kompozytu poliestrowo-szklanego, koryta wyposażone są w przelewy rurkowe, pobierające ścieki spod dna koryt,
- przewód DN250 odprowadzający ścieki oczyszczone z koryta zbiorczego,

- tlenomierz.

Wielofunkcyjny reaktor biochemiczny SBR2



Fot. Widok na reaktor SBR2 i stację dmuchaw (*źródło: J.Mech, SZGK Łochów*)

Wielofunkcyjny reaktor składa się z dwóch ciągów technologicznych, każdy z ciągów składa się z przykrytej stropem komory ciśnieniowej, oraz z komory bezciśnieniowej (otwartej). Obiekt ten ma średnicę wewnętrzną 18,15m i głębokość 6,0 m. W skład reaktora wchodzi komora rozdzielcza, dwa ciągi komór oczyszczania, które składają się ze zbiorników ciśnieniowych i bezciśnieniowych (otwartych) oraz komora osadowa, usytuowana w pierścieniu zewnętrznym budowli, po przeciwnej stronie niż komora rozdzielcza. W stropie każdej z komór znajdują się po dwa hermetycznie zamykane otwory włączowe, oraz dwa dławicowe przejścia do montażu przewodu powietrznego zasilającego system dyfuzorów, oraz przewodu umożliwiającego regulowanie ciśnienia w tej części reaktora. Komora ciśnieniowa łączy się z komorą bezciśnieniową poprzez otwory umieszczone w ścianie między nimi tuż nad dnem. Obie komory są wyposażone w system

dyfuzorów napowietrzających. Wyposażenie każdej komory stanowią również dwa podnośniki powietrzne: jeden odprowadzający osad nadmierny do komory osadu SBR2, drugi odprowadzający osad recyrkulowany do komory rozdzielczej. Komora osadowa wyposażona jest w pompę służącą do przepompowywania osadu do zbiornika osadu nadmiernego.

Komora rozdzielcza SBR2

Komora rozdzielcza usytuowana jest w pierścieniu zewnętrznym reaktora i stanowi powierzchnię $11,9\text{m}^2$, przy głębokości 6,0m, jest jedną z sześciu komór wchodzących w skład zblokowanego, żelbetowego, monolitycznego obiektu wybudowanego na planie koła. Dopływają do niej ścieki przewodem DN150 ($\text{Ø}156 \times 3,0\text{mm}$, stal kwasoodporna) po oczyszczeniu mechanicznym, uśrednione w zbiorniku retencyjnym. W komorze są dwa podnośniki powietrzne (pompy mamut) DN250 ($\text{Ø}256 \times 3,0$, stal kwasoodporna) odprowadzające ścieki równomiernie systemem lewarowym wyposażonych w zasuwę do komór oczyszczania. Na rurociągach odprowadzających ścieki z pomp „mamut” zamontowane są kołnierzowe zasuwę nożowe DN250, PN 6, z napędem ręcznym. W komorze rozdzielczej usytuowane są również wyloty z dwóch podnośników powietrznych (pomp „mamut”) odprowadzających osad recyrkulowany z komór oczyszczania.

Komory oczyszczania

Komory oczyszczania SBR2 to dwa ciągi technologiczne z których każdy składa się z komory ciśnieniowej i komory bezciśnieniowej (otwartej).

Komora ciśnieniowa

Komora ciśnieniowa jest okrągłym zbiornikiem o średnicy wewnętrznej 7,0 m i wysokości 5,8 m, przykrytym stropem i podzielonym pionową przegrodą na połowy.

Na wyposażenie komory ciśnieniowej SBR2 (jednego ciągu technologicznego) składają się:

- 2 sztuki włączów szczelnych stalowych $\text{Ø}600\text{mm}$ zamontowanych w stropie,
- przewód stalowy DN250 ($\text{Ø}256 \times 3,0\text{mm}$, materiał stal kwasoodporna) doprowadzający ścieki z komory rozdzielczej,

- ruszt napowietrzający składający się z 30 sztuk dyfuzorów membranowych gumowych z kolektorami powietrznymi i instalacją odwadniającą „Sanitaire” ITT Flygt,
- regulatory poziomu cieczy,
- otwory $\varnothing 200$ przy dnie w ścianie łączącej komorę ciśnieniową z komorą bezciśnieniową 9szt.
- deflektory przymocowane do dna na przeciwko otworów łączących komorę bezciśnieniową (9szt.)

Komora bezciśnieniowa

Komora bezciśnieniowa stanowi część pierścienia zewnętrznego reaktora wielofunkcyjnego o średnicy wewnętrznej 18,15m. Szerokość komory wynosi 5,325m, długość po ścianie zewnętrznej 8,87m. Wyposażenie komory (jednego ciągu technologicznego) stanowią:

- deflektory przymocowane do dna naprzeciwko otworów łączących komorę bezciśnieniową z ciśnieniową,
- ruszt napowietrzający składający się ze 140 sztuk dyfuzorów membranowych gumowych z kolektorami powietrznymi i instalacją odwadniającą „Sanitaire” ITT Flygt,
- dwa podnośniki powietrzne (pompy „mamut”) jeden do transportu osadu nadmiernego do komory osadowej, drugi do transportu osadu recyrkulowanego do komory rozdzielczej
- koryta przelewowe o wym. 300mm x 300m, wykonane z kompozytu poliestrowo-szklanego, koryta wyposażone są w przelewy rurkowe, pobierające ścieki spod dna koryt,
- przewód DN250 odprowadzający ścieki oczyszczone z koryta zbiorczego,
- tlenomierz.



Fot. 5.4. Napowietrzanie ścieków w komorze bezciśnieniowej (otwartej) - widok przy napełnianiu reaktora (źródło: J.Mech, SZGK Łochów)

Komora osadowa

Komora osadowa usytuowana jest w pierścieniu zewnętrznym reaktora wielofunkcyjnego, symetrycznie do komory rozdzielczej i ma powierzchnię $29,8 \text{ m}^2$, przy głębokości 6m. Komora osadowa wyposażona jest w:

- pompę do osadów Infra typ IF2 100T o wydajności $Q=15\text{m}^3$, $H=8\text{m}$, $P=0,9 \text{ kW}$
- ruszt napowietrzający – 42 sztuki dyfuzorów membranowych gumowych z kolektorami powietrznymi i instalacją odwadniającą „Sanitaire” ITT Flygt,
- wyloty pomp mamut (2szt.)

Stacje dmuchaw SBR1 i SBR2

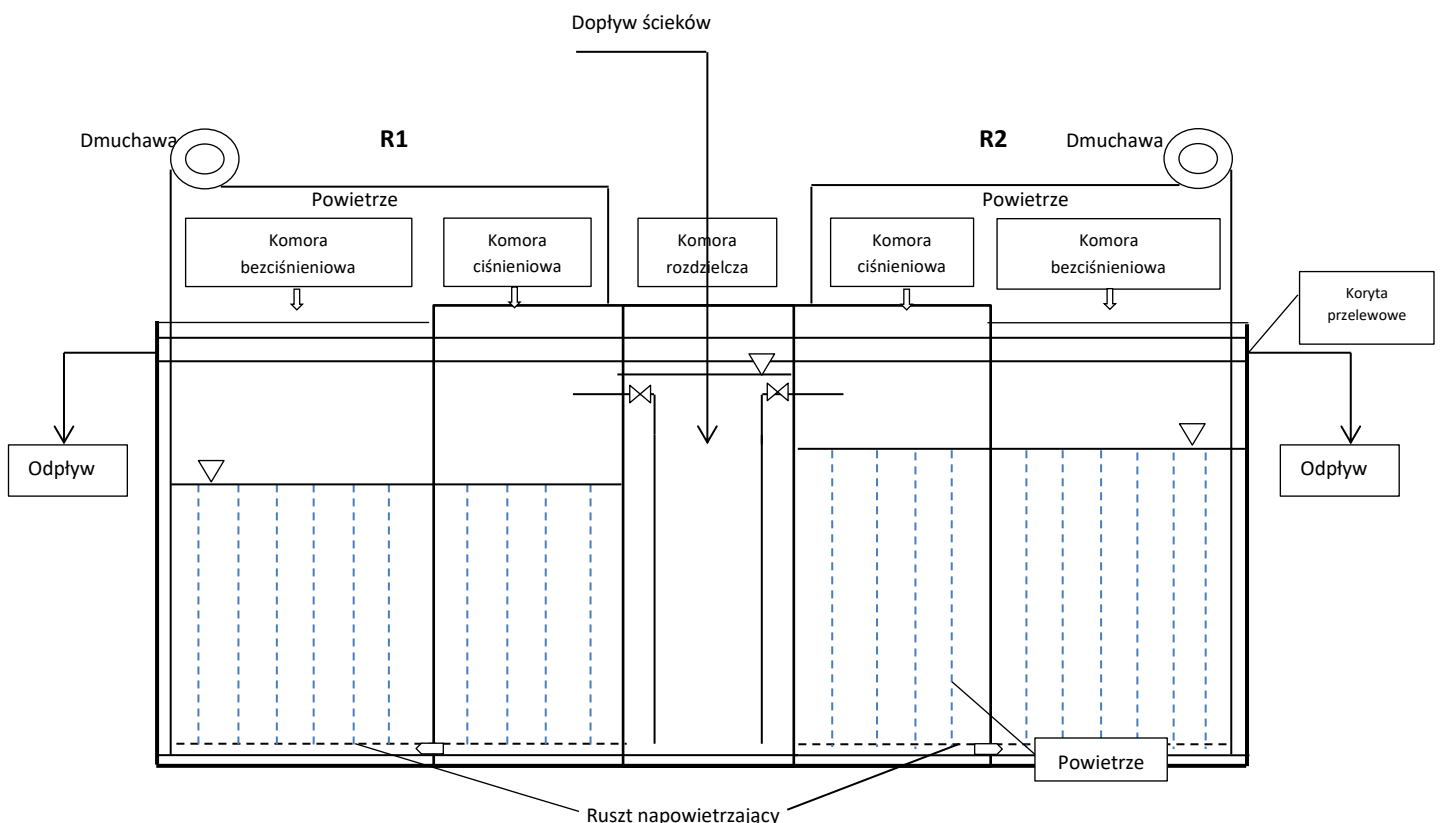
Dmuchawy rotacyjne D1, D2 (SBR1) oraz D3, D4 (SBR2) zamontowane są w budynkach stacji dmuchaw, zlokalizowanych na pokrywach reaktorów biologicznych. W skład instalacji stacji dmuchaw SBR1 i SBR2 wchodzi po dwie dmuchawy ROBUSCHI ROBOX Evolution typ ES 35/2P, $Q=7 \text{ m}^3/\text{min.}$, $p=0,06 \text{ MPa}$, $P=11,0 \text{ kW}$. Dmuchawy zainstalowane są w obudowach dźwiękochłonnych obniżających poziom emitowanego przez nie hałasu. Na rurociągu tłocznym każdej z dmuchaw zamontowane są odpowiednio automatyczne zasuwy odcinające. Każda z dmuchaw w czasie normalnej eksploatacji

współpracuje z przyporządkowanym jej ciągiem technologicznym o tym samym numerze. System sterowania pracą dmuchaw odbywa się ze sterownika w sterowni głównej oczyszczalni. Praca dmuchaw odbywa się w sterowaniu automatycznym czasowym (możliwe jest sterowanie ręczne). Każda z dmuchaw współpracuje z regulatorem częstotliwości (falownikiem), którego zadaniem jest dostosowanie wydajności dmuchawy do aktualnego zapotrzebowania tlenu. Regulacja ta odbywa się na podstawie bieżących wskazań sond tlenowych w stosunku do wartości zadanych. Tryb sterowania podporządkowany jest generalnemu systemowi sterowania całym układem SBR.

Dmuchawy pracują na potrzeby:

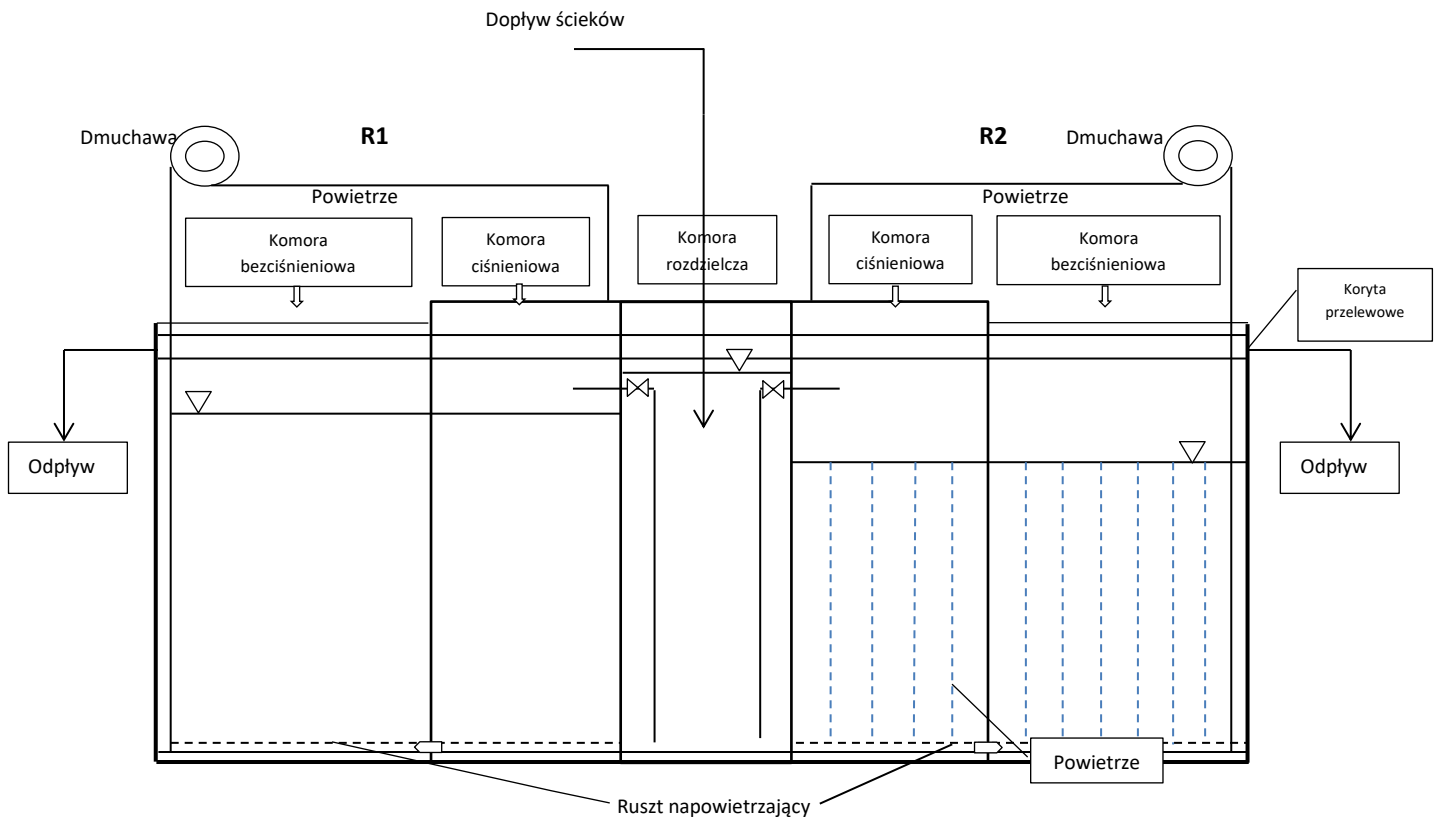
- napowietrzania komór ciśnieniowych i bezcisnieniowych w fazie napowietrzania reaktora,
- kompresji wywoływanej w trakcie dekantacji ścieków oczyszczonych,
- zasilania podnośników powietrznych recyrkulacji osadu i spustu osadu nadmiernego.

Rysunki 5.1 -5.4 przedstawiają schematy i przykładowe fazy pracy reaktora:



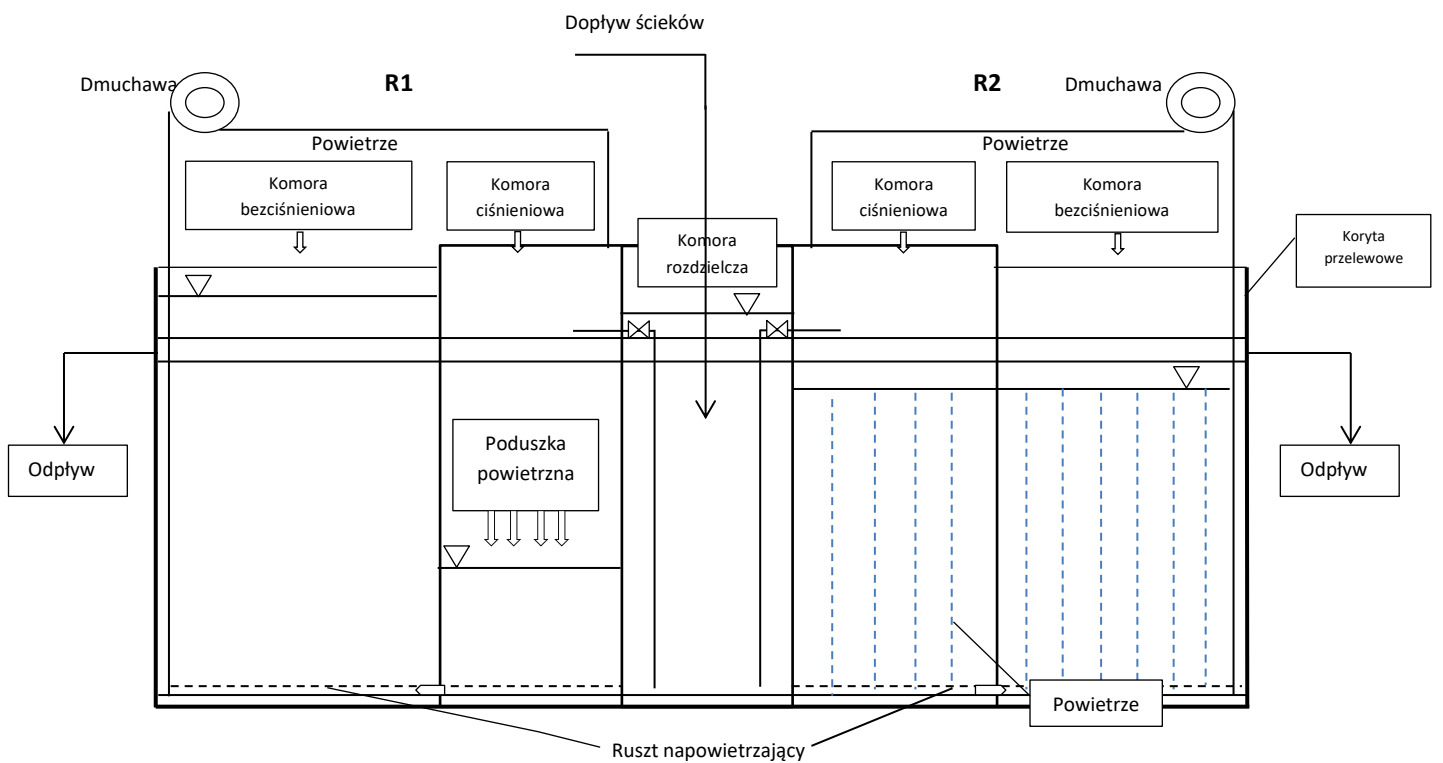
Rys. 5.1. Napowietrzanie w R1 i R2

źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów SZGK w Łochowie



Rys. 5.2. Sedymentacja w R1, napowietrzanie w R2

źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów SZGK w Łochowie



Rys. 5.3. Dekantacja w R1, napowietrzanie w R2

źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów SZGK w Łochowie

Poszczególne fazy pracy reaktora

Napełnianie	[Barred]	
Napowietrzanie	[Barred]	[Barred]
Sedymentacja	[Barred]	[Barred]
Dekantacja	[Barred]	[Barred]
Wyrównanie	[Barred]	[Barred]

źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów SZGK w Łochowie

Rys. 5.4. Poszczególne fazy pracy reaktora

Do projektu założono następujące parametry reaktora biologicznego:

Stężenie osadu czynnego w reaktorze:

$$G = 6 \text{ kg s.m./m}^3$$

Obciążenie objętości reaktora ładunkiem zanieczyszczeń organicznych :

$$A = 0,205 \text{ kg BZT}_5/\text{m}^3 \cdot \text{d}$$

Obciążenie osadu czynnego ładunkiem zanieczyszczeń organicznych :

$$A' = 0,0342 \text{ kg BZT}_5/\text{kg sm} \cdot \text{d}$$

Sterowanie pracą oczyszczalni

Sterowanie pracą podstawowych węzłów technologicznych oczyszczalni realizowane jest z centralnego komputera w dyspozytorni. System wizualizacji i sterowania obejmuje reaktory SBR1 i SBR2 oraz zbiornik retencyjno-uśredniający i zbiornik osadu nadmiernego. Poniżej parametry procesu technologicznego (zrzut ekranu komputera dyspozytorni).

Zbiornik osadu nadmiernego

Zbiornik osadu nadmiernego ma objętość ok. 47 m^3 , jest w nim gromadzony osad przeznaczony do odwodnienia na prasie taśmowej. Zbiornik ten przykryty jest stropem żelbetowym, w którym znajduje się otwór technologiczny umożliwiający montaż mieszadła oraz otwór włazowy. Dno ukształtowane jest ze spadkami w kierunku środka zbiornika, gdzie znajduje się zagłębienie o wymiarach $50 \times 50 \text{ cm}$, głęb. 15 cm , skąd wyprowadzony jest

rurociąg DN 160 PE odprowadzający osad nadmierny do stacji odwadniania osadu. Do zbiornika doprowadzone są dwa przewody tłoczne osadu czynnego DN 110 PE z większego reaktora oraz jeden z komory osadowej mniejszego reaktora. Zbiornik wyposażony jest w mieszadło zatapialne średnioobrotowe firmy FLYGT. Ze zbiornika wyprowadzony jest przewód wentylacyjny DN315, łączący zbiornik z filtrem powietrza.[23]

2.5. Charakterystyka części osadowej

Osad nadmierny ze zbiornika osadu kierowany jest od stacji mechanicznego odwadniania.

Stacja mechanicznego odwadniania osadu



Fot. 5. Prasa do odwadniania osadu (źródło: J.Mech, SZGK Łochów)

Stacja mechanicznego odwadniania osadu znajduje się w pomieszczeniu na parterze budynku oczyszczalni. Wyposażenie tej stacji składa się z następujących urządzeń [23]:

Prasa taśmowa MONOBELT typu NP12 CK prod. Teknofanghi.

Parametry prasy MONOBELT NP 12 CK:

- przepustowość osadu o zawartości suchej masy 1-3% 3-10m³/h

- odwodnienie osadu (odwodnienie wstępne 2-6% s.m.) 15-23% s.m.
- wydajność 170 - 360 kg s.m./h
- szerokość taśmy 1200 mm
- moc zainstalowana - prasa z zagęszczaczem 0,92 kW
- pompa płuczająca 2,2 kW
- wymiary prasy 3300 x 1900 mm wys. 1930
- waga netto/użytkowa 1470/1670 kg

Konstrukcja prasy zawiera w sobie dwa urządzenia jednocześnie—zagęszczacz wstępny i właściwą prasę taśmową. Zagęszczacz wstępny (zlokalizowany w górnej części prasy) jest urządzeniem bębnowo-śrubowym. Zasadniczą zaletą rozwiązania jest zastosowanie śruby Archimedesowa wewnątrz tradycyjnego zagęszczacza bębnowego. Bęben zagęszczacza pokryty poliestrową tkaniną filtracyjną połączony jest trwale ze znajdującą się wewnątrz śrubą. Wykładzina bębna utrzymywana jest w czystości przez system dysz płuczających. Filtrat kierowany jest do zespołu odzysku wody płuczającej i po podczyszczeniu używany jest jako woda płuczająca. Po wstępnym odwodnieniu osad dostaje się na taśmę filtracyjną w dolnej części prasy. Taśma wprowadzana jest w ruch przez cylinder perforowany napędzany silnikiem. Naprężenie i właściwe ustawienie taśmy regulowane jest przez urządzenie pneumatyczne sterowane tablicą kontrolną. Prasa wyposażona jest w taśmę bez metalowych łączników, co zapewnia jej przedłużoną trwałość. Osad rozgarniany jest na taśmie filtracyjnej za pomocą dwóch grzebieni rozgarniających oraz wstępnie ściskany za pomocą szeregu zastawek. Zastawki tworzą równomierną warstwę osadu jednakowej grubości na całej szerokości taśmy, natomiast grzebienie formują rowki w warstwie osadu, co ułatwia odprowadzenie filtratu. Po opuszczeniu strefy rozgarniania i wstępnego ściskania osad jest ostatecznie ściskany między taśmą a powierzchnią perforowanego cylindra, pokrytego materiałem filtracyjnym. Zagęszczony osad z prasy odprowadzany jest do pojemnika przenośnikiem ślimakowym. [23]

Stacja przygotowania i dawkowania polielektrolitu

Półautomatyczna stacja przygotowania i dawkowania polielektrolitu (związana technologicznie z prasą taśmową) znajduje się w pomieszczeniu technicznym usytuowanym obok pomieszczenia stacji mechanicznego odwadniania osadu. Stacja składa się z dwóch

zbiorników z polietylenu o poj. 1000 l każdy z podziałką poziomu napełnienia, pokrywą inspekcyjną oraz zaworem ręcznym spustowym, każdy wyposażony w mieszadło ze stali nierdzewnej z silnikiem elektrycznym oraz pompy dawkującej, ślimakowej. Zadaniem polielektrolitu jest wspomaganie procesu odwadniania osadu na prasie taśmowej. Polielektrolit podawany jest przewodem PE 15, wykonanym z przezroczystego polietylenu, do mieszacza zainstalowanego na rurociągu tłocznym osadu ze zbiornika osadu nadmiernego. [23]

5.6. Założona do projektu wielkość oczyszczalni wyrażona równoważną liczbą mieszkańców (RLM)

Obciążenie oczyszczalni ścieków wyrażone równoważną liczbą mieszkańców, zwaną „RLM”, od którego zależą wymagania dotyczące oczyszczania ścieków, oblicza się na podstawie maksymalnego średniego tygodniowego ładunku zanieczyszczenia wyrażonego wskaźnikiem pięciodniowego biochemicznego zapotrzebowania tlenu, zwanego dalej „BZT₅”, dopływającego do oczyszczalni w ciągu roku, z wyłączeniem sytuacji nietypowych, w szczególności wynikających z intensywnych opadów.

Założenia do projektu:

Średnia wartość BZT₅ w ściekach surowych – 531 g O₂/m³=0,531 kg O₂/m³

Średni dobowy dopływ ścieków – 1300 m³/d

Ładunek BZT₅ w ciągu doby = 0,531 kg O₂/m³ x 1300 m³/d = 690,3 kg O₂/d

Jednostkowy ładunek BZT₅ w ściekach z gospodarstw domowych, odprowadzanych od jednego mieszkańca w ciągu doby – 60 g /M ·d = 0,06 kg/M·d

$$RLM = \frac{BZT_5 [\text{kg O}_2/\text{dobę}]}{0,06 [\text{kg O}_2/\text{M dobę}]} = \frac{690 [\text{kg O}_2/\text{dobę}]}{0,06 [\text{kg O}_2/\text{M dobę}]} = 11500 \text{ RLM}$$

Oczyszczalnia ścieków w Łochowie posiada **pozwolenie wodno-prawne** wydane przez Starostę Węgrowskiego decyzją z dnia 22 marca 2016r., znak: ŚRB. 6341.11.2016.AM na wprowadzanie oczyszczonych ścieków komunalnych do rowu melioracyjnego R-H, a dalej Kanału Kolejowego (Łojewskiego rowu) będącego dopływem rzeki Bug. Pozwolenie to podtrzymuje narzucone na oczyszczalnię warunki określające jakość ścieków

oczyszczonych wynikające z rozporządzenia w zakresie zawiesiny ogólnej – 35 mg/l, BZT₅ – 25 mg O₂/l i ChZT_{Cr} – 125 mg O₂/l natomiast nie nakłada obowiązku badania azotu ogólnego oraz fosforu ogólnego, tych dwóch wskaźników nie ma w obowiązującym pozwoleniu wodno-prawnym.