

SPIS TREŚCI:

1. WSTĘP

- 1.1 Przedmiot i cel opracowania
- 1.2 Podstawa opracowania

2. OCZYSZCZALNIA ŚCIEKÓW KOMUNALNYCH W PISZU

- 2.1 Dane ogólne
- 2.2 Doprowadzenie ścieków surowych do oczyszczalni
- 2.3 Odbiornik ścieków oczyszczonych z oczyszczalni, pozwolenie wodnoprawne dla oczyszczalni
- 2.4 Część ściekowa oczyszczalni
- 2.5 Część osadowa oczyszczalni
- 2.6 Charakterystyka podstawowych obiektów oczyszczalni

3. STAN ISTNIEJĄCY

- 3.1 Ilość i ładunki zanieczyszczeń BZT₅ w ściekach dopływających do oczyszczalni
- 3.2 Przepustowość hydrauliczna części biologicznej oczyszczalni
- 3.3 Ocena pracy części ściekowej oczyszczalni
- 3.4 Ocena pracy części osadowej oczyszczalni

4. ZAŁOŻENIA WYJŚCIOWE

- 4.1 Docelowe ilości ścieków dopływających do oczyszczalni
- 4.2 Docelowe ładunki zanieczyszczeń w ściekach dopływających do oczyszczalni
- 4.3 Bilans ilości i jakości ścieków mających docelowo dopływać do oczyszczalni
- 4.4 Docelowe obciążenie oczyszczalni równoważną liczbą mieszkańców
- 4.5 Wymagana jakość ścieków oczyszczonych

5. PROPONOWANE ROZWIĄZANIA

- 5.1 Część ściekowa oczyszczalni
- 5.2 Część osadowa oczyszczalni

6. CHARAKTERYSTYKA PROPONOWANYCH OBIEKTÓW NA OCZYSZCZALNI

7. OBIEKTY NA OCZYSZCZALNI DO MODERNIZACJI

ZAŁĄCZNIK: Obliczenia technologiczne

1. Obliczenie wymaganej objętości komór reakcji (ciągów technologicznych) w reaktorach SBR typu "Hydrocentrum" dla warunków docelowych
2. Ilości osadu nadmiernego powstającego na oczyszczalni w warunków docelowych
3. Wymagana objętość komory stabilizacji tlenowej osadu nadmiernego na oczyszczalni dla warunków docelowych
4. Reaktor przepływowy typu A_2O na oczyszczalni dla warunków docelowych - wymagane objętości komór, obliczenia sprawdzające usuwanie związków biogenych w reaktorze
5. Przepustowość hydrauliczna istniejącego osadnika radialnego na oczyszczalni

ZAŁĄCZNIKI GRAFICZNE

- nr 1 – Rozbudowa i modernizacja oczyszczalni ścieków w Piszcu, wariant 1
Zagospodarowanie terenu oczyszczalni, 1:500
- nr 2 – Rozbudowa i modernizacja oczyszczalni ścieków w Piszcu, wariant 2
Zagospodarowanie terenu oczyszczalni, 1:500
- nr 3 – Reaktory typu A^2O na oczyszczalni ścieków w Piszcu

1. WSTĘP

1.1 Przedmiot i cel opracowania

Przedmiotem opracowania jest koncepcja rozbudowy i modernizacji oczyszczalni ścieków komunalnych w Pisz.

Celem opracowania jest przedstawienie sposobu i zakresu rozbudowy i modernizacji oczyszczalni dla przyjęcia docelowej ilości i jakości ścieków raz dla poprawy gospodarki osadowej

1.2 Podstawa opracowania

- Pobyt na terenie oczyszczalni w dniu 17 marca 2008
- Informacje i materiały uzyskane od Eksploatatora oczyszczalni
- Ustalenia z Eksploatatorem oczyszczalni
- Decyzja Starostwa Powiatowego w Pisz (znak ROŚ - 6223/19/05/06 z dnia 4.01 2006 r) na odprowadzanie oczyszczonych ścieków z oczyszczalni
- Archiwalna dokumentacja projektowa na modernizację oczyszczalni
- Wykonane opracowania związane z oczyszczalnią ścieków Pisz oraz gospodarką ściekową na terenie miasta i gminy Pisz
- Literatura fachowa, w tym dotycząca Sekwencyjnych Reaktorów Porcjowych SBR

2. OCZYSZCZALNIA ŚCIEKÓW KOMUNALNYCH W PISZU

2.1 Dane ogólne

Oczyszczalnia zlokalizowana jest w Pisz - Jagodne.

Eksploatatorem oczyszczalni jest Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji, Sp. z o.o. w Pisz.

Pierwotny układ technologiczny oczyszczalni - o przepustowości 3600 m³/d - uruchomiony został na początku 1993 r.

Oczyszczanie ścieków odbywało się w następującym układzie technologicznym po trasie przepływu:

- komora zasuw
- przepompownia ścieków
- piaskownik poziomy
- komory osadu czynnego typu PS - 1200 (2 szt.)
- osadnik wtórny radialny
- komora pomiaru ilości ścieków

Przeróbka osadu nadmiernego powstającego w komorach osadu czynnego prowadzona była w następującym układzie technologicznym:

- zagęszczacze osadu (2 szt.)
- otwarte baseny fermentacji osadu (2 szt)
- poletka osadowe

Na podstawie projektu wykonanego w latach 1995 - 1996, przez Przedsiębiorstwo Inżynieryjne "HYDROPOL" z Warszawy, oczyszczalnia została zmodernizowana.

Celem modernizacji było wprowadzenie na oczyszczalni reaktorów SBR typu "Hydrocentrum" (2 szt.), dla zapewnienia efektywnego usuwania ze ścieków związków biogennych - azotu i fosforu

Projekt zakładał następujące stężenia zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych

BZT₅ - 15 mg/l
ChZT - 150 mg/l
Zaw. ogólna - 35 mg/l
Azot amonowy - 6 mg/l
Azot azotanowy - 30 mg/l
Azot ogólny - 30 mg/l
Fosfor ogólny- 2 mg/l

Na reaktory SBR typu „Hydrocentrum” zaadaptowano istniejące na oczyszczalni OBF-y (otwarte baseny fermentacji osadu)

Ponadto w ramach modernizacji:

- wprowadzono na oczyszczalni mechaniczne odwadnianie osadu (na prasie taśmowej)
- wyposażono przepompownię ścieków w kratę mechaniczną gęstą
- wyposażono oczyszczalnię w stację preparatu PIX (dla chemicznego strącania ze ścieków związków fosforu)

2.2 Doprowadzenie ścieków surowych do oczyszczalni

Ścieki na teren oczyszczalni doprowadzane są grawitacyjnie kolektorem sanitarnym o średnicy 800 mm. Zagłębienie kolektora na terenie oczyszczalni wynosi ca 6,00 m ppt.

Wg uzyskanych informacji kolektor jest ułożony znacznie poniżej zwierciadła wody gruntowej (występującej na głębokości ca 1,0 m ppt) i ma miejsce infiltracja wód gruntowych do kolektora.

2.3 Odbiornik ścieków oczyszczonych z oczyszczalni, pozwolenie wodnoprawne dla oczyszczalni

Ścieki z oczyszczalni odprowadzane są kolektorem odpływowym grawitacyjnym o długości ca 2,0 km bezpośrednio do rzeki Pisy

Decyzją Starostwa Powiatowego w Pisz z dnia 4.01 2006 r oczyszczalnia posiada pozwolenie wodnoprawne (ważne do końca 2015 r) na odprowadzanie ścieków oczyszczonych do rzeki Pisy

- w ilościach:

$$Q_d \text{ śr} = 4600 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_d \text{ max} = 5500 \text{ m}^3/\text{d},$$

- przy następujących dopuszczalnych stężeniach wskaźników zanieczyszczeń w ściekach :

$$\text{BZT}_5 - 15 \text{ mg/l}$$

$$\text{ChZT} - 125 \text{ mg/l}$$

$$\text{Zaw. ogólna} - 35 \text{ mg/l}$$

$$\text{Azot ogólny} - 15 \text{ mg/l}$$

$$\text{Fosfor ogólny} - 2 \text{ mg/l}$$

Uwaga:

Projekt modernizacji oczyszczalni wykonywany był w okresie wymogu:

dopuszczalnego stężenia azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych: 30 mg/l

oraz dopuszczalnego stężenia fosforu ogólnego w ściekach oczyszczonych: 1,5 mg/l

2.4 Część ściekowa oczyszczalni

Ścieki na oczyszczalni oczyszczane są w sposób mechaniczno - biologiczny

Układ technologiczny oczyszczalni po trasie przepływu ścieków jest następujący:

- komora zasuw
- przepompownia ścieków
- reaktory SBR z osadem czynnym typu Hydrocentrum (2 szt.)
- koryto pomiarowe ilości ścieków oczyszczonych

W układzie technologicznym oczyszczalni znajduje się ponadto stacja preparatu PIX (dla chemicznego strącania fosforu ze ścieków)

Oczyszczanie mechaniczne ścieków odbywa się na kracie mechanicznej schodkowej zlokalizowanej w przepompowni ścieków oraz w piaskownikach poziomo - wirowych umieszczonych w komorach rozdzielczych reaktorów SBR

Zatrzymane na kracie schodkowej zanieczyszczenia stałe (tzw. skratki) podawane są przenośnikiem śrubowym do pojemnika na odpady który wyciągany jest wyciągarką do części nadziemnej przepompowni

Pulpa piaskowa wraz z inną zawiesiną mineralną (popiół, pestki) wytrącona w leju piaskownika przetłaczana jest do separatora piasku, zlokalizowanego w części nadziemnej przepompowni ścieków)

Oczyszczanie biologiczne ścieków odbywa się w sekwencyjnych reaktorach porcjowych (z jęz. ang. SBR, Sequecing - Batch - Reaktor) typu "Hydrocentrum" należących do reaktorów semiperiodycznych (ciągłe napełnianie, cykliczna praca). W każdym z reaktorów wydzielone są: komora rozdziału oraz dwa ciągi technologiczne z osadem czynnym.

W każdym ciągu technologicznym reaktora w skład którego wchodzi: komora ciśnieniowa oraz komora bezciśnieniowa, realizowane są cyklicznie (czas trwania cyklu 160 minut) trzy następujące po sobie fazy procesowe:

1. faza napowietrzania (czas trwania 80 minut)
2. faza sedimentacji (czas trwania 50 minut)
3. faza dekantacji (czas trwania 30 minut)

Realizowane fazy w ciągach reaktora są ze sobą zsynchronizowane (podczas faz sedimentacji i dekantacji w jednym ciągu odbywa się faza napowietrzania w drugim ciągu)

Czasy trwania poszczególnych faz mogą być zmieniane przez obsługę w celu optymalizacji efektu oczyszczania ścieków oraz minimalizacji poboru energii elektrycznej

Dla reaktorów SBR typu "Hydrocentrum" założono, że:

- w fazie napowietrzania, w warunkach tlenowych następuje redukcja BZT_5 ze ścieków oraz utlenianie związków azotu ze ścieków do azotanów (nityfikacja)
- w fazie sedimentacji, w warunkach niedotlenienia następuje redukcja azotanów do azotu gazowego (denityfikacja) przy dalszej redukcji BZT_5 ze ścieków)
- w fazie dekantacji, na początku w warunkach niedotlenienia następuje dalsza redukcja azotanów do azotu gazowego (denityfikacja) i następnie w warunkach beztlenowych pierwszy etap biologicznego usuwania fosforu ze ścieków (defosfatacji biologicznej)

Uwaga:

Brak jest informacji w projekcie jak w reaktorze odbywa się proces biologicznego usuwania fosforu ze ścieków, nadmieniono tylko, że "w przypadku właściwego doboru warunków tlenowych, anoksydowych i beztlenowych w czasie cykli działania reaktora uzyskuje się wysoki efekt biologicznej defosfatacji"

Przepustowość hydrauliczna oraz przepustowość na ładunki zanieczyszczeń części ściekowej zmodernizowanej oczyszczalni nie została w projekcie modernizacji oczyszczalni jednoznacznie określona

Wg obliczeń dr Ryszarda Wendy (twórcy reaktorów SBR typu „Hydrocentrum”) zawartych w projekcie technicznym modernizacji oczyszczalni - branża technologiczna (z grudnia 1995 r) **jeden reaktor** może przyjąć: **2607 m³/d** ścieków o ładunku zanieczyszczeń od **14 083 RLM**, zapewniając przy wieku osadu czynnego: 15 dób i stężeniu osadu czynnego w reaktorze: 6,55 kg sm/ m³, następujące stężenia zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych:

BZT₅ - 15 mg/l

Zawiesina ogólna - 25 mg/l

Azot ogólny - 30 mg/l

Azot amonowy - 6 mg/l

Fosfor ogólny - 1,5 mg/l

Natomiast wg obliczeń dr Wendy zawartych w "Analizie porównawczej wariantów modernizacji oczyszczalni ścieków w Piszcu" (z lipca 1996 r.) **dwa reaktory** mogą przyjąć: **4000 m³/d** ścieków o ładunku zanieczyszczeń od **21 015 RLM**, zapewniając (przy wieku osadu: 19 dób i stężeniu osadu czynnego w reaktorze: 6,8 kg sm/m³) stężenia zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych jak wyżej.

2.5 Część osadowa oczyszczalni

Przeróbka osadu nadmiernego z reaktorów wielofunkcyjnych (nie ustabilizowanego tlenowo) odbywa się w następujących procesach:

- zagęszczanie grawitacyjne
- odwadnianie mechaniczne na prasie taśmowej
- mieszanie odwodnionego osadu ze słomą jako materiałem strukturalnym

Odwodniony osad (w zależności od dawki) może być higienizowany i stabilizowany chemicznie wapnem palonym podawanym na początek przenośnika (mieszącego - podającego) odprowadzającego odwodniony osad z prasy na przyczepę

2.6 Charakterystyka podstawowych obiektów oczyszczalni

(1) Komora zasuw

Funkcja:

Przyjęcie ścieków z kolektora miejskiego oraz z kanalizacji na terenie oczyszczalni

Wykonanie:

Podziemna studnia żelbetowa w wymiarach w planie 4,0 m x 4,1 m i głębokości 6,82 m, przykryta od góry płytą żelbetową, składająca się z dwóch części oddzielonych od siebie szandorami drewnianymi. W pierwszej części znajdują się wyloty kolektora miejskiego oraz wyloty kanalizacji na terenie oczyszczalni, w drugiej części znajdują się dwa wloty do kanałów odprowadzających ścieki do przepompowni

Wyposażenie:

- 2 zasuw ślimakowe fi 800 na wlotach kanałów do przepompowni ścieków (każda z trzpieniem przedłużającym do kolumny z napędem ręcznym znajdującej się na stropie komory)

(2) Przepompownia ścieków

Funkcja:

Przetłoczenie ścieków do komór rozdzielczych w reaktorach SBR lub do zbiornika retencyjnego przed reaktorami

Wykonanie:

Studnia żelbetowa o średnicy 12 m i głębokości 9,30 m przedzielona w połowie ścianą pionową na część ściekową oraz część pompową (każda z części posiada trzy kondygnacje technologiczne) oraz część nadziemna nad stropem studni

Wyposażenie części ściekowej:

- krata schodkowa o prześwicie 4 mm firmy EKO - CELKON
- przenośnik ślimakowy skratek do pojemnika
- krata płaska o prześwicie 20 mm z mechanicznym zgarniakiem skratek typu KUMP firmy Powogaz (jako rezerwowa)

Wyposażenie części pompowej

- 4 pompy wirowe w wersji suchej o napędzie pionowym firmy Białogon typu 100Z2K - 8W

Wyposażenie części nadziemnej

- separator piasku z pulpy piaskowej przetłaczanej z piaskowników zlokalizowanych w komorach rozdzielczych reaktorów SBR

(3) Reaktor SBR typu „Hydrocentrum”

Wykonanie:

Obiekt z adaptacji byłych otwartych basenów fermentacji osadu

Okrągły zbiornik żelbetowy o średnicy wewnętrznej 21 m i wysokości całkowitej 6,25 m z koncentryczną komorą o średnicy 9,0 m przykrytą stropem (przedzieloną w połowie na dwie tzw "komory ciśnieniowe") oraz z otwartą komorą stanowiącą pierścień zewnętrzny wokół komory ciśnieniowej z wydzielonymi: komorą rozdziału i dwoma symetrycznymi komorami tzw "komorami bezciśnieniowymi "

Komora ciśnieniowa oraz komora bezciśnieniowa tworzą ciąg technologiczny w reaktorze

Objętość czynna ciągów technologicznych (2 szt.) w reaktorze wynosi: 1862,9 m³

komór ciśnieniowych 288,6 m³, komór bezciśnieniowych: 1574,3 m³

Objętość czynna komory rozdziału wynosi: 112 m³

Wyposażenie:

- komora rozdzielcza: piaskownik poziomo - wirowy z pompą przetłaczania pulpy piaskowej, mieszadło obrotowe przydenne
- komora ciśnieniowa: ruszt napowietrzający (63 dyfuzory membranowe) regulatory poziomu maksymalnego i minimalnego
- komora bezciśnieniowa ruszt napowietrzający (327 dyfuzorów membranowych), koryto odpływowe, podnośnik powietrzny do transportu osadu recyrkulowanego do komory rozdzielczej, pompa wirowa do transportu osadu nadmiernego do części osadowej oczyszczalni

(4) Koryto pomiarowe ilości ścieków oczyszczonych

Wykonanie:

Skrzynia żelbetowa zagłębiona w gruncie ze zwężką Venturiego o długości 2,70 m i głębokości 1,0 m oraz kanałem dopływowym o długości 9,0 m, szerokości 0,6 m i głębokości 0,9 m i kanałem odpływowym o długości 13,5 m, szerokości 0,6 m i głębokości 0,9 m

Wypożyczenie:

- przepływomierz do pomiaru przepływu w kanałach otwartych firmy Danfoss

(5) Stacja preparatu (reagenta) PIX)

Funkcja:

Dawkowanie preparatu do komory zasuw dla chemicznego strącania fosforu ze ścieków w części ściekowej oczyszczalni

Wykonanie:

Żelbetowa taca bezodpływowa w pobliżu komory zasuw

Wypożyczenie:

- zbiornik o poj. 20 m³
- pompa dawkująca Prominent
- przewód grawitacyjny dawkujący preparat do komory zasuw

(6) Zagęszczacz osadu

Funkcja:

Zagęszczenie osadu nadmiernego z reaktorów SBR

Wykonanie:

Zbiornik żelbetowy częściowo zagłębiony na planie koła o średnicy 6,0 m i głębokości 5,4 m

Wypożyczenie:

- zespół mieszający – zgarniający

(7) Pomieszczenie prasy w budynku technicznym:

- prasa osadu Omega firmy EMO, szerokość taśmy 1,5 m
- stół zagęszczający Omega firmy EMO, szerokość taśmy 1,5 m
- przenośnik ślimakowy osadu na przyczepę

(8) Instalacja wapna palonego

- silos na wapno, poj. 10 m^3 (na zewnątrz pomieszczenia prasy)
- przenośnik ślimakowy wapna palonego na początek przenośnika osadu na przyczepę

(9) Mieszalnia osadu z słomą

Wykonanie:

Z adaptacji byłych poletek osadowych

(10) Stacja dmuchaw

Wykonanie:

Z adaptacji byłej przepompowni mieszania pomiędzy byłymi OBF - ami

Wyposażenie:

- 5 dmuchaw typu DR 125. 77 firmy Spomasz Ostrów włk (4 pracujące + 1 rezerwowa)
każda o wydajności $13,9 \text{ m}^3/\text{min}$ i mocy 30 kW

(11) Zespół retencyjny ścieków surowych

Wykonanie:

Z adaptacji byłego ciągu technologicznego do oczyszczania ścieków PS

(obiekt w konstrukcji stalowej o wymiarach: w planie $36,1 \text{ m} \times 10,8 \text{ m}$
i głębokości $3,4 \text{ m}$

Pojemność czynna: 1056 m^3

(12) Zespół komór

Wykonanie

Z adaptacji byłego ciągu technologicznego do oczyszczania ścieków PS

(obiekt w konstrukcji stalowej o wymiarach: w planie $36,1 \text{ m} \times 10,8 \text{ m}$
i głębokości $3,4 \text{ m}$

Zespół podzielony jest na dwie komory:

- komorę stabilizacji tlenowej osadu nadmiernego o pojemności 880 m^3 (obecnie nie eksploatowaną)
- komorę wody płuczącej o pojemności 88 m^3 (dla potrzeb prasy osadu)

3. STAN ISTNIEJĄCY

3.1 Ilość i ładunki zanieczyszczeń BZT₅ w ściekach dopływających do oczyszczalni

Miasto Pisz liczy ca 20 000 mieszkańców i jest w 90% skanalizowane, pozostałe miejscowości na terenie Gminy Pisz liczą ca 8 000 mieszkańców i są w 70% skanalizowane

Obecnie do oczyszczalni dopływają :

- ścieki bytowo - gospodarcze od ca 20 000 mieszkańców (z Pisza oraz z następujących miejscowości na terenie Gminy Pisz: Maldanin, Snopki, Borki, Kałęczyn, Jagodne Łupki, Wiartel, Wiartel Mały, Szeroki Bór
- ścieki dowożone z nie skanalizowanych posesji na terenie Pisza oraz z miejscowości na terenie Gminy Pisz: Karwik, Kwik, Jaśkowo oraz Rybitwy, w ilości 80 - 160 m³/d (z nasileniem w okresie wakacyjnym)
- ścieki przemysłowo - socjalne z Zakładu "Sklejka Pisz", w ilości 80 – 100 m³/d

Z zestawienia 52 średnio dobowych (z okresów 7 dniowych w 2007 roku) ilości ścieków dopływających do oczyszczalni wynika, że charakterystyczne dopływy do oczyszczalni w roku 2007 wynosiły:

- dopływ średni: **3231 m³/d**
- dopływ jako percentyl 85%: **3460 m³/d**

Z zestawienia sprzedanej w 2007 roku wody przez PWiK w Pisz (ca 700 000 m³) wynika, że średnio dobową ilość ścieków komunalnych powstających w zlewni oczyszczalni wynosi w granicach: **2000 m³/d**

Z porównania powyższych zestawień wynika, że znaczny udział w ściekach dopływających do oczyszczalni stanowią wody infiltracyjne oraz wody deszczowo - roztopowe.

Wody infiltracyjne pochodzą z przedostających się wód gruntowych do nieszczelnego kolektora doprowadzającego ścieki do oczyszczalni (kolektor ułożony jest znacznie poniżej zwierciadła wody gruntowej)

Średnio dobowy dopływ ścieków do oczyszczalni podczas suchej pogody (braku deszczu) wynosi: ca **2400 m³/d**, z czego wynika, że ilość wód infiltracyjnych trafiających do kolektora wynosi: ca **400 m³ /d**

Wody deszczowo - roztopowe doprowadzane są do oczyszczalni z kanalizacji ogólnospławnej ułożonej na terenie Pisza.

Przy deszczach średnich ilość ścieków dopływających do oczyszczalni wynosi:
ca **4000 m³/d** , przy deszczach ulewnych rejestruje się dopływy rzędu: **6000 - 7000 m³**

Z zestawienia 52 średnio dobowych (z okresów 7 dniowych w 2007 roku) ładunków BZT₅ w ściekach dopływających do oczyszczalni wynika, że charakterystyczne ładunki BZT₅ w dopływających ściekach do oczyszczalni w roku 2007 wynosiły:

- ładunek średni: **1010 kg/d**
- ładunek jako percentyl 85%: **1356 kg/d**

W tabeli poniżej przedstawiono prognozowany w projekcie modernizacji oczyszczalni przez Hydropol - Warszawa bilans ilościowy - jakościowy ścieków mających dopływać do oczyszczalni w Piszcu w latach: 2000 - 2010

	Rok 2000	Rok 2005	Rok 2010
Dopływy ścieków (podczas suchej pogody):			
- Qd śr (m ³ /d)	4000	4600	5670
- Qd max (m ³ /d)	4800	5520	6800
- Qh dz (m ³ /h)	250	255	315
- Qh max (m ³ /h)	330	330	380
Ładunek BZT ₅ w ściekach (kg/d)	1260	1500	1929
Obciążenie oczyszczalni równoważną liczbą mieszkańców (RLM)	21 000	25 000	32 150

3.2 Przepustowość hydrauliczna części biologicznej oczyszczalni

Przepustowość hydrauliczna części biologicznej oczyszczalni ograniczona jest ilością cykli pracy w reaktorach SBR oraz ilością ścieków odprowadzanych w fazie dekantacji z ciągu technologicznego reaktora. Przy 9 cyklach pracy (podczas doby) każdego z reaktorów i ilości ścieków odprowadzanych podczas dekantacji z jednego ciągu technologicznego (komora ciśnieniowa - komora bezciśnieniowa) reaktora: ca 80 m³ - przepustowość hydrauliczna części biologicznej oczyszczalni wynosi:

$$2880 \text{ m}^3/\text{d} \text{ (4 ciągi x 9 cykli x 80 m}^3/\text{cykl)}$$

3.3 Ocena pracy części ściekowej oczyszczalni

Przy obecnej przepustowości hydraulicznej reaktorów SBR (2880 m³/d) oraz jakości ścieków doprowadzanych do reaktorów (na podstawie analiz za rok 2007 prowadzonych przez laboratorium na oczyszczalni)

BZT₅ - 297 mg/l

ChZT - 603 mg/l

Zawiesina ogólna - 332 mg/l

Azot ogólny - 60 mg/l

Fosfor ogólny - 22,7 mg/l ;

jakość ścieków oczyszczonych odprowadzanych nie przekracza dopuszczalnych określonych w pozwoleniu wodnoprawnym i wynosi (na podstawie analiz za rok 2007 prowadzonych przez laboratorium na oczyszczalni)

BZT₅ - 3,20 mg/l

ChZT - 60,80 mg/l

Zawiesina ogólna - 6,40 mg/l

Azot ogólny - 11,30 mg/l

Fosfor ogólny - 1,00 mg/l :

Zwraca uwagę bardzo efektywne usuwanie na ze ścieków związków biogenych: azotu i fosforu. Stężenie azotu ogólnego w oczyszczonych ściekach mieści się (w sprzyjających warunkach temperaturowych): poniżej stężenia dopuszczalnego: 15 mg/l, mimo że reaktory były projektowane na usuwanie azotu ogólnego do stężenia: 30 mg/l

Reaktory SBR typu "Hydrocentrum" nie należą do reaktorów zaawansowanych technologicznie, realizują w cyklu tylko 3 fazy procesowe (napowietrzanie, sedymentacja, dekantacja), dodatkowo napowietrzanie ścieków rozpoczyna się i kończy wraz z napełnianiem ciągu technologicznego reaktora.

W cyklu pracy reaktorów SBR typu "Hydrocentrum" brak jest **fazy mieszania** ścieków z osadem czynnym w warunkach anoksycznych (niedotlenienia) i anaerobowych (beztlenowych) mającej decydujące znaczenie dla biologicznego usuwania ze ścieków związków biogennych.

Reaktory bardziej zaawansowane technologicznie posiadają wyodrębnioną fazę mieszania ścieków surowych z osadem czynnym, do czasu reakcji w tych reaktorach wliczany jest tylko czas fazy napowietrzania i czas fazy mieszania ścieków. W reaktorach SBR typu "Hydrocentrum" do czasu reakcji obok czasu fazy napowietrzania wliczany jest również czas fazy sedimentacji.

Wadą reaktorów SBR jest przyjmowanie ściśle określonej ilości ścieków (ca 2880 m³/d) wynikającej z ilości cykli pracy realizowanych w ciągach technologicznych, dopływy większe odprowadzane są bez oczyszczenia do odbiornika

3.4 Ocena pracy części osadowej oczyszczalni

Osad nadmierny odprowadzany z reaktorów SBR nie jest ustabilizowany tlenowo (przewidywany na oczyszczalni proces tlenowej stabilizacji tlenowej nie jest prowadzony)

Zawartość suchej masy w odwodnionym osadzie bez wapnowania wynosi: 16 %
(uwodnienie 84%)

Przy dodawaniu (celem higienizacji) do odwodnionego osadu wapna palonego (dawka: 200 kg na 800 kg sm) zawartość suchej masy w osadzie wynosi: 20 %
(uwodnienie 80%)

Średnio dobową ilość osadu odwodnionego do zagospodarowania wynosi: 6 m³ (ton)
Aktualnie odwodniony osad nie przechodzi pełnego procesu kompostowania, jest tylko mieszany ze słomą celem polepszenia struktury przed dalszym rolniczym zagospodarowaniem.

4. ZAŁOŻENIA WYJŚCIOWE

4.1 Docelowe ilości ścieków dopływających do oczyszczalni

(1) Ścieki bytowo - gospodarcze

Zakłada się, że docelowo na oczyszczalnię dopływać będą ścieki od 22 000 mieszkańców, przyjmując jednostkową skaloną¹ ilość ścieków od mieszkańca 120 l/s d, średnio dobowa ilość ścieków bytowo – gospodarczych dopływających do oczyszczalni wyniesie:

$$Qd_{\text{byt-gosp.}} - 2640 \text{ m}^3/\text{d}$$

(2) Ścieki przemysłowo - socjalne z Zakładu „Sklejka Pisz”

Zakłada się, że najbliższych latach roczna ilość ścieków odprowadzanych z Zakładu wyniesie 30 000 m³, stąd średnio dobowa ilość ścieków przemysłowo – socjalnych dopływających do oczyszczalni wyniesie:

$$Qd_{\text{przem.-socj.}} - 100 \text{ m}^3/\text{d}$$

(3) Ścieki dowożone

Zakłada się, że docelowa średnio dobowa ilość ścieków dowożonych do oczyszczalni wyniesie:

$$Qd_{\text{dow}} - 120 \text{ m}^3/\text{d}$$

(4) Wody infiltracyjne

Zakłada się, że docelowo tak jak dotychczas dopływały będą wody infiltracyjne w ilości:

$$Qd_{\text{Inf}} - 400 \text{ m}^3/\text{d}$$

4.2 Docelowe ładunki zanieczyszczeń w ściekach dopływających do oczyszczalni

(1) Ścieki bytowo -gospodarcze

Przyjmując jednostkowe ładunki zanieczyszczeń w ściekach od mieszkańca:

$$BZT_5 - 60\text{g/d} \times M$$

$$CHZT - 120\text{g/d} \times M$$

$$Zaw_{\text{og}} - 70\text{g/d} \times M$$

$$\text{Azot}_{\text{og}} - 11\text{g/d} \times M$$

$$\text{Fosfor}_{\text{og}} - 2 \text{ g/d} \times M$$

¹ Obejmuje również ścieki bytowo - gospodarcze z instytucji (szkoły, biura, urzędy) z placówek handlowych, placówek służby zdrowia, obiektów rekreacji i wypoczynku, gospodarstw agroturystycznych itp.

oraz ilość mieszkańców obsługiwanych przez oczyszczalnię: 22 000;
ładunki zanieczyszczeń w ściekach bytowo - gospodarczych dopływających
do oczyszczalni wyniosą:

L_{BZT5}	-	1320 kg O_2/d
L_{CHZT}	-	2640 kg O_2/d
$L_{Zaw. og.}$	-	1540 kg/d
$L_{Azot og.}$	-	242 kg/d
$L_{Fosf og.}$	-	44 kg/d

(2) Ścieki przemysłowo- bytowe z Zakładu "Sklejka Pisz"

Przyjmując stężenia zanieczyszczeń w ściekach przemysłowo – bytowych
z Zakładu "Sklejka Pisz" (na podstawie otrzymanych danych z Zakładu)

BZT_5	-	1260 g/m ³
CHZT-		3370 g/m ³
Zaw og	-	780 g/m ³
Azot og.	-	40 g/m ³
Fosf. og	-	15 g/m ³ ;

ładunki zanieczyszczeń w tych ściekach (przy dopływie średnio dobowym 100 m³/d)
wyniosą:

L_{BZT5}	-	126 kg O_2/d
L_{CHZT}	-	337 kg O_2/d
$L_{Zaw. og.}$	-	78 kg/d
$L_{Azot og.}$	-	4 kg/d
$L_{Fosf og.}$	-	1,5 kg/d

(3) Ścieki dowożone

Przyjmując stężenia zanieczyszczeń w ściekach dowożonych (na podstawie danych
literaturowych dla zbiorników bezodpływowych regularnie opróżnianych)

BZT_5	-	1000 g/m ³
CHZT-		2000 g/m ³
Zaw og	-	1000 g/m ³
Azot og.	-	100 g/m ³
Fosf. og	-	30 g/m ³

ładunki zanieczyszczeń w tych ściekach (przy dowozie: 120 m³/d) wyniosą:

Σ_{BZT5} - 120 kg O₂/d
 Σ_{CHZT} - 240 kg O₂/d
 $\Sigma_{Zaw. og.}$ - 120 kg/d
 $\Sigma_{Azot og.}$ - 12 kg/d
 $\Sigma_{Fosf og.}$ - 3,6 kg/d

4.3 Bilans ilości i jakości ścieków mających docelowo dopływać do oczyszczalni (podczas suchej pogody)

Rodzaj ścieków	Q _d (m ³ /d)	Σ_{BZT5} (kg/d)	Σ_{ChZT} (kg/d)	$\Sigma_{Zaw.og}$ (kg/d)	$\Sigma_{Azot og.}$ (kg/d)	$\Sigma_{Fosf og}$ (kg/d)
1. Ścieki bytowo - gospodarcze	2640	1320	2640	1540	242	44
2. Ścieki "Sklejka Pisz"	100	126	337	78	4	1,5
3. Ścieki dowożone	120	120	240	120	12	3,6
4. Wody infiltracyjne	400	-	-	-	-	-
Razem:	3260	1566	3217	1738	258	49,1

- Średnie stężenia zanieczyszczeń w ściekach dopływających do oczyszczalni

BZT_5 - 480 g/m³ (1566 : 3260)
 $CHZT$ - 986 g/m³ (3217 : 3260)
 $Zaw og$ - 533 g/m³ (1738 : 3260)
 $Azot og.$ - 79 g/m³ (258 : 3260)
 $Fosf. og$ - 15 g/m³ (49,1 : 3260)

- Dopływ ścieków z godzin dziennych (16 godzin)

$$Q_{h dz} = 200 \text{ m}^3/\text{h} \quad (Q_d / 16)$$

- Dopływ godzinowy maksymalny

$$Q_{h max} = 400 \text{ m}^3/\text{h} \quad (Q_d \times 1,3 \times 2,5 / 24)$$

4.4 Docelowe obciążenie oczyszczalni równoważną liczbą mieszkańców (RLM)

$$RLM = 26 \ 100 \ (1566/0,06)$$

4.5 Wymagana jakość ścieków oczyszczonych

Zakłada się, że dopuszczalne stężenia w ściekach odprowadzanych z oczyszczalni będą wynosiły:

$$\text{BZT}_5 - 15 \text{ mg/l} = 15 \text{ g/m}^3$$

$$\text{ChZT} - 125 \text{ mg/l} = 125 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Zaw. og.} - 35 \text{ mg/l} = 35 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Azot og.} - 15 \text{ mg/l} = 15 \text{ g/m}^3$$

$$\text{Fosf. og.} - 2 \text{ mg/l} = 2 \text{ g/m}^3$$

(tak jak w obowiązującym do roku końca 2015 roku pozwoleniu wodnoprawnym na odprowadzanie ścieków z oczyszczalni)

5. PROPONOWANE ROZWIĄZANIA

5.1 Część ściekowa oczyszczalni

Obecna przepustowość hydrauliczna (2880 m^3) reaktorów SBR oraz objętość ich ciągów technologicznych ($3725,8 \text{ m}^3$) są niewystarczające dla uzyskania wymaganego efektu oczyszczenia założonej docelowej ilości i jakości ścieków

Proponuje się dwa rozwiązania dla biologicznego oczyszczania na oczyszczalni docelowej ilości i jakości ścieków:

Wariant 1:

Wybudowanie na oczyszczalni trzeciego reaktora SBR typu „Hydrocentrum” o parametrach techniczno – technologicznych jak dwa już istniejące

Wariant 2:

Wybudowanie na oczyszczalni dwóch reaktorów przepływowych z osadem czynnym typu A^2/O z wykorzystaniem istniejących zbiorników SBR oraz istniejącego nie eksploatowanego osadnika radialnego

(1) Wybudowanie na oczyszczalni trzeciego reaktora SBR typu „Hydrocentrum”

Wybudowanie na oczyszczalni trzeciego reaktora SBR typu "Hydrocentrum:" pozwoliłoby zwiększyć przepustowość hydrauliczną oczyszczalni do $4320 \text{ m}^3/\text{d}$ (przy zachowaniu 9 cykli pracy w reaktorach)

Jednak dla docelowego ładunku BZT_5 w ściekach (1566 kg/d) objętość komór reakcji (ciągów technologicznych) w reaktorach powinna wynosić 5775 m^3 - przy stężeniu osadu czynnego w komorach: $4,0 \text{ kg/m}^3$ (patrz: załącznik obliczenia technologiczne)

Objętość czynna komór reakcji w reaktorach po wybudowaniu trzeciego reaktora wyniosłaby: $5587,8 \text{ m}^3$ - stąd stężenie osadu czynnego w komorach musiałaby wynosić $4,13 \text{ kg/m}^3$

(2) Wybudowanie na oczyszczalni dwóch reaktorów przepływowych z osadem czynnym typu A²O

Zamiast budowy na oczyszczalni trzeciego reaktora SBR typu "Hydrocentrum" "przestarzałego" konstrukcyjnie i technologicznie (bez fazy ² mieszania ścieków z osadem czynnym) proponuje się wybudowanie na oczyszczalni dwóch przepływowych reaktorów typu A²O.

Reaktor typu A²O pracuje w oparciu o trójfazowy osad czynny przebywający kolejno w zmiennych warunkach tlenowych (kolejno: beztlenowych, niedotlenienia i tlenowych) powodujących wysokoefektywne usuwanie ze ścieków zanieczyszczeń organicznych (BZT₅) oraz azotu ogólnego i fosforu ogólnego

Założono (patrz: załącznik, obliczenia technologiczne) następujące parametry technologiczne osadu czynnego w reaktorach:

- wiek osadu: 12 dób
- stężenie osadu: 4 kg/m^3
- przyrost osadu: $1,0 \text{ kg/kg}$

Procesy zachodzące w reaktorze typu A²O obejmują:

- utlenianie związków organicznych zawartych w ściekach (wyrażające się redukcją BZT₅ ze ścieków)
- utlenianie związków azotowych zawartych w ściekach do azotanów (nitrifikację)
- redukcję utlenionych związków azotu (azotanów) do azotu gazowego uchodzącego do atmosfery (denitryfikację) wyrażającą się redukcją azotu ogólnego ze ścieków
- zwiększone w stosunku do normalnych potrzeb metabolicznych wbudowywanie związków fosforu zawartych w ściekach w biomasę osadu czynnego (defosfatację biologiczną) wyrażającą się redukcją fosforu ogólnego ze ścieków
- syntezę biomasy osadu czynnego wyrażającą się przyrostem masy osadu, który dla zachowania równowagi usuwany jest z układu z osadem nadmiernym

² warunkującej wysokoefektywne i stabilne usuwanie ze ścieków związków biogennych: azotu i fosforu

W razie niewystarczającej efektywności defosfatacji biologicznej do reaktora będzie mógł być preparat PIX, powodujący strącanie chemiczne fosfory ze ścieków (defosfatację chemiczną)

Zaproponowane reaktory tworzyłyby dwa równoległe ciągi technologiczne. Pojedynczy ciąg obejmowałby następujące komory w kolejności przepływu (w nawiasach podano alternatywne nazwy spotykane w literaturze przedmiotu) :

- komora beztlenowa (anaerobowa, defosfatacji),
- komora niedotleniona (anoksyczna, denitryfikacji)
- komora tlenowa (oksyczna, napowietrzania, nitryfikacji)

Ciągi z komorami beztlenową i niedotlenioną byłyby ze sobą zespolone i stanowiły wydzielony nowy obiekt na oczyszczalni. Na komory tlenowe ciągów zaadaptowane byłyby dotychczasowe zbiorniki reaktorów SBR

Zawartość komór beztlenowej i niedotlenionej byłaby mieszana i utrzymywana w stanie zawieszenia poprzez mieszadła mechaniczne

Komory tlenowe byłyby napowietrzane przy zastosowaniu napowietrzania drobnopełcherzykowego sprężonym powietrzem dostarczonym ze stanowiska dmuchaw. Przepływ ścieków w komorach odbywałby się w sposób tłokowy (przy zachowaniu istniejącej konstrukcji zbiornika)

W ciągach zapewniona byłaby recyrkulacja wewnętrzna pompą umieszczoną przy końcu komory tlenowej na początek komory niedotlenionej (denitryfikacji)

Dla rozdziału osadu czynnego od oczyszczonych ścieków proponuję się zaadaptować istniejący na oczyszczalni (nie eksploatowany) osadnik radialny³ o przepływie poziomym z centralnym zasilaniem i obwodowym odpływem.

Powierzchnia osadnika 346 m² pozwoliłaby (przy obciążeniu hydraulicznym: 1,2 m/h) na przyjmowanie przez część biologiczną oczyszczalni dopływu **400 m³/h** ścieków (retencjonowane musiałyby być dopływy przy ulewnych deszczach)

Nadmienia się, że przepustowość godzinowa części biologicznej przy trzech reaktorach SBR typu " Hydrocentrum" wynosiłaby: **180 m³/h** (4320 : 24)

³ Przy obecnej jakości wykonania zgarniaczy do osadników wtórnych oraz dostępie do części zamiennych nie muszą znajdować się na oczyszczalni dwa osadniki wtórne (na wypadek awarii zgarniacza w którymś z osadników)

5.2 Część osadowa oczyszczalni

Proponuje się wprowadzenie na oczyszczalni procesu tlenowej stabilizacji osadu nadmiernego w wydzielonej komorze nowej komorze pojemności czynnej 1350 m³ zapewniającej czas stabilizacji osadu przez 13 dób.

Wraz stabilizacją osad byłby zagęszczany poprzez odprowadzanie wody nadosadowej (istniejące zagęszczacze grawitacyjne osadu byłby wyłączone z pracy)

Po procesie tlenowej stabilizacji masa osadu nadmiernego do dalszej przeróbki spadnie o ca 30 %, ponadto ustabilizowany osad nie będzie zagniwał podczas dalszej przeróbki oraz będzie się dobrze odwadniał na prasie.

Odwodniony na prasie osad (o parametrach: sucha masa 18% , uwodnienie 82%) proponuje się poddać suszeniu słonecznemu po którym zawartość suchej masy w osadzie wyniesie w granicach 50 - 60 % (uwodnienie: 50 - 40 %)

Dla docelowej ilości i jakości ścieków dobową objętość osadu (ustabilizowanego tlenowo) po odwodnieniu na prasie wyniesie: **ca 6,1 m³**, po proponowanym wysuszeniu słonecznym wyniesie zaś: **2,2 m³** (przy uwodnieniu: 50%) lub **1,83 m³** (przy uwodnieniu 40%)

(1) Słoneczne suszenie osadów

Biorąc pod uwagę trendy światowe w gospodarce komunalnymi osadami ściekowymi nie należy spodziewać się złagodzeń przepisów ochrony środowiska i ułatwień w rolniczym ich stosowaniu. Pojawiające się w ostatnich latach groźne choroby zakaźne jak. HIV, zapalenie gąbczaste mózgu bydła, czy inne mało znane choroby wywołują w społeczeństwach niechęć do przetwarzania odpadów na produkty mające zastosowanie inne niż ostateczna termiczna ich utylizacja.

Jakość energetyczna komunalnych osadów ściekowych, odpowiadająca co najmniej połowie wartości energetycznej miału węgla kamiennego, pozwala na ich wykorzystanie w energetyce do współspalania z paliwami tradycyjnymi, czy też spalania w specjalnie zaprojektowanych instalacjach spełniających restrykcyjne wymagania ochrony atmosfery.

Istotną przeszkodą w spalaniu osadów bezpośrednio opuszczających oczyszczalnię jest wysoka zawartość w nich wody. Dlatego też myśląc o energetycznym wykorzystaniu osadów należy dążyć do zapewnienia sprawnego procesu jego suszenia umożliwiającemu uzyskanie ca 50- 60% suchej masy w osadzie.

Suszenie osadów pozwala tym samym na znaczną redukcję ich objętości ułatwiając ich magazynowanie i transport. Osady wysuszone nie wydzielają odorów, nie są więc uciążliwe dla otoczenia.

Systemy słonecznego suszenia stają się na świecie coraz popularniejsze ze względu na niskie koszty ich eksploatacji i drożące paliwa tradycyjne.

Prostota technologii solarnych i brak negatywnego oddziaływania na środowisko powoduje, że są one pozytywnie postrzegane przez przyszłych eksploataatorów jak i instytucje współfinansujące inwestycje.

Zagospodarowanie suszu osadowego może być realizowane w lokalnych kotłowniach i elektrowniach jako dodatek do współspalania paliw konwencjonalnych, jednak w ilościach nie większych niż **1 %** masy spalanych paliw. Możliwe do niedawna spalanie osadów w większych ilościach zostało zablokowane wprowadzeniem restrykcyjnych regulacji prawnych dotyczących emisji spalin do środowiska i warunków spalania odpadów. Biorąc jednak pod uwagę, że oczyszczalnie wytwarzające susz osadowy stanowiły będą potencjalne źródła łatwej do pozyskania biomasy, można spodziewać się, że zainteresowanie ze strony kotłowni i elektrowni odbiorem i energetycznym wykorzystaniem osadów powinno zacząć rosnąć, tym bardziej, że na mocy dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2001 /77/WE z 27-09-2001 w sprawie wspierania produkcji na rynku wewnętrznym energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, Polska jest zobowiązana do osiągnięcia w 2010 roku 7,5% udziału energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii.

Należy mieć zatem na uwadze, że wszystkie funkcjonujące krajowe kotłownie i elektrownie w bardzo szybkiej perspektywie czasu będą musiały wytwarzać „zieloną energię” zwiększając jej produkcję każdego roku.

Susz osadowy można nadal zagospodarowywać rolniczo do produkcji wszystkich płodów rolnych, roślin przemysłowych nie przeznaczony do spożycia i produkcji pasz, czy też roślin przeznaczonych do kompostowania, bądź na biomasę. Gospodarowanie suszem osadowym w porównaniu do osadów nie wysuszonych jest jednak **zdecydowanie łatwiejsze** z powodu: zmniejszenia jego objętości, możliwości łatwiejszego magazynowania, stabilizacji odorowej (susz osadowy nie wydzielają nieprzyjemnych zapachów i nie zgniwa), czy też zmniejszenia zapotrzebowania na środki transportowe jak i łatwość aplikacji.

(2) Koncepcja słonecznej suszarni osadów na oczyszczalni

Odwodniony na prasie taśmowej osad przekazywany byłby do przedsionka suszarni, skąd rozplantowywany byłby mechanicznie za pomocą przerzucarki.

Urządzenie to równomiernie rozprowadzałoby osady na całej powierzchni suszarni ułatwiając tworzenie się gruzełkowatej struktury suszonego osadu i usprawniając oddawanie wilgoci (wody) z osadu.

Przerzucarka również transportowałaby osady wzdłuż hali w zależności od ich stopnia wysuszenia tak, że osady bardziej wysuszone znajdowałyby się zawsze na końcu hali, a osady wilgotne na jej początku. Suszarnia pracowałaby 12 miesięcy w roku z tym, że efektywne suszenie odbywałoby się w miesiącach od kwietnia do października, natomiast w pozostałych miesiącach osad byłby rozplantowywany i gromadzony na powierzchni hali (z tendencją do inicjowania procesu suszenia w dni słoneczne). Zakłada się, że odwodniony osad (w ilości 2227 Mg /rok) przekazywany do suszarni posiadał będzie wyjściową suchą masę na poziomie 18%.

Tempo procesu suszenia osadów w suszarniach słonecznych jest uwarunkowane wieloma czynnikami, do głównych należy zaliczyć:

- warunki klimatyczne panujące w danym regionie czyli:
 - natężenie promieniowania słonecznego (ilości ciepła dostarczanego do złoża osadów suszonych),
 - temperatura powietrza suszącego i jego wilgotności względnej,
- prędkość strumienia powietrza suszącego,
- grubość złoża osadów

Dla uwarunkowań klimatycznych Polski północno-wschodniej wykorzystanie energii słonecznej jest ograniczone do okresu od kwietnia do września.

Największą wydajność w ciągu roku roboczego suszarnia osiągałaby w okresie letnim, gdy warunki klimatyczne są najbardziej sprzyjające dla procesu suszenia, wówczas masa osadu poddanego suszeniu, masa odparowanej wody oraz zawartość suchej masy w odbieranym granulacie osiągałaby największe wartości.

Sucha masa osadu wysuszonego kształtowałaby się średnio w ciągu roku na poziomie 60 % -tak, więc ilość wody niezbędnej do odparowania wynosiłaby: 1559 Mg/rok.

Biorąc pod uwagę powyższe wskaźniki - można określić, że w ciągu roku po procesie suszenia uzyskiwanych byłoby ok. 668 ton wysuszonego osadu.

(3) Parametry robocze i wydajność suszarni

Parametry robocze oraz wydajność suszarni zostały ustalone na podstawie analizy danych klimatycznych regionu północno-wschodniej Polski.

Tabela 1. Założenia przyjęte do wyliczenia powierzchni suszarni

OSAD		
Roczna produkcja osadu	t/rok	2227
Średnia zawartość suchej masy w mechanicznie odwodnionym osadzie	% s.m.	18
Łączna ilość suchej masy	t s.m./rok	401
Średnie uwodnienie osadu	%	82
Łączna ilość wody	t/rok	1826
Wahania w produkcji osadu w poszczególnych miesiącach roku		TAK
Zakładana końcowa zawartość suchej masy w wysuszonym osadzie	% s.m.	60
Zakładane końcowe uwodnienie w wysuszonym osadzie	%	40
Masa wody do odparowania	t/rok	1559
DODATKOWE ŹRÓDŁA ENERGII		
Dodatkowe wspomaganie suszenia osadów energią z zewnątrz		<i>BRAK</i>

Założono, że osad odwodniony na bieżąco przekazywany do suszarni posiadał będzie wyjściową suchą masę na poziomie 18 %. Sucha masa osadu wysuszonego w suszarni kształtowałaby się na poziomie 60%.

Proponuje się dla potrzeb słonecznego suszenia osadów z oczyszczalni ścieków w Piszcu wybudowanie suszarni o parametrach roboczych przedstawionych w tabeli nr 2.

Tabela 2. Parametry robocze suszarni

WARUNKI ROBOCZE	
Czas trwania zimy	5 miesięcy
CHARAKTERYSTYKA SUSZARNI	
WYMIARY POJEDYNCZEJ HALI SUSZARNICZEJ	
Szerokość hali	12 m
Długość hali	102 m
Powierzchnia hali	1224 m ²

Efektywna szerokość hali, na której odbywa się suszenie	11,3 m
Efektywna długość hali, na której odbywa się suszenie	95,5 m
Efektywna powierzchnia suszenia hali	1079,2 m ²
ILOŚĆ HAL SUSZARNICZYCH	2
Całkowita powierzchnia suszarni	2448 m ²
Całkowita efektywna powierzchnia suszenia	2158,4 m ²
WENTYLACJA	
Liczba wentylatorów cyrkulujących powietrze w suszarni	12 szt./ 1 hala
SKŁADOWANIE WYSUSZONEGO GRANULATU	
Objętość dodatkowo przyzwanego granulatu z przeznaczeniem do mieszania ze świeżym osadem dowożonym do suszarni	0 m ³

(4) Konstrukcja i wyposażenia hal suszarni

Wykonanie typowej hali suszarni opiera się na standardach stosowanych w wysokowydajnych uprawach ogrodnich. Elementy konstrukcyjne hali są wykonane ze stali ocynkowanej na gorąco. Pokrycie hali stanowią płyty poliwęglanowe.

Hale suszarni na całej długości dachu od strony zawietrznej wyposażone są w automatycznie otwierane i zamykane wywietrzniki uchylne (okna dachowe), kryte poliwęglanem. Na ścianach szczytowych hali suszarni znajdują się od strony załadunku i odbioru osadu bramy rozsuwane 6-cio segmentowe.

Konstrukcja hali zapewnia mechaniczne przewracanie osadów oraz swobodny przejazd na całej szerokości hali.

Wymiary hali suszarniczej wynoszą:

- *Całkowita długość:* 102,0 m
- *Szerokość:* 12,0 m (w obrysie zewnętrznym)
- *Wysokość ścian bocznych:* do 3,0 m (włącznie z cokołem betonowym)
- *Wysokość w szczycie:* do 6,0 m
- *Rozstaw łączników:* 2,0 m

Konstrukcja stalowa hali wykonana jest z profili kwadratowych (wymiary orientacyjne: 120 x 60 x 5mm) konstrukcja dobierana jest w zależności od obciążeń śniegiem i wiatrem dla danej strefy klimatycznej.

Pokrycie hali suszarniczej stanowią płyty poliwęglanowe dwukomorowe o żywotności 10 lat. Współczynnik przenikania ciepła płyt $K = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, przepuszczalność światła 75 %, ciężar właściwy $1,7 \text{ kg/m}^2$. Na całej długości hali pomiędzy cokołem betonowym i wykonanymi z płyt ścianami bocznymi zachowana jest szczelina o wymiarze ok. 60 cm, umożliwiającą stałą cyrkulację powietrza wewnątrz hali.

Dach i ściany boczne hali wykonywane są z płyt poliwęglanowych o grubości 10 mm, ściany szczytowe i bramy przesuwne z płyt grubości 6 mm. Uchylne wywietrzniki dachowe pokryte są poliwęglanem o grubości 8 mm.

(5) Przerzucarka do osadów wraz z systemem sterowania i automatyki

Suszone osady mieszane są przy pomocy mechanicznej przerzucarki osadów.

Przerzucarka posiada możliwość zarówno mieszania jak i przesuwania osadów wzdłuż hali. W ten sposób przerzucarka automatycznie w miarę przesuszania przesuwą osad ku końcowi hali.

Konstrukcja urządzenia wykonana ze stali czarnej, malowana, bęben poruszający się na gumowych kołach wyposażony w wymienne ostrza i skrobaki umożliwiające dokładne mieszanie suszonych osadów.

Wszystkie napędy urządzenia są odpowiednio zabezpieczone przed przeciążeniem, a prędkość ruchu obrotowego automatycznie dostosowywana jest do oporów stawianych przez mieszany osad. Ruch maszyny może być w każdej chwili zatrzymany przez pociągnięcie umieszczonych z przodu i z tyłu maszyny wyłączników bezpieczeństwa.

Dane techniczne przerzucarki:

<i>Szerokość urządzenia:</i>	<i>11700 mm</i>
<i>Wysokość światła przejazdu powyżej szyny jezdnej:</i>	<i>do 2550 mm</i>
<i>Wysokość cokołu betonowego z szyną jezdnią:</i>	<i>850 mm</i>
<i>Wolny prześwit między cokołami jezdny</i>	<i>11300 (+/- 5 mm)</i>
<i>Całkowita wysokość ponad posadzkę suszarni:</i>	<i>do 2430 mm</i>
<i>Masa całkowita:</i>	<i>ok. 4000 kg</i>
<i>Moc znamionowa:</i>	<i>11 kW</i>
<i>Pobór mocy podczas ciągłej pracy:</i>	<i>7 – 8 kW</i>
<i>Całkowita moc zainstalowana:</i>	<i>14 kW</i>

(6) System wentylacji hali

Przewietrzanie hali suszarni opiera się przede wszystkim na wentylacji grawitacyjnej, która jest wspomagana pracą wentylatorów mechanicznych. Jej regulacja odbywa się poprzez system sterowania i automatyki urządzenia przerzucającego suszony osad.

Otwieranie i zamykanie wywietrznika dachowego jak i praca wentylatorów mechanicznych jest sterowana w oparciu o sygnały od urządzeń monitorujących warunki panujące wewnątrz i na zewnątrz hali suszarni (pomiar wilgotności oraz temperatury powietrza).

Hala suszarni wyposażona jest w następujące elementy składające się na kompletny system wentylacji:

- otwarte na stałe szczeliny (otwory wentylacyjne) wzdłuż ścian bocznych hali suszarni,
- wentylatory mechaniczne wymuszające odpowiedni przepływ powietrza nad złożem osadów,
- otwierany wywietrznik (okna dachowe) na całej długości hali.

Dane techniczne wentylatorów:

- *wydajność powietrza* *5000÷9000 m³/h,*
- *prędkość obrotowa* *1340 – 1400 obr./min,*
- *pobór mocy* *0,52 - 0,58 kW,*
- *napięcie* *400 V,*
- *masa* *20 -27 kg*

Wentylatory ustawione są pod kątem ok. 45° w kierunku załadunku osadu.

Nawiew powietrza odbywa się dołem obwodowo poprzez szczeliny między ścianą poliwęglanową, a cokołem betonowym hali. Szerokość szczeliny wynosi ca 60 cm.

Odprowadzenie powietrza odbywa się górną przez uchylony wywietrznik (okna dachowe).

Mechanizm podnoszenia okien dachowych w hali jest typowy dla świetlików uchylnych dachowych (napęd z motoreduktora, moc silnika 0,5 – 0,75 kW). Napęd umieszczony jest centralnie na środku wału głównego, rozdzielającego halę na dwie części. Wał główny napędowy łożyskowany co 2 m, łożyska mocowane są do konstrukcji hali.

System podnoszenia okien zabezpieczony jest wyłącznikami krańcowymi mechanicznymi lub optycznymi.

(7) Lokalizacja hal suszarni

Proponuje się lokalizację hale suszarni na terenie oczyszczalni, dla 1 wersji biologicznego oczyszczania ścieków (trzeci reaktor SBR) równolegle do garaży przy drugiej wersji biologicznego oczyszczania ścieków (reaktory A²O) na terenie poletek osadowych

6. CHARAKTERYSTYKA PROPONOWANYCH OBIEKTÓW NA OCZYSZCZALNI

(1) Komora stabilizacji osadu nadmiernego (obiekt nowy)

Wykonanie: konstrukcja żelbetowa wyniesiona podzielona na dwie części

Wymiary: w planie 20 m x 15 m, głębokość czynna 4,5 m, głębokość całk. 4,5 m

Wyposażenie każdej części komory:

- ruszt napowietrzający (150 dysków)
- przelew teleskopowy do odprowadzania wody nadosadowej

(2) Komora z ciągami komór beztlenowych i niedotlenionych reaktora A²O (obiekt nowy)

Wykonanie: konstrukcja żelbetowa wyniesiona z dwoma ciągami komór technologicznych (komorą beztlenową i komorą niedotlenioną)

Wymiary: w planie 20 m x 15 m, głębokość czynna 4,5 m, głębokość całk. 4,5 m

- Komora beztlenowa

wymiary: 4 m x 7,5 m, głębokość czynna 4,5 m

wyposażenie:

- mieszadło mechaniczne o mocy 1,5 kW

- Komora niedotleniona

wymiary: 20 m x 7,5 m, głębokość czynna 4,5 m

wyposażenie

- mieszadło mechaniczne o mocy 5,5 kW

(3) Komory tlenowe reaktora A²O

Wykonanie: z adaptacji zbiorników SBR , pojemność czynna: (wymagana 3290 m³)

Wyposażenie komory :

- ruszty napowietrzające (łączna ilość dysków: 800 szt.)
- pompy recyrkulacji wewnętrznej (2 szt), każda o mocy 3 kW

(4) Osadnik wtórny

Wykonanie: z adaptacji osadnika radialnego istniejącego

Wyposażenie:

- mechaniczny zgarniacz osadu i części pływających z powierzchni, moc napędu 0,75 kW

7. OBIEKTY NA OCZYSZCZALNI DO MODERNIZACJI (wymiana urządzeń)

(1) Komora zasuw

W ramach modernizacji oczyszczalni należało będzie wymienić istniejące w komorze szandory na nowe.

(2) Przepompownia ścieków

W ramach modernizacji oczyszczalni należało będzie wymienić istniejące pompy suche o długich wałach napędowych na pompy suche o krótkich wałach

Wydajność pomp w przepompowni powinna zapewnić przetłoczenie wszystkich ścieków dopływających do oczyszczalni, dopływy powyżej 400 m³/h powinny być kierowane do zbiornika retencyjnego.

ZAŁĄCZNIK: Obliczenia technologiczne

1. Obliczenie wymaganej objętości komór reakcji (ciągów technologicznych) w reaktorach SBR typu "Hydrocentrum" dla warunków docelowych:

Pomiędzy objętością komór reakcji w SBR (V_R) a objętością komór z osadem czynnym w reaktorze przepływowym (V_B) istnieje zależność:

$$V_R = V_B \times t_z / t_R$$

gdzie:

t_z - długość cyklu w SBR

t_R - długość faz reakcji w SBR

Obliczenie V_B wg ATV 131

$$V_B = L_{BZT5} \times W_O \times m / z = 1566 \times 12 \times 1,0 / 4,0 = 4692 \text{ m}^3$$

gdzie:

L_{BZT5} - ładunek BZT₅ do usunięcia, 1566 kg/d

W_O - wiek osadu czynnego, przyjęto: 12 dob

m - przyrost osadu nadmiernego, przyjęto: 1,0 kg/kg

z - stężenie osadu czynnego, przyjęto: 4,0 kg/m³

stąd wymagana objętość czynna komór reakcji w SBR

$$V_R = V_B \times t_z / t_R = 4692 \times 160 / 130 = 5775 \text{ m}^3$$

t_z - długość cyklu, przyjęto jak dotychczas: 160 min.

t_R - długość faz reakcji (napowietrzania i sedymetacji), przyjęto jak dotychczas: 130 min.

2. Ilości osadu nadmiernego powstającego na oczyszczalni dla warunków docelowych

(1) Dobowa ilość osadu nadmiernego w przeliczeniu na suchą masę

$$G = L_{BZT5} \times m = 1566 \times 1,00 = 1566 \text{ kg/d}$$

gdzie:

L_{BZT5} , m - jak wyżej

(2) Dobowa objętość osadu nadmiernego (przy uwodnieniu: 99 %)

$$V = G / 10 \times (100 - 99) = 1566 / 10 = 156,6 \text{ m}^3 \text{ (156 ton)}$$

gdzie:

G - jak wyżej

- (3) Dobowa ilość osadu nadmiernego ustabilizowanego tlenowo w przeliczeniu na suchą masę

$$G' = 0,7 \times G = 0,7 \times 1566 = 1096 \text{ kg/d}$$

gdzie:

0,7 - współczynnik uwzględniający 30% rozkład substancji organicznych w osadzie po procesie stabilizacji tlenowej

G - jak wyżej

- (4) Dobowa objętość osadu nadmiernego po stabilizacji tlenowej (przy uwodnieniu 98,5%)

$$V_1 = G' / 10 \times (100 - 98,5) = 1096 / 15 = 73 \text{ m}^3 \text{ (73 tony)}$$

gdzie:

G' - jak wyżej

- (5) Dobowa objętość osadu odwodnionego mechanicznie (przy uwodnieniu 82%)

$$V_2 = G' / 10 \times (100 - 82) = 1096 / 180 = 6,1 \text{ m}^3 \text{ (6,1 tony)}$$

gdzie:

G' - jak wyżej

- (6) Dobowa objętość osadu wysuszonego słonecznie

- przy uwodnieniu 50 %

$$V_3 = G' / 10 \times (100 - 50) = 1096 / 500 = 2,2 \text{ m}^3 \text{ (2,2 tony)}$$

- przy uwodnieniu 40 %

$$V_3 = G' / 10 \times (100 - 40) = 1096 / 600 = 1,83 \text{ m}^3 \text{ (1,83 tony)}$$

gdzie:

G' - jak wyżej

3. Wymagana objętość komory stabilizacji tlenowej osadu nadmiernego na oczyszczalni dla warunków docelowych

- (1) Obliczeniowa objętość osadu nadmiernego

$$V_O = V - 2/3 (V - V_1) = 156,6 - 2/3 (156,6 - 73,0) = 101 \text{ m}^3$$

gdzie:

V, V₁ - jak wyżej

(2) Objętość komory

$$V_s = V_o \times t_s = 101 \times 13 = 1313 \text{ m}^3$$

gdzie:

V_o - jak wyżej

t_s - czas stabilizacji tlenowej osadu, przyjęto: 13 dób (dla łącznego wieku osadu czynnego 25 dób)

4. Reaktory przepływowe typu A^2O z osadem czynnym na oczyszczalni dla warunków docelowych - wymagane objętości komór, obliczenia sprawdzające usuwanie związków biogennych w reaktorze

(1) Wymagana objętość komór (niedotlenionych oraz tlenowych) w reaktorach

$$V_B = L_{BZT_5} \times W_o \times m / z = 1566 \times 12 \times 1,0 / 4,0 = 4700 \text{ m}^3$$

gdzie:

L_{BZT_5} - ładunek BZT_5 do usunięcia, 1566 kg/d

W_o - wiek osadu czynnego, przyjęto: 12 dób

m - przyrost osadu nadmiernego, przyjęto: 1,0 kg/kg

z - stężenie osadu czynnego, przyjęto: 4,0 kg/m³

W tym objętość komór niedotlenionych: $V_{KNT} = 1410 \text{ m}^3$, objętość komór tlenowych:

$$V_{KT} = 3290 \text{ m}^3$$

(2) Wymagana objętość komór beztlenowych w reaktorach

$$V_{KB} = (Q_h \text{ dz} + Q_h \text{ rec}) \times t = (200 + 136) \times 0,75 = 252 \text{ m}^3$$

gdzie:

$Q_h \text{ dz}$ - dopływ ścieków z godzin dziennych, przyjęto: 200 m³/h (Q_d : 16)

$Q_h \text{ rec.}$ - godzinowy dopływ osadu recyrkulowanego, przyjęto: 136 m³/h (Q_d : 24)

t - czas zatrzymania w komorach, przyjęto: 0,75 h

(3) Biologiczne usuwanie w reaktorach azotu w procesie: nityfikacja - denityfikacja

- stężenie azotu przyswojonego przez osad czynny:

$$0,05 \times (480 - 15) = 23,3 \text{ mg N / l}$$

gdzie:

0,05 - ilość przyswojonego azotu przez osad czynny na 1,0 g BZT₅ USUNIĘTEGO
(przyjęto: 5%)

480 – stężenie BZT₅ w ściekach dopływających do reaktorów, w mg/ l

15 - stężenie BZT₅ w ściekach oczyszczonych z reaktorów, w mg/ l

- stężenie azotu które musi ulec nitryfikacji (utlenieniu do formy NO₃):

$$79 - (23,3 + 6,0) = 49,7 \text{ mg / l}$$

gdzie:

79 – stężenie azotu w ściekach dopływających do reaktora: w mg/l

23,3 – stężenie azotu przyswojonego przez osad czynny, jak wyżej

6,0 – stężenie w odpływie z reaktora azotu w formie amonowej,

przyjęto: 6 mg/ l

- dopuszczalne stężenie azotu w formie NO₃ w odpływie z reaktorów:

$$15 - 6 = 9,0 \text{ mg N/l}$$

gdzie:

15,0 – dopuszczalne stężenie azotu ogólnego w odpływie z reaktorów: w mg/l

6,0 – stężenie w odpływie z reaktora azotu w formie amonowej,

przyjęto jak wyżej: 6 mg/l ;

- niezbędna sprawność denitryfikacji w reaktorach:

$$(49,7 - 9,0) / 49,7 = 0,81 \text{ (81 \%)}$$

gdzie:

49,7 – stężenie azotu które musi ulec nitryfikacji , w mg/l

9,0 - dopuszczalne stężenie azotu w formie NO₃ w odpływie z reaktorów, w mg/l

Wniosek:

Uzyskanie obliczonej powyżej niezbędnej sprawności denitryfikacji

*będzie możliwe przy recyrkulacji zewnętrznej oraz wewnętrznej (o łącznym stopniu:
400%)*

Przy stosunku objętości komory denitryfikacji do objętości łącznej procesu

osadu czynnego w reaktorze: 0,30 zdolność denitryfikacji w reaktorze wyniesie:

0,13 NO₃ mg / mg BZT usuniętego.

Przy BZT₅ w ściekach surowych: 480 mg/l , denitryfikacji będzie mogło

wieć ulec 62,4 mg/l azotu wobec wartości wymaganej: 40,7 mg/ l (49,7 -9,0)

(4) Usuwanie fosforu w reaktorach

- stężenie fosforu przyswojonego przez osad czynny w ramach normalnych potrzeb metabolicznych

$$0,01 \times (480 - 15) = 4,6 \text{ mg P / l}$$

gdzie:

0,01 - ilość przyswojonego azotu przez osad czynny (w ramach normalnych potrzeb metabolicznych) na 1,0 g BZT₅ USUNIĘTEGO, (przyjęto: 1%)

480 – stężenie BZT₅ w ściekach do reaktora, w mg/ l

15 - stężenie BZT₅ w ściekach oczyszczonych, w mg/ l

- stężenie fosforu przyswojonego przez osad czynny w ramach defosfatacji biologicznej

$$0,01 \times (480 - 15) = 4,6 \text{ mg P / l}$$

gdzie:

0,01 - ilość przyswojonego azotu przez osad czynny w ramach defosfatacji biologicznej na 1,0 g BZT₅ USUNIĘTEGO (przyjęto: 1%)

480 – stężenie BZT₅ w ściekach do reaktora, w mg/ l

15 - stężenie BZT₅ w ściekach oczyszczonych, w mg/ l

- stężenie fosforu które musi podlegać symultanicznemu strąceniu PIX - em

$$15 - 4,6 - 4,6 - 2 = 3,8 \text{ mg/ l}$$

gdzie:

15 – stężenie fosforu w ściekach dopływających do reaktorów, w mg/l

4,6 – stężenie fosforu przyswojonego przez osad czynny w ramach normalnych potrzeb metabolicznych, w mg/l

4,6 – stężenie fosforu przyswojonego przez osad czynny w ramach defosfatacji biologicznej, w mg/l

2 - dopuszczalne stężenie fosforu w ściekach oczyszczonych, w mg/l

- dobowe zapotrzebowanie PIX-u na strącanie chemiczne fosforu

$$Z_{\text{PIX}} = Q_d \times 3,8 \times 16 = 3260 \times 3,8 \times 16 = 198\,208 \text{ ml/d} = 198,2 \text{ l/d}$$

gdzie:

Q_d – średniodobowy dopływ ścieków na oczyszczalnię, 3260 m³/d

3,8 – stężenie fosforu do strącenia PIX – em, mg/l

16 – wymagana dawka PIX-u na strącenie 1 mg fosforu, w ml

5. Przepustowość hydrauliczna istniejącego osadnika radialnego na oczyszczalni

$$Q = F \times q = 346 \times 1,2 = 415 \text{ m}^3/\text{h}$$

gdzie:

F- powierzchnia osadnika: 346 m^2 (średnica 21 m)

q - dopuszczalne obciążenie hydrauliczne osadnika, przyjęto: 1,2 m/h