

**KONCEPCJA
TECHNOLOGICZNA MODERNIZACJI
I ROZBUDOWY OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW
W SKÓRCZU**

Branża: Technologiczna

**Właściciel: Gmina Miejska Skórcz
ul. Główna 40
83-220 Skórcz**

**Użytkownik: Zakład Gospodarki Miejskiej
ul. Spacerowa 13
83-220 Skórcz**

Autor: Mariusz Pepliński

Tczew, kwiecień 2016 r.

Spis treści

1. Wstęp.....	3
1.1. Przedmiot opracowania.....	3
1.2. Cel opracowania.....	3
1.3. Zakres opracowania.....	3
1.4. Wykorzystane materiały w opracowaniu.....	3
2. Informacje ogólne.....	4
2.1. Lokalizacja oczyszczalni ścieków.....	4
2.2. Parametry pracy oczyszczalni ścieków.....	4
2.3. Informacje dotyczące aglomeracji Skórcz.....	5
3. Bilans ścieków.....	6
3.1. Aktualna i prognozowana ilość ścieków.....	6
3.2. Aktualna i prognozowana jakość ścieków surowych.....	7
3.3. Aktualne i prognozowane ładunki zanieczyszczeń w ściekach surowych.....	9
4. Wymagania dotyczące wprowadzania ścieków do odbiornika.....	10
5. Aktualna jakość ścieków oczyszczonych.....	12
6. Analiza istniejącego układu technologicznego oczyszczalni.....	12
7. Charakterystyka istniejącego układu technologicznego oczyszczalni ścieków.....	14
7.1. Opis urządzeń w oczyszczalni.....	14
7.2. Opis procesu oczyszczania ścieków w istniejącym układzie technologicznym.....	19
8. Weryfikacja istniejącej wydajności urządzeń oczyszczalni ścieków.....	21
8.1. Wymagana wydajność urządzeń w części mechanicznej.....	21
8.2. Wymagana wydajność urządzeń w części biologicznej.....	22
8.3. Wymagana wydajność urządzeń w części osadowej.....	28
9. Koncepcja modernizacji i rozbudowy oczyszczalni ścieków.....	30
9.1. Zalety i wady różnych rozwiązań technologicznych.....	30
9.2. Wpływ metody przeróbki na końcową masę osadów ściekowych.....	38
9.3. Ocena proponowanych rozwiązań technologicznych.....	39
9.4. Wybór najkorzystniejszego wariantu modernizacji i rozbudowy oczyszczalni.....	41
10. Charakterystyka nowego układu technologiczny oczyszczalni ścieków.....	44
10.1. Dobór i opis urządzeń w części modernizowanej oczyszczalni.....	44
10.2. Opis procesu oczyszczania ścieków po modernizacji oczyszczalni.....	51
11. Sposób postępowania z odpadami.....	52
12. Aspekty prawne modernizacji oczyszczalni ścieków.....	56
13. Wytyczne dla montażu urządzeń.....	57
14. Ogólne założenia systemu sterowania pracą urządzeń.....	59
15. Zestawienie producentów i dostawców urządzeń.....	61
16. Szacunkowe koszty inwestycyjne modernizacji i rozbudowy oczyszczalni.....	62
17. Aktualne koszty eksploatacyjne w oczyszczalni ścieków.....	66
18. Szacunkowe koszty eksploatacyjne różnych rozwiązań technologicznych.....	67

Spis rysunków

1. Schemat rozmieszczenia nowych obiektów w oczyszczalni ścieków w Skórczu
2. Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Skórczu po modernizacji i rozbudowie

1. Wstęp

1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest koncepcja technologiczna modernizacji i rozbudowy oczyszczalni ścieków komunalnych w Skórczu w związku prognozowanym wzrostem ilości ścieków w najbliższej przyszłości.

1.2. Cel opracowania

Niniejsze opracowanie przedstawia rozwiązania techniczne i technologiczne do oczyszczania ścieków i przeróbki osadu w ramach modernizacji i rozbudowy oczyszczalni w Skórczu, które mają na celu:

- zwiększenie przepustowości oczyszczalni dla prognozowanej większej ilości ścieków,
- zapewnienie stabilnej i niezawodnej pracy oczyszczalni oraz wysokiej efektywności usuwania zanieczyszczeń ze ścieków, w tym również azotu,
- umożliwienie prowadzenia okresowych prac konserwacyjnych w istniejącej części biologicznej poprzez wybudowanie drugiego reaktora biologicznego SBR (obecnie nie jest to możliwe bez wyłączenia reaktora SBR z pracy).

1.3. Zakres opracowania

Zakres koncepcji obejmuje:

- określenie bilansu ścieków,
- przedstawienie wymagań dotyczących oczyszczania ścieków,
- analizę różnych rozwiązań technologicznych oczyszczania ścieków i przeróbki osadu,
- dobór optymalnych rozwiązań technologicznych oczyszczania ścieków i przeróbki osadu dla oczyszczalni w Skórczu,
- opis nowych urządzeń w ciągu ściekowym i osadowym oczyszczalni,
- opis procesu technologicznego oczyszczania ścieków i przeróbki osadu po modernizacji i rozbudowie oczyszczalni,
- sposób postępowania odpadami,
- ogólne założenia systemu sterowania pracą oczyszczalni,
- wytyczne dla montażu urządzeń i instalacji,
- listę producentów i dystrybutorów urządzeń i instalacji,
- określenie szacunkowych kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych.

1.4. Wykorzystane materiały w opracowaniu

Do opracowania koncepcji wykorzystano następujące materiały i informacje:

- operat wodnoprawny na wprowadzanie do rzeki Szorycy w km 1+400 oczyszczonych ścieków komunalnych z oczyszczalni w Skórcz opracowany w lutym 2014 roku przez Mariusza Peplińskiego,
- informacje uzyskane od Zakładu Gospodarki Miejskiej w Skórczu,
- informacje uzyskane od Gminy Miejskiej Skórcz,
- akty prawne z zakresu ochrony środowiska (ustawy i rozporządzenia),
- obliczenia i pomiary własne,
- literaturę fachową,
- wyniki wizji lokalnej.

2. Informacje ogólne

2.1. Lokalizacja oczyszczalni ścieków

Oczyszczalnia ścieków położona jest w Skórczu przy ul. Gniewskiej 1, na terenie gminy Skórcz, na działce nr 1053/1 o powierzchni 0,5446 ha. Przy czym urządzenie wodne w postaci wylotu ścieków oczyszczonych do odbiornika znajduje się na działce nr 1053/2 o powierzchni 1,2195 ha. Teren oczyszczalni ścieków jest nachylony od rzędnych ok.79 m n.p.m od strony wjazdu do ok. 74 m n.p.m w kierunku wylotu ścieków do rzeki Szorycy. Zatem teren jest pagórkowaty, co stanowi utrudnienie dla planowanej rozbudowy oczyszczalni.

W najbliższym sąsiedztwie czyszczalni znajdują się głównie grunty orne. Najbliższe zabudowania mieszkalne znajdują się w odległości ok. 100 m od oczyszczalni (za ulicą Gniewską). Teren oczyszczalni jest ogrodzony płotem z siatki metalowej zabezpieczającym przed dostępem osób nieupoważnionych i przed uszkodzeniem urządzeń oczyszczalni. Teren działek nr 1053/1 i 1053/2 nie obowiązuje żaden miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego. Rozbudowę oczyszczalni o nowe obiekty planuje się na działkach 1053/1 i 1053/2 należących do Gminy Skórcz, przez co nie będzie wymagany wykup działek pod inwestycję.

2.2. Parametry pracy oczyszczalni ścieków

Gmina Skórcz posiada pozwolenie wodnoprawne na wprowadzanie do rzeki Szorycy ścieków oczyszczonych z oczyszczalni w Skórczu w ilości:

- średnio dobowo: = 725 m³/d,
- maksymalnie godzinowo: = 60 m³/h,
- maksymalnie rocznie: = 264 625 m³/rok,

o następujących stężeniach zanieczyszczeń wyrażonych w:

- ChZT ≤ 125 mgO₂/dm³,
- BZT₅ ≤ 25mgO₂/dm³,
- zawiesiny ogólne ≤ 35 mg/dm³.

Oczyszczalnia ścieków w Skórczu została zaprojektowana na następujące parametry technologiczne:

- średni dobowy przepływ ścieków – 750 m³/d,
- maksymalny dobowy przepływ ścieków – 884 m³/d,
- maksymalny godzinowy przepływ ścieków – 81 m³/h,
- ładunek BZT₅ w ściekach surowych– 311,25 kgO₂/d,
- średnie obciążenie oczyszczalni w zakresie RLM – 5 188,
- wiek osadu – 19,1 d,
- obciążenie osadu ładunkiem BZT₅ – 0,056 kgO₂/kg s.m. x d.

Podstawowe dane eksploatacyjne oczyszczalni na podstawie 2015 roku przedstawiają się następująco:

- stężenie tlenu w reaktorze SBR w fazie napowietrzania – $1,5 \div 2,0 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$,
- opadalność osadu czynnego po 30 minutach - $400 \div 550 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$ w porze letniej i $600 \div 800 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$ w porze zimowej,
- średni ładunek BZT₅ w ściekach surowych – $330 \text{ kgO}_2/\text{d}$,
- maksymalny ładunek BZT₅ w ściekach surowych – $506 \text{ kgO}_2/\text{d}$,
- wiek osadu – 12,5 d przy założonym stężeniu osadu czynnego – $4 \text{ kg}/\text{m}^3$,
- średnie obciążenie osadu ładunkiem BZT₅ – $0,059 \text{ kgO}_2/\text{kg s.m.} \times \text{d}$,
- zużycie roczne energii elektrycznej – $220\,470 \text{ kWh}/\text{rok}$ ($220,5 \text{ MWh}/\text{rok}$),
- czas pracy prasy do odwadniania osadu – 5 godzin dziennie, 260 dni w ciągu roku,
- zużycie roczne flokulantu proszkowego do odwadniania osadu – 700 kg ,
- jednostkowe zużycie flokulantu proszkowego do odwadniania osadu – $4,3 \text{ kg}/\text{Mg s.m.}$,
- zawartość suchej masy osadu odwodnionego – śr. $14,2\%$ ($9,3 \div 18,1 \%$),
- zawartość substancji organicznych w osadzie odwodnionym – śr. $66,8 \%$ ($49,8 \div 77,7\%$),
- produkcja skratek – $24,85 \text{ Mg}/\text{rok}$,
- produkcja osadu odwodnionego – $1\,157 \text{ Mg}/\text{rok}$.

2.3. Informacje dotyczące aglomeracji Skórcz

Oczyszczalnia ścieków w Skórczu położona jest na terenie aglomeracji Skórcz. Dane dotyczące aglomeracji Skórcz wg AKPOSK za 2015 rok przedstawiają się następująco:

- RLM aglomeracji zgodnie z aktem prawa miejscowego – $8\,095$,
- liczba rzeczywista mieszkańców w aglomeracji – $6\,900$,
- liczba mieszkańców korzystających z systemu kanalizacyjnego – $5\,874$,
- liczba mieszkańców korzystających ze zbiorników bezodpływowych – 877 ,
- liczba mieszkańców korzystających z przydomowych oczyszczalni – 149 ,
- liczba przydomowych oczyszczalni – 44 ,
- RLM mieszkańców korzystających z systemu kanalizacyjnego – $5\,874$,
- RLM przemysłu korzystającego z systemu kanalizacyjnego – 630 ,
- docelowa ilość oczyszczanych ścieków – $1\,200 \text{ m}^3/\text{d}$.

Z informacji uzyskanych od Gminy Skórcz wynika, że w okresie 10 letniej perspektywy przewidywana jest następująca liczba mieszkańców do podłączenia do oczyszczalni w Skórczu w wyniku wybudowania sieci kanalizacyjnej:

- ok. 500 mieszkańców wsi Wielki Bukowiec,
- ok. 360 mieszkańców wsi Mirotki,
- ok. 210 mieszkańców wsi Ryzowie.

Zużycie wody na 1 mieszkańca Gminy Skórcz wynosi obecnie ok. $50 \text{ dm}^3/\text{Mxd}$.

3. Bilans ścieków

3.1. Aktualna i prognozowana ilość ścieków

W tabeli 1 zamieszczono roczną ilość ścieków oczyszczanych w oczyszczalni w 2015 roku z podziałem na poszczególne rodzaje ścieków. Ilość oczyszczanych ścieków określono na podstawie dobowych rejestrów ilości ścieków odprowadzanych z oczyszczalni, które po zsumowaniu dały roczną produkcję ścieków. Ilość ścieków została obliczona za pomocą przetwornika współpracującego z czujnikiem poziomu ścieków (echosonda) zamontowanym w komorze strącania chemicznego zanieczyszczeń.

Tabela 1. Roczna ilość ścieków oczyszczanych w oczyszczalni w 2015 roku

Rodzaj ścieków	Roczna ilość ścieków [m ³ /rok]
Ścieki bytowe	132 415
Ścieki przemysłowe	44 400
Nieczystości ciekłe ze zbiorników bezodpływowych	2 629
Wody opadowe, infiltracyjne i technologiczne własne	51 671
Łącznie	231 115

Poniżej określono aktualne dobowe i godzinowe przepływy ścieków surowych (wg danych z 2015 roku):

- średni dobowy = 633 m³/d,
- średni godzinowy = 26 m³/h,
- maksymalny dobowy = 928 m³/d,
- maksymalny godzinowy = 79 m³/h.

W porównaniu do 2013 roku średnia dobowa ilość ścieków oczyszczanych w oczyszczalni zwiększyła się z 453 do 633 m³/d, czyli wzrosła o ok. 40%. Przyczyną wzrostu ilości ścieków było podłączanie kolejnych mieszkańców do sieci kanalizacyjnej. W tym czasie ilość ścieków z firmy IGLOTEX S.A. utrzymywała się na stałym poziomie – ok. 100÷120 m³/d.

Struktura ścieków w 2015 roku kształtowała się następująco:

- ścieki bytowe wprowadzane bezpośrednio do sieci kanalizacyjnej – 57,3%,
- ścieki przemysłowe wprowadzane bezpośrednio do sieci kanalizacyjnej – 19,2%,
- nieczystości ciekłe (ścieki dowożone ze zbiorników bezodpływowych) – 1,1%,
- wody opadowe, infiltracyjne i technologiczne własne – 22,4%.

Biorąc pod uwagę planowane podłączenie do oczyszczalni w Skórczu nowych miejscowości oraz możliwość wzrostu produkcji w firmie IGLOTEX S.A., ilość oczyszczanych ścieków w najbliższym horyzoncie czasowym ulegnie zwiększeniu. Pociąga to za sobą konieczność określenia docelowego bilansu ścieków dla omawianej oczyszczalni.

Za podstawę do określenia ilości ścieków bytowych od 1 070 mieszkańców przewidzianych do podłączenia do sieci kanalizacyjnej w perspektywie 10 lat przyjęto jednostkowe zużycie wody na 1 mieszkańca w wysokości 50 dm³/Mxd. Zakładając jednak możliwość zwiększenia zużycia wody przez mieszkańców w przyszłości, zasadne wydaje się, aby średnią dobową ilość ścieków bytowych powiększyć odpowiednio o 50%. Zwłaszcza, że średnie dobowe zużycie wody przez 1 mieszkańca miast wynosi ok. 90 dm³/Mxd, a na obszarach wiejskich w Polsce wynosi ok. 70 dm³/Mxd. Zatem średnia dobową ilość ścieków bytowych od ww. mieszkańców będzie wynosiła:

$$(1\ 070\ M \times 50\ \text{dm}^3/\text{Mxd} \times 1,5) : 1000 = 80\ \text{m}^3/\text{d}$$

Założono, że średnia dobową ilość ścieków przemysłowych wytwarzanych w firmie IGLOTEX S.A. wzrośnie o ok. 50 m³/d. Zatem średnia dobową ilość ścieków komunalnych będzie wynosiła:

$$633\ \text{m}^3/\text{d} + 80\ \text{m}^3/\text{d} + 50\ \text{m}^3/\text{d} = 763\ \text{m}^3/\text{d}$$

Uwzględniając jednak fakt, że w ostatnich dwóch latach rejestrowano mało opadów śniegu i deszczu oraz zakładając rozwój budownictwa mieszkaniowego w gminie Skórcz i ewentualny wzrost ludności w przyszłości proponuje się zwiększyć obliczoną średnią dobową ilość ścieków o ok. 30%. W związku z powyższym ustala się ostatecznie docelowe dobowe i godzinowe przepływy ścieków surowych do zaprojektowania nowego wyposażenia oczyszczalni:

- średni dobowy = 1 000 m³/d,
- średni godzinowy = 42 m³/h,
- maksymalny dobowy = 1 500 m³/d,
- maksymalny godzinowy = 125 m³/h.

3.2. Aktualna i prognozowana jakość ścieków surowych

W tabelach 2, 3, 4 i 5 zaprezentowano aktualny skład ścieków komunalnych, aktualny skład podczyszczonych ścieków przemysłowych z firmy IGLOTEX S.A. i przewidywany skład ścieków komunalnych.

Tabela 2. Skład surowych ścieków komunalnych w 2015 roku

Wskaźnik	Jednostka	Wartość			
		7/8.01.15	4/5.02.15	4/5.03.15	1/2.04.15
ChZT	mgO ₂ /dm ³	1 220	2 080	1 340	1 340
BZT ₅	mgO ₂ /dm ³	600	1 100	270	800

Zawiesiny ogólne	mg/dm ³	310	830	700	300
------------------	--------------------	-----	-----	-----	-----

Tabela 3. Skład surowych ścieków komunalnych w 2015 i 2016 roku

Wskaźnik	Jednostka	Wartość			
		2/3.06.15	1/2.09.15	1/2.12.15	2/3.03.16
ChZT	mgO ₂ /dm ³	939	844	1 440	1 270
BZT ₅	mgO ₂ /dm ³	420	400	640	800
Zawiesiny ogólne	mg/dm ³	320	430	600	290
Azot ogólny	mgN/dm ³	124	Nie badano	Nie badano	Nie badano
Fosfor ogólny	mgP/dm ³	15,0	Nie badano	Nie badano	Nie badano

Tabela 4. Skład podczyszczonych ścieków przemysłowych z firmy IGLOTEX S.A. w 2015 roku na podstawie badań ścieków prowadzonych przez Zakład Gospodarki Miejskiej w Skórczu i IGLOTEX S.A. w Skórczu

Wskaźnik	Jednostka	Zakres wartości (*)	Wartość średnia
ChZT	mgO ₂ /dm ³	630÷2 370	1 353
BZT ₅	mgO ₂ /dm ³	200÷1 150	598
Zawiesiny ogólne	mg/dm ³	120÷250	167
Azot ogólny	mgN/dm ³	Nie badano	Nie badano
Fosfor ogólny	mgP/dm ³	2,85÷5,01	4,02

gdzie: (*) - wg badań ścieków prowadzonych przez Zakład Gospodarki Miejskiej w Skórczu wartości zanieczyszczeń były zawsze wyższe niż wyniki badań ścieków uzyskane od firmy IGLOTEX S.A., tj. wartość średnia ChZT = 1 622 mgO₂/dm³ (wg ZGM) i wartość średnia ChZT = 723 mgO₂/dm³ (wg IGLOTEX S.A.)

Tabela 5. Przewidywany skład surowych ścieków komunalnych będący podstawą do zaprojektowania nowego wyposażenia oczyszczalni

Wskaźnik	Jednostka	Wartość
ChZT	mgO ₂ /dm ³	1 600
BZT ₅	mgO ₂ /dm ³	800
Zawiesiny ogólne	mg/dm ³	700
Azot ogólny	mgN/dm ³	140
Fosfor ogólny	mgP/dm ³	18

3.3. Aktualne i prognozowane ładunki zanieczyszczeń w ściekach surowych

Poniżej określono aktualne i prognozowane obciążenie oczyszczalni równoważną liczbą mieszkańców – RLM na podstawie wartości BZT₅ w ściekach surowych oraz wielkość aglomeracji na podstawie RLM mieszkańców (rzeczywistej liczby mieszkańców) i RLM przemysłu. Dla oczyszczalni ścieków o RLM poniżej 15 000 dopuszcza się uproszczony sposób obliczania obciążenia.

a) aktualne i prognozowane obciążenie oczyszczalni równoważną liczbą mieszkańców – RLM na podstawie wartości BZT₅ w ściekach surowych

➤ aktualne obciążenie oczyszczalni w zakresie RLM (wg wyników badań ścieków surowych w 2015 roku)

- średnie (przy obliczaniu średniej odrzucono wartość BZT₅ w dniu 4 lutego 2015 roku, ponieważ uznano ją za nietypową):

$$RLM_{\text{śr}} = (633 \text{ m}^3/\text{d} \times 522 \text{ gO}_2/\text{m}^3) : 60 \text{ gO}_2/\text{Mxd} = 5\ 507$$

- maksymalne (odrzucono wartość BZT₅ w dniu 4 lutego 2015 roku, ponieważ uznano ją za nietypową, przyjęto maksymalną wartość BZT₅ w dniu 1.04.2015 roku):

$$RLM_{\text{max}} = (633 \text{ m}^3/\text{d} \times 800 \text{ gO}_2/\text{m}^3) : 60 \text{ gO}_2/\text{Mxd} = 8\ 440$$

➤ prognozowane obciążenie oczyszczalni w zakresie RLM (na podstawie wyników badań ścieków surowych w 2015 roku)

- średnie

$$RLM_{\text{śr}} = (1\ 000 \text{ m}^3/\text{d} \times 522 \text{ gO}_2/\text{m}^3) : 60 \text{ gO}_2/\text{Mxd} = 8\ 700$$

- maksymalne

$$RLM_{\text{max}} = (1\ 000 \text{ m}^3/\text{d} \times 800 \text{ gO}_2/\text{m}^3) : 60 \text{ gO}_2/\text{Mxd} = 13\ 333$$

Do wymiarowania nowego reaktora biologicznego przyjęto ładunek BZT₅ w ściekach surowych w wysokości 800 kgO₂/d, pomniejszony o 10% po części mechanicznej.

b) aktualna i prognozowana wielkość aglomeracji na podstawie RLM mieszkańców (rzeczywistej liczby mieszkańców) i RLM przemysłu

➤ aktualna wielkość aglomeracji

- RLM mieszkańców w aglomeracji: 6 900

- RLM przemysłu w aglomeracji (przyjęto średnią wartość BZT₅ w ściekach z firmy IGLOTEX S.A.): $(122 \text{ m}^3/\text{d} \times 598 \text{ gO}_2/\text{m}^3) : 60 \text{ gO}_2/\text{Mxd} = 1 216$

- RLM aglomeracji: $6 900 + 1 216 = 8 116$

➤ prognozowana wielkość aglomeracji

- RLM mieszkańców w aglomeracji (przyjęto o 600 mieszkańców więcej - jest to bardzo zawyżona ilość): 7 500

- RLM przemysłu w aglomeracji (przyjęto o 50 m³/d więcej ścieków przemysłowych niż w 2015 roku): $(172 \text{ m}^3/\text{d} \times 598 \text{ gO}_2/\text{m}^3) : 60 \text{ gO}_2/\text{Mxd} = 1 714$

- RLM aglomeracji: $7 500 + 1 714 = 9 214$

4. Wymagania dotyczące wprowadzania ścieków do odbiornika

Aktualnie Gminę Skórcz obowiązuje pozwolenie wodnoprawne, w którym określono dopuszczalne wartości jedynie ChZT, BZT₅ i zawiesin ogólnych w ściekach oczyszczonych, ponieważ maksymalne średnie tygodniowe obciążenie oczyszczalni w Skórczu równoważną liczbą mieszkańców (RLM), od którego zależą wymagania dotyczące oczyszczania ścieków jest poniżej 10 000. Przy czym pozwolenie wodnoprawne zostało wydane na podstawie nieobowiązującego już rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 roku (Dz. U. Nr 137 z 2006 roku, poz. 984 z późniejszymi zmianami).

W tabeli 6 przedstawiono najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń dla oczyszczonych ścieków komunalnych wprowadzanych do rzeki z oczyszczalni w zależności od wielkości aglomeracji. Dopuszczalne wartości zanieczyszczeń w ściekach komunalnych zostały określone na podstawie nowego rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 roku w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz. U. z 2014 roku, poz. 1800).

Zgodnie z tym rozporządzeniem wymagania dotyczące oczyszczania ścieków określa się w zależności od wielkości aglomeracji, a nie wielkości oczyszczalni w zakresie RLM, jak poprzednio, co jest korzystne dla aglomeracji Skórcz. Z obliczeń w pkt 3.3. niniejszego opracowania wynika, że prognozowana wielkość aglomeracji Skórcz nie przekroczy 10 000 RLM. W tej sytuacji w nowym pozwoleniu wodnoprawnym zostaną ustalone tylko graniczne wartości ChZT, BZT₅ i zawiesin ogólnych (jak dotychczas). Jedynie w przypadku wzrostu wielkości aglomeracji Skórcz w zakresie RLM powyżej 10 000 będzie również wymagane usuwanie azotu i fosforu ze ścieków, co jest mało prawdopodobne w najbliższej przyszłości. Niemniej jednak nowy reaktor biologiczny powinien być przystosowany do ewentualnego usuwania biogenów ze ścieków. Wg cytowanego wyżej rozporządzenia oprócz badań ścieków surowych trzeba będzie także wykonywać badania ścieków surowych dopływających do

oczyszczalni. Obowiązek ten będzie określony dopiero w nowym pozwoleniu wodnoprawnym.

Tabela 6. Najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń dla oczyszczonych ścieków komunalnych wprowadzanych do rzeki z oczyszczalni w aglomeracji o RLM od 2 000 do 14 999

Wskaźnik	Jednostka	Wartość dopuszczalna dla oczyszczalni o RLM od 2 000 do 9 999	Wartość dopuszczalna dla oczyszczalni o RLM od 10 000 do 14 999
ChZT	mgO ₂ /dm ³	125	125
BZT ₅	mgO ₂ /dm ³	25	25
Zawiesiny ogólne	mg/dm ³	35	35
Azot ogólny	mgN/dm ³	Nie określono	15
Fosfor ogólny	mgP/dm ³	Nie określono	2

Wraz z nowym rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 roku zmieniły się także wymagania dla ścieków z przydomowych oczyszczalni. Aktualnie ścieki pochodzące z własnego gospodarstwa domowego lub rolnego, zlokalizowanego w aglomeracji mogą być wprowadzane do ziemi w granicach gruntu stanowiącego własność wprowadzającego, jeżeli są spełnione łącznie następujące warunki:

- ich ilość nie przekracza 5,0 m³ na dobę,
- nie przekraczają najwyższych dopuszczalnych wartości wskaźników zanieczyszczeń właściwych dla RLM aglomeracji, na obszarze której zlokalizowano jest gospodarstwo, określonych w załączniku nr 3 do rozporządzenia,
- miejsce wprowadzania do ziemi jest oddzielone warstwą gruntu o miąższości co najmniej 1,5 m od najwyższego użytkowego poziomu wodonośnego wód podziemnych.

Oznacza to, że ścieki pochodzące z własnego gospodarstwa domowego lub rolnego zlokalizowanego w aglomeracji Skórcz wprowadzane do ziemi w granicach gruntu stanowiącego własność wprowadzającego muszą spełniać wymagania jak dla oczyszczalni z aglomeracji o RLM od 2 000 do 9 999, co stanowić może duży problem. Jedynie ścieki pochodzące z własnego gospodarstwa domowego lub rolnego, zlokalizowanego poza aglomeracją nie muszą spełniać tak rygorystycznych wymagań. Wystarczy zredukować w ściekach wprowadzanych do ziemi zawartość BZT₅ co najmniej o 20%, a zawartość zawiesin ogólnych co najmniej o 50%. Ponadto ścieki z przydomowej oczyszczalni powinny być badane, co w przypadku oczyszczalni przydomowej z drenażem rozsączającym może być niewykonalne z powodu braku studzienki kontrolnej. Z powodu wprowadzenia rygorystycznych wymagań dla ścieków pochodzących z własnego gospodarstwa domowego lub rolnego budowa nowych oczyszczalni przydomowych prawdopodobnie przestanie być opłacalna.

5. Aktualna jakość ścieków oczyszczonych

W tabelach 7 i 8 zestawiono wyniki badań ścieków oczyszczonych.

Tabela 7. Skład ścieków oczyszczonych w 2015 roku

Wskaźnik	Jednostka	Wartość			
		7/8.01.15	4/5.02.15	4/5.03.15	1/2.04.15
ChZT	mgO ₂ /dm ³	46,4	43,5	57,5	71,1
BZT ₅	mgO ₂ /dm ³	4,7	3,1	9	13
Zawiesiny ogólne	mg/dm ³	6,2	<5	12	11

Tabela 8. Skład ścieków oczyszczonych w 2015 i 2016 roku

Wskaźnik	Jednostka	Wartość			
		2/3.06.15	1/2.09.15	1/02.12.15	2/3.03.16
ChZT	mgO ₂ /dm ³	58,4	58,7	67,9	53,4
BZT ₅	mgO ₂ /dm ³	9	7	17	8
Zawiesiny ogólne	mg/dm ³	13	13	5,4	18
Azot ogólny	mgN/dm ³	24,9	Nie badano	Nie badano	10,6
Fosfor ogólny	mgP/dm ³	2,71	Nie badano	Nie badano	0,934

6. Analiza istniejącego układu technologicznego oczyszczalni

Porównując projektowane parametry technologiczne z parametrami eksploatacyjnymi (pkt 2.2. niniejszego opracowania) można zauważyć, że oczyszczalnia ścieków oczyszcza obecnie większy ładunek BZT₅ niż przyjęty w projekcie. Również maksymalna dobowo ilość ścieków jest aktualnie większa niż założona w projekcie. W 2015 roku odnotowano 74 przepływy dobowe ścieków surowych powyżej 700 m³/d. Z drugiej strony oczyszczalnia ścieków została zaprojektowana na niskie obciążenie osadu ładunkiem BZT₅, podczas gdy w rzeczywistości jest w stanie oczyścić większy ładunek zanieczyszczeń.

O efektywności procesu biologicznego usuwania zanieczyszczeń ze ścieków oprócz parametrów technologicznych oczyszczalni decyduje także stosunek ChZT/BZT₅ w ściekach surowych, który powinien wynosić poniżej 2,2. Natomiast w procesie usuwania azotu i

fosforu ze ścieków ważna jest nie tylko odpowiednia zawartość łatwo rozkładalnych substancji organicznych określonych parametrem BZT₅ w ściekach surowych, lecz także właściwa relacja stężenia związków węgla organicznego do stężenia azotu i fosforu ogólnego w tych ściekach.

Korzystne proporcje zanieczyszczeń dla usuwania związków azotu i fosforu ze ścieków odpowiednio wynoszą: BZT₅/Nog>5, ChZT/Nog>10, BZT₅/Pog >25 i ChZT/Pog>40.

Omawiane ścieki surowe można uznać za podatne na biologiczne procesy rozkładu zanieczyszczeń, ponieważ stosunki całkowitej ilości związków organicznych do ilości łatwo biodegradowalnych związków organicznych - ChZT/BZT₅ wynoszą od 1,6 do 2,3. Jedynie w jednej próbce ścieków surowych (w marcu 2015 roku) stwierdzono niekorzystny stosunek ChZT/BZT₅ = 5,0.

Trudno jest ocenić relacje zawartości ChZT i BZT₅ do zawartości azotu i fosforu ogólnego w ściekach surowych, ponieważ tylko w jednej próbce ścieków zbadano biogeny (w czerwcu 2015 roku). Niestety w tej próbce ścieków surowych stosunki stężenia substancji organicznych do stężenia związków azotu w ściekach surowych - ChZT/Nog = 7,6 i BZT₅/Nog = 3,4 były niekorzystne dla usuwania azotu ze ścieków w procesie denitryfikacji. Natomiast korzystne były proporcje substancji organicznych do stężenia związków fosforu w ściekach surowych - ChZT/Pog = 62,6 i BZT₅/Pog = 28,0.

Oceniając jakość oczyszczonych ścieków w tabelach 7 i 8 można zauważyć, że wszystkie badane wskaźniki zanieczyszczeń w ściekach były poniżej wartości normatywnych określonych w obowiązującym pozwoleniu wodnoprawnym. Nie odnotowano żadnego przypadku przekroczenia dopuszczalnych wartości zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych. Oznacza to spełnienie warunków aktualnego pozwolenia wodnoprawnego przez użytkownika oczyszczalni. Stężenia wskaźników ChZT, BZT₅, i zawiesin ogólnych w ściekach oczyszczonych były znacznie poniżej wartości dopuszczalnych i stanowiły odpowiednio 35÷57%, 12÷68% i 15÷51% wartości dopuszczalnych tych zanieczyszczeń. Tak więc istnieje jeszcze rezerwa w zakresie osiągnięcia wartości granicznych tych zanieczyszczeń. Aczkolwiek wraz ze wzrostem ilości ścieków surowych i ładunku zanieczyszczeń w tych ściekach pojawiać się będą problemy z uzyskaniem w sposób ciągły wymaganych standardów w ściekach oczyszczonych.

Z powodu deficytu łatwo przyswajalnych substancji organicznych (BZT₅ = 420 mgO₂/dm³) i jednocześnie dość dużej zawartości azotu w ściekach surowych (Nog = 124 mgN/dm³) stwierdzono podwyższone stężenie azotu ogólnego w ściekach oczyszczonych w czerwcu 2015 roku, które przekraczało wartość dopuszczalną określoną dla oczyszczalni w aglomeracji o RLM od 10 000 do 14 999. Również fosfor przekraczał dopuszczalną wartość w ściekach oczyszczonych, co mogło być związane z wtórnym uwalnianiem fosforanów z osadów do ścieków w reaktorze SBR podczas sedymentacji osadu czynnego lub w komorze strącania chemicznego z powodu długiego przebywania osadu w warunkach beztlenowych. Natomiast w marcu 2016 roku stężenia azotu i fosforu ogólnego w ściekach oczyszczonych mieściły się w normie z dużym zapasem. Było to możliwe dzięki obecności w ściekach surowych odpowiedniej ilości łatwo rozkładalnych substancji organicznych określonych wskaźnikiem BZT₅ (800 mgO₂/dm³).

Można więc wnioskować, że reaktor SBR jest w stanie zapewnić wymagane wartości azotu i fosforu ogólnego w ściekach oczyszczonych określone dla oczyszczalni w aglomeracji o RLM od 10 000 do 14 999, o ile w ściekach surowych będą zachowane właściwe proporcje

zanieczyszczeń, tj. $BZT_5/Nog > 5$ i $BZT_5/Pog > 25$. Źródłem łatwo przyswajalnych substancji organicznych są z pewnością ścieki z firmy IGLOTEX S.A., w których znajduje się niewielka ilość fosforu, co jest korzystne dla procesu usuwania biogenów ze ścieków bytowych, w których występują znaczne ich ilości.

Brak wyników badań ścieków z firmy IGLOTEX S.A. w zakresie azotu ogólnego uniemożliwia dokonanie oceny tych ścieków pod kątem usuwania azotu. Obecnie oczyszczalnia ścieków w Skórczu nie ma obowiązku spełnienia wymagań dla azotu i fosforu w ściekach oczyszczonych. Niemniej jednak nowy reaktor SBR powinien zostać zaprojektowany również pod kątem usuwania biogenów ze ścieków, ponieważ w przyszłości wielkość aglomeracji Skórcz może wzrosnąć powyżej 10 000 RLM.

Analizując istniejący układ technologiczny oczyszczalni należy stwierdzić, że atutem oczyszczalni jest:

- obecność kraty kosztowej do usuwania większych zanieczyszczeń z nieczystości ciekłych,
- obecność zbiornika retencyjnego nieczystości ciekłych,
- obecność zbiornika retencyjnego mieszaniny ścieków surowych i nieczystości ciekłych,
- obecność wydzielonej komory stabilizacji tlenowej osadu nadmiernego,
- obecność dodatkowej komory strącania chemicznego zanieczyszczeń (komory doczyszczania ścieków biologicznie oczyszczonych),
- obecność 2 dmuchaw do napowietrzania ścieków w reaktorze SBR,
- obecność stacji dozowania koagulantu.

Z kolei mankamentem pracy oczyszczalni jest:

- brak rezerwowego sita bębnowego (pracuje tylko jedno sito),
- brak piaskownika do usuwania piasku ze ścieków i separatora piasku do jego odwodnienia,
- brak drugiego reaktora biologicznego SBR,
- duża energochłonność napowietrzania ścieków za pomocą dmuchaw rotacyjnych Roots'a,
- niski stopień odwodnienia osadu na prasie taśmowej,
- brak instalacji do higienizacji osadu odwodnionego,
- brak placu składowania osadu odwodnionego.

7. Charakterystyka istniejącego układu technologicznego oczyszczalni ścieków

7.1. Opis urządzeń w oczyszczalni

Oczyszczanie ścieków realizowane jest w układzie technologicznym składającym się z takich obiektów i instalacji jak:

- stacja zlewna nieczystości ciekłych,
- zbiornik retencyjny nieczystości ciekłych,
- sito bębnowe,
- zbiornik retencyjny ścieków surowych i nieczystości ciekłych,
- sekwencyjny reaktor biologiczny,
- komora strącania chemicznego zanieczyszczeń,
- komora wylotowa ścieków oczyszczonych,
- komora stabilizacji tlenowej osadu nadmiernego,

- stacja odwadniania osadu nadmiernego,
- stacja dozowania koagulantu,
- stacja dmuchaw,
- urządzenie pomiarowe,
- agregat prądowórczy.

Opis techniczny poszczególnych urządzeń i instalacji wchodzących w skład oczyszczalni przedstawiono poniżej.

Stacja zlewna nieczystości ciekłych

Na terenie oczyszczalni znajduje się stacja zlewna dla nieczystości ciekłych (ścieków pochodzących ze zbiorników bezodpływowych) dowożonych samochodami asenizacyjnymi. Stacja zlewna jest umieszczona w hermetycznie zabudowanym kontenerze wykonanym z blachy ze stali kwasoodpornej. Stacja zlewna składa się z następujących elementów:

- identyfikatora dostawcy,
- przepływomierza elektromagnetycznego,
- analizatora pomiaru pH, przewodności i temperatury,
- zasuwę z napędem mechanicznym,
- zaprogramowanego sterownika.

Na rurociągu spustowym nieczystości ciekłych ze stacji zlewnej do zbiornika retencyjnego znajduje się ręczna krata koszowa ze stali o prześwicie 20 mm zabezpieczająca pompy i mieszadła przed ewentualnym ich uszkodzeniem.

Zbiornik retencyjny nieczystości ciekłych

Stacja zlewna nieczystości ciekłych połączona jest bezpośrednio z podziemnym zbiornikiem retencyjnym tych nieczystości ciekłych. Zbiornik retencyjny zbudowany z żelbetonu ma kształt walca o średnicy wewnętrznej 9,0 m i głębokości całkowitej 4,4 m. Objętość czynna zbiornika wynosi 110 m³. Jest wyposażony w 2 zatapialne pompy o wydajności 10 dm³/s (36 m³/h) każda przy wysokości podnoszenia 3,0 m i 1 mieszadło średnioobrotowe o prędkości obrotowej 705 obr/min i mocy silnika 2,2 kW.

Sito bębnowe

Pierwszym urządzeniem oczyszczającym ścieki dopływające kanalizacją jest sito bębnowe znajdujące się w pomieszczeniu technicznym budynku technologicznego oczyszczalni. Jest to sito o perforacji bębna 1,5 i 2,5 mm, o przepustowości 90 dm³/s przy zawartości zawiesiny w ściekach – 200 g/m³ lub przepustowości 60 dm³/s przy zawartości zawiesiny w ściekach surowych – 500 g/m³. Sito bębnowe składa się z perforowanego bębna z blachy, nachylonego o ok. 6° do poziomu oraz obudowy z blachy z 2 pokrywami z laminatu. Wewnątrz bębna znajduje się wstęgowy podajnik śrubowy służący do transportu odseparowanych części stałych (skratek) i usuwania ich na zewnątrz bębna. Bęben obraca się na podpierających go kółkach. Obudowa sita, a konkretnie zbiornik filtratu posiada krawędziowy przelew nadmiarowy, dzięki któremu (przy znacznym zatankowaniu perforacji bębna) ścieki powracają do kanalizacji oczyszczalni i spływają do przepompowni głównej usytuowanej przed oczyszczalnią ścieków.

Zbiornik retencyjny ścieków surowych i nieczystości ciekłych

Do magazynowania ścieków przed wprowadzeniem do reaktora biologicznego zastosowano zbiornik retencyjny ścieków surowych i nieczystości ciekłych zbudowany z żelbetonu o długości wewnętrznej 10,65 m, szerokości wewnętrznej 4,50 m i głębokości całkowitej 6,2 m. Cała część zbiornika retencyjnego jest przykryta szczelnym stropem o grubości 20÷30 cm. W stropie zbiornika znajdują się włazy montażowe, komunikacyjne i kontrolno-rewizyjne. Włazy są przykryte pokrywami stalowymi wykonanymi z blachy kwasoodpornej. Zbiornik składa się z 1 pompy o wydajności 40 dm³/s (144 m³/h), przy wysokości podnoszenia 6,0 m oraz 1 mieszadła średnioobrotowego o prędkości obrotowej 705 obr/min. Zbiornik posiada awaryjny przelew zabezpieczający reaktor biologiczny przed zalaniem. Jest to syfon z rury stalowej o średnicy 200 mm skierowany do kanalizacji oczyszczalni.

Sekwencyjny reaktor biologiczny

Zasadniczym elementem oczyszczalni jest żelbetowy sekwencyjny reaktor biologiczny o długości wewnętrznej 16 m, szerokości wewnętrznej 16 m, głębokości całkowitej 6,2 m i głębokości czynnej ok. 5,5 m. Objętość czynna reaktora biologicznego wynosi 1 408 m³. Cała część reaktora biologicznego jest przykryta szczelnym stropem o grubości 20÷30 cm. W stropie reaktora znajdują się włazy montażowe, komunikacyjne i kontrolno-rewizyjne. Włazy są przykryte pokrywami stalowymi wykonanymi z blachy kwasoodpornej.

Reaktor biologiczny wyposażony jest w następujące elementy:

- dyfuzory membranowe (dyskowe o średnicy 225 mm – 500 szt.) o wydajności maksymalnej ok. 3,5 m³/h przy głębokości czynnej komory 5,5 m, zamontowane na dnie reaktora służące do rozprowadzania sprężonego powietrza w reaktorze,
- 2 mieszadła średnioobrotowe o prędkości obrotowej 705 obr/min, zapewniające wewnętrzną recyrkulację mieszaniny ścieków i osadu czynnego w procesie denitryfikacji realizowanym przy wyłączonym napowietrzaniu,
- 1 pompę o wydajności 4 dm³/s (14,4 m³/h), przy wysokości podnoszenia 4,2 m, służącą do odprowadzania osadu nadmiernego z reaktora biologicznego do komory stabilizacji tlenowej osadu,
- 2 dekantery (przelewy pływające) o średnicy 200 mm służące do odprowadzania ścieków oczyszczonych do studni zbiorczej wyposażonej w pompę o wydajności 80 dm³/s (288 m³/h), przy wysokości podnoszenia 3,5 m, która tłoczy ścieki do komory strącania chemicznego zanieczyszczeń,
- 1 sondę tlenową,
- 2 przelewy awaryjne (nadmiarowe) o średnicy 200 mm kierujące nadmiar ścieków do komory strącania chemicznego zanieczyszczeń lub do zbiornika retencyjnego ścieków surowych i nieczystości ciekłych.

Komora strącania chemicznego zanieczyszczeń

Ostatnim urządzeniem oczyszczającym w oczyszczalni jest żelbetowa komora strącania chemicznego zanieczyszczeń o długości wewnętrznej 16,0 m, szerokości wewnętrznej 8,50 m, głębokości całkowitej 6,2 m i głębokości czynnej ok. 5,5 m. Cała część komory jest przykryta szczelnym stropem o grubości 20÷30 cm. W stropie komory znajdują się włązy montażowe, komunikacyjne i kontrolno-rewizyjne. Włązy są przykryte pokrywami stalowymi wykonanymi z blachy kwasoodpornej. W skład wyposażenia komory strącania chemicznego zanieczyszczeń wchodzi:

- 1 mieszadło średnioobrotowe o prędkości obrotowej 705 obr/min zapewniające wymieszanie ścieków i koagulantu,
- 2 dekantery (przelewy pływające) o średnicy 200 mm służące do odprowadzania ścieków oczyszczonych do odbiornika,
- 1 pompa o wydajności 4 dm³/s (14,4 m³/h), przy wysokości podnoszenia 5,0 m służąca do usuwania osadu chemicznego do komory stabilizacji tlenowej osadu,
- 1 przelew awaryjny (nadmiarowy) o średnicy 200 mm kierujący ścieki do reaktora biologicznego.

Komora wylotowa ścieków oczyszczonych

Jest to studnia żelbetowa o długości wewnętrznej 2,0 m, szerokości wewnętrznej 2,0 m i głębokości całkowitej 2,60 m. W studni znajdują się przewody i przepustnice umożliwiające utrzymanie określonego poziomu napełnienia w komorze strącania chemicznego i cykliczne odprowadzanie ścieków oczyszczonych do odbiornika.

Komora stabilizacji tlenowej osadu nadmiernego

Stabilizacja tlenowa osadu nadmiernego prowadzona jest w komorze zbudowanej z żelbetonu o długości wewnętrznej 5,0 m, szerokości wewnętrznej 4,5 m, głębokości całkowitej 6,2 m i głębokości czynnej ok. 5,5 m. Cała część komory jest przykryta szczelnym stropem o grubości 20÷30 cm. W stropie komory znajdują się włązy montażowe, komunikacyjne i kontrolno-rewizyjne. Włązy są przykryte pokrywami stalowymi wykonanymi z blachy kwasoodpornej. W komorze stabilizacji tlenowej osadu nadmiernego zamontowane są:

- dyfuzory membranowe (dyskowe o średnicy 225 mm – 60 szt.) o wydajności maksymalnej ok. 3,5 m³/h przy głębokości czynnej komory 5,5 m, zamontowane na dnie komory służące do rozprowadzania sprężonego powietrza w komorze,
- przelew krawędziowy o wymiarach 150 mm x 500 mm do odprowadzania wód nadosadowych z komory do zbiornika retencyjnego nieczystości ciekłych,
- pompa o wydajności 4 dm³/s (14,4 m³/h), przy wysokości podnoszenia 9,0 m do tłoczenia osadu nadmiernego do prasy.

Stacja odwadniania osadu nadmiernego

Odwadnianie osadów nadmiernych (biologicznych) realizowane jest za pomocą prasy taśmowej NP08 o przepustowości $4\div 5 \text{ m}^3/\text{h}$, zamontowanej w pomieszczeniu technicznym budynku technologicznego oczyszczalni ścieków. Stacja odwadniania osadu wyposażona jest w takie elementy jak:

- pompa ślimakowa o wydajności $2\div 10 \text{ m}^3/\text{h}$, przy wysokości podnoszenia 20,0 m podająca osad nadmierny na prasę,
- mikser statyczny,
- tablica kontrolna,
- pompa płuczająca,
- zbiornik dolny odcieków (filtratu),
- system kontroli napędu taśmy i zagęszczania wstępnego,
- system kontroli ustawienia taśmy,
- sprężarka ze zbiornikiem 24 dm^3 ,
- stacja przygotowania i dozowania flokulantu składająca się ze zbiornika wyposażonego w mieszadło, pompę i przewód tłoczny.

Stacja dozowania koagulantu

Stacja dozowania koagulantu znajduje się w pomieszczeniu technicznym budynku technologicznego oczyszczalni ścieków. Stacja składa się z 2 zbiorników o objętości 1 m^3 każdy, w tym jednego magazynowego i drugiego roboczego. Zbiornik roboczy wyposażony jest w pompę membranową o maksymalnej wydajności $76 \text{ dm}^3/\text{h}$ oraz przewód tłoczny. Dozowanie koagulantu odbywa się w sposób automatyczny za pomocą ww. pompy do komory strącania chemicznego zanieczyszczeń.

Stacja dmuchaw

Do napowietrzania ścieków w reaktorze biologicznym przewidziano 2 dmuchawy rotacyjne Roots'a (w tym jedną pracującą i drugą rezerwową) o wydajności $1\ 182 \text{ m}^3/\text{h}$ i mocy 37 kW każda, zaś do napowietrzania osadu nadmiernego w komorze stabilizacji tlenowej zastosowano 1 dmuchawę o wydajności $154 \text{ m}^3/\text{h}$ i mocy 5,5 kW. Wszystkie dmuchawy są zabudowane obudowami dźwiękochłonnymi i umieszczone na zewnątrz budynku technologicznego oczyszczalni.

Urządzenie pomiarowe

Pomiar ilości ścieków wprowadzanych do odbiornika odbywa się za pomocą przetwornika współpracującego z czujnikiem poziomu ścieków (echosonda) zamontowanym w górnej części komory strącania chemicznego zanieczyszczeń, który mierzy poziom ścieków przed i po spuszczeniu. Przetwornik przelicza wysokość słupa ścieków odprowadzanych do odbiornika na objętość przy uwzględnieniu wymiarów komory.

Agregat prądowórczy

Awaryjne źródło zasilania elektrycznego urządzeń stanowi agregat prądowórczy umieszczony w budynku technologicznym oczyszczalni ścieków. Załącza się automatycznie po upływie kilkunastu sekund po zaniku zasilania podstawowego. Nominalna moc prądnicy i objętość zbiornika paliwa umożliwia działanie urządzeń w oczyszczalni przez 16 godzin podczas przerwy w dostawie energii elektrycznej.

7.2. Opis procesu oczyszczania ścieków w istniejącym układzie technologicznym

Poszczególne procesy oczyszczania ścieków są sterowane automatycznie, w układzie sekwencyjno-czasowym, za pomocą sterownika mikroprocesowego umieszczonego w budynku technologicznym oczyszczalni. Czasy pracy poszczególnych urządzeń technologicznych dostosowane są do aktualnej ilości ścieków w danym czasie oraz wymaganych parametrów oczyszczania ścieków.

Oczyszczanie ścieków jest realizowane w procesie biologicznym metodą osadu czynnego ze wstępnym usuwaniem stałych zanieczyszczeń. Do oczyszczalni w Skórczu ścieki doprowadzane są głównie kanalizacją sanitarną. Tylko niewielka część ścieków dowożona jest samochodami asenizacyjnymi do stacji zlewnej położonej na terenie oczyszczalni ścieków.

Wszystkie ścieki z obiektów podłączonych do sieci kanalizacyjnej dopływają do głównej przepompowni znajdującej się przed oczyszczalnią ścieków. Do przepompowni tej trafiają również nieczystości ciekłe ze zbiornika retencyjnego tych nieczystości zlokalizowanego na terenie oczyszczalni. Przy czym przed wprowadzeniem do zbiornika retencyjnego, a następnie do przepompowni głównej, nieczystości ciekłe są wstępnie oczyszczane z większych zanieczyszczeń stałych na kracie koszowej. Oba strumienie ścieków z przepompowni głównej tłoczone są do sita bębnowego.

Dopływające do sita ścieki są rozprowadzane wewnątrz bębna przez rozdzielacz hydrauliczny o specjalnej konstrukcji. Odseparowane części stałe są transportowane wewnątrz bębna w kierunku podniesionego jego końca do króćca zsykowego, którym spadają do podstawionego pod króciec pojemnika. Ścieki pozbawione zanieczyszczeń stałych gromadzą się w korycie zbiorczym, skąd odpływają grawitacyjnie do zbiornika retencyjnego ścieków surowych i nieczystości ciekłych.

Zbiornik retencyjny ścieków surowych i nieczystości ciekłych wyposażony jest w mieszadło oraz pompę, które pracują czasowo. Praca pompy uzależniona jest od czujnika poziomu ścieków w zbiorniku. Zadaniem zbiornika retencyjnego jest retencjonowanie ścieków doprowadzanych do oczyszczalni w sposób bardzo nierównomierny oraz uśrednianie ich składu przed wprowadzeniem do reaktora biologicznego. Ponadto mieszanie ścieków

zapobiega odkładaniu się łatwo opadających zawieszin na dnie zbiornika. Ze zbiornika retencyjnego ścieki pompowane są do reaktora biologicznego.

Proces biologicznego oczyszczania ścieków jest realizowany w reaktorze sekwencyjnym typu ARBF metodą osadu czynnego. Cały proces oczyszczania oraz separacji oczyszczonych ścieków od osadu czynnego zachodzi w 3 cyklach w jednym zbiorniku. Jeden cykl pracy reaktora biologicznego trwa 8 godzin. Brak jest osadnika wtórnego, co jest typowe dla reaktorów sekwencyjnych.

Praca sekwencyjnego reaktora biologicznego obejmuje następujące etapy:

- napełnianie I komory ściekami surowymi z mieszaniem – 1 h,
- napowietrzanie ścieków I – 3 h,
- napełnianie II komory ściekami surowymi z mieszaniem – 1 h,
- napowietrzanie ścieków II – 1 h,
- sedymentację osadu czynnego – 1 h,
- odprowadzanie sklarowanych ścieków oczyszczonych z reaktora biologicznego do komory strącania chemicznego zanieczyszczeń – ok. 1 h,
- spust osadu nadmiernego do komory stabilizacji tlenowej (okresowo w czasie spustu ścieków oczyszczonych).

Powietrze dostarczane jest ze stacji dmuchaw. Dmuchawy pracują ze zmienną wydajnością regulowaną za pomocą falowników. Przy czym po osiągnięciu pewnego maksymalnego stężenia tlenu w reaktorze SBR w fazie napowietrzania, dmuchawy wyłączają się i włączają się mieszadła.

Zastosowanie przemiennych warunków niedotlenionych i tlenowych w reaktorze biologicznym umożliwia równoczesne usuwanie rozpuszczonych i koloidalnych substancji organicznych oraz związków biogenych. W reaktorze biologicznym zachodzą następujące procesy:

- utlenianie złożonych związków organicznych do związków prostych (mineralizacja),
- utlenianie azotu amonowego do azotanów (nityfikacja),
- redukcja azotanów do azotu gazowego (denityfikacja),
- pobór azotu i fosforu przez bakterie do budowy komórek,
- synteza biomasy osadu czynnego (przyrost osadu).

Z reaktora biologicznego SBR ścieki odprowadzane są za pomocą 2 dekanterów pływających do studzienki zbiorczej znajdującej się w reaktorze SBR, skąd tłoczone są za pomocą zatapialnej pompy do komory strącania chemicznego zanieczyszczeń. Z kolei osad nadmierny jest usuwany za pomocą zatapialnej pompy do wydzielonej komory stabilizacji tlenowej osadu.

Aktualnie w komorze strącania chemicznego nie jest stosowany koagulant do strącania fosforu. Komora ta pełni obecnie funkcję doczyszczającą ścieki oczyszczone. Zadaniem jej jest zatrzymywanie szczątkowej ilości zawiesziny (kłaczków osadu czynnego), która może sporadycznie wpływać ze ściekami oczyszczonymi z reaktora SBR. Wytrącony na dnie komory osad przepompowywany jest następnie za pomocą zatapialnej pompy do komory

stabilizacji tlenowej osadu. Natomiast ścieki oczyszczone odprowadzane są grawitacyjnie poprzez komorę wylotową ścieków oczyszczonych do odbiornika.

8. Weryfikacja istniejącej wydajności urządzeń oczyszczalni ścieków

8.1. Wymagana wydajność urządzeń w części mechanicznej

W niniejszej koncepcji technologicznej założono prognozowaną maksymalną godzinową ilość ścieków - 125 m³/h. Z drugiej strony obciążenie hydrauliczne urządzeń w części mechanicznej oczyszczalni w Skórczu jest zdeterminowane wydajnością pomp w przepompowni ścieków surowych. Wobec tego wymaganą wydajność urządzeń oczyszczających w części mechanicznej określono w stosunku do maksymalnej wydajności pomp w przepompowni ścieków surowych – 2 x 20 dm³/s (2 x 72 m³/h). Przy czym w czasie pogody suchej pracuje tylko jedna pompa, a w czasie nawalnych opadów deszczu pracują 2 pompy, lecz nie przez całą godzinę. Do dalszych obliczeń przyjęto maksymalny chwilowy przepływ ścieków w pogodzie deszczowej w wysokości 40 dm³/s (144 m³/h).

a) parametry pomp w przepompowni ścieków surowych

Wydajność pomp w przepompowni ścieków surowych - 2 x 72 m³/h jest wystarczająca dla prognozowanej maksymalnej godzinowej ilości ścieków w czasie opadów deszczu – 125 m³/h.

b) parametry sita obrotowego

Przyjęto 2 nowe sita obrotowe o wydajności 116 m³/każde i prześwicie szczelin 2 mm. Założono większą wydajność 2 sit w stosunku do wydajności maksymalnej 2 pomp w przepompowni ścieków surowych z powodu ryzyka zapychania się drobnych szczelin zawiesinami organicznymi lub tłuszczami, co mogłoby zmniejszyć przepustowość sit podczas eksploatacji.

c) parametry piaskownika

Z uwagi na niską wysokość pomieszczenia, w którym planuje się umieścić piaskownik przyjęto 1 nowy piaskownik pionowy o nieco niższej przepustowości ścieków, tj. 120 m³/h z pompą pulpy piaskowej. Wg literatury fachowej czas zatrzymania ścieków w piaskowniku powinien wynosić 45÷90 s. Objętość czynna zaproponowanego w niniejszej koncepcji technologicznej piaskownika pionowego wynosi ok. 1,6 m³, co przy chwilowym przepływie maksymalnym ścieków 40 dm³/s daje czas retencji 40 s. Jak już wspomniano wcześniej jedynie w czasie nawalnych opadów deszczu pracują 2 pompy w przepompowni ścieków surowych, lecz nie przez całą godzinę. Poza tym pompa piaskownika w czasie nawalnych opadów deszczu będzie pracowała w sposób ciągły i tłoczyła pulpę piaskową do separatora piasku. Tak więc wydajność piaskownika powinna być wystarczająca.

d) parametry separatora piasku

Przyjęto 1 nowy separator piasku o wydajności 20 m³/h.

e) parametry pompy w zbiorniku retencyjnym ścieków surowych

Wydajność pompy w zbiorniku retencyjnym ścieków surowych - 40 dm³/s (144 m³/h) jest wystarczająca dla prognozowanej maksymalnej godzinowej ilości ścieków w czasie opadów deszczu - 125 m³/h i dostosowana do maksymalnej wydajności 2 pomp w przepompowni ścieków surowych - 2 x 72 m³/h (144 m³/h).

8.2. Wymagana wydajność urządzeń w części biologicznej

a) wymagana objętość reaktora biologicznego SBR

- czas trwania cyklu: $t_c = 8$ h
- czas trwania reakcji (fazy niedotlenionej i fazy napowietrzania ścieków): $t_R = 6$ h
- wiek osadu

Wiek osadu w reaktorze SBR określany jest tylko do tej części czasu zatrzymania osadu, podczas której zachodzą reakcje biologiczne. W omawianej oczyszczalni nie jest wymagane usuwanie azotu i fosforu ogólnego. Wg danych z literatury fachowej wymagany minimalny wiek osadu dla usuwania ze ścieków wyłącznie związków węgla (ChZT, BZT₅) powinien wynosić 5 dni bez nityfikacji oraz 8,2 dni z nityfikacją przy temperaturze ścieków w reaktorze biologicznym 12°C.

W praktyce wymagany jest wyższy wiek osadu ze względu na duże wahania ładunku zanieczyszczeń organicznych w ściekach surowych, niestabilne wartości zanieczyszczeń w ściekach oczyszczonych oraz spadek temperatury w okresie zimowym. Dla przykładu wymagany minimalny wiek osadu z uwzględnieniem procesu nityfikacji przy temperaturze ścieków w reaktorze biologicznym 10°C powinien wynosić już 10 dni.

W przypadku oczyszczania ścieków w oczyszczalni o ładunku do 1200 kg BZT₅/d z uwzględnieniem nityfikacji i denityfikacji, wiek osadu przy temperaturze 12°C powinien wynosić w przedziale 10,3÷16,4 dni. Uwzględniając jednak fakt, że w przyszłości może być wymagane usuwanie azotu ze ścieków oraz zakładając pewien margines bezpieczeństwa w dalszych obliczeniach przyjęto wiek osadu wynoszący 12 dni.

- jednostkowy przyrost osadu nadmiernego: $\Delta m_j = 0,9$ kg s.m./kg BZT₅d (przyjęto)
- przyrost osadu nadmiernego

$$\Delta G = \Delta m_j \times L_{BZT5}$$

gdzie:

ΔG – przyrost osadu nadmiernego: [kg s.m./d]

L_{BZT5} – ładunek BZT₅ w ściekach dopływających do reaktora SBR (założono 10% redukcję BZT₅ po części mechanicznej): 0,720 kgBZT₅/m³ x 1 000 m³/d = 720 kg BZT₅/d

stąd:

$$\Delta G = 0,9 \text{ kg s.m./kg BZT}_5\text{d} \times 720 \text{ kg BZT}_5\text{/d} = 648 \text{ kg s.m./d}$$

- wymagana masa osadu w 2 reaktorach biologicznych SBR

$$G = WO \times \Delta G$$

gdzie:

G – wymagana masa osadu w 2 reaktorach biologicznych SBR [kg s.m.]

WO – wiek osadu: 12 d (założono)

ΔG – przyrost suchej masy osadu nadmiernego: 648 kg s.m./d

stąd:

$$G = 12 \text{ d} \times 648 \text{ kg s.m./d} = 7\,776 \text{ kg s.m.}$$

- wymagana masa osadu w 2 reaktorach biologicznych SBR przy uwzględnieniu czasu trwania cyklu i czasu trwania reakcji

$$G_R = G \times t_C / t_R$$

gdzie:

G_R – wymagana sucha masa w reaktorze SBR przy uwzględnieniu czasu trwania cyklu i czasu trwania reakcji [kg s.m.]

t_C – czas trwania fazy cyklu: 8 h

t_R – czas trwania fazy reakcji: 6 h

stąd:

$$G_R = 7\,776 \text{ kg s.m.} \times 8/6 = 10\,368 \text{ kg s.m.}$$

- wymagana objętość czynna 2 reaktorów biologicznych SBR przy uwzględnieniu wymaganej masy osadu czynnego

$$V_R = G_R : Z_R$$

gdzie:

V_R - wymagana objętość czynna reaktorów [m^3]

G_R – wymagana sucha masa w reaktorze SBR przy uwzględnieniu czasu trwania cyklu i czasu trwania reakcji: 10 368 kg s.m.

Z_R – stężenie osadu czynnego w reaktorze SBR: 4 kg s.m./ m^3 (założono)

stąd:

$$V_R = 10\,368 \text{ kg s.m.} : 4 \text{ kg s.m./m}^3 = 2\,592 \text{ m}^3$$

- objętość czynna nowego reaktora SBR 2

$$V_{R2} = V_{RC} - V_{R1}$$

gdzie:

V_{R2} - objętość nowego reaktora SBR 2 [m^3]

V_{RC} - całkowita objętość czynna 2 reaktorów: 2 592 m^3

V_{R1} - objętość czynna istniejącego reaktora SBR 1: 1 408 m^3

stąd:

$$V_{R2} = 2\,592 \text{ m}^3 - 1\,408 \text{ m}^3 = 1\,184 \text{ m}^3$$

Przyjęto, że nowy reaktor będzie miał objętość czynną 1 408 m³, czyli tyle co istniejący, co pozwoli na równe obciążenie hydrauliczne i ładunkiem zanieczyszczeń obu reaktorów biologicznych SBR.

- sprawdzenie wieku osadu

$$WO = (n \times V_r \times Z_r) : \Delta G \times t_R/t_C$$

gdzie:

WO- wiek osadu [d]

$n \times V_r$ – całkowita objętość 2 reaktorów SBR: $2 \times 1\,408 = 2\,816 \text{ m}^3$

Z_r – stężenie osadu czynnego w reaktorze SBR: 4 kg s.m./m³ (założono)

ΔG – przyrost suchej masy osadu nadmiernego: 648 kg s.m./d

t_R – czas trwania fazy reakcji: 6 h

t_C – czas trwania fazy cyklu: 8 h

stąd:

$$WO = (2\,816 \text{ m}^3 \times 4 \text{ kg/m}^3) : 648 \text{ kg s.m./d} \times 6/8 = 13 \text{ d}$$

- obciążenie osadu ładunkiem BZT₅

Dla uzyskania wysokiej efektywności usuwania zanieczyszczeń ze ścieków, w tym również azotu, obciążenie osadu czynnego ładunkiem BZT₅ w reaktorze biologicznym powinno być utrzymywane poniżej 0,15 kgBZT₅/kg s.m.xd. Jest to obciążenie, przy którym można prowadzić skutecznie proces nityfikacji, choć nie jest wymagane w tej oczyszczalni.

$$O = (Q_d \times C_{BZT5}) : (n \times V_r \times Z_r) \times t_R/t_C$$

gdzie:

O - obciążenie osadu czynnego ładunkiem BZT₅ [kg BZT₅/kg s.m.xd = kg O₂/kg s.m.xd]

Q_d – średnia dobową ilość ścieków: 1 000 m³/d (wartość docelowa)

C_{BZT5} – maksymalne dobowe stężenie BZT₅ w ściekach dopływających do reaktora SBR (po części mechanicznej): 720 mgO₂/dm³ = 0,720 kgO₂/m³

$n \times V_r$ – całkowita objętość 2 reaktorów SBR: $2 \times 1\,408 = 2\,816 \text{ m}^3$

Z_r – stężenie osadu czynnego w reaktorze SBR: 4 kg s.m./m³ (założono)

t_R – czas trwania fazy reakcji: 6 h

t_C – czas trwania fazy cyklu: 8 h

stąd:

$$O = (1\,000 \text{ m}^3/\text{d} \times 0,720 \text{ kgO}_2/\text{m}^3) : (2\,816 \text{ m}^3 \times 4 \text{ kg/m}^3) \times 6/8 = 0,048 \text{ kg O}_2/\text{kg s.m.xd}$$

Obliczone obciążenie osadu czynnego ładunkiem BZT₅ w ściekach surowych będzie mieściło się w zalecanym zakresie.

b) wymagana wydajność systemu napowietrzania ścieków w reaktorze SBR

➤ zapotrzebowanie na tlen

Zapotrzebowanie na tlen obliczono w stosunku do docelowego ładunku BZT₅ w ściekach surowych uwzględniając zapotrzebowanie na tlen w procesie nityfikacji oraz respirację osadu czynnego.

$$Z_{O_2} = 3,0 \times \bar{L}_{BZT_5}$$

gdzie:

Z_{O_2} – zapotrzebowanie na tlen

3,0 kgO₂/kgBZT₅ - jednostkowe zużycie tlenu do usuwania substancji organicznych i azotu w procesie nityfikacji oraz na respirację osadu czynnego (uwzględniono nierównomierność dopływu ładunku zanieczyszczeń i wymagany transfer tlenu przy temperaturze ścieków 23⁰C)

\bar{L}_{BZT_5} – średni docelowy ładunek BZT₅ w ściekach dopływających do reaktorów biologicznych SBR 1 i 2 (przy uwzględnieniu 10% redukcji BZT₅ po części mechanicznej):
(1 000 m³/d x 720 gO₂/m³) : 1000 = 720 kgO₂/d

stąd:

$$Z_{O_2} = 3,0 \times 720 \text{ kgO}_2/\text{d} = 2\ 160 \text{ kgO}_2/\text{d}$$

➤ zapotrzebowanie na sprężone powietrze

$$Q_p = Z_{O_2} : (\alpha \times k \times H_d)$$

gdzie:

Z_{O_2} – zapotrzebowanie na tlen: 2 160 kgO₂/d

α - współczynnik transferu tlenu woda/ścieki: 0,6 (przyjęto)

k - współczynnik wykorzystania tlenu z powietrza: $k = 18 \text{ gO}_2/\text{m}^3 \times \text{m} = 0,018 \text{ kgO}_2/\text{m}^3 \times \text{m}$

H_d – głębokość czynna reaktora SBR: 5,5 m

stąd:

$$Q_p = 2\ 160 \text{ kgO}_2/\text{d} : (0,6 \times 0,018 \text{ kgO}_2/\text{m}^3 \times \text{m} \times 5,5 \text{ m}) = 36\ 364 \text{ m}^3/\text{d} = 1\ 515 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ dobór dmuchawy

W celu pokrycia maksymalnego godzinowego zapotrzebowania na powietrze, wydajność dmuchawy do napowietrzania ścieków powinna być ok. 1,5 krotnie wyższa od

obliczonej, czyli ok. 2 273 m³/h. Ostatecznie założono 3 dmuchawy do napowietrzania ścieków o wydajności 1 100 m³/h każda, z falownikami i obudowami dźwiękochłonnymi, w tym 2 pracujące na potrzeby 2 reaktorów biologicznych i 1 rezerwową.

- ilość dyfuzorów do rozprowadzania powietrza w nowym reaktorze SBR 2

$$n = Q_{hp} : q$$

gdzie:

n - ilość dyfuzorów rurowych [szt.]

Q_{hp} – maksymalny godzinowy dopływ powietrza do dyfuzorów: Q_{hp} = 1 100 m³/h.

q - jednostkowa przepustowość 1 dyfuzora napowietrzającego rurowego: q = 7 m³/h x szt. (przyjęto średnią roboczą)

stąd:

$$n = 1\,100 \text{ m}^3/\text{h} : 7 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{szt.} = 157 \text{ szt.}$$

W celu ewentualnej pracy 2 dmuchaw jednocześnie, tzn. jednej pracującej z wydajnością 100% i drugą pracującą z wydajnością ok. 50% przyjęto 250 dyfuzorów rurowych.

- c) wymagana wydajność dekantera w nowym reaktorze SBR 2

- średnia ilość ścieków odprowadzanych podczas jednego cyklu działania każdego reaktora SBR przy założeniu 3 cykli po 8 godzin w każdym reaktorze SBR (2 x 3 = 6) lub 2 cykli po 12 godzin w każdym reaktorze SBR (2 x 2 = 4)

$$1\,000 \text{ m}^3/\text{d} : 4 \text{ cykle}/\text{d} = 250 \text{ m}^3/\text{cykl}$$

lub

$$1\,000 \text{ m}^3/\text{d} : 6 \text{ cykli}/\text{d} = 167 \text{ m}^3/\text{cykl}$$

Przyjęto 2 dekantery o wydajności 150 m³/h każdy z zasuwami z napędem elektrycznym.

- d) wymagana wydajność pompy ścieków oczyszczonych w nowym reaktorze SBR 2

- średnia ilość ścieków odprowadzanych podczas jednego cyklu działania każdego reaktora SBR przy założeniu 3 cykli po 8 godzin w każdym reaktorze SBR (2 x 3 = 6) lub 2 cykli po 12 godzin w każdym reaktorze SBR (2 x 2 = 4)

$$1\,000 \text{ m}^3/\text{d} : 4 \div 6 \text{ cykle}/\text{d} = 167 \div 250 \text{ m}^3/\text{cykl}$$

Przyjęto 1 pompę ścieków oczyszczonych o wydajności 300 m³/h przy wysokości podnoszenia 5,5 m pracującą na falowniku.

e) wymagana wydajność pompy osadu nadmiernego w nowym reaktorze SBR 2

➤ dobowa objętość osadu nadmiernego wytworzonego w 2 reaktorach SBR:

$$648 \text{ kg s.m./d} : 8 \text{ kg s.m./m}^3 = 81 \text{ m}^3/\text{d}$$

gdzie:

648 kg s.m./d – przyrost suchej masy osadu nadmiernego

8 kg s.m./m³ – stężenie osad zagęszczonego w reaktorze SBR po sedymentacji (przy założonym stężeniu osadu czynnego w reaktorze SBR podczas napowietrzania - 4 kg s.m./m³)

➤ dobowa objętość osadu nadmiernego wytworzonego w jednym reaktorze SBR podczas jednego cyklu przy założeniu odprowadzania osadu 1 raz na dobę w każdym reaktorze SBR (2 x 1) lub 3 razy na dobę w każdym reaktorze SBR (2 x 3 = 6)

$$81 \text{ m}^3/\text{d} : 2/\text{d} = 41 \text{ m}^3$$

lub

$$81 \text{ m}^3/\text{d} : 6/\text{d} = 14 \text{ m}^3$$

Przyjęto 1 pompę osadu nadmiernego o wydajności 40 m³/h przy wysokości podnoszenia 5,5 m.

f) wymagana moc mieszadła w nowym reaktorze SBR 2

➤ wymagana moc mieszadła

- wymagana jednostkowa moc mieszania w reaktorze SBR: 8 W/m³ (założono)

- objętość czynna nowego reaktora SBR 2: 1 408 m³

stąd:

$$8 \text{ W/m}^3 \times 1\,408 \text{ m}^3 = 11\,264 \text{ W} = 11,3 \text{ kW}$$

Przyjęto 2 mieszadła średnioobrotowe o mocy 5,5 kW każde.

f) wymagana wydajność dmuchawy do napowietrzania osadu w komorze stabilizacji tlenowej

➤ zapotrzebowanie na tlen

$$Z_{O_2} = 0,1 \times V_k \times Z$$

gdzie:

Z_{O₂} - zapotrzebowanie na tlen [kgO₂/d]

0,1 kgO₂/kg s.m.xd osadu – wskaźnik zapotrzebowania na tlen przez osad do oddychania endogenego

V_k – objętość komory stabilizacji tlenowej: 124 m³

Z – stężenie osadu w komorze stabilizacji tlenowej: 15 kg s.m./m³ (założono)

stąd:

$$Z_{O_2} = 0,1 \text{ kgO}_2/\text{kg s.m.} \times d \times 124 \text{ m}^3 \times 15 \text{ kg s.m./m}^3 = 186 \text{ kgO}_2/\text{d}$$

- zapotrzebowanie na sprężone powietrze

$$Q_p = Z_{O_2} : (\alpha \times k \times H_d)$$

gdzie:

Z_{O_2} – zapotrzebowanie na tlen: 186 kgO₂/d

α - współczynnik transferu tlenu woda/ścieki: 0,6 (przyjęto)

k - współczynnik wykorzystania tlenu z powietrza: $k = 18 \text{ gO}_2/\text{m}^3 \times \text{m} = 0,018 \text{ kgO}_2/\text{m}^3 \times \text{m}$

H_d – głębokość czynna komory stabilizacji tlenowej: 5,5 m

stąd:

$$Q_p = 186 \text{ kgO}_2/\text{d} : (0,6 \times 0,018 \text{ kgO}_2/\text{m}^3 \times \text{m} \times 5,5 \text{ m}) = 3131 \text{ m}^3/\text{d} = 130 \text{ m}^3/\text{h}$$

- dobór dmuchawy

Przyjęto 1 dmuchawę do napowietrzania osadu w komorze stabilizacji tlenowej o wydajności 160 m³/h, z falownikiem i obudową dźwiękochłonną.

8.3. Wymagana wydajność urządzeń w części osadowej

- wymagana wydajność urządzenia odwadniającego

- produkcja dobową suchej masy osadu nadmiernego

- przyrost suchej masy osadu nadmiernego: 648 kg s.m./d

- stężenie osadu zagęszczonego w komorze stabilizacji tlenowej : 15 kg s.m./m³ (założono)

- dobową objętość osadu nadmiernego przy 365 dni pracy urządzenia odwadniającego:

$$V_{os_N} = [(648 \text{ kg s.m./d} \times 365 \text{ d/rok}) : 15 \text{ kg s.m./m}^3] : 365 \text{ d/rok} = 43 \text{ m}^3/\text{d}$$

- dobową objętość osadu nadmiernego przy 260 dni pracy urządzenia odwadniającego:

$$V_{os_N} = [(648 \text{ kg s.m./d} \times 365 \text{ d/rok}) : 15 \text{ kg s.m./m}^3] : 260 \text{ d/rok} = 61 \text{ m}^3/\text{d}$$

- godzinowa objętość osadu doprowadzanego do stacji odwadniania przy 260 dniach pracy w ciągu roku

$$V_{os_h} = Q_{os_d} : t$$

gdzie:

V_{os_h} – godzinowa objętość osadu doprowadzanego do urządzenia odwadniającego [m³/h]

V_{os_d} – dobową objętość osadu doprowadzanego do stacji odwadniania przez 260 dni: 61 m³/d

t – czas pracy urządzenia do odwadniania osadu w ciągu doby: 5 h/d lub 8 h/d (założono)

stąd:

$$Q_h = 61 \text{ m}^3/\text{d} : 5 \text{ h/d} = 12,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

lub

$$Q_h = 61 \text{ m}^3/\text{d} : 8 \text{ h/d} = 7,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

- dobór urządzenia do odwadniania

Do odwadniania osadu proponuje się prasę taśmową lub wirówkę o wydajności maksymalnej $15 \text{ m}^3/\text{h}$.

- b) wymagana wydajność instalacji do higienizacji osadu

- produkcja dobową osadu odwodnionego

- przyrost suchej masy osadu nadmiernego: 648 kg s.m./d
- zawartość suchej masy osadu odwodnionego: 14% (140 kg s.m.) z prasy taśmowej i 17% (170 kg s.m.) z wirówki
- dobową objętość osadu odwodnionego przy 260 dniach pracy urządzenia odwadniającego:

$$\begin{aligned} & [(648 \text{ kg s.m./d} \times 365 \text{ d/rok}) : 140 \text{ kg s.m.}] : 260 \text{ d/rok} = 6,5 \text{ m}^3/\text{d} \\ & \text{lub} \\ & [(648 \text{ kg s.m./d} \times 365 \text{ d/rok}) : 170 \text{ kg s.m.}] : 260 \text{ d/rok} = 5,4 \text{ m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

- produkcja godzinowa osadu odwodnionego

- godzinową objętość osadu odwodnionego z prasy taśmowej:

$$\begin{aligned} & 6,5 \text{ m}^3/\text{d} : 5 \text{ h/d} = 1,30 \text{ m}^3/\text{h} \\ & \text{lub} \\ & 6,5 \text{ m}^3/\text{d} : 8 \text{ h/d} = 0,81 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

- godzinową objętość osadu odwodnionego z wirówki:

$$\begin{aligned} & 5,4 \text{ m}^3/\text{d} : 5 \text{ h/d} = 1,08 \text{ m}^3/\text{h} \\ & \text{lub} \\ & 5,4 \text{ m}^3/\text{d} : 8 \text{ h/d} = 0,68 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Do higienizacji osadu odwodnionego proponuje się instalację dla godzinowej ilości osadu odwodnionego ok. $1,3 \text{ m}^3/\text{h}$.

- c) wymagana powierzchnia placu składowania osadu odwodnionego

- wymagana powierzchnia pod plac składowania osadów odwodnionych przy wysokości składowania ok. 1 m z uwzględnieniem 4 miesięcznej produkcji w porze zimowej
($22 \text{ d/m-c} \times 4 \text{ m-c} = 88 \text{ dni}$)

- przy zawartości suchej masy osadu odwodnionego – 14% z prasy taśmowej lub 17% z wirówki

$$6,5 \text{ m}^3/\text{d} \times 88 \text{ d} : 1 \text{ m} = 572 \text{ m}^2$$

lub

$$5,4 \text{ m}^3/\text{d} \times 88 \text{ d} : 1 \text{ m} = 475 \text{ m}^2$$

Proponuje się placu składowania osadu odwodnionego o powierzchni 600 m².

9. Koncepcja modernizacji i rozbudowy oczyszczalni ścieków

9.1. Zalety i wady różnych rozwiązań technologicznych

Poniżej zaprezentowano praktyczne aspekty dostępnych rozwiązań w zakresie oczyszczania ścieków i przeróbki osadów ściekowych w celu dostarczenia informacji użytkownikowi oczyszczalni ścieków w Skórczu o zaletach i wadach tych metod oraz dokonania wyboru najlepszego procesu do zastosowania w Skórczu.

Sitopiaskownik

Zalety:

- 2 urządzenia zintegrowane ze sobą (sito i piaskownik),
- niższy koszt inwestycyjny od sita i piaskownika z separatorem piasku oddzielnie,

Wady:

- gorsza efektywność usuwania skratek niż na sicie i kratkach,
- gorsza efektywność usuwania piasku niż w piaskowniku i odwadniania pulpy piaskowej niż w separatorze piasku.

Sito bębnowe

Zalety:

- lepsza efektywność usuwania skratek niż w zintegrowanym sitopiaskowniku,
- niższy koszt inwestycyjny od kraty gęstej,
- nie wymaga montażu w głębokim kanale jak krata gęsta,
- jest hermetycznie zabudowane.

Wady:

- konieczność ciągłego płukania ciepłą wodą z powodu zapychania się szczelin, np. tłuszczami (zużycie wody ok. 0,1 m³/h przy okresowej pracy sita i 0,5 m³/h przy ciągłej pracy sita przez 24 godziny w ciągu doby),
- przy dużej zawartości zawiesin i tłuszczów w ściekach spada przepustowość,
- ograniczona możliwość zastosowania (dla małej ilości ścieków).

Krata gęsta

Zalety:

- lepsza efektywność usuwania skratek niż w zintegrowanym sitopiaskowniku,
- nie wymaga ciągłego płukania wodą jak sito bębnowe,
- duża możliwość zastosowania (dla małej, średniej i dużej ilości ścieków).

Wady:

- wyższy koszt inwestycyjny niż sita bębnowego,
- wymaga montażu w głębokim kanale pod posadzką,
- przy prześwicie szczelin 2 mm istnieje ryzyko spiętrzania się ścieków w kanale, przez co wymagany jest kanał przelewowy,
- wymaga zabudowy hermetycznej w celu wyeliminowania emisji nieprzyjemnych zapachów.

Piaskownik i separator piasku

Zalety:

- wyższa efektywność usuwania piasku w piaskowniku i odwadniania pulpy piaskowej w separatorze piasku niż w zintegrowanym sitopiaskowniku.

Wady:

- wymagana większa powierzchnia niż sitopiaskownika.

Dmuchała rotacyjna Roots'a (istniejąca)

Zalety:

- niski koszt inwestycyjny,
- niski koszt serwisu (naprawy),
- niska awaryjność.

Wady:

- bardzo duże zużycie energii elektrycznej, a tym samym duże koszty napowietrzania ścieków.

Dmuchała śrubowa

Zalety:

- niższe zużycie energii elektrycznej niż dmuchawy rotacyjnej Roots'a – ok. 15÷25%, a tym samym dużo niższe koszty napowietrzania ścieków.

Wady:

- wysoki koszt inwestycyjny.

Klasyczny reaktor biologiczny SBR (istniejący)

Zalety:

- prosta budowa,
- brak pomp do recyrkulacji osadu i osadnika wtórnego,
- elastyczność doboru długości poszczególnych faz cyklu,
- wysoka skuteczność usuwania związków organicznych (ChZT, BZT₅),
- dobra sedymentacja osadu (o ile utrzymywane są optymalne parametry procesu),
- możliwość kontroli najważniejszych parametrów technologicznych w czasie.

Wady:

- duża wrażliwość na nierównomierność natężenia dopływu i składu ścieków surowych,
- większa kubatura niż reaktora przepływowego wynikająca z okresowego spustu ścieków oczyszczonych oraz konieczności uwzględnienia pojemności części osadowej w fazie klarowania,
- mniejsza efektywność usuwania azotu i fosforu ze ścieków niż w reaktorze przepływowym (występują trudności w realizacji połączonego usuwania azotu i fosforu ogólnego w systemach sekwencyjnych, ponieważ usuwanie biogenów zależy od starannej kontroli wieku osadu oraz dostępności łatwo rozkładalnego węgla organicznego).

Reaktor przepływowy ze wstępną komorą denitryfikacji, komorą nityfikacji i osadnikiem wtórnym oraz recyrkulacją zewnętrzną i wewnętrzną osadu (ewentualnie z dodatkową komorą beztlenową przed komorą denitryfikacji)

Zalety:

- większa odporność na nierównomierność natężenia dopływu i składu ścieków surowych niż reaktora SBR,
- wysoka skuteczność usuwania związków organicznych (ChZT, BZT₅) ze ścieków,
- wysoka efektywność usuwania azotu i fosforu ze ścieków,
- mniejsze zużycie powietrza niż w reaktorze SBR (duża część substancji organicznych jest usuwana w komorze denitryfikacji w procesie redukcji azotanów do azotu gazowego oraz mniejsze jest stężenie osadu czynnego w reaktorze zużywającego tlen do oddychania endogennego z powodu obecności osadnika wtórnego).

Wady:

- bardziej rozbudowany układ technologiczny niż reaktora SBR,
- nieco gorsza sedymentacja osadu czynnego niż w reaktorze SBR.

Prasa taśmowa (istniejąca)

Zalety:

- niskie zużycie flokulanta - ok. 4÷5 g/kg s.m (podobne jak dla wirówki niskoobrotowej),
- niski koszt inwestycyjny (dużo niższy zakupu niż wirówek),
- nieco mniejsze zużycie energii elektrycznej niż w wirówkach.

Wady:

- niski stopień odwodnienia osadu – ok. 12÷15% s.m.,
- duża ilość osadu odwodnionego do zagospodarowania, a tym samym duże koszty dalszego jego zagospodarowania,
- wymaga większego dozoru niż wirówki,
- jest mniej higieniczna niż wirówka z uwagi na emisję zapachów (układ otwarty),
- okresowa wymiana tkaniny z powodu zużycia,
- częste zatykanie tkaniny filtracyjnej,
- wymaga ciągłego płukania tkanin (duże zapotrzebowanie na wodę – ok. 8 dm³/h), wskazana instalacja odzysku wody.

Wirówka niskoobrotowa - ok. 2 200 obr/min

Zalety:

- niskie zużycie flokulanta - ok. 4÷5 g/kg s.m (podobne jak dla prasy taśmowej),
- wyższa sucha masa odwodnionego osadu niż po prasie taśmowej dla osadów po stabilizacji tlenowej - ok. 15÷18% (maksymalna sucha masa jest możliwa do osiągnięcia dla osadu dobrze zmineralizowanego),
- mniejsza ilość osadu odwodnionego do zagospodarowania w porównaniu z prasą taśmową, a tym samym niższe koszty dalszego jego zagospodarowania,
- niewielkie zużycie wody do płukania wirówek porównaniu z prasami taśmowymi.

Wady:

- wyższy koszt zakupu niż prasy taśmowej,
- większe zużycie energii elektrycznej niż prasy taśmowej.

Wirówka wysokoobrotowa - ok. 3 000÷4 000 obr/min

Zalety:

- wyższa sucha masa odwodnionego osadu niż po prasie taśmowej i wirówce niskoobrotowej - ok. 18÷20% dla osadów po stabilizacji tlenowej,
- mniejsza ilość osadu odwodnionego do zagospodarowania w porównaniu z prasą taśmową i wirówką niskoobrotową, a tym samym niższe koszty dalszego jego zagospodarowania,
- niewielkie zużycie wody do płukania wirówek porównaniu z prasami taśmowymi.

Wady:

- wyższy koszt serwisu (naprawy) niż prasy taśmowej i wirówki niskoobrotowej,
- nieco większe zużycie energii elektrycznej niż wirówki niskoobrotowej,
- bardzo duże zużycie flokulanta dla osadów po stabilizacji tlenowej - ok. 15÷20 g/kg s.m., a tym samym wysokie koszty odwadniania osadów.

Kompostowanie metodą pryzmową w warunkach naturalnych

Zalety:

- prosta, mało pracochłonna i tania eksploatacja,
- nie wymaga skomplikowanych instalacji, a jedynie sprzętu mechanicznego do przewracania i przesiewania kompostu,
- nie wymaga zużycia energii elektrycznej do napowietrzania (napowietrzanie odbywa się w sposób naturalny w czasie przerzucania pryzm),
- można usypywać pryzmy na wysokość – ok. 4,0÷4,5 m, przez co mniejsza jest powierzchnia kompostowania,
- wyższa redukcja masy kompostowej niż w procesie kompostowania zamkniętego ze względu na długi czas kompostowania – 3÷6 miesięcy,
- kompost można wykorzystać jako nawóz organiczny po uzyskaniu certyfikatu nawozowego.

Wady:

- konieczność stosowania dużej ilości materiału strukturalnego, który dodaje się w proporcji 1:1 masowo lub 3: 1 objętościowo w stosunku do odpadów,
- rosnące koszty i ograniczona dostępność materiału strukturalnego,
- brak mechanicznego napowietrzania pryzm w sposób ciągły,

- emisja i rozprzestrzenianie się substancji odoroczynnych, głównie amoniaku w czasie przerzucania pryzm,
- brak przykrycia mieszaniny kompostowej prowadzi do wtórnego jej uwodnienia,
- sprawność procesu kompostowania w otwartych pryzmach zależy od warunków atmosferycznych,
- niska redukcja masy kompostowej w porównaniu do procesu suszenia solarnego i termicznego z powodu dodatkowej ilości materiału strukturalnego,
- bardzo duża ilość kompostu do zagospodarowania,
- długi czas kompostowania – 3÷6 miesięcy,
- powstaje dużo odcieków silnie zanieczyszczonych z powodu wymywania cząstek kompostu przez wody opadowe i roztopowe, które należy oczyszczać.

Kompostowanie tlenowe metodą kontenerową (realizowane w zamkniętych kontenerach z mechanicznym napowietrzaniem za pomocą wentylatorów)

Zalety:

- mechaniczne napowietrzanie mieszaniny kompostowej w sposób ciągły,
- krótki czas kompostowania kontenerowego w warunkach tlenowych – ok. 14 dni,
- kompostowanie metodą kontenerową nie zależy od warunków atmosferycznych, co jest korzystne dla procesu,
- wymagana niewielka powierzchnia pod kompostownię kontenerową ze względu na krótki czas kompostowania,
- oczyszczanie gazów odlotowych w trakcie kompostowania kontenerowego na biofiltrze, dzięki czemu nie występuje emisja odorów do otoczenia,
- powstaje mniej odcieków niż w czasie kompostowania w otwartych pryzmach, ponieważ kompostowanie odbywa się w zamkniętych kontenerach,
- nie jest wymagana budowa hali jak w przypadku suszarni solarnej lub termicznej (wystarczy zaadaptować istniejący plac),
- kompost można wykorzystać jako nawóz organiczny po uzyskaniu certyfikatu nawozowego.

Wady:

- konieczność stosowania większych ilości materiału strukturalnego niż przy kompostowaniu pryzmowym,
- wymagana minimalna sucha masa osadów odwodnionych – 20% (odwodnione osady w Skórczu zawierają średnio 14 % s.m.),
- ograniczenia ilościowe dla osadów ściekowych,
- niższa redukcja masy kompostowej niż w procesie kompostowania w otwartych pryzmach i w procesie kompostowania membranowego GORE Cover ze względu na krótki czas kompostowania,
- bardzo duża ilość kompostu do zagospodarowania,
- rosnące koszty i ograniczona dostępność materiału strukturalnego,
- instalacja może zamarzać zimą, jeżeli nie jest umieszczona w budynku technologicznym,
- technologia zakłada dalsze dojrzewanie kompostu na otwartej przestrzeni, co może prowadzić do emisji nieprzyjemnych zapachów, ponieważ kompost po krótkim procesie kontenerowym może być nieustabilizowany,
- wysoki koszt inwestycyjny,
- większy koszt kompostowania niż w otwartych pryzmach,

- pracochłonność (wymaga więcej czynności eksploatacyjnych i większej obsługi niż kompostowanie przyzmore),
- większa awaryjność (bardziej złożona instalacja) niż w czasie kompostowania przyzmorego,
- kompostownia kontenerowa zalecana jest raczej do kompostowania odpadów komunalnych, a nie osadów ściekowych z oczyszczalni.

Kompostowanie z wykorzystaniem membrany GORE Cover (realizowane w boksach ze ścianami oporowymi z żelbetonu, przykrytymi specjalną membraną, z mechanicznym napowietrzaniem podłogowym za pomocą wentylatorów)

Zalety:

- kompostowanie przebiega wyłącznie w warunkach tlenowych w sposób ciągły, dzięki pracy wentylatorów, co zapobiega powstawaniu procesowi rozkładu beztlenowego, w czasie którego tworzą się odoroczynne gazy (siarkowodór i amoniak) jak przy kompostowaniu w otwartych przyzmach, gdzie na początku procesu przebiega faza beztlenowa,
- znacznie ograniczona emisja gazów odoroczynnych w porównaniu z kompostowaniem w otwartych przyzmach (pryzmy przykryte specjalną membraną, pod którą tworzy się warstwa wodna, w której gazy rozpuszczają się i następnie z powrotem spływają do kompostowanej mieszaniny, gdzie są dalej rozkładane przez bakterie),
- nie jest wymagane oczyszczanie gazów odlotowych np. za pomocą biofiltra, węgla aktywnego, skrubera lub rudy darniowej (redukcja gazów odorowych – 97%),
- proces kompostowania nie zależy od warunków atmosferycznych (temperatury otoczenia) jak w przypadku kompostowania w otwartych przyzmach,
- w przyzmach utrzymywana jest wysoka temperatura (50÷80°C) i wilgotność, co zapewnia stały rozkład substancji,
- mieszanina kompostowa nie ulega wtórnemu uwodnieniu przez wody opadowe (pryzmy przykryte hydrofobową, nieprzepuszczalną membraną dla wody),
- niewielkie ilości odcieków w porównaniu do kompostowania w otwartych przyzmach (pryzmy przykryte nieprzepuszczalną membraną dla wody, mniejszy ładunek zanieczyszczeń do oczyszczenia w oczyszczalni),
- krótszy czas kompostowania – 6 tygodni niż w otwartych przyzmach – 3÷6 miesięcy,
- proces kompostowania (napowietrzania za pomocą wentylatorów) sterowany jest automatycznie w zależności od temperatury w przyzmi (czas napowietrzania – ok. 5 minut, czas postoju – ok. 20 minut),
- niższy koszt inwestycyjny niż suszarni solarnej i kompostowni kontenerowej,
- nie jest wymagana budowa hali jak w przypadku suszarni solarnej (wystarczy zaadaptować istniejący plac),
- niewielkie zużycie energii elektrycznej,
- kompost można wykorzystać jako nawóz organiczny po uzyskaniu certyfikatu nawozowego.

Wady:

- konieczność stosowania dużych ilości materiału strukturalnego, tj. słomy, trocin lub zrębek drzewnych (podobna ilość jak w procesie kompostowania w otwartych przyzmach),
- niska redukcja masy kompostowej (podobna redukcja jak w procesie kompostowania w otwartych przyzmach, lecz dużo niższa redukcja niż w procesie solarnego suszenia),
- bardzo duża ilość kompostu do zagospodarowania,
- nieco większa pracochłonność niż kompostowania w otwartych przyzmach (więcej czynności eksploatacyjnych i większa obsługa – 2 pracowników, podczas gdy w kompostowaniu w otwartych przyzmach wystarczy 1 kierowca ładowarki),
- wymagana większa powierzchnia kompostowania niż w otwartych przyzmach (przyzmy są usypywane na wysokość ok. 2,7-3,0 m, podczas gdy w otwartych przyzmach na wysokość ok. 4÷4,5 m),
- konieczność przerzucenia 1 raz przyzmy po 3 tygodniach (wg deklaracji dostawcy technologii po 3 tygodniach nie przewiduje się już odorów, ponieważ kompost jest w dużym stopniu ustabilizowany, aczkolwiek są pewne obawy, że mogą jednak pojawić się jakieś zapachy w czasie przerzucania, lecz nie powinny być one uciążliwe dla otoczenia),
- membrany mogą zamarzać zimą (wówczas nie można odkrywać boksów),
- wymagana wymiana membran po 7÷8 lat (duży koszt wymiany membran),
- większy koszt inwestycyjny niż kompostowania w otwartych przyzmach,
- wyższy koszt eksploatacyjny kompostowania niż w otwartych przyzmach.

Chemiczne przetwarzanie metodą FuelCal (realizowane w instalacji składającej się ze zbiornika wapna, dozownika wapna, reaktora do mieszania wapna z osadem ściekowym, przenośników ślimakowych - wykorzystuje się ciepło reakcji chemicznej stosowanego wapna palonego)

Zalety:

- krótki czas przetwarzania osadu – 2,4 tony/h
- niskie zużycie energii – 15 kWh/tona osadu,
- instalacja może pracować niezależnie od warunków atmosferycznych,
- wymagana niewielka powierzchnia pod instalację,
- przetworzony osad ma postać granulatu lub proszku, co ułatwia jego składowanie i wykorzystanie,
- wyższa redukcja masy osadów niż po procesie kompostowania,
- można wykorzystać jako nawóz wapniowo-organiczny po uzyskaniu certyfikatu nawozowego.

Wady:

- duże zapotrzebowanie na wapno palone – 220 kg na 1 tonę przerabianego osadu,
- rosnące ceny wapna,
- wyższy koszt eksploatacyjny w porównaniu z kompostowaniem w otwartych przyzmach i suszeniem słonecznym,
- uciążliwość zapachowa związana z emisją amoniaku przy wysokim pH po dodaniu wapna,
- wymagana instalacja wiązania amoniaku (skrubler) przez kwas siarkowy, co podraża koszty eksploatacyjne,
- odcieki zawierają siarczan amonu, a więc dodatkowa ilość azotu do usunięcia w reaktorze SBR, co może stanowić duży problem,
- wymagana większa kontrola niż przy kompostowaniu,

- skuteczność działania zależy od stopnia uwodnienia osadów,
- im bardziej uwodniony osad tym większa dawka wapna (rosną wówczas koszty eksploatacyjne).

Suszenie energią słoneczną (realizowane w halach pokrytych przezroczystym materiałem, tj. płytami poliwęglanowymi, w których zamontowane są przewracarki i wentylatory)

Zalety:

- krótszy czas suszenia niż kompostowania w otwartych przyzmacach w okresie wiosenno – letnim - ok. 30 dni,
- znaczna redukcja objętości osadów - ok. 70% (mniej osadów do zagospodarowania niż kompostu),
- wysuszony osad ma postać granulatu, co ułatwia jego składowanie i wykorzystanie,
- zużycie energii elektrycznej dużo mniejsze niż przy suszeniu termicznym – ok. 40 kWh na tonę odparowanej wody,
- niski koszt suszenia osadów w okresie od kwietnia do października.

Wady:

- potrzebna duża powierzchnia suszenia – ok. 1 700 m² (1 hala) dla docelowej ilości osadu w oczyszczalni w Skórczu, grubość warstwy suszonego osadu nie powinna przekroczyć 40 cm (najlepiej 15÷20 cm, a przy ogrzewaniu podłogowym tylko 10÷12 cm),
- sprawność procesu zależy od warunków atmosferycznych (gorsze efekty suszenia zimą z powodu niskiej temperatury powietrza, słabego nasłonecznienia i dużej wilgotności powietrza suszącego wewnątrz suszarni),
- długi czas suszenia zimą – ok. 90 dni,
- efektywne wykorzystanie energii promieniowania słonecznego w warunkach polskich jest ograniczone do okresu od kwietnia do października,
- prowadzenie suszenia zimą bez dodatkowego ciepła może okazać się niemożliwe, wówczas suszarnia pełni funkcję magazynu osadów,
- w przypadku suszenia osadów w porze zimowej za pomocą ogrzewania podłogowego (olej opałowy, gaz, pompy ciepła) rosną znacząco koszty inwestycyjne i eksploatacyjne (ok. 10 razy wyższe niż przy suszeniu wyłącznie słońcem – zużycie energii elektrycznej ok. 400 kWh na tonę odparowanej wody), co staje się już mało opłacalne,
- ujemne temperatury zimą mogą spowodować zamarzanie złoża osadów (wówczas należy wstrzymać suszenie w celu ochrony przewracarek przed zamarzniętym osadem),
- o skuteczności suszenia osadów energią słoneczną decyduje sprawnie działający system przewracarek i wentylatorów, który może ulegać często awarii,
- im bardziej uwodniony osad tym dłuższy czas oraz większa wymagana powierzchnia suszenia,

- brak oczyszczania gazów odlotowych (wskazane oczyszczanie powietrza w biofiltrze lub zastosowanie dezodoryzacji wewnątrz hali),
- wymagana jest dodatkowa higienizacja w przypadku wykorzystania osadu wysuszonego w rolnictwie,
- uciążliwość zapachowa podobna jak przy kompostowaniu w otwartych przyzmacach, lecz ograniczona do miejsc suszenia (suszenie w przykrytych halach), mogą się jednak nieprzyjemne zapachy rozprzestrzeniać na dalsze odległości w zależności od intensywności i kierunku wiatru,
- zwiększona uciążliwość zapachowa może pojawić się zwłaszcza w porze wiosennej, gdzie przetrzymane osady zimą są z reguły zagniłe z powodu słabego suszenia,
- osady o dużej zawartości substancji organicznych, a takie są w oczyszczalni w Skórczu muszą być częściej przewracane i intensywniej napowietrzane, aby nie dopuścić do powstania procesów gnilnych,
- bardzo duży koszt inwestycyjny.

9.2. Wpływ metody przeróbki na końcową masę osadów ściekowych

W tabelach 9 i 10 określono szacunkową ilość osadu w zależności od rodzaju urządzenia odwadniającego i metody przeróbki osadów odwodnionych w odniesieniu do aktualnej produkcji osadu – 1 157 Mg/rok

Tabela 9. Wpływ rodzaju urządzenia odwadniającego na produkcję osadu odwodnionego w odniesieniu do aktualnej produkcji osadu

Rodzaj urządzenia odwadniającego osady ściekowe	Szacunkowa ilość osadu odwodnionego [Mg/rok]
Prasa taśmowa (przy aktualnej suchej masie osadu odwodnionego – 14%)	1 157
Wirówka niskoobrotowa (przy założonej suchej masie osadu odwodnionego – 17%)	950
Wirówka wysokoobrotowa (przy założonej suchej masie osadu odwodnionego – 19%)	850

Tabela 10. Wpływ metody przeróbki na końcową masę i objętość kompostu, nawozu wapniowo-organicznego oraz osadów ściekowych w warunkach aktualnego i zwiększonego stopnia ich odwodnienia w odniesieniu do aktualnej produkcji osadu

Sucha masa osadu odwodnionego [%]	Szacunkowa masa i objętość po procesie przeróbki [Mg/rok]				
	Kompostowanie w otwartych przyzmacach	Kompostowanie kontenerowe	Kompostowanie z użyciem membrany	Chemiczne przetwarzanie na nawóz	Suszenie słoneczne bez ogrzewania podłogowego
14	1 540 (2 200 m ³ przy 0,7 Mg/m ³)	1 930 (2 750 m ³ przy 0,7 Mg/m ³)	1 540 (2 200 m ³ przy 0,7 Mg/m ³)	770	270
17	1 270 (1 810 m ³ przy	1 590 (2 270 m ³ przy	1 270 (1 810 m ³ przy	630	270

	0,7 Mg/m ³)	0,7 Mg/m ³)	0,7 Mg/m ³)		
19	1 130 (1 630 m ³ przy 0,7 Mg/m ³)	1 420 (2 030 m ³ przy 0,7 Mg/m ³)	1 130 (1 630 m ³ przy 0,7 Mg/m ³)	570	270

9.3. Ocena proponowanych rozwiązań technologicznych

W tabelach 11, 12, 13 i 14 dokonano oceny punktowej wybranych urządzeń i instalacji z uwzględnieniem odpowiednich kryteriów.

Przy wyborze rodzaju dmuchawy uwzględniono następujące kryteria: koszty inwestycyjne, zużycie energii elektrycznej, czynności eksploatacyjne i koszty serwisu (naprawy urządzeń).

Tabela 11. Ocena punktowa dmuchaw do napowietrzania ścieków

Kryteria	Dmuchawa rotacyjna Roots'a	Dmuchawa śrubowa
Koszty inwestycyjne	2	1
Zużycie energii elektrycznej	1	2
Czynności eksploatacyjne	1	1
Koszty serwisu (naprawy urządzeń)	1	1
Łączna punktacja	5	5

Przy wyborze rodzaju reaktora biologicznego uwzględniono następujące kryteria: koszty inwestycyjne, zużycie powietrza i energii elektrycznej, efektywność usuwania zanieczyszczeń ze ścieków, sedimentację osadu i stabilność procesu oczyszczania ścieków.

Tabela 12. Ocena punktowa reaktora biologicznego przepływowego i reaktora SBR

Kryteria	Reaktor biologiczny SBR	Reaktor biologiczny przepływowy
Koszty inwestycyjne	2	1
Zużycie powietrza i energii elektrycznej	1	2

Efektywność usuwania ChZT i BZT ₅ ze ścieków	2	2
Efektywność usuwania azotu i fosforu ze ścieków	1	2
Sedymentacja osadu czynnego	2	1
Stabilność procesu oczyszczania ścieków	1	2
Łączna punktacja	9	10

Przy wyborze urządzenia do odwadniania osadu uwzględniono następujące kryteria: koszty inwestycyjne, sucha masa osadu odwodnionego, zużycie flokulanta, zużycie energii elektrycznej, zużycie wody do płukania, czynności eksploatacyjne i koszty serwisu (naprawy urządzeń).

Tabela 13. Ocena punktowa urządzeń do odwadniania osadu

Kryteria	Prasa taśmowa	Wirówka niskoobrotowa	Wirówka wysokoobrotowa
Koszty inwestycyjne	2	1	1
Sucha masa osadu odwodnionego	1	2	3
Zużycie flokulanta	2	2	1
Zużycie energii elektrycznej	2	1	1
Zużycie wody do płukania	1	2	2
Czynności eksploatacyjne	1	1	1
Koszty serwisu (naprawy urządzeń)	2	2	1
Łączna punktacja	11	11	10

Przy wyborze metody przeróbki osadów odwodnionych uwzględniono następujące kryteria: koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, czynności eksploatacyjne, niezawodność metody (awaryjność), stopień redukcji masy przetwarzanych odpadów, emisja nieprzyjemnych zapachów, higienizacja oraz łatwość dalszego zagospodarowania.

Tabela 14. Ocena punktowa instalacji przeróbki odpadów z oczyszczalni

Kryteria	Kompostownia w otwartych przyzmacach	Kompostownia kontenerowa	Kompostownia z użyciem membrany	Instalacja do chemicznego przetwarzania	Suszarnia słoneczna bez ogrzewania podłogowego

Koszty inwestycyjne	3	2	2	3	1
Koszty eksploatacyjne	2	1	1	1	3
Czynności eksploatacyjne	2	1	1	1	2
Awaryjność	2	1	1	1	1
Stopień redukcji odpadów	1	1	1	2	3
Emisja nieprzyjemnych zapachów	0	2	2	0	1
Higienizacja odpadów	1	1	1	1	0
Zagospodarowanie	2	2	2	2	1
Łączna punktacja	13	11	11	11	12

9.4. Wybór najkorzystniejszego wariantu modernizacji i rozbudowy oczyszczalni

Koncepcja modernizacji i rozbudowy oczyszczalni zakłada:

- wykorzystanie przepompowni ścieków surowych, stacji zlewnej, zbiornika retencyjnego nieczystości ciekłych, zbiornika retencyjnego mieszaniny ścieków surowych z kanalizacji i nieczystości ciekłych, reaktora SBR, komory strącania chemicznego i komory stabilizacji tlenowej osadu nadmiernego,
- likwidację wyeksploatowanego sita w części mechanicznej i zamontowanie 2 nowych sit w celu zwiększenia efektywności usuwania stałych zanieczyszczeń organicznych (skratek) ze ścieków i odciążenia reaktora biologicznego,
- zastosowanie piaskownika i separatora piasku do usuwania zanieczyszczeń mineralnych (piasku) ze ścieków w celu ochrony pomp i mieszadeł przed piaskiem oraz ochrony reaktora biologicznego przed odkładaniem się piasku na dnie i dyfuzorach, co zapobiegnie zmniejszaniu się objętości czynnej reaktora biologicznego,
- budowę drugiego reaktora biologicznego SBR (ewentualnie ze wstępną komorą denitryfikacji i recyrkulacją osadu z reaktora SBR do komory denitryfikacji) z kompletnym wyposażeniem w celu stabilnej pracy oczyszczalni z dwoma ciągami reaktorów biologicznych oraz zwiększenia efektywności usuwania zanieczyszczeń ze ścieków, w tym azotu i fosforu, w przypadku wprowadzenia obowiązku usuwania biogenów w przyszłości,
- wprowadzenie pomiaru gęstości osadu w istniejącym i nowym reaktorze SBR (w nowym reaktorze również pomiaru stężenia tlenu) w celu ciągłego monitorowania stężenia osadu oraz regulacji usuwania osadu nadmiernego na podstawie stężenia osadu,
- wprowadzenie pomiaru azotanów i amoniaku w 2 reaktorach SBR w celu optymalizacji napowietrzania ścieków oraz ciągłego monitorowania usuwania azotu ze ścieków, który jest zanieczyszczeniem najtrudniejszym do usunięcia ze ścieków,
- wprowadzenie pomiaru mętności ścieków oczyszczonych w celu kontroli procesu klarowania ścieków oczyszczonych w komorze strącania chemicznego zanieczyszczeń,
- wymianę zużytych dmuchaw na nowe, ewentualnie wymianę energochłonnych dmuchaw (Roots'a) na nowe dmuchawy energooszczędne (śrubowe),
- budowę nowej stacji odwadniania z wymianą zużytej prasy na nową prasę o większej wydajności z instalacją odzysku wody płuczającej, ewentualnie wymianę prasy na

wirówkę w celu zwiększenia stopnia odwodnienia osadu, a tym samym zmniejszenia ilości osadów kierowanych do dalszej przeróbki,

- wyposażenie oczyszczalni w instalację higienizacji osadu odwodnionego w celu umożliwienia bezpiecznego wykorzystania osadu w rolnictwie,
- budowę placu składowania osadu odwodnionego z zadaszeniem i odwodnieniem do magazynowania osadu w okresie, kiedy nie można go stosować w rolnictwie oraz budowę drogi dojazdowej i placu manewrowego,
- zastosowanie energooszczędnych instalacji do produkcji c.w.u. i c.o. oraz oświetlenia terenu oczyszczalni,
- rozbudowę systemu AKPiA wraz ze sterownią,
- rozbudowę instalacji wodociągowych, kanalizacyjnych, elektrycznych i sprężonego powietrza.

Biorąc pod uwagę zalety i wady poszczególnych rozwiązań technologicznych, w tym koszty inwestycyjne i eksploatacyjne proponuje się 2 warianty modernizacji i rozbudowy oczyszczalni spośród których inwestor wybierze wariant najkorzystniejszy.

W niniejszej koncepcji technologicznej zaproponowano urządzenia posiadające odpowiednią rezerwę, przez co łatwiej będzie prowadzić proces oczyszczania ścieków. Zastosowane rozwiązania zwiększą z pewnością niezawodność działania oczyszczalni ścieków. Urządzenia w części mechanicznej oczyszczalni dostosowano do maksymalnej wydajności 2 pomp w przepompowni ścieków surowych. Natomiast objętość nowego reaktora biologicznego SBR została obliczona z uwzględnieniem usuwania azotu ze ścieków, ponieważ w przyszłości wielkość aglomeracji Skórcz może wzrosnąć powyżej 10 000 RLM. Dla aktualnych wymagań dotyczących oczyszczania ścieków objętość nowego reaktora SBR mogłaby być mniejsza. Również pozostałe urządzenia, tj. system napowietrzania ścieków z dmuchawami i dyfuzorami oraz stacja odwadniania osadu zostały obliczone z odpowiednim zapasem, gdyby w przyszłości wzrosła ilość ścieków powyżej wielkości ustalonej w tej koncepcji technologicznej.

Aby nie podrażać kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych uznano, że nie ma potrzeby budować dodatkowego zbiornika retencyjnego ścieków surowych oraz dodatkowej komory strącania chemicznego zanieczyszczeń i komory stabilizacji tlenowej osadu. Objętość tych zbiorników będzie wystarczająca dla przewidywanej zwiększonej ilości ścieków i powstających osadów ściekowych. Obecność drugiego reaktora biologicznego SBR pozwoli na przyjęcie dodatkowej ilości ścieków w czasie nawalnych opadów deszczu, przez co zwiększy się pojemność retencyjna części biologicznej. Nowy reaktor SBR zostanie połączony rurociągami z ww. zbiornikami.

Również z powodu finansowych nie ma sensu budować oddzielnej instalacji dla osadów z przydomowych oczyszczalni ścieków, składającej się np. ze zbiornika retencyjnego z kratą kosztową i pompą oraz sita bębnowego, z którego osady ściekowe trafiałyby do komory stabilizacji tlenowej osadu. Osady z przydomowych oczyszczalni ścieków są kwalifikowane jako szlamy ze zbiorników bezodpływowych służących do gromadzenia nieczystości (kod odpadu 20 03 04), a więc jako odpady komunalne podlegają ustawie z dnia 13 września 1996 roku o utrzymaniu czystości i porządku w gminach (Dz. U. Nr 236 z 2005 roku, poz. 2008 z

późniejszymi zmianami). W praktyce osady z przydomowych oczyszczalni są wprowadzane do stacji zlewnej nieczystości ciekłych.

Na etapie projektowania proponuje się ewentualnie rozważyć wstępną komorę denitryfikacji (przepływową) przed nowym reaktorem biologicznym, której udział powinien wynosić 20% objętości czynnej nowego reaktora SBR. Wówczas objętość nowego reaktora SBR 2 zmniejszy się o 20%. Wstępna komora denitryfikacji jest wskazana w przypadku, gdy wymagane będzie usuwanie azotu ze ścieków. Alternatywnie można zastosować mniejszą komorę wstępną z retencją ścieków – ok. 0,5 godziny, tzw. selektor, który oprócz poprawy procesu denitryfikacji wpływa korzystnie na sedymentację osadu czynnego w reaktorze biologicznym.

Nie jest to oczywiście konieczne, ponieważ reaktor SBR jest w stanie zapewnić wymagane stężenie azotu dla oczyszczalni z aglomeracji o RLM od 10 000 do 14 999 pod warunkiem utrzymywania odpowiedniego wieku osadu i czasu trwania fazy niedotlenionej w czasie napełniania reaktora SBR ściekami surowymi oraz zapewnienia wystarczającej podaży łatwo rozkładalnych substancji organicznych dla procesu denitryfikacji. Świadczą o tym zadowalające wyniki usuwania azotu ogólnego w istniejącym reaktorze SBR osiągnięte w marcu 2016 roku. Mimo to proponuje się w najbliższym czasie badać ścieki surowe i oczyszczone również w zakresie azotu i fosforu w celu określenia dokładnej efektywności usuwania biogenów w istniejącym reaktorze biologicznym SBR oraz dokonania oceny możliwości uzyskania wymaganych ich wartości w ściekach oczyszczonych w sposób ciągły.

Oprócz niezbędnych urządzeń w oczyszczalni, w niniejszej koncepcji technologicznej wyceniono dodatkowo wagę samochodową do ważenia wywożonych osadów ściekowych z oczyszczalni, instalację pomp ciepła w miejsce obecnego pieca elektrycznego do produkcji c.w.u. i co., ogniwo fotowoltaiczne na potrzeby oświetlenia w oczyszczalni, pomiar zużycia energii elektrycznej przez dmuchawy oraz zestaw laboratoryjny do oznaczania podstawowych wskaźników w ściekach. Zastosowanie instalacji pomp ciepła oraz ogniwa fotowoltaicznego ma na celu zmniejszenie kosztów energetycznych w oczyszczalni. Poza tym proponuje się rozważyć wymianę opraw rtęciowych na oprawy ledowe w lampach oświetlających teren oczyszczalni. Dokonano także dodatkowej analizy finansowej realizacji suszarni solarnej w celu zobrazowania poziomu kosztu inwestycyjnego tego przedsięwzięcia.

I wariant modernizacji i rozbudowy oczyszczalni obejmuje układ technologiczny, w skład którego wchodzi następujące elementy:

- przepompownia ścieków (istniejąca, bez zmian),
- stacja zlewna nieczystości ciekłych (istniejąca, bez zmian),
- zbiornik retencyjny nieczystości ciekłych (istniejący, bez zmian),
- 2 sita bębnowe (nowe) w istniejącym pomieszczeniu sita i prasy,
- piaskownik pionowy (nowy) w istniejącym pomieszczeniu kontenera na osad odwodniony,
- separator piasku (nowy) w istniejącym pomieszczeniu kontenera na osad odwodniony,
- zbiornik retencyjny ścieków surowych i nieczystości ciekłych (istniejący, zostanie wyposażony w drugą pompę ścieków),

- reaktor SBR 1 (istniejący, bez zmian),
- reaktor SBR 2 (nowy) z kompletnym wyposażeniem, sondą tlenową, czujnikiem poziomym,
- komora chemicznego strącania fosforu (istniejąca, bez zmian),
- stacja dozowania koagulantu (istniejąca, bez zmian),
- komora stabilizacji tlenowej (istniejąca, bez zmian),
- stacja odwadniania osadu z prasą taśmową o większej wydajności (nowa) w nowym budynku,
- instalacja higienizacji osadu (nowa) w części nowego budynku stacji odwadniania osadu z prostym urządzeniem dozowania wapna do transportera osadu odwodnionego,
- plac składowania osadu odwodnionego (nowy),
- stacja dmuchaw rotacyjnych Roots'a (nowa) w części nowego budynku stacji odwadniania osadu,
- budynek technologiczny (nowy),
- instalacja pomp ciepła do produkcji c.w.u. i c.o. (nowa).

II wariant modernizacji i rozbudowy oczyszczalni obejmuje układ technologiczny, w skład którego wchodzi następujące elementy:

- przepompownia ścieków (istniejąca, bez zmian),
- stacja zlewna nieczystości ciekłych (istniejąca, bez zmian),
- zbiornik retencyjny nieczystości ciekłych (istniejący, bez zmian),
- 2 sita bębnowe (nowe) w istniejącym pomieszczeniu sita i prasy,
- piaskownik pionowy (nowy) w istniejącym pomieszczeniu kontenera na osad odwodniony,
- separator piasku (nowy) w istniejącym pomieszczeniu kontenera na osad odwodniony,
- zbiornik retencyjny ścieków surowych i nieczystości ciekłych (istniejący, zostanie wyposażony w drugą pompę ścieków),
- reaktor SBR 1 (istniejący, zostanie wyposażony w sondę gęstości osadu oraz sondę jonoselektywną do pomiaru azotu amonowego, azotanów i pH),
- reaktor SBR 2 (nowy) z kompletnym wyposażeniem, sondą tlenową, czujnikiem poziomym, sondą gęstości osadu czynnego oraz sondą jonoselektywną do pomiaru azotu amonowego, azotanów i pH),
- komora chemicznego strącania fosforu (istniejąca, bez zmian),
- sonda mętności ścieków oczyszczonych w rurociągu za komorą chemicznego strącania zanieczyszczeń,
- stacja dozowania koagulantu (istniejąca, bez zmian),
- komora stabilizacji tlenowej (istniejąca, bez zmian),
- stacja odwadniania osadu z wirówką niskoobrotową (nowa) w nowym budynku,
- instalacja higienizacji osadu (nowa) składająca się z silosa na wapno, dozownika wapna, przenośnika osadu, mieszarki osadów z wapnem, przenośnika osadu zmieszanego z wapnem, ze sterowaniem automatycznym (bardziej złożona),
- plac składowania osadu odwodnionego (nowy),
- stacja energooszczędnych dmuchaw śrubowych (nowa) w części nowego budynku stacji odwadniania osadu,
- budynek technologiczny (nowy),
- instalacja pomp ciepła do produkcji c.w.u. i c.o. (nowa).

10. Charakterystyka nowego układu technologiczny oczyszczalni ścieków

10.1. Dobór i opis urządzeń w części modernizowanej oczyszczalni

I wariant modernizacji i rozbudowy oczyszczalni

Sita bębnowe (nowe)

Do oddzielania stałych zanieczyszczeń organicznych ze ścieków o stężeniu zawiesiny $200\div 1000\text{ mg/dm}^3$ proponuje się 2 sita bębnowe typu FD 600, o wydajności $116\text{ m}^3/\text{h}$ każde, prześwicie szczelin 2 mm , mocy silnika $0,37\text{ kW}$ każde, szerokości 950 mm , długości $1\ 200\text{ mm}$ i wysokości $1\ 800\text{ mm}$ każde. Sita bębnowe zostaną wyposażone w tablicę kontrolno-sterującą obejmującą sterownik programowalny, zabezpieczenie termiczne napędów oraz panel dotykowy wyświetlający wszystkie informacje dotyczące pracy i awarii sita. System sterowania z panela umożliwi zmianę wszelkich parametrów pracy z poziomu wyświetlacza oraz załączenie sita w trybie ręcznym.

W skład każdego sita wchodzić będą następujące elementy:

- bęben szczelinowy o szerokości 600 mm ze stali nierdzewnej AISI 304,
- rama wsporcza bębna z przyłączami ze stali nierdzewnej AISI 304,
- obudowa sita ze stali nierdzewnej AISI 304,
- regulowany system przelewowy i zgarniak skratek,
- silnik i przekładnia wolnoobrotowa,
- system płuczący z dyszami płuczącymi bęben,
- elektrozawór,
- czujniki poziomu ścieków oraz przelewu.

Piaskownik pionowy (nowy)

Do oddzielania zanieczyszczeń mineralnych ze ścieków w postaci piasku przewidziano pionowy piaskownik wirowy PP 120 wykonany ze stali nierdzewnej AISI 304 w kształcie walca ze stożkową komorą osadową, o średnicy zewnętrznej $1\ 800\text{ mm}$, wysokości całkowitej $2\ 335\text{ mm}$ i wydajności $120\text{ m}^3/\text{h}$. Piaskownik będzie wyposażony w zasuwę z napędem elektrycznym do spustu pulpy piaskowej, pompę pulpy piaskowej i szafkę zasilająco-sterowniczą. Z uwagi na niską wysokość pomieszczenia, w którym planuje się umieścić piaskownik proponuje się piaskownik o nieco mniejszej przepustowości, tj. ok. $120\text{ m}^3/\text{h}$, chociaż pierwotnie rozważano piaskownik pionowy o wysokości całkowitej $3\ 280\text{ mm}$ i wydajności $160\text{ m}^3/\text{h}$. Z drugiej strony pompa piaskownika w czasie nawalnych opadów deszczu będzie pracowała w sposób ciągły i tłoczyła pulpę piaskową do separatora piasku. Tak więc wydajność piaskownika powinna być wystarczająca.

Separator piasku (nowy)

Do odsączania wody z pulpy piaskowej dostarczanej z piaskownika oraz usuwania zanieczyszczeń organicznych z piasku planuje się zastosować separator piasku SPP II 20 z dodatkową płuczką piasku. Będzie to separator piasku wykonany ze stali nierdzewnej AISI 304, ze zbiornikiem z mieszadłem, o średnicy $1\ 200\text{ mm}$, wysokości $2\ 300\text{ mm}$ i objętości wodnej $0,9\text{ m}^3$, z przenośnikiem ślimakowym o wysokości $2\ 500\text{ mm}$ i długości całkowitej $3\ 500\text{ mm}$, o mocy $1,0\text{ kW}$ i wydajności $20\text{ m}^3/\text{h}$, z szafką zasilająco-sterowniczą.

Zbiornik retencyjny ścieków surowych i nieczystości ciekłych (istniejący, zostanie wyposażony w dodatkową pompę ścieków)

Będzie to zatapialna pompa ścieków FLYGT NP. 3102.160LT/420, wykonana z grubościennego żeliwa odpornego na pH od 5,5, zasilana napięciem 400 V, o wydajności 40 dm³/s (144 m³/h), przy wysokości podnoszenia 5,5 m, mocy silnika 3,1 kW, ze stopą sprzęgającą DN 150 mm, z prowadnicą ze stali nierdzewnej AISI 304 z rury o profilu 60,3 x 3,2 mm i wciągarką ze stali nierdzewnej AIS 304 (żurawikiem słupowym, obrotowym z linką kwasoodporną), przeznaczoną do tłoczenia ścieków do nowego reaktora SBR.

Sekwencyjny reaktor biologiczny – SBR 2 (nowy)

Będzie to żelbetowy sekwencyjny reaktor biologiczny o długości wewnętrznej 16 m, szerokości wewnętrznej 16 m, głębokości całkowitej 6,2 m i głębokości czynnej ok. 5,5 m. Objętość czynna reaktora biologicznego będzie wynosiła 1 408 m³. Cała część reaktora biologicznego będzie przykryta szczelnym stropem o grubości 20÷30 cm. W stropie reaktora będą znajdowały się włazy montażowe, komunikacyjne i kontrolno-rewizyjne. Włazy będą przykryte pokrywami stalowymi wykonanymi z blachy kwasoodpornej.

Reaktor biologiczny wyposażony będzie w następujące elementy:

- system rozprowadzania powietrza złożony z 14 niezależnych segmentów po 18 membranowych (z EPDM) dyfuzorów rurowych AT 63/750, o średnicy 63 mm i długości 750 mm każdy, w ilości 252 szt. łączonych podwójnie, wydajności 2÷9 m³/h każdy, maksymalnej wydajności chwilowej – 15 m³/h każdy, z zaworami kulowymi na każdym segmencie, instalacją odwadniającą i rurociągami powietrznymi,
- 2 mieszadła średnioobrotowe FLYGT SR 4650.412 SJ wykonane ze stali nierdzewnej ASTM 304, zasilane napięciem 400 V, z wirnikiem śmigłowym o średnicy 580 mm ze stali kwasoodpornej ASTM 316 L, prędkości obrotowej 475 obr/min, mocy silnika 5,5 kW każde, ze zwężką strumieniową, z osłoną antywirową Vortex, z 2 prowadnicami ze stali nierdzewnej i 2 wciągarkami ze stali nierdzewnej AISI 304 (żurawikami słupowymi, obrotowymi z linką kwasoodporną), na profilu kolumny kwadratowej – 100 mm x 100 mm, zapewniające wewnętrzną recyrkulację mieszaniny ścieków i osadu czynnego w procesie denitryfikacji realizowanym przy wyłączonym napowietrzaniu,
- 2 dekantery pływające ze stali nierdzewnej AISI 304, o wydajności 150 m³/h każdy, pracujące w zakresie od 5,5 do 2,0 m, składające się z pływaka, czerpni, ruchomego ramienia reakcyjnego, rury odpływowej o średnicy 150 mm oraz zasowy spustowej z napędem elektrycznym na przewodzie odpływowym, służące do odprowadzania ścieków oczyszczonych do studni zbiorczej,
- 1 zatapialną pompę ścieków oczyszczonych FLYGT NP. 3153.181 LT/414 w studni zbiorczej, wykonaną z grubościennego żeliwa odpornego na pH od 5,5, zasilaną napięciem 400 V, o wydajności 300 m³/h, z falownikiem, przy wysokości podnoszenia 5,5 m, mocy silnika 7,5 kW, ze stopą sprzęgającą DN 200 mm, z prowadnicą ze stali

nierdzewnej AISI 304 z rury o profilu 60,3 x 3,2 mm i wciągarką ze stali nierdzewnej AIS 304 (żurawikiem słupowym, obrotowym z linką kwasoodporną), przeznaczoną do tłoczenia ścieków oczyszczonych do komory strącania chemicznego zanieczyszczeń,

- 1 pompę osadu nadmiernego FLYGT NP. 3085.160MT/461 w zagłębieniu, wykonaną z grubościennego żeliwa odpornego na pH od 5,5, zasilaną napięciem 400 V, o wydajności 40 m³/h, przy wysokości podnoszenia 5,5 m, mocy silnika 2,2 kW, ze stopą sprzęgającą DN 80 mm, z prowadnicą ze stali nierdzewnej AISI 304 z rury o profilu 60,3 x 3,2 mm i wciągarką ze stali nierdzewnej AIS 304 (żurawikiem słupowym, obrotowym z linką kwasoodporną), służącą do odprowadzania osadu nadmiernego z reaktora biologicznego do komory stabilizacji tlenowej osadu,
- 1 sondę hydrostatyczną do pomiaru poziomu ścieków,
- 1 sondę tlenową,
- 1 przelew awaryjny o średnicy 200 mm kierujący nadmiar ścieków do zbiornika nieczystości ciekłych.

Stacja dmuchaw (nowa)

Do napowietrzania ścieków w 2 reaktorach biologicznych SBR przewidziano 3 dmuchawy rotacyjne (typu Roots'a) ROBOX EVOLUTION ES 65/2P, w tym 2 pracujące i 1 rezerwową, z falownikami o następujących parametrach:

- wydajność z falownikiem: 351÷1 100 m³/h,
- nadciśnienie robocze: 650 mbar,
- moc silnika: 37,0 kW,
- moc wentylatora: 137 W,
- zasilanie: 400 V, 50 Hz,
- prędkość obrotowa dmuchawy: 1 560÷3 902 obr/min,
- poziom hałasu: 70 dB,
- zakres pracy z falownikiem: 20÷50 Hz,
- króciec tłoczny: 100 mm.

W skład zestawu dmuchawy będą wchodziły:

- stopień sprężający dmuchawę,
- tłumik wlotowy,
- płyta podstawy zintegrowana z tłumikiem wylotowym,
- przekładnia pasowa,
- silnik elektryczny,
- zawór bezpieczeństwa,
- kłapa zwrotna,
- filtr na ssaniu,
- podłączenie elastyczne,
- wibroizolatory,
- manometr,
- wskaźnik zanieczyszczenia filtra,
- obudowa dźwiękochłonna z wentylatorem.

Wymiary dmuchawy: długość: 1 155 mm, szerokość: 1 207 mm, wysokość: 1 150 mm.

Do napowietrzania osadu w komorze stabilizacji tlenowej przewidziano dmuchawę rotacyjną (typu Roots'a) ROBOX EVOLUTION ES 15/1P, z falownikiem, o następujących parametrach:

- wydajność z falownikiem: 94÷163 m³/h,
- nadciśnienie robocze: 650 mbar,
- moc silnika: 5,5 kW,
- moc wentylatora: 95 W,
- zasilanie: 400 V, 50 Hz,
- prędkość obrotowa dmuchawy: 2 529÷3 613 obr/min,
- poziom hałasu: 70 dB,
- zakres pracy z falownikiem: 35÷50 Hz,
- króciec tłoczny: 65 mm.

W skład zestawu dmuchawy będą wchodziły:

- stopień sprężający dmuchawę,
- tłumik wlotowy,
- płyta podstawy zintegrowana z tłumikiem wylotowym,
- przekładnia pasowa,
- silnik elektryczny,
- zawór bezpieczeństwa,
- kłapa zwrotna,
- filtr na ssaniu,
- podłączenie elastyczne,
- wibroizolatory,
- manometr,
- wskaźnik zanieczyszczenia filtra,
- obudowa dźwiękochłonna z wentylatorem.

Wymiary dmuchawy: długość: 760 mm, szerokość: 815 mm, wysokość: 860 mm.

Stacja odwadniania osadu (nowa)

Do odwadniania osadów przewidziano prasę taśmową NP.15CK ze stali nierdzewnej AISI 304, z napędem prasy o mocy 0,55 kW, z zagęszczaczem śrubowo-bębnowym o mocy silnika 2 x 0,37 kW, o przepustowości maksymalnej 15 m³/h, zasilana napięciem 400V, długości 3,3 m, szerokości 2,2 m i wysokości 1,93 m. W skład kompletnego zestawu do odwadniania osadów oprócz prasy będą wchodziły:

- pompa płuczająca do płukania prasy o wydajności 6 m³/h (5 bar, 2,2 kW, 400 V),
- śrubowa pompa do tłoczenia osadów ściekowych do prasy o wydajności 4÷20 m³/h (3,0 kW, 400 V),
- sprężarka tłokowa bezolejowa o objętości 24 dm³ (1,1 kW, 230 V),
- stacja dozowania flokulantu proszkowego (w postaci stałej) składająca się z zasobnika flokulantu proszkowego, dozownika proszkowego flokulantu ze ślimakiem (śrubą dozującą regulowaną falownikiem), rozdrabniacza, zbiornika trzykomorowego

- wykonanego ze stali nierdzewnej AISI 304, o objętości 1,5 m³ wyposażonego w 2 mieszadła wolnoobrotowe (180 obr/min, mocy 0,18 kW każde, 400V),
- pompa roztworu flokulantu o wydajności 0,2÷1 m³/h (0,37 kW, 400 V),
 - przenośnik osadów odwodnionych ze stali nierdzewnej (1,5 kW, 400 V),
 - instalacja odzysku wody płuczającej wyposażona w zbiornik ze stali nierdzewnej o wymiarach 800x400x940 mm, z elektrozaworem i czujnikiem pomiaru poziomu cieczy,
 - tablica kontrolno-sterująca w celu kontroli pracy prasy i stacji dozowania flokulantu (400 V) wraz z zespołem kontroli dostarczania wody,

Instalacja higienizacji osadu (nowa)

Będzie to urządzenie MHIG-03 składające się z następujących elementów:

- zasobnika wapna z komorą opróżniania o wydajności 12÷70 kg wapna/h, o długości 1 000 mm, szerokości 1 000 mm i wysokości 1 600 mm, ze stali nierdzewnej AISI304,
- dozownika wapna o długości 2 000 mm, ze stali nierdzewnej AISI304, mocy silnika 0,37 kW, zasilanego napięciem 400 V,
- przenośnika ślimakowego zmieszanego osadu i wapna o długości 6 000 mm ze stali nierdzewnej AISI304, mocy silnika 1,5 kW, zasilanego napięciem 400V,
- elektrowibratora o mocy 0,32 kW i prędkości obrotowej 2 750 obr/min, zasilanego napięciem 400V,
- wentylatora z filtrem powietrza o mocy 0,06 kW, zasilanego napięciem 400V,
- tablicy kontrolnej w celu kontroli pracy instalacji higienizacji osadu.

Plac składowania osadu odwodnionego (nowy)

Będzie to utwardzony i zadaszony plac o długości 30 m, szerokości 20 m i powierzchni całkowitej 600 m², z odwodnieniem linowym, z dachem skośnym z blachy trapezowej ocynkowanej zamocowanym na słupach stalowych o wysokości 6 m, z bocznymi ściankami betonowymi o wysokości 2 m.

Instalacja pompy ciepła (nowa)

Na potrzeby ogrzewania pomieszczeń o łącznej kubaturze 567 m³ i produkcji ciepłej wody w ilości ok. 200 dm³/h (zużycie przez pracowników i do płukania sita) proponuje się instalację pompy ciepła, w skład której będą wchodziły następujące elementy:

- system dolnego źródła ciepła składający się z 4 odwiertów pionowych (studni) o głębokości 85 m każdy, w którym krążyć będzie medium nośnika ciepła - glikol etylenowy,
- pompa obiegowa glikolu etylenowego,

- pompa ciepła,
- 2 pompy obiegowe do ładowania 2 zbiorników buforowych,
- zbiornik buforowy na cele grzewcze,
- zbiornik buforowy do produkcji ciepłej wody użytkowej.

II wariant modernizacji i rozbudowy oczyszczalni

Sita bębnowe (nowe, jak w I wariantcie)

Piaskownik pionowy (nowy, jak w I wariantcie)

Separator piasku (nowy, jak w I wariantcie)

Zbiornik retencyjny ścieków surowych i nieczystości ciekłych (istniejący, zostanie wyposażony w pompę ścieków, jak w I wariantcie)

Sekwencyjny reaktor biologiczny – SBR 2 (nowy)

Zostanie dodatkowo wyposażony w sondę gęstości osadu czynnego oraz sondę jonoselektywną do pomiaru azotu amonowego, azotanów i pH.

Stacja sprężarek (nowa)

Do napowietrzania ścieków w 2 reaktorach biologicznych SBR przewidziano 3 sprężarki śrubowe ROBOX SCREW WS 65/2P-LP, w tym 2 pracujące i 1 rezerwową, z falownikami o następujących parametrach:

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| ➤ wydajność z falownikiem: | 338÷1 100 m ³ /h, |
| ➤ nadciśnienie robocze: | 650 mbar, |
| ➤ moc silnika: | 30,0 kW, |
| ➤ zasilanie: | 400 V, 50 Hz, |
| ➤ prędkość obrotowa dmuchawy: | 1 609÷4 019 obr/min, |
| ➤ poziom hałasu: | 70 dB, |
| ➤ zakres pracy z falownikiem: | 20÷50 Hz, |
| ➤ króciec tłoczny: | 100 mm. |

W skład zestawu sprężarki śrubowej będą wchodziły:

- stopień sprężający typu RSW 65 wyposażony w powlekane rotory i smarowanie rozbryzgowe,
- płyta podstawy zintegrowana z tłumikiem i filtrem wlotowym,
- przekładnia pasowa,
- tłumik wylotowy,
- silnik elektryczny,
- zawór bezpieczeństwa,
- zawór zwrotny,
- wibroizolatory,
- manometr,
- wskaźnik zanieczyszczenia filtra,
- obudowa dźwiękochłonna z wentylatorem.

Wymiary dmuchawy: długość: 1 350 mm, szerokość: 1 350 mm, wysokość: 1 600 mm.

Stacja odwadniania osadu (nowa)

W skład stacji odwadniania osadu będą wchodzić następujące elementy:

- 1 wirówka dekantacyjna NOXON DC 10 EL ze ślimakiem lamelowym, o wydajności $5\div 15$ m³/h, mocy napędu bębna 18,5 kW, długości 3 209 mm, szerokości 1 120 mm i wysokości 1 582 mm (materiał wykonania: stal węglowa, malowana epoksydowo, materiał elementów mocujących: stal nierdzewna, ochrona przed ścieraniem węglak wolframu 57-64 HRC),
- 1 pompa ślimakowa osadu NETZSCH typ NEMO NM053BY, o wydajności $5\div 15$ m³/h, mocy 4 kW, z falownikiem i przepływomierzem osadu ENKO DN 50, długości 1 895 mm i szerokości 270 mm,
- stacja dozowania flokulantu proszkowego (w postaci stałej) NOXON składająca się z zasobnika flokulanta proszkowego, dozownika proszkowego flokulantu ze ślimakiem (śruba dozująca regulowaną falownikiem), mieszacza statycznego z pompą (łącznie długość 2 400 mm, szerokość 920 mm), zbiornika roztworowego wykonanego ze stali nierdzewnej o objętości czynnej 2 m³ wyposażonego w mieszadło wolnoobrotowe – 35 obr/min, zbiornika pośredniego wykonanego ze stali nierdzewnej – przepływowego od dołu do góry i zbiornika magazynowego wykonanego ze stali nierdzewnej o objętości czynnej 2 m³ wyposażonego w mieszadło wolnoobrotowe – 35 obr/min (łącznie długość 3 zbiorników 2 190 mm),
- 1 pompa ślimakowa roztworu flokulantu NETZSCH typ NEMO NM031BY, o wydajności $0,1\div 2,0$ m³/h, mocy 1,5 kW, z falownikiem i przepływomierzem roztworu flokulantu ENKO DN 25, długości 1 225 mm i szerokości 270 mm,
- transporter osadu odwodnionego o długości ok. 8 m (założono),
- sterownik SP400 wraz z zespołem kontroli dostarczania wody.

Instalacja higienizacji osadu (nowa)

Instalacja higienizacji osadu będzie składała się z następujących urządzeń:

- silosa na wapno o objętości 10 m³, ze stali konstrukcyjnej zabezpieczonej antykorozyjnie, wyposażonego w elektrowibrator o mocy 0,25 kW, mieszacz boczny o mocy 0,55 kW, zasuwę nożową, hermetyczny układ załadowniczy, filtr tkaninowy, drabinkę wejściową i pomost z barierką,
- dozownika wapna o długości 5 000 mm, ze stali nierdzewnej, o mocy silnika 0,55 kW, zasilanego napięciem 400V,
- przenośnika ślimakowego osadu odwodnionego o długości 3 600 mm, ze stali nierdzewnej AISI 304, o mocy silnika 1,1 kW, zasilanego napięciem 400V,
- mieszarki (zbiornika) osadu odwodnionego z wapnem o wymiarach 1,60 m x 0,6 m, ze stali nierdzewnej AISI 304, wyposażonego w pokrywę z otworami zsyłowymi, łopatkami mieszającymi o przeciwbieżnym kierunku obrotów, o mocy silnika 1,5 kW, zasilanego napięciem 400V,
- przenośnika ślimakowego zmieszanego osadu odwodnionego i wapna o długości 6 000 mm, ze stali nierdzewnej AISI 304, o mocy silnika 1,5 kW, zasilanego napięciem 400V,
- tablicy kontrolnej w celu kontroli pracy instalacji higienizacji osadu.

Plac składowania osadu odwodnionego (nowy, jak w I wariantcie)

Instalacja pomp ciepła (nowa, jak w I wariantcie)

10.2. Opis procesu oczyszczania ścieków po modernizacji oczyszczalni

Wszystkie ścieki surowe z głównej przepompowni będą tłoczone do 2 nowych sit bębnowych o prześwicie szczelin 2 mm, zamontowanych w istniejącym pomieszczeniu sita i prasy. Przed sitami zostanie wykonany rozdział ścieków na 2 strumienie, z możliwością zamknięcia dopływu ścieków do jednego lub drugiego sita za pomocą zasuw. Na sitach będą usuwane zanieczyszczenia organiczne tzw. skratki, które będą odprowadzane do pojemnika. Sita podczas pracy będą okresowo płukane ciepłą wodą.

Z sit bębnowych ścieki będą grawitacyjnie dopływały do pionowego piaskownika z wirym wymuszonym, zamontowanego w obecnym pomieszczeniu transportera osadu odwodnionego, gdzie nastąpi sedymentacja piasku i innych części mineralnych na dno komory osadowej. Pulpa piaskowa wydzielona w piaskowniku przepompowywana będzie za pomocą pompy do separatora piasku, który będzie znajdował się również w istniejącym pomieszczeniu transportera osadu odwodnionego. Spust pulpy piaskowej z piaskownika będzie odbywał się za pomocą zasuw z napędem elektrycznym. Odseparowany (odsączony) w separatorze z pulpy piasek transportowany będzie przenośnikiem ślimakowym do pojemnika.

Ścieki pozbawione zanieczyszczeń stałych doprowadzane będą grawitacyjnie do istniejącego zbiornika retencyjnego ścieków surowych i nieczystości ciekłych, skąd będą pompowane przemiennie do istniejącego lub nowego reaktora biologicznego SBR za pomocą jednej lub drugiej pompy. Zatem zbiornik retencyjny zostanie wyposażony w dodatkową pompę. Oba rurociągi zasilające reaktory SBR będą wyposażone w zasuwę z napędem elektrycznym umożliwiające skierowanie ścieków do odpowiedniego reaktora SBR. Nowy reaktor SBR 2 będzie połączony rurociągami ze zbiornikiem retencyjnym mieszaniny ścieków surowych i nieczystości ciekłych, komorą strącania chemicznego zanieczyszczeń oraz komorą stabilizacji tlenowej. Proces oczyszczania i odprowadzania ścieków oczyszczonych oraz usuwania osadu nadmiernego będzie się odbywał podobnie jak w obecnym reaktorze SBR.

11. Sposób postępowania z odpadami

Produktami ubocznymi oczyszczania ścieków w oczyszczalni ścieków w Skórczu są obecnie następujące rodzaje i ilości odpadów (wg danych z 2015 roku):

- skratki – 24,85 Mg/rok,
- ustabilizowane komunalne osady ściekowe – 1 157 Mg/rok.

Przewiduje się, że ilość wytwarzanych odpadów w oczyszczalni dla przewidywanej ilości ścieków komunalnych, tj. średnio 1 000 m³/d będzie wynosiła:

- skratki – ok. 36 Mg/rok,
- zawartość piaskowników (po zastosowaniu piaskownika) – ok. 7,3÷12,8 m³/rok (przy założeniu 20÷35 dm³ na 1 000 m³ ścieków surowych)
- ustabilizowane komunalne osady ściekowe – ok. 1 700 Mg/rok (przy 14% suchej masy osadu odwodnionego z prasy) i ok. 1 400 Mg/rok (przy 17% suchej masy osadu odwodnionego z wirówki).

W przypadku zastosowania wirówki niskoobrotowej, zamiast prasy taśmowej produkcja osadu odwodnionego będzie mniejsza o ok. 300 Mg/rok, czyli o ok. 18%. Przed ostatecznym wyborem urządzenia odwadniającego proponuje się przeprowadzić test odwadniania osadu na wirówce firmy NOXON. Efektywniejsze od wirówki są prasy tłokowe i komorowe, które odwadniają osad do zawartości suchej masy w przedziale 25÷35% (w zależności od rodzaju osadu). Są to jednak bardzo drogie prasy.

Generalnie osady z dużym udziałem substancji organicznych po stabilizacji tlenowej, co ma miejsce w oczyszczalni w Skórczu trudniej się odwadniają niż osady po stabilizacji beztlenowej (dobrze zmineralizowane osady po fermentacji metanowej). W celu poprawy aktualnego stopnia odwodnienia na prasie taśmowej proponuje się zastosować emulsję kationową ZETAG 9048FS firmy Brenntag. Emulsja kationowa w porównaniu z flokulantem proszkowym (w postaci stałej) jest skuteczniejsza w procesie flokulacji cząstek osadu, prawdopodobnie ze względu na większy udział rozgałęzionych łańcuchów z wieloma aktywnymi grupami, które działają, jako czynnik mostkujący i sieciujący. Dzięki emulsji kationowej można uzyskać zwiększenie suchej masy osadu odwodnionego o ok. 2%, czyli ok. 12% mniej masy osadu odwodnionego będzie do zagospodarowania. Przy czym emulsja kationowa wymaga dawki 2- krotnie większej niż flokulant proszkowy, lecz jest znacznie tańsza od flokulantu proszkowego. Poza tym proponuje się rozważyć zastosowanie w komorze stabilizacji tlenowej pompy na pływaku do odprowadzenia większej ilości wód nadosadowych w celu zwiększenia stopnia zagęszczenia osadu doprowadzanego do prasy oraz uzyskania w miarę stabilnego jego stężenia, co może również poprawić stopień odwadniania osadu.

W świetle przedstawionych różnych metod przeróbki odpadów z oczyszczalni można wnioskować, że nie ma idealnego rozwiązania. Każda metoda przeróbki odpadów posiada zalety i wady. Zasadniczym celem przeróbki osadów ściekowych jest zmniejszenie ich objętości (masy) i zagniwalności oraz uzyskanie bezpiecznego pod względem sanitarnym produktu, który z powodzeniem można zagospodarować.

Dominującymi dotychczas w kraju metodami postępowania z osadami ściekowymi były: składowanie na składowiskach odpadów komunalnych, rekultywacja terenów i wykorzystanie rolnicze. Rolnicze czy przyrodnicze wykorzystanie komunalnych osadów ściekowych bez wstępnej obróbki biologicznej, chemicznej lub termicznej będzie coraz bardziej ograniczane z powodu planowanych w prawodawstwie Unii Europejskiej rygorystycznych wymagań ich stosowania.

W Polsce już od 1 stycznia 2016 roku obowiązuje całkowity zakaz składowania na składowiskach komunalnych osadów ściekowych o zawartości ogólnego węgla organicznego powyżej 5% s.m. i strat przy prażeniu (substancji organicznych) powyżej 8% s.m., a takie parametry mają wszystkie wytworzone osady w oczyszczalniach ścieków. Wcześniej wprowadzono już zakaz składowania skratek z oczyszczalni.

Można zatem oczekiwać, że w najbliższych latach wdrażanie metod zagospodarowania osadów ściekowych opartych na suszeniu termicznym i spalaniu będzie wyraźnie preferowane w dużych oczyszczalniach. Dla oczyszczalni małych tańszym i korzystnym rozwiązaniem będzie suszenie osadów energią słoneczną lub tylko higienizacja osadów, zaś dla średnich – kompostowanie oraz przyrodnicze, w tym rolnicze wykorzystanie wysuszonych, zhigienizowanych lub przekompostowanych osadów.

Spośród zaprezentowanych w niniejszym opracowaniu metod przeróbki odpadów z oczyszczalni, najwyższą efektywnością w zakresie redukcji objętości ww. odpadów odznacza się suszenie energią słoneczną, a następnie chemiczne przetwarzanie. Najmniejszą efektywnością cechuje się kompostowanie. Po procesie kompostowania ilość kompostu do zagospodarowania jest większa od początkowej masy osadów ściekowych. Istotnym czynnikiem ograniczającym suszenie osadów energią słoneczną jest wysoki koszt inwestycyjny, zaś w przypadku kompostowania i chemicznego przetwarzania osadów na nawóz wapniowo-organiczny jest wysoki koszt eksploatacyjny. Tak więc proces suszenia słonecznego osadów można uznać za optymalny dla małych oczyszczalni pod względem ponoszonych kosztów ich przeróbki.

Wiele oczyszczalni w Polsce boryka się z problemem ostatecznego zagospodarowania osadów ściekowych poza oczyszczalnią. Trzeba mieć świadomość, że nawet osady po wysuszeniu solarnym nadal stanowią odpad, który podlega przepisom ustawy o odpadach. Osady ściekowe wysuszone w suszarniach solarnych mogą być wykorzystane w rolnictwie. Muszą być jednak wcześniej poddane procesowi higienizacji, który najczęściej odbywa się za pomocą wapnowania, co może doprowadzić do emisji odorocznego amoniaku podczas długiego składowania. Suszeniu słonecznemu towarzyszy także emisja odorów, lecz ograniczona jest do miejsc suszenia (suszenie w przykrytych halach). W Polsce jest obecnie ok. 20÷30 suszarni solarnych (np. w Żaganiu, Iławie, Kłodzku, Żarach, Myszkowie), w których przerabia się średnio 1 000÷4 000 ton osadów w ciągu roku.

Aktualnie realizowany sposób zagospodarowania osadów z oczyszczalni w Skórczu poprzez wykorzystanie ich bezpośrednio w rolnictwie jest optymalnym rozwiązaniem pod względem ponoszonych kosztów. Dla przykładu koszty ostatecznego zagospodarowania osadów poza oczyszczalnią ścieków wraz z kosztami transportu w Polsce wynoszą w przedziale 100÷200 zł/Mg. Z uwagi na wysoki koszt inwestycyjny i duże zapotrzebowanie na powierzchnię suszenia nie proponuje się suszarni solarnej. Nie proponuje się także suszenia osadów za pomocą ogrzewania podłogowego na placu składowania osadu odwodnionego ze względu na wysokie koszty suszenia, wymaganą dużą powierzchnię (grubość warstwy osadu nie może przekroczyć 10÷12 cm oraz dużą uciążliwość zapachową (plac składowania nie będzie hermetycznie zabudowany).

Bezpośrednie stosowanie komunalnych osadów ściekowych w gruncie dopuszcza ustawa z dnia 14 grudnia 2012 roku o odpadach (Dz. U. z 2013 roku, poz. 21 z późniejszymi zmianami) oraz rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lutego 2015 roku w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. z 2015 roku, poz. 257).

W oparciu o to rozporządzenie komunalne osady ściekowe mogą być stosowane, jeżeli:

- zawartość w nich metali ciężkich nie przekracza ilości ustalonych w załączniku nr 1 do rozporządzenia,
- w komunalnych osadach ściekowych stosowanych w rolnictwie i do rekultywacji gruntów na cele rolne nie wyizolowano bakterii z rodzaju Salmonella,
- łączna liczba żywych jaj pasożytów jelitowych w 1 kg s.m. osadów stosowanych w rolnictwie wynosi 0,
- zawartość metali ciężkich w wierzchniej warstwie gruntu, na którym komunalne osady ściekowe mają być stosowane, nie przekracza ilości ustalonych w załącznikach nr 2 i 3 do rozporządzenia,

- wartość pH gleby jest nie mniejsza niż 5,6,
- osady są wykorzystywane poza okresem wzrostu i rozwoju roślin przeznaczonych do bezpośredniego spożycia przez ludzi rozumianym jako czas od siewu lub sadzenia do zbioru.
- osady są wprowadzane do gruntu najpóźniej następnego dnia po przetransportowaniu.

Oznacza to, że w przypadku wprowadzania osadów ściekowych bezpośrednio do gruntu należy badać z odpowiednią częstotliwością osady i grunt, a jeżeli osady zawierają ww. mikroorganizmy chorobotwórcze, to należy je poddać higienizacji w celu zabicia tych patogenów, np. poprzez wapnowanie. Istnieje jednak pewne ograniczenie stosowania komunalnych osadów ściekowych w rolnictwie, ponieważ ww. rozporządzenie dopuszcza następujące dawki w rolnictwie i rekultywacji na cele rolne – 3 Mg s.m./ha/rok (ok. 21 ton/ha/rok przy zawartości 14% suchej masy osadu odwodnionego), a na cele nierolnicze – 15 Mg s.m./ha/rok (ok. 107 ton/ha/rok przy zawartości 14% suchej masy osadu odwodnionego).

Zgodnie z ustawą z dnia 14 grudnia 2012 roku o odpadach (Dz. U. z 2013 roku, poz. 21 z późniejszymi zmianami) komunalne osady ściekowe mogą być przekazywane do stosowania władającemu powierzchnią ziemi wyłącznie przez wytwórcę tych osadów. Wskazane jest więc, aby podmiot odbierający osady ściekowe wykazał się odpowiednim dokumentem, że jest władającym ziemią. Ponadto odpowiedzialność za prawidłowe stosowanie komunalnych osadów ściekowych spoczywa cały czas na wytwórcy tych osadów. Stosowanie komunalnych osadów ściekowych jest możliwe, jeżeli są one wcześniej poddane obróbce biologicznej, chemicznej, termicznej lub innemu procesowi, który obniża podatność osadów na zagniwanie i eliminuje zagrożenie dla środowiska lub życia i zdrowia ludzi.

Biorąc pod uwagę obowiązujące przepisy prawa proponuje się przekazywać odwodnione osady do wykorzystania w rolnictwie (jak dotychczas) pod warunkiem zastosowania wcześniej higienizacji za pomocą wapna palonego. Aby nie doprowadzić do emisji odorocznego amoniaku z osadów do atmosfery dawka wapna nie powinna być zbyt duża. W praktyce wymagana dawka wapna palonego powinna wynosić w przedziale 0,3÷1 kgCaO/kg s.m. osadu, co w przypadku osadu odwodnionego w oczyszczalni Skórczu o zawartości 14% s.m. daje zużycie 40÷140 kgCaO/m³ osadu odwodnionego. Aby nie podrażać kosztów eksploatacyjnych higienizacji osadu proponuje się dawkę wapna w wysokości 50 kgCaO/m³ osadu odwodnionego. Przy godzinowej produkcji osadu odwodnionego na prasie – 0,8÷1,3 m³/h godzinowe zużycie wapna wyniesie 40÷65 kgCaO/h.

W niniejszej koncepcji zaproponowano i opisano w pkt 10.1. dwie instalacje higienizacji osadu – prostą i bardziej złożoną. W przypadku pierwszej instalacji wapno palone będzie dozowane do ślimakowego przenośnika osadu odwodnionego, gdzie w trakcie obrotów ślimaka nastąpi wymieszanie z osadem. Instalacja ta wymaga niestety ręcznego uzupełniania zbiornika na wapno (co 1 godzinę ok. 2 worków po 25 kgCaO). Natomiast w drugiej instalacji wapno i osady odwodnione powinny być oddzielnie dozowane za pomocą przenośników najpierw do mieszarki. W tej instalacji wapno znajdować się będzie w silosie o objętości 10 m³, który będzie załadowywany wapnem z samochodu. Wymieszany osad z wapnem w mieszarce powinien trafiać przenośnikiem ślimakowym na przyczepę traktorową, a następnie zostać wywieziony ciągnikiem rolniczym na plac składowania osadu odwodnionego.

Wobec tego konieczne jest wybudowanie na terenie oczyszczalni placu składowania osadu. Zwłaszcza, że w okresie zimowym nie mogą być wykorzystywane osady ściekowe w

rolnictwie Plac powinien być zadaszony, utwardzony i posiadać system odwodnienia. Odcieki ze stacji odwadniania osadu i placu składowania osadu powinny trafiać do zbiornika retencyjnego nieczystości ciekłych. Istnieje jednak ryzyko, że po dłuższym czasie składowania osadu może zostać zapoczątkowany proces gnilny, który może być przyczyną uciążliwości zapachowej podczas załadunku osadu na samochód. Można oczywiście rozważyć całkowite zabudowanie placu składowania osadu z blachy trapezowej, lecz jest to rozwiązanie kosztowne. Generalnie lokalizacja istniejącej oczyszczalni ścieków jest niekorzystna dla jakiegokolwiek procesu przeróbki osadu z uwagi na bliskość zabudowy mieszkaniowej.

W celu określenia dokładnej masy osadów przekazywanych do zagospodarowania można zamontować wagę samochodową. Wg doświadczenia autora niniejszej koncepcji można jednak przyjąć, że odpady z oczyszczalni mają następujący ciężar objętościowy:

- skratki – ok. 0,8 Mg/m³,
- zawartość piaskowników – ok. 1,2 Mg/m³,
- ustabilizowane komunalne osady ściekowe – ok. 1,0 Mg/m³.

Zhigienizowane osady ściekowe proponuje się przekazywać dotychczasowej firmie. Osady ściekowe można przekazać także innej firmie, tj. Przedsiębiorstwu Produkcyjno-Handlowo-Usługowemu Kamrol Wincenty Rogacki w Chodzieży (tel. 604 413 036), które zajmuje się wykorzystywaniem ich w rolnictwie w okolicy Pelplina. Firma ta zarządza gruntami o powierzchni ok. 1 500 ha. Koszt odbioru osadu przez tą firmę jest dużo niższy od obecnego ponoszonego przez użytkownika oczyszczalni w Skórczu. Natomiast skratki i piasek proponuje się przekazywać Zakładowi Utylizacji Odpadów Komunalnych w Starym Lesie lub firmie Kommunalservice Vornkahl Polska Sp. z.o.o. w Tczewie. W ostateczności również osady ściekowe można przekazywać ww. firmom.

12. Aspekty prawne modernizacji oczyszczalni ścieków

Zgodnie z ustawą z dnia 7 lipca 1994 roku Prawo budowlane (Dz. U. z 2013 roku, poz. 1409, z późniejszymi zmianami) realizacja modernizacji oczyszczalni ścieków w Skórczu będzie wymagać pozwolenia na budowę, a eksploatacja instalacji (oczyszczalni) powodująca wprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi będzie dozwolona po uzyskaniu pozwolenia wodnoprawnego, o czym mówi art. 180 ustawy Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2013 roku, poz. 1232 z późniejszymi zmianami).

Z uwagi na brak miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego w rejonie oczyszczalni ścieków w Skórczu przed wydaniem pozwolenia budowlanego i pozwolenia wodnoprawnego wymagana będzie decyzja o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego.

Według § 3 ust. 1 pkt rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 roku w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U. z 2016 roku, poz. 71) przedmiotowa oczyszczalnia ścieków komunalnych w Skórczu nie należy do przedsięwzięć mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko (instalacje do oczyszczania ścieków przewidziane do obsługi nie mniej niż 100 000 równoważnych mieszkańców) a jedynie do przedsięwzięć mogących potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko (instalacje do oczyszczania ścieków przewidziane do obsługi nie mniej niż 400 równoważnych mieszkańców).

W myśl art. 71 ust. 2 pkt 1 ustawy z dnia 3 października 2008 roku ustawy z dnia 3 października 2008 roku o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. z 2013 roku, poz. 1235 z późniejszymi zmianami) modernizacja oczyszczalni ścieków komunalnych w Skórczu wymagać będzie uzyskania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach dla wydania, której może być potrzebna ocena oddziaływania planowanego przedsięwzięcia na środowisko. Obowiązek przeprowadzenia oceny oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko dla planowanego przedsięwzięcia mogącego potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko stwierdza w drodze postanowienia organ właściwy do wydania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, w tym wypadku wójt Gminy Skórcz

Na podstawie np. 41 ust. 1 ustawy z dnia 14 grudnia 2012 roku o odpadach (Dz. U. z 2013 roku, poz. 21 z późniejszymi zmianami), wytwórca odpadów jest obowiązany do uzyskania zezwolenia na przetwarzanie odpadów z oczyszczalni, jeżeli będzie prowadził proces odzysku (np. kompostowanie albo chemiczne przetwarzanie osadu na nawóz) lub unieszkodliwiania. Higienizacja osadu nie wymaga zezwolenia na przetwarzanie odpadów, ponieważ jest to proces stabilizacji a nie przetwarzania odpadów.

W sytuacji realizacji instalacji pompy ciepła z zastosowaniem pionowych odwiertów będzie wymagany projekt prac geologicznych. Natomiast pozwolenie wodnoprawne nie będzie wymagane, ponieważ nie będą pobierane wody podziemne (będzie wykorzystywane ciepło z gruntu).

13. Wytyczne dla montażu urządzeń

Rozbudowa i modernizacja oczyszczalni zmieni dotychczasowy układ technologiczny oczyszczania ścieków i przeróbki osadu oraz będzie wymagała zwiększenia powierzchni terenu zajmowanego obecnie w granicach ogrodzenia. Tak więc konieczne będzie przesunięcie istniejącego ogrodzenia o nowy teren pod zabudowę. Niestety wolny teren ma niekorzystne ukształtowanie pagórkowate.

W trakcie rozbudowy i modernizacji oczyszczalni musi być zachowana ciągłość pracy istniejącego układu technologicznego. Nowe oraz istniejące obiekty i urządzenia należy podłączyć do jednego systemu sterowania automatycznego, z możliwością wizualizacji i archiwizacji parametrów pracy urządzeń i parametrów technologicznych w komputerze. Wszystkie urządzenia powinny być wyposażone w miejscowe szafki sterujące. Elementy urządzeń mających kontakt ze ściekami lub/i osadami ściekowymi powinny być wykonane ze stali nierdzewnej AISI 304 lub 316 (stal lepsza, lecz droższa). Natomiast rurociągi kanalizacyjne i wodociągowe proponuje się z tworzywa sztucznego, np. PE, a rurociągi sprężonego powietrza ze stali nierdzewnej.

W przypadku urządzeń do mechanicznego oczyszczania ścieków do wykorzystania jest istniejące górne pomieszczenie sita i prasy o długości 8,90 m, szerokości 5,90 m i wysokości 3,15 m (w tym schody usytuowane w rogu 4 m x 2 m) oraz dolne pomieszczenie kontenera na

osad odwodniony o długości 8,90 m, szerokości 5,90 m i wysokości 2,55 m (w tym schody usytuowane na piętro 4 m x 2m). Wobec tego proponuje się umieścić 2 sita bębnowe w górnej części ww. pomieszczenia, zaś piaskownik pionowy i separator piasku w dolnej części ww. pomieszczenia. Do każdego sita bębnowego należy doprowadzić przewód ciepłej wody do płukania. Przed sitami należy wykonać rozdział ścieków na 2 strumienie, z możliwością zamknięcia dopływu ścieków do jednego lub drugiego sita za pomocą zasuw z napędem elektrycznym. Odpływ ścieków z obu sit należy połączyć wspólnym rurociągiem zasilającym piaskownik znajdujący się w dolnej części pomieszczenia budynku. Każde sito powinno być wyposażone w awaryjny przelew.

Z uwagi na niską wysokość dolnego pomieszczenia – 2,55 m zaproponowano piaskownik pionowy o wysokości całkowitej 2,335 m o nieco niższej wydajności - 120 m³/h od wymaganej (125 m³/h) oraz separator piasku z przenośnikiem ślimakowym, którego wysokość z motoreduktorem wynosi 2,50 m. Na etapie projektowania proponuje się rozważyć wykonanie piaskownika i separatora piasku nieco niższego na specjalne zamówienie. Odpływ ścieków z piaskownika powinien być na poziomie umożliwiającym grawitacyjny odpływ ścieków do rurociągu skierowanego do zbiornika retencyjnego, którego dolna część znajduje się na wysokości 1,87 m od posadzki. Będzie to wymagało posadowienia zaproponowanego piaskownika na podwyższeniu. Przed piaskownikiem wykonać awaryjne obejście z zasuwą z napędem elektrycznym. Można ewentualnie wykonać otwór w suficie i zastosować piaskownik o wysokości 3,28 m i wydajności 160 m³/h, który pierwotnie rozważano. Wówczas należałoby podnieść wyżej na nogach sita bębnowe, aby umożliwić grawitacyjne ich połączenie z piaskownikiem.

W celu zapewnienia ciągłego dopływu ścieków do obu reaktorów SBR proponuje się zamontowanie drugiej pompy w zbiorniku retencyjnym ścieków surowych i nieczystości ciekłych. Minimalny poziom zalania pompy ściekami powinien wynosić 0,4 m od dna. Ścieki ze zbiornika retencyjnego doprowadzane będą przemiennie do istniejącego lub nowego reaktora biologicznego SBR za pomocą 2 oddzielnych rurociągów.

Oba rurociągi zasilające reaktory SBR powinny zostać wyposażone w zasuwę z napędem elektrycznym umożliwiające skierowanie ścieków do odpowiedniego reaktora SBR. Rurociągi powinny być ze sobą połączone, co umożliwi stały dopływ ścieków do reaktora w przypadku awarii jednej z pomp.

Nowy reaktor biologiczny SBR 2 o długości 16, szerokości 16 m i wysokości całkowitej 6,2 m proponuje się wybudować przed istniejącą częścią biologiczną od strony wjazdu do oczyszczalni. Nowy reaktor SBR 2 należy połączyć rurociągami ze zbiornikiem retencyjnym mieszaniny ścieków surowych i nieczystości ciekłych, komorą strącania chemicznego zanieczyszczeń oraz komorą stabilizacji tlenowej osadu. Przewody do transportu ścieków i osadów z nowego reaktora SBR biegnące ewentualnie nad powierzchnią należy ocieplić. Mieszadła w reaktorze biologicznym powinny być zamontowane ok. 2 m od dna, zaś dekantery powinny mieć możliwość pracy w zakresie poziomu 2,0÷5,5 m. Mieszadła powinny zapewnić prędkość mieszania na poziomie 0,3 m/s. Pompa osadu nadmiernego powinna być posadowiona w zagłębieniu reaktora SBR, zaś pompa ścieków oczyszczonych powinna być zamontowana w komorze zbiorczej. Minimalny poziom zalania pompy ściekami oczyszczonymi powinien wynosić 0,8 m od dna. Do rozprowadzania sprężonego powietrza w komorze proponuje się zastosować rurowe dyfuzory z EPDM, które są bardziej wydajne od dyfuzorów dyskowych.

Reaktor SBR należy przykryć płytą stropową, z włazami technologicznymi ze stali nierdzewnej oraz wykonać schody wejściowe na reaktor ze stali nierdzewnej i barierki ochronne wokół górnej części reaktora ze stali nierdzewnej. Zamiast stropu można wykonać reaktor jako otwarty, lecz wtedy należy wykonać pomosty na koronie reaktora. Reaktor powinien posiadać awaryjny przelew ścieków połączony ze zbiornikiem retencyjnym nieczystości ciekłych. W celu ułatwienia cyrkulacji mieszaniny osadów i ścieków oraz zapobiegania odkładaniu się osadów na dnie komory naroża pomiędzy ścianami a dnem zbiornika powinny być zaokrąglone lub ścięte pod kątem 45° , a boczne ściany na poziomie zwierciadła ścieków powinny być załamane ku wnętrzu zbiornika pod kątem 45° (w stosunku do pionu).

W ramach modernizacji i rozbudowy należy wybudować nowy budynek technologiczny, w którym należy wydzielić pomieszczenia, aby można było zainstalować takie urządzenia jak: stacja odwadniania osadu, instalacja higienizacji osadu i stacja dmuchaw. Przy czym instalacja higienizacji osadu wg II wariantu modernizacji oczyszczalni będzie wymagała dużo większej powierzchni niż zintegrowane urządzenie do higienizacji osadu wg I wariantu modernizacji oczyszczalni. Zaleca się więc, aby silos wchodzący w skład instalacji higienizacji osadu wg II wariantu został usytuowany na zewnątrz budynku technologicznego. W przypadku usytuowania całej instalacji higienizacji osadu wg II wariantu na zewnątrz budynku należy zastosować kabel grzejny na przenośnikach ślimakowych zapobiegający zamarzaniu osadu. Do budynku powinno przylegać pomieszczenie na przyczepę traktorową do wywozu osadu odwodnionego o długości ok. 6 m i szerokości ok. 4 m.

Ze względu na dużą ilość urządzeń, nowy budynek technologiczny łącznie z pomieszczeniem na przyczepę traktorową powinien mieć następujące szacunkowe wymiary: długość ok. 12 m, szerokość ok. 12 m i wysokość ok. 4,5 m. Budynek technologiczny powinien być wyposażony w przyłącze wodociągowe, punkt czerpalny wody, wentylację grawitacyjną, zasilanie energetyczne, oświetlenie, ogrzewanie, przyłącze kanalizacyjne oraz przewody sprężonego powietrza.

Z powodu zalegania wód odciekowych należy wykonać odwodnienie liniowe istniejącego placu składowania skratek.

Dmuchawy i urządzenie odwadniające powinny być posadowione na płytach fundamentowych w nowym budynku technologicznym. Dmuchawy można oczywiście usytuować bliżej nowego reaktora SBR pod zadaszoną wiatą. Rurociągi sprężonego powietrza powinny być wyposażone w przepustnice tlenowe z napędem elektrycznym oraz manometry. Przy dmuchawach proponuje się zamontować licznik zużycia energii elektrycznej. Z kolei do pomiaru wody zużywanej do płukania prasy i sit bębnowych proponuje się zamontować wodomierze na przewodach wodociągowych.

Oprócz ww. obiektów należy przewidzieć plac składowania osadu odwodnionego o powierzchni 600 m^2 (20 x 30 m). Plac składowania osadu odwodnionego powinien być utwardzony i zadaszony, z odwodnieniem linowym, z dachem skośnym z blachy trapezowej ocynkowanej zamocowanym na słupach stalowych o wysokości 6 m, z bocznymi ściankami betonowymi o wysokości 2 m. Do placu składowania osadu odwodnionego należy wykonać drogę dojazdową i place manewrowe. Można ewentualnie rozważyć transportowanie osadu odwodnionego bezpośrednio na plac składowania za pomocą przenośników ślimakowych wyposażonych w kabel grzejny lub tłoczenie osadu w rurociągu za pomocą pompy rotacyjnej.

Proponuje się zlokalizować nowy budynek technologiczny i plac składowania osadu odwodnionego poniżej istniejącej części biologicznej. Jest to teren płaski, osłonięty najpierw jedną skarpą, a następnie drugą skarpą od najbliższej zabudowy mieszkaniowej, co ma znaczenie w przypadku lokalizacji placu składowania osadu odwodnionego, z którego podczas załadunku osadu na transport kołowy może pojawić się emisja nieprzyjemnych zapachów do otoczenia. Jednak przed wykonaniem projektu budowlanego należy wykonać badania geologiczne gruntu, ponieważ teren pod budowę nowego budynku technologicznego i placu składowania osadu znajduje się blisko rzeki Szorycy. Może więc występować w tym miejscu wysoki poziom wód gruntowych, a sam grunt może być wilgotny i niekorzystny pod budowę, co będzie wymagało jego częściowej wymiany i zastosowania odpowiednich wzmocnień.

Wszystkie obliczenia zawarte w niniejszej koncepcji technologicznej należy jeszcze raz zweryfikować na etapie projektowania.

14. Ogólne założenia systemu sterowania pracą urządzeń

Sterowanie pracą urządzeń powinno być realizowane przy użyciu sterownika wraz z panelem operatorskim umieszczonym na szafie sterowniczej. Szafa sterownicza powinna być wyposażona w programatory pracy poszczególnych urządzeń wraz ze stycznikiem i wyłącznikiem silnikowym z termikiem. Pokręta na panelu sterowania powinny umożliwić włączenie (start) lub wyłączenie (stop) danego urządzenia oraz wybór pracy w trybie ręcznym lub automatycznym. Dodatkowo powinny być umieszczone diody sygnalizujące pracę poszczególnych urządzeń (dioda zielona) lub awarię (dioda czerwona). Podstawowym miejscem zarządzania i kontroli procesu technologicznego powinna być sterownia ze stanowiskiem komputerowym, na którym powinien być zainstalowany system SCADA. Stworzona aplikacja powinna pozwalać na:

- wizualizację procesu technologicznego,
- sterowanie urządzeniami i wprowadzanie nastaw,
- archiwizację pomiarów i możliwość ich przeglądania w postaci wykresów,
- rejestrację czasu pracy poszczególnych urządzeń oraz stanów alarmowych i awarii.

W celu kontroli procesu oczyszczania ścieków oraz optymalizacji kosztów napowietrzania ścieków oraz regulacji usuwania osadu nadmiernego z reaktorów SBR proponuje się następujące pomiary parametrów technologicznych:

- stężenia tlenu rozpuszczonego za pomocą sond tlenowych w reaktorach SBR 1 i 2 (konieczne),
- poziomu ścieków za pomocą sond hydrostatycznych w reaktorach SBR 1 i 2 (konieczne),
- stężenia osadu czynnego za pomocą sondy gęstości osadu w reaktorach SBR 1 i 2 (wskazane, ale niekonieczne),
- stężenia azotanów i azotu amonowego oraz pH za pomocą sondy jonoselektywnej w dwóch reaktorach SBR 1 i 2 (wskazane, ale niekonieczne),
- mętności ścieków oczyszczonych w rurociągu po komorze strącania chemicznego zanieczyszczeń (wskazane, ale niekonieczne).

Napełnianie reaktorów SBR ściekami surowymi będzie prowadzone automatycznie poprzez czujnik poziomu ścieków w reaktorach SBR. Włączenie pompy ścieków surowych w zbiorniku retencyjnym spowoduje włączenie się mieszadła w zbiorniku retencyjnym i mieszadeł w reaktorze SBR. Mieszadło w zbiorniku retencyjnym będzie pracowało tylko podczas pracy pompy ścieków surowych. Z kolei praca mieszadeł w reaktorze SBR będzie

sterowana poprzez program zegara czasowego w celu utrzymywania odpowiedniej długości fazy beztlenowej/niedotlenionej w jednym cyklu pracy reaktora SBR.

Po wyłączeniu się mieszadeł w reaktorze SBR włączy się automatycznie dmuchawa. Sterowanie pracą dmuchawy do napowietrzania ścieków powinno odbywać się w sposób automatyczny w zależności od wymaganego stężenia tlenu, które będzie mierzone za pomocą sondy tlenowej w reaktorze SBR. Wydajność dmuchawy powinna być regulowana za pomocą falownika. W przypadku awarii sondy tlenowej dmuchawa będzie pracowała ze stałą wydajnością. Z kolei czas napowietrzania za pomocą dmuchawy sterowany będzie poprzez program zegara czasowego. Zakłada się pracę tylko jednej dmuchawy dla każdego reaktora SBR. Dmuchawy będą pracowały przemiennie. Trzecia dmuchawa będzie stanowiła urządzenie rezerwowe. W przypadku wzrostu ładunku zanieczyszczeń w dopływie do reaktora biologicznego i znacznego spadku stężenia tlenu dopuszcza się pracę 2 dmuchaw jednocześnie.

Sedymentacja osadu będzie realizowana w trybie zegara czasowego po wyłączeniu się dmuchawy. Po zakończeniu sedymentacji osadu zostanie uruchomiony automatycznie spust ścieków oczyszczonych za pomocą dekantera i pompy poprzez otwarcie zasuw z napędem elektrycznym. Spust ścieków oczyszczonych będzie prowadzony do odpowiedniego poziomu.

Spust osadu nadmiernego do komory stabilizacji tlenowej będzie prowadzony automatycznie poprzez czujnik poziomu w reaktorze SBR. Alternatywnie pompa osadu nadmiernego może pracować w trybie czasowym.

Dozowanie koagulantu do strącania nadwyżki fosforu w ściekach po procesie biologicznym powinno być realizowane podczas odprowadzania ścieków z reaktorów SBR 1 i 2 do komory strącania chemicznego wg ustalonej wcześniej dawki. Regulacja dawki koagulantu powinna odbywać się ręcznie za pomocą pokrętła regulacyjnego na pompie w zależności od stężenia fosforu w ściekach oczyszczonych odpływających z reaktorów SBR 1 i 2. Pompa koagulantu powinna się uruchamiać po włączeniu się pompy ścieków w reaktorze SBR 1 lub SBR 2. Wyłączenie pompy ścieków z reaktorów SBR 1 i 2 powinno spowodować wyłączenie pompy koagulantu.

Odwadnianie osadu powinno być prowadzone w sposób automatyczny. Wymagane będzie jedynie włączenie urządzenia odwadniającego, stacji dozowania flokulantu i pompy osadu. W skład wyposażenia instalacji odwadniania osadu będzie wchodziła tablica sterująca zamontowana na obudowie urządzenia odwadniającego składająca się z włącznika głównego, włączników czasowych do programowania cyklu odwadniania i czasowych urządzeń alarmowych, przekaźników i zabezpieczeń termicznych pompy osadu, pompy flokulantu i mieszadła w stacji flokulantu.

15. Zestawienie producentów i dostawców urządzeń

W tabeli 15 zestawiono dane kontaktowe producentów lub dostawców poszczególnych urządzeń i instalacji dla 2 wariantów modernizacji i rozbudowy oczyszczalni ścieków w Skórczu. Urządzenia tych dostawców zostały zaproponowane w niniejszej koncepcji i wycenione.

Tabela 15. Dane kontaktowe producentów lub dostawców urządzeń i instalacji dla I i II wariantu modernizacji i rozbudowy oczyszczalni ścieków w Skórczu

Nazwa urządzenia lub instalacji	Producent lub dostawca	Adres	Telefon
Sita bębnowe	EKOFINN-POL Sp. z o.o.	ul. Leśna 80-297 Banino koło Gdańska	692 453 345 58 684 87 03 Arkadiusz Krzczkowski
Piaskownik pionowy z pompą pulpy piaskowej	EKO-MONTAŻ Sp. z o.o.	ul. W. Witosa 16 B 20-315 Lublin	81 442 01 24 Ewelina Ożga
Separator piasku	EKO-MONTAŻ Sp. z o.o.	ul. W. Witosa 16 B 20-315 Lublin	81 442 01 24 Ewelina Ożga
Pompa ścieków surowych Flygt w zbiorniku retencyjnym	Xylem Water Solutions Polska Sp. z o.o.	ul. Warszawska 49 05-090 Raszyn	Michał Bielenia tel. 697 970 168
Mieszadła Flygt, pompa osadu nadmiernego Flygt i pompa ścieków oczyszczonych Flygt w nowym reaktorze SBR 2	Xylem Water Solutions Polska Sp. z o.o.	ul. Warszawska 49 05-090 Raszyn	Michał Bielenia tel. 697 970 168
Dekantery z ruchomym ramieniem w nowym reaktorze SBR 2 z zasuwami z napędem elektrycznym na rurociągach spustowych	EKO-MONTAŻ Sp. z o.o.	ul. W. Witosa 16 B 20-315 Lublin	81 442 01 24
Dyfuzory membranowe rurowe w nowym reaktorze SBR 2	AKWATECH Sp. z o.o.	ul. Serbska 4 61-696 Poznań	887 555 044 Paweł Kubczak
Dmuchawy rotacyjne Roots'a (Robuschi) do napowietrzania ścieków	EKOFINN-POL Sp. z o.o.	ul. Leśna 80-297 Banino koło Gdańska	608 503 520 58 684 87 03 Rafał Kamiński
Dmuchawy śrubowe do napowietrzania ścieków	EKOFINN-POL Sp. z o.o.	ul. Leśna 80-297 Banino koło Gdańska	608 503 520 58 684 87 03 Rafał Kamiński
Prasa taśmowa do odwadniania osadu z kompletnym wyposażeniem	EKOFINN-POL Sp. z o.o.	ul. Leśna 80-297 Banino koło Gdańska	692 453 345 58 684 87 03 Arkadiusz Krzczkowski
Wirówka niskoobrotowa do odwadniania osadu z kompletnym wyposażeniem	NOXON POLAND Sp. z o.o.	ul. Wrocławska 104 81-530 Gdynia	605 072 838 Łukasz Kwiatkowski
Instalacja higienizacji osadu odwodnionego	EKOFINN-POL Sp. z o.o.	ul. Leśna 80-297 Banino koło Gdańska	692 453 345 58 684 87 03 Arkadiusz Krzczkowski
Sonda tlenowa, sonda pomiaru poziomu, sonda pomiaru azotanów i amoniaku, sonda mętności	Edress-Hauser	ul. Wołowska 11 51-116 Wrocław	71 773 00 24 Bartosz Fras

ścieków oczyszczonych, sonda gęstości osadu			
Budowa reaktora biologicznego SBR, budowa budynku technologicznego ze stacją odwadniania osadu, instalacją higienizacji osadu, dmuchawami oraz budowa składowiska osadu odwodnionego	EcoTech Sp. z o.o. Sp.k.	ul. Słoneczna 39 A 83-021 Wiślina/ koło Gdańska	602 198 298 Aleksander Stamirski
Falowniki do dmuchaw	APATOR CONTROL Sp. Z o.o.	ul. Żółkiewskiego 21/29 87-100 Toruń	56 619 13 45
Zasuwy	TEHACO Sp. z o.o.	ul. Barniewicka 66 A 80-299 Gdańsk	58 554 59 29

16. Szacunkowe koszty inwestycyjne modernizacji i rozbudowy oczyszczalni

W tabelach 16 i 17 zaprezentowano szacunkowe koszty inwestycyjne nowych urządzeń, instalacji i obiektów dla 2 wariantów modernizacji i rozbudowy oczyszczalni ścieków w Skórczu. Są to ceny katalogowe urządzeń. Tak więc istnieje możliwość negocjacji tych cen na etapie ostatecznego zamówienia urządzeń. Natomiast w tabeli 18 oddzielnie wyceniono suszarnię solarną dla zobrazowania poziomu kosztu inwestycyjnego tego przedsięwzięcia. Dokładny koszt inwestycyjny całego przedsięwzięcia zostanie określony dopiero w kosztorysie inwestorskim po wykonaniu szczegółowego projektu budowlanego.

Tabela 16. Szacunkowe koszty inwestycyjne dla I wariantu modernizacji i rozbudowy oczyszczalni ścieków w Skórczu

Wyszczególnienie	Koszt netto [zł]
Sita bębnowe (2 szt.)	2 x 38 000 = 76 000
Piaskownik pionowy wirowy z pompą pulpy piaskowej (1 szt.)	50 000
Separator piasku z płuczką piasku (1 szt.)	56 000
Pompa ścieków surowych FLYGT z prowadnicą i żurawikiem w zbiorniku retencyjnym (1 szt.)	25 000
Reaktor biologiczny SBR 2 (1 szt.) – budowa zbiornika żelbetowego	550 000
Mieszadła FLYGT w nowym reaktorze SBR 2 z prowadnicami i żurawikami (2 szt.)	2 x 45 300 = 90 600
Dekantery z ruchomym ramieniem w nowym reaktorze SBR 2 (2 szt.) z 2 zasuwami z napędem elektrycznym na rurociągach spustowych	2 x 24 000 = 48 0000
Pompa ścieków oczyszczonych FLYGT z prowadnicą i	41 500

żurawikiem w nowym reaktorze SBR 2 w komorze zbiorczej (1 szt.)	
Pompa osadu nadmiernego FLYGT z prowadnicą i żurawikiem w nowym reaktorze SBR 2 (1 szt.)	17 700
Dyfuzory membranowe rurowe w nowym reaktorze SBR 2 (252 szt.) z rurociągami powietrznymi	69 000
Sonda tlenowa z armaturą zanurzeniową i przetwornikiem jednokanałowym w nowym reaktorze SBR 2 (1 szt.)	12 000
Sonda hydrostatyczna do pomiaru poziomu w nowym reaktorze SBR 2 (1 szt.)	1 900
Dmuchawy rotacyjne Roots'a z falownikami i obudowami dźwiękochłonnymi na potrzeby reaktorów SBR 1 i 2 (3 szt.)	3 x 45 000 = 135 000
Dmuchawa rotacyjna Roots'a z falownikiem i obudową dźwiękochłonną na potrzeby komory stabilizacji tlenowej osadu (1 szt.)	21 000
Prasa taśmowa (1 szt.) do odwadniania osadu z kompletnym wyposażeniem, z instalacją odzysku wody płuczającej, o wydajności max 15 m ³ /h, z dostawą i montażem	392 000
Budynek stacji odwadniania osadu, z pomieszczeniem dmuchaw – budowa (1 szt.)	360 000
Instalacja higienizacji osadu z prostym urządzeniem dozowania wapna do transportera osadu odwodnionego (1 szt.)	59 000
Plac składowania osadu odwodnionego – budowa	700 000
Droga dojazdowa do placu składowania osadu - budowa	150 000
Automatyka, sterowanie i zasilanie energetyczne	200 000
Montaż urządzeń, rozbudowa instalacji wod-kan i sprężonego powietrza	100 000
Łączny koszt	3 154 700

Tabela 17. Szacunkowe koszty inwestycyjne dla II wariantu modernizacji i rozbudowy oczyszczalni ścieków w Skórczu

Wyszczególnienie	Koszt netto [zł]
Sita bębnowe (2 szt.)	2 x 38 000 = 76 000
Piaskownik pionowy wirowy z pompą pulpy piaskowej (1 szt.)	50 000
Separator piasku z płuczką piasku (1 szt.)	56 000
Pompa ścieków surowych FLYGT z prowadnicą i żurawikiem w zbiorniku retencyjnym (1 szt.)	25 000
Reaktor biologiczny SBR 2 (1 szt.) – budowa zbiornika żelbetowego	550 000
Mieszadła FLYGT w nowym reaktorze SBR 2 z prowadnicami i żurawikami (2 szt.)	2 x 45 300 = 90 600
Dekantery z ruchomym ramieniem w nowym reaktorze SBR 2 (2 szt.) z 2 zasuwami z napędem elektrycznym na rurociągach spustowych	2 x 24 000 = 48 000
Pompa ścieków oczyszczonych FLYGT z prowadnicą i	41 500

żurawikiem w nowym reaktorze SBR 2 w komorze zbiorczej (1 szt.)	
Pompa osadu nadmiernego FLYGT z prowadnicą i żurawikiem w nowym reaktorze SBR 2 (1 szt.)	17 700
Dyfuzory membranowe rurowe w nowym reaktorze SBR 2 (252 szt.) z rurociągami powietrznymi	69 000
Sonda tlenowa z armaturą zanurzeniową i przetwornikiem jednokanałowym w nowym reaktorze SBR 2 (1 szt.)	12 000
Sonda hydrostatyczna do pomiaru poziomu w nowym reaktorze SBR 2 (1 szt.)	1 900
Sondy jonoselektywne do pomiaru azotanów i amoniaku oraz pH z kablem pomiarowym, kompresorem do czyszczenia i przetwornikami jednokanałowymi w reaktorach SBR 1 i SBR 2 (2 szt.)	2 x 29 000 = 58 000
Sondy gęstości osadu z armaturą zanurzeniową i przetwornikami jednokanałowymi w reaktorach SBR 1 i SBR 2 (2 szt.)	2 x 15 000 = 30 000
Sonda do pomiaru mętności ścieków oczyszczonych w rurociągu z armaturą procesową i przetwornikiem jednokanałowym (1 szt.)	18 000
Dmuchawy śrubowe z falownikami i obudowami dźwiękochłonnymi na potrzeby reaktorów SBR 1 i 2 (3 szt.)	3 x 86 000 = 258 000
Dmuchawa rotacyjna Roots'a z falownikiem i obudową dźwiękochłonną na potrzeby komory stabilizacji tlenowej osadu (1 szt.)	21 000
Wirówka niskoobrotowa (1 szt.) do odwadniania osadu z kompletnym wyposażeniem o wydajności 5÷15 m ³ /h, z dostawą i montażem	650 000
Budynek stacji odwadniania osadu z pomieszczeniem dmuchaw – budowa (1 szt.)	360 000
Instalacja higienizacji osadu (złożona) składająca się z silosa na wapno, dozownika wapna, przenośnika osadu, mieszarki osadów z wapnem, przenośnika osadu zmieszanego z wapnem, ze sterowaniem automatycznym (1 szt.)	117 000
Plac składowania osadu odwodnionego – budowa	700 000
Droga dojazdowa do placu składowania osadu - budowa	150 000
Automatyka, sterowanie i zasilanie energetyczne	200 000
Montaż urządzeń, rozbudowa instalacji wod-kan i sprężonego powietrza	100 000
Łączny koszt	3 699 700

Tabela 18. Przykładowy szacunkowy koszt suszarni solarnej

Wyszczególnienie	Koszt netto [zł]
Suszarnia solarna (1 hala o powierzchni ok. 1 400 lub 1 700 m ²) dla docelowej ilości	2 500 000÷3 000 000

osadów odwodnionych ok. 1 400 lub 1 700 Mg/rok, bez dodatkowego ogrzewania podłogowego	
--	--

Koszty niezbędnej dokumentacji, która posłuży do uzyskania stosownych decyzji administracyjnych podano w tabeli 19.

Tabela 19. Szacunkowe koszty opracowania dokumentacji oczyszczalni wg wyceny firmy EcoTech Sp. z o.o. Sp.k. w Wiślinie/ koło Gdańska

Rodzaj opracowania	Koszt netto [zł netto]
Dokumentacja geotechniczna terenu	120 000
Projekt zagospodarowania terenu	
Projekt budowlany	
Projekt technologiczny	
Projekt zasilania i sterowania urządzeń	
Karta informacyjna przedsięwzięcia i ewentualnie raport oceny oddziaływania na środowisko	
Operat wodnoprawny	
Instrukcja eksploatacji oczyszczalni ścieków	
Łączny koszt	

Koszty dodatkowego wyposażenia zestawiono w tabeli 20.

Tabela 20. Szacunkowe koszty dodatkowego wyposażenia

Wyszczególnienie	Koszt netto [zł]
Waga samochodowa z betonu o nośności 50 ton z kompletnym wyposażeniem o długości 14 lub 18 m i szerokości 3 m firmy WAGOTECHNIKA Sp.j. w Lublinie	50 000÷60 000
Instalacja pomp ciepła do produkcji c.o. i c.w.u ze studniami pionowymi firmy SUN ENERGY Sp. z o.o. w Gdańsku (z dostawą i montażem)	95 000
Ogniwo fotowoltaiczne dachowe o powierzchni 100 m ² na potrzeby oświetlenia terenu oczyszczalni i pomieszczeń w budynku o mocy 15 kW (przy uwzględnieniu jednostkowego kosztu – 7 000 zł/kW)	105 000
Wymiana np. 20 opraw rtęciowych o mocy 250 W na ledowe o mocy 100 W do oświetlenia terenu (oszczędność energii ok. 50÷60%)	14 000
Licznik półpośredni z przekładnikami do pomiaru energii elektrycznej zużywanej przez dmuchawy firmy Apator	2 000
Zestaw laboratoryjny (spektrofotometr, mineralizator i odczynniki) do oznaczania podstawowych wskaźników w ściekach firmy Hach	26 000

Tlenomierz z przenośną sondą tlenową, z kablem o długości 6 m i kompletnym wyposażeniem firmy POL-EKO APARATURA	6 500
---	-------

17. Aktualne koszty eksploatacyjne w oczyszczalni ścieków

W tabeli 21 przedstawiono aktualne koszty zużycia energii elektrycznej, zużycia flokulantu i zagospodarowania odpadów (bez kosztów remontów, wynagrodzeń pracowników, opłaty środowiskowej, badań ścieków i wód odbiornika, itp.).

Tabela 21. Aktualne koszty zużycia energii elektrycznej, zużycia flokulantu i zagospodarowania odpadów

Wyszczególnienie	Koszt netto [zł netto/rok]
Sumaryczne zużycie energii elektrycznej, w tym:	85 073,60
- szacunkowe zużycie energii elektrycznej przez dmuchawy (przyjęto 65% zużycia całkowitego)	55 297,84
- szacunkowe zużycie energii elektrycznej na c.o. i c.w.u	3 975,00
- szacunkowe zużycie energii elektrycznej przez pompy, mieszadła, sito bębnowe, prasę i oświetlenie terenu	25 800,76
Zużycie flokulantu proszkowego do odwadniania osadu	9 388,00
Zagospodarowanie skratek	4 597,25
Zagospodarowanie osadu	94 464,00
Jednostkowa cena flokulantu proszkowego do odwadniania osadu [zł netto/kg]	13,41
Jednostkowy koszt zagospodarowania skratek [zł netto/Mg]	185,00
Jednostkowy koszt zagospodarowania osadu [zł netto/Mg]	81,65

18. Szacunkowe koszty eksploatacyjne różnych rozwiązań technologicznych

Szacunkowe koszty eksploatacyjne różnych rozwiązań technologicznych odniesione dla aktualnej ilości oczyszczanych ścieków zamieszczono w tabelach 22, 23, 24, 25, 26 i 27.

Tabela 22. Szacunkowe koszty zużycia energii elektrycznej przez istniejące dmuchawy rotacyjne Roots'a i proponowane energooszczędne dmuchawy śrubowe dla aktualnej ilości ścieków

Rodzaj dmuchawy	Koszt netto zużycia energii elektrycznej przez dmuchawy [zł netto/rok]
Dmuchawy rotacyjne Roots'a	55 297,84
Dmuchawy śrubowe (założono pobór energii elektrycznej o 15% mniejszy)	47 003,16
Roczny zysk w stosunku do aktualnych kosztów napowietrzania ścieków [zł netto/rok]	8 294,68

Tabela 23. Szacunkowe koszty zagospodarowania obecnej ilości osadów odwodnionych w zależności od rodzaju flokulantu przy uwzględnieniu aktualnego jednostkowego kosztu zagospodarowania osadów odwodnionych

Rodzaj flokulantu	Zużycie flokulantu [kg/rok]	Koszt netto zużycia flokulantu [zł netto/rok]	Ilość osadów odwodnionych [Mg/rok]	Koszt netto zagospodarowania osadów odwodnionych [zł netto/rok]	Łączny koszt netto [zł netto/rok]
Flokulant proszkowy (aktualna sucha masa osadu odwodnionego na prasie – 14%)	700	9 388,00	1 157	94 464,00	103 852,00
Emulsja kationowa ZETAG 9048FS (przewidywana sucha masa osadu odwodnionego na prasie – 16%)	1 400	10 920,00 (*)	1 010	82 466,50	93 386,50
Roczny zysk w stosunku do aktualnych kosztów zagospodarowania osadów [zł netto/rok]					10 465,50

gdzie: (*) – cena emulsji kationowej przy dostawie 1 000 kg – 7,80 zł netto/kg

Tabela 24. Szacunkowe koszty zagospodarowania obecnej ilości osadów odwodnionych w zależności od rodzaju urządzenia odwadniającego przy uwzględnieniu aktualnego jednostkowego kosztu zagospodarowania osadów odwodnionych i flokulantu proszkowego

Rodzaj urządzenia odwadniającego	Ilość osadów odwodnionych [Mg/rok]	Koszt netto zagospodarowania osadów odwodnionych [zł netto/rok]
Prasa taśmowa (aktualna sucha masa osadu odwodnionego na prasie – 14%)	1 157	94 464,00
Wirówka niskoobrotowa (przewidywana sucha masa osadu odwodnionego na wirówce – 17%)	950	77 567,50
Roczny zysk w stosunku do aktualnych kosztów zagospodarowania osadów [zł netto/rok]		16 896,50

Tabela 25. Szacunkowe jednostkowe koszty suszenia solarne, kompostowania i chemicznego przetwarzania odwodnionych osadów ściekowych

Rodzaj przeróbki odwodnionych osadów ściekowych	Koszt jednostkowy [zł netto/Mg]
Suszenie solarne bez dodatkowego ogrzewania podłogowego zimą (produkcja wysuszonego osadu)	10÷15
Suszenie solarne z dodatkowym ogrzewaniem podłogowym zimą (produkcja wysuszonego osadu)	100
Kompostowanie (produkcja nawozu organicznego w postaci kompostu)	60÷100
Chemiczne przetwarzanie (produkcja nawozu wapniowo-organicznego)	100÷120

Tabela 26. Szacunkowy roczny koszt suszenia solarnego dla obecnej produkcji odwodnionych osadów ściekowych w Skórczu przy uwzględnieniu jednostkowego kosztu suszenia – 13 zł/Mg oraz kosztu zagospodarowania wysuszonych osadów – 81,65 zł/Mg (przyjęto aktualną wartość, chociaż koszt zagospodarowania osadu wysuszonego o zawartości 60% s.m. powinien być niższy)

Ilość osadów odwodnionych [Mg/rok]	Ilość osadu po suszeniu solarnym [Mg/rok]	Koszt netto suszenia solarnego osadów odwodnionych [zł netto/rok]	Koszt netto zagospodarowania wysuszonych osadów [zł netto/rok]	Łączny koszt netto suszenia osadów i zagospodarowania wysuszonych osadów [zł netto/rok]	Roczny zysk w stosunku do aktualnych kosztów zagospodarowania osadów [zł netto]
1 157 (przy aktualnej suchej masie osadu odwodnionego na prasie – 14%)	270	15 041,00	22 045,50	37 086,50	57 377,50

950 (przy założonej suchej masie osadu odwodnionego na wirówce – 17%)	270	12 350,00	22 045,50	34 395,50	60 0068,50
---	-----	-----------	-----------	-----------	------------

Tabela 27. Szacunkowy koszt odbioru odpadów z oczyszczalni przez Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowo-Usługowe Kamrol Wincenty Rogacki w Chodzieży i Zakład Utylizacji Odpadów Komunalnych w Starym Lesie

Wyszczególnienie	Koszt jednostkowy [zł netto/Mg]
Zagospodarowanie osadu odwodnionego wraz z transportem przez Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowo-Usługowe Kamrol Wincenty Rogacki w Chodzieży	60,00
Zagospodarowanie odpadów z oczyszczalni bez transportu przez Zakład Utylizacji Odpadów Komunalnych w Starym Lesie, w tym:	
- skratki	260,00
- piasek	260,00
- osad ściekowy spełniający wymagania zakładu (sucha masa osadu-min.14÷15%)	65,00
- osad ściekowy niespełniający wymagań zakładu	180,00

Wraz ze wzrostem ilości ścieków wrosną oczywiście koszty eksploatacyjne pracy oczyszczalni, co pokazano w tabelach 28 i 29. Aby ograniczyć wzrost kosztów eksploatacyjnych w przyszłości należałoby zastosować energooszczędne dmuchawy śrubowe do napowietrzania ścieków oraz wirówkę do odwadniania osadu. Niestety urządzenia te są dużo droższe niż dmuchawy rotacyjne Roots'a i prasy taśmowe. Przed ostatecznym wyborem proponuje się przetestować w oczyszczalni dmuchawę śrubową i wirówkę w celu dokonania oceny energochłonności dmuchawy i stopnia odwodnienia osadu. Z drugiej strony wyższe koszty eksploatacyjne oczyszczalni zostaną w dużej części zrekompensowane dodatkowymi wpływami finansowymi z tytułu odbioru zwiększonej ilości ścieków bytowych i przemysłowych, co pokazano w tabeli 30.

Tabela 28. Szacunkowe koszty eksploatacyjne odniesione dla docelowej ilości oczyszczanych ścieków – 1 000 m³/d przy aktualnych cenach jednostkowych wg I wariantu modernizacji i rozbudowy oczyszczalni

Wyszczególnienie	Ilość	Cena jednostkowa [zł netto/MWh, zł/netto/Mg osadu,	Koszt netto roczny [zł netto/rok]	Wzrost kosztów w stosunku do 2015 roku [zł netto/rok]

		zł netto/kg flokulanta, zł netto/kg wapna, zł/Mg skratek i piasku]		
Zużycie energii elektrycznej przez dmuchawy rotacyjne Roots'a [MWh/rok]	315	390	122 850	67 552
Zagospodarowanie osadów odwodnionych na prasie [Mg/rok]	1 700	81,65	138 805	44 341
Zużycie flokulanta do odwadniania osadu [kg/rok]	1 030	13,41	13 812,30	4 424
Zużycie wapna palonego do higienizacji osadu [kgCaO/rok]	85 000	0,5	42 500	42 500
Zagospodarowanie skratek [Mg/rok]	36	185,00	6 660	2 063
Zagospodarowanie piasku [Mg/rok]	12	185,00	2 220	2 220
Łączny wzrost kosztów w stosunku do 2015 roku [zł netto/rok]				163 100

Tabela 29. Szacunkowe koszty eksploatacyjne odniesione dla docelowej ilości oczyszczanych ścieków – 1 000 m³/d przy aktualnych cenach jednostkowych wg II wariantu modernizacji i rozbudowy oczyszczalni

Wyszczególnienie	Ilość	Cena jednostkowa [zł netto/MWh, zł/netto/Mg osadu, zł netto/kg flokulanta, zł netto/kg wapna, zł/Mg skratek i piasku]	Koszt netto roczny [zł netto/rok]	Wzrost kosztów w stosunku do 2015 roku [zł netto/rok]
Zużycie energii elektrycznej przez dmuchawy śrubowe o 15% mniejsze	270	390	105 300	50 002

[MWh/rok]				
Zagospodarowanie osadów odwodnionych na wirówce [Mg/rok]	1 400	81,65	114 310	19 846
Zużycie flokulanta do odwadniania osadu [kg/rok]	1 030	13,41	13 812,30	4 424
Zużycie wapna palonego do higienizacji osadu [kgCaO/rok]	70 000	0,5	35 000	35 000
Zagospodarowanie skratek [Mg/rok]	36	185,00	6 660	2 063
Zagospodarowanie piasku [Mg/rok]	12	185,00	2 220	2 220
Łączny wzrost kosztów w stosunku do 2015 roku [zł netto/rok]				113 555

Przy czym zestawione koszty eksploatacyjne nie obejmują całkowitych kosztów zużycia energii elektrycznej przez wszystkie urządzenia i instalacje, kosztów remontów i opłaty środowiskowej, które ulegną w przyszłości zwiększeniu.

Tabela. 30. Przychody finansowe z tytułu odbioru dodatkowej ilości ścieków bytowych z gospodarstw domowych – 75 m³/d i ścieków przemysłowych z firmy IGLOTEX S.A – 50 m³/d (założono wariant ostrożnościowy)

Wyszczególnienie	Roczna ilość ścieków [m ³ /rok]	Cena jednostkowa [zł/m ³]	Przychód roczny [zł netto/rok]
Ścieki bytowe	27 375	3,89	106 488,75
Ścieki przemysłowe z firmy IGLOTEX S.A. (wg I taryfy)	18 250	3,90	71 175,00
Łączny przychód roczny [zł netto/rok]			177 663,75

Poniżej określono okres zwrotu dmuchaw śrubowych i wirówki przy założeniu dofinansowania z funduszy unijnych w wysokości 70%. Przy czym maksymalne dofinansowanie unijne może wynieść nawet 85%.

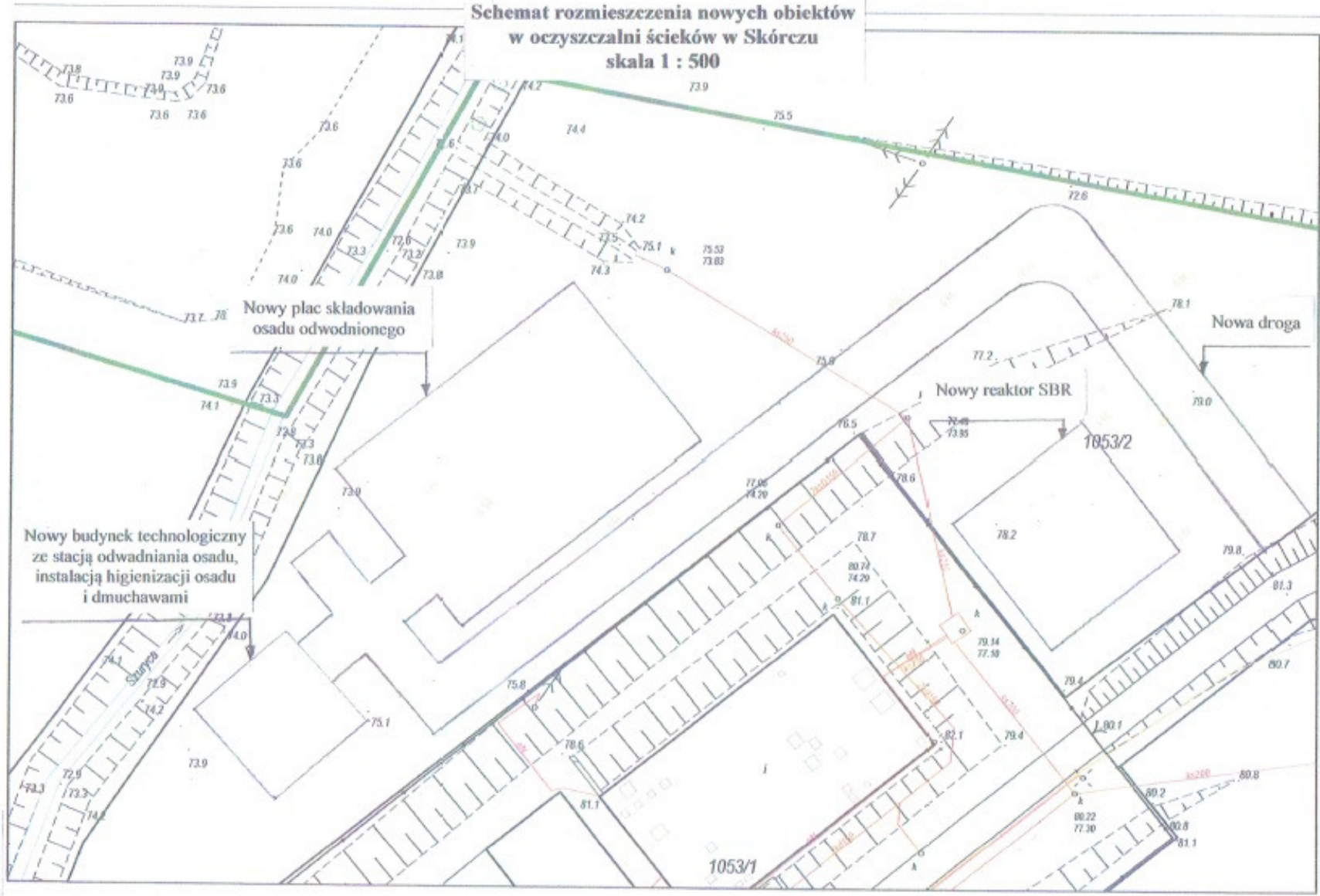
- okres zwrotu 3 dmuchaw śrubowych:

$$(258\ 000\ \text{zł netto} \times 0,3) : (17\ 550\ \text{zł netto/rok}) = 4,4\ \text{lat}$$

➤ okres zwrotu wirówki:

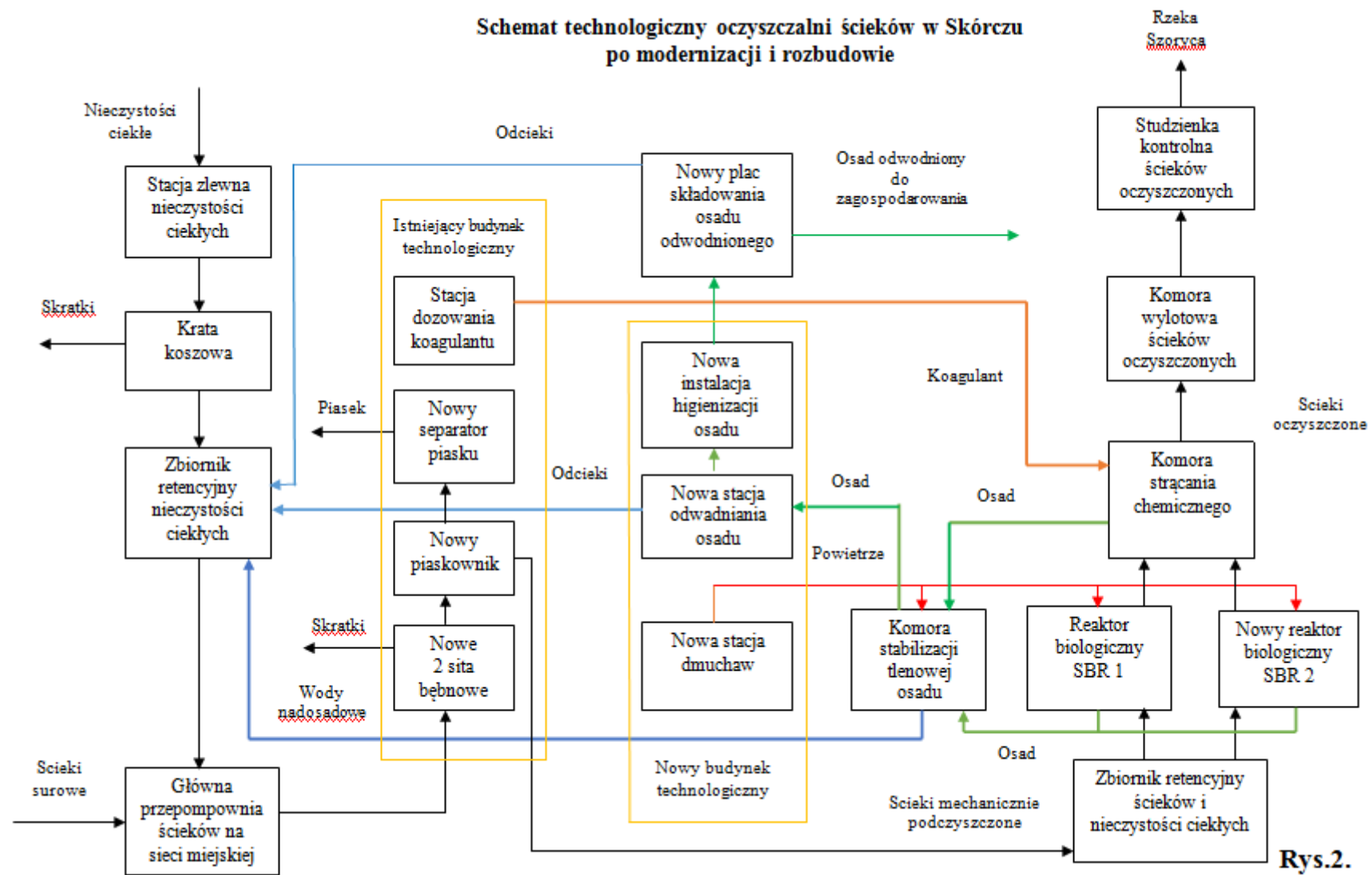
$$(650\ 000\ \text{zł netto} \times 0,3) : (24\ 495\ \text{zł netto/rok}) = 8,0\ \text{lat}$$

**Schemat rozmieszczenia nowych obiektów
w oczyszczalni ścieków w Skórczu
skala 1 : 500**



Rys. 1.

Schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Skórczu po modernizacji i rozbudowie



Rys.2.