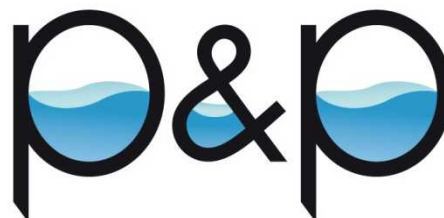


Ingenieurbüro
Dipl.-Ing. Przywecki & Partner
Industriestraße 31
82194 Gröbenzell b. München

www.ib-przywecki.de

T +49 (0)8142 652 73 90
F +49 (0)8142 652 73 91
M +49 (0)170 48 62 895
e-mail: wp@ib-przywecki.de
ib-pp@gmx.de



Ingenieurbüro
Przywecki & Partner

Przywecki & Partner | Industriestraße 31 | 82194 Gröbenzell

ZLECENIODAWCA:

GPK „Eko-Raszyn” Sp. z o.o.
ul. Unii Europejskiej 3
05-090 Raszyn



Wariantowa koncepcja modernizacji oczyszczalni ścieków w Falentach i pompowni „Stadionowa” w Raszynie

Numer projektu: 201805

Gröbenzell, dnia 19.04.2019
uzupełniono, dnia 17.08.2019

mgr inż. W. Przywecki

Spis treści:

1	Uwagi wstępne	9
1.1	Zleceniodawca	9
1.2	Geneza niniejszej koncepcji modernizacji	9
1.3	Dane wyjściowe dostarczone przez Zleceniodawcę	10
2	Cel niniejszej koncepcji modernizacji	11
3	Pompownia „Stadionowa”	12
3.1	Stan istniejący	12
3.2	Założenia modernizacyjne i dane wymiarujące	14
3.2.1	Modernizacja SP „Stadionowa” – pompy zatapialne – Wariant Stad1	19
3.2.2	Modernizacja SP „Stadionowa” – pompy w komorze suchej – Wariant Stad2	22
3.2.3	Modernizacja SP „Stadionowa” – tłocznia – Wariant Stad3	25
3.3	Porównanie energochłonności zaproponowanych wariantów	27
3.4	Zastosowanie maceratora części stałych	28
3.5	Porównanie kosztów budowy zaproponowanych wariantów	29
3.5.1	Oszacowanie kosztów realizacji pompowni „Stadionowa” – wariant Stad1 – pompy zatapialne	29
3.5.2	Oszacowanie kosztów realizacji pompowni „Stadionowa” – wariant Stad2 – pompy suchostojące zblokowane	31
3.5.3	Oszacowanie kosztów realizacji pompowni „Stadionowa” – wariant Stad3 – tłocznia	33
3.5.4	Wybór wariantu rekomendowanego dla pompowni „Stadionowa”	35
4	Oczyszczalnia ścieków w Falentach – stan istniejący	37
4.1	Krótki opis istniejących budowli i urządzeń OŚ Falenty	44
4.1.1	Rys historyczny i krótki opis technologii OŚ Falenty	44
4.1.2	Kontenerowa stacja zlewna ścieków dowożonych (Obiekt nr 2)	46
4.1.3	Zbiornik retencyjno-uśredniający ścieków dowożonych (Obiekt nr 2)	46
4.1.4	Zbiornik retencyjno-uśredniający ścieków dowożonych (Obiekt nr 5)	46
4.1.5	Budynek kraty kosztowej na kanale dopływowym z Falent (Obiekt nr 8)	47
4.1.6	Pompownia ścieków PS1 na dopływie z Falent (Obiekt nr 9)	47
4.1.7	Stacja mechanicznego oczyszczania ścieków (Obiekty nr 10.1 i 10.2)	47

4.1.8	Pompownia ścieków PS2 (Obiekt nr 12)	47
4.1.9	Zbiornik Klarblok (Obiekt nr 13)	48
4.1.10	Komora rozdziału KR1 (Obiekt nr 14)	48
4.1.11	Reaktor Carousell (Obiekt nr 15)	48
4.1.12	Pompownia osadu recyrkulowanego i nadmiernego PO1 (Obiekt nr 19.1)	48
4.1.13	Osadniki wtórne w ciągu „Carousell” (Obiekty nr 18.1 i 18.2)	49
4.1.14	Reaktory biologiczne w ciągu z roku 2008 (Obiekty nr 16.1 do 16.4)	49
4.1.15	Komora rozdziału KR3 (Obiekt nr 17)	49
4.1.16	Osadniki wtórne w ciągu z roku 2008 (Obiekty nr 18.3 i 18.4)	50
4.1.17	Pompownia osadu recyrkulowanego i nadmiernego PO2 (Obiekt nr 19.2)	50
4.1.18	Stacja dozowania PIX i PAX (Obiekt nr 20)	50
4.1.19	Zbiornik retencyjny osadów (Obiekt nr 23)	50
4.1.20	Zbiornik retencyjny ścieków oczyszczonych (Obiekt nr 25)	50
4.1.21	Pompownia części pływających (Obiekt nr 28)	51
4.1.22	Budynek hali dmuchaw, rozdzielni elektrycznej i stacji transformatorowej (Obiekt nr 21)	51
4.1.23	Budynek odwadniania i higienizacji osadu (Obiekt nr 24)	51
4.1.24	Hala składowa osadu odwodnionego (Obiekt nr 27.1)	51
4.1.25	Hala składowa osadu odwodnionego (Obiekt nr 27.2)	51
4.1.26	Poletko ociekowe części pływających (Obiekt nr 32)	52
4.1.27	Budynek obsługi technicznej (Obiekt nr 31)	52
4.1.28	Inne obiekty oczyszczalni ścieków	52

5 OŚ Falenty – prognoza wzrostu obciążenia, dane do wymiarowania

5.1	Obliczenia prognozowanego obciążenia OŚ Falenty ładunkami zanieczyszczeń	53
5.2	Obliczenia prognozowanego hydraulicznego obciążenia OŚ Falenty	55

6 Przebudowa pompowni „Falenty”

6.1	Wyznaczenie przepustowości dla nowej pompowni Falenty	59
6.2	Krótki opis nowej koncepcji pompowni „Falenty” – wariant FA2	62
6.3	Porównanie energochłonności zaproponowanych wariantów	63

6.4	Porównanie kosztów budowy zaproponowanych wariantów	64
6.4.1	Oszacowanie kosztów realizacji pompowni „Falenty” – wariant FA1 – pompy zatapialne	65
6.4.2	Oszacowanie kosztów realizacji pompowni „Falenty” – wariant FA2 – pompy ślimakowe Archimedes	65
6.4.3	Wnioski wynikające z porównania możliwych wariantów	66
7	Stopień mechanicznego oczyszczania ścieków	68
7.1	Modernizacja mechanicznego stopnia oczyszczania ścieków – wariant SMOŚ1	70
7.2	Modernizacja mechanicznego stopnia oczyszczania ścieków – wariant SMOŚ272	
7.3	Retencja ścieków nadmiarowych dla obu wariantów	73
7.4	Porównanie kosztów realizacji zaproponowanych wariantów modernizacji mechanicznego stopnia oczyszczania ścieków	74
7.4.1	Oszacowanie kosztów realizacji wariantu SMOŚ1 - łącznie z retencją ścieków nadmiarowych	75
7.4.2	Oszacowanie kosztów realizacji wariantu SMOŚ2 - łącznie z retencją ścieków	77
7.5	Porównanie energochłonności zaproponowanych wariantów mechanicznego oczyszczania ścieków	79
7.6	Wybór wariantu rekomendowanego dla stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków	80
8	Stopień biologicznego oczyszczania ścieków	82
8.1	Stopień biologicznego oczyszczania ścieków – Wariant SBOŚ1	83
8.1.1	Dane wymiarujące dla wariantu SBOŚ1	83
8.1.2	Obliczenia technologii osadu czynnego dla wariantu SBOŚ1	84
8.1.3	Komory predenitryfikacji osadu recykulowanego i biologicznej defosfatacji (obiekt nr 101)	91
8.1.4	Komory rozdziału – obiekt nr 102	92
8.1.5	Komory osadu czynnego – obiekty nr 15, 16, 104 i 105	92
8.1.6	Recyrkulacja wewnętrzna	93
8.1.7	Dmuchawy, mieszadła i system napowietrzania	94
8.1.8	Osadniki wtórne (obiekty 18.3 i 18.4)	97
8.1.9	Chemiczna eliminacja związków fosforu	98
8.1.10	Pompownia osadu recykulowanego i nadmiernego (obiekt nr. 19.2)	98
8.1.11	Energochłonność wariantu SBOŚ1	99

8.2	Stopień biologicznego oczyszczania ścieków – Wariant SBOŚ2	100
8.2.1	Dane wymiarujące dla wariantu SBOŚ2	100
8.2.2	Obliczenia technologii osadu czynnego dla wariantu SBOŚ2	102
8.2.3	Osadnik wstępny (obiekt 202)	108
8.2.4	Komory predenitryfikacji osadu recykulowanego i biologicznej defosfatacji (obiekt nr 203)	109
8.2.5	Komory osadu czynnego – obiekty nr 15, 16 i 204	110
8.2.6	Recyrkulacja wewnętrzna	111
8.2.7	Dmuchawy, mieszadła i system napowietrzania	112
8.2.8	Osadniki wtórne (obiekty 18.3 i 18.4)	116
8.2.9	Chemiczna eliminacja związków fosforu	116
8.2.10	Pompownia osadu recykulowanego i nadmiernego (obiekt nr. 19.2)	117
8.2.11	Energochłonność wariantu SBOŚ2	118
8.3	Stopień biologicznego oczyszczania ścieków – Wariant SBOŚ3	118
8.3.1	Dane wymiarujące dla wariantu SBOŚ3	118
8.3.2	Obliczenia technologii osadu czynnego dla wariantu SBOŚ3	119
8.3.3	Osadnik wstępny (obiekt 302)	127
8.3.4	Komory predenitryfikacji osadu recykulowanego i biologicznej defosfatacji (obiekt nr 203)	128
8.3.5	Komory osadu czynnego – obiekty nr 15 i 16	129
8.3.6	Recyrkulacja wewnętrzna	129
8.3.7	Dmuchawy, mieszadła i system napowietrzania	130
8.3.8	Komora BIOGRADEX (obiekt nr 304) i budynek pomp próżniowych (obiekt nr 305)	132
8.3.9	Osadniki wtórne (obiekty 18.3, 18.4 i 306)	133
8.3.10	Chemiczna eliminacja związków fosforu	134
8.3.11	Pompownia osadu recykulowanego i nadmiernego (obiekt nr. 19.2)	134
8.3.12	Energochłonność wariantu SBOŚ3	135
8.4	Porównanie kosztów realizacji zaproponowanych wariantów modernizacji mechanicznego stopnia oczyszczania ścieków	136
8.4.1	Oszacowanie kosztów realizacji wariantu SBOŚ1	136
8.4.2	Oszacowanie kosztów realizacji wariantu SBOŚ2	140
8.4.3	Oszacowanie kosztów realizacji wariantu SBOŚ3	144

8.5	Porównanie energochłonności opisanych wariantów biologicznego oczyszczania ścieków	147
8.6	Wybór wariantu rekomendowanego dla stopnia biologicznego oczyszczania ścieków	148
9	Gospodarka osadowa	150
9.1	Wariant GO1 – tlenowa stabilizacja osadu	151
9.1.1	Ogólny opis zagospodarowania osadu zgodnie z wariantem GO1	151
9.1.2	Dane wymiarujące i obliczenia technologiczne dla tlenowej stabilizacji osadu	151
9.1.3	Obliczenia zapotrzebowania na tlen i wymiarowanie stacji dmuchaw TSO	153
9.1.4	Wymiarowanie zagęszczacza grawitacyjnego	153
9.1.5	Komora homogenizacji ustabilizowanego osadu nadmiernego (obiekt nr 23)	154
9.1.6	Urządzenia do mechanicznego odwadniania osadu	154
9.1.7	Urządzenia do higienizacji osadu wapnem palonym	158
9.1.8	Energochłonność i zapotrzebowanie na polielektrolit w wariantcie GO1	159
9.2	Wariant GO2 – standardowa fermentacja osadu w ZKF	159
9.2.1	Ogólny opis zagospodarowania osadu zgodnie z wariantem GO2	159
9.2.2	Dane wymiarujące i obliczenia technologiczne dla wariantu GO2	161
9.2.3	Obliczenia technologiczne ZKF	162
9.2.4	Produkcja biogazu w ZKF	163
9.2.5	Obliczenia energetyczne dla uzyskanego biogazu	164
9.2.6	Wymiarowanie zespołów kogeneracyjnych	164
9.2.7	Obliczenia ilości ciepła potrzebnego do utrzymania procesu fermentacji	165
9.2.8	Moc wymienników ciepła	167
9.2.9	Wymiarowanie kotłów opalanych biogazem i olejem opałowym	167
9.2.10	Awaryjny generator energii elektrycznej	167
9.2.11	Miarodajne strumienie biogazu	168
9.2.12	Dmuchawy biogazu	168
9.2.13	Oczyszczanie biogazu z siarkowodoru	168
9.2.14	Zbiornik buforowy na biogaz	169
9.2.15	Urządzenie do osuszania biogazu i filtr siloksanów	170
9.2.16	Pochodnia biogazu	170
9.2.17	Pompownie i urządzenia konieczne do eksploatacji gospodarki osadowej	170
9.2.18	Urządzenia do mechanicznego odwadniania osadu	174

9.2.19	Urządzenia do higienizacji osadu wapnem palonym	175
9.2.20	Energochłonność i zapotrzebowanie na polielektrolit w wariantcie GO2	175
9.3	Wariant GO3 – wysoko obciążona fermentacja osadu w ZKF	176
9.3.1	Ogólny opis zagospodarowania osadu zgodnie z wariantem GO3	176
9.3.2	Dane wymiarujące i obliczenia technologiczne dla wariantu GO3	178
9.3.3	Obliczenia technologiczne ZKF	179
9.3.4	Produkcja biogazu w ZKF	180
9.3.5	Obliczenia energetyczne dla uzyskanego biogazu	180
9.3.6	Wymiarowanie zespołów kogeneracyjnych	181
9.3.7	Obliczenia ilości ciepła potrzebnego do utrzymania procesu fermentacji	181
9.3.8	Moc wymienników ciepła	183
9.3.9	Wymiarowanie kotłów opalanych biogazem i olejem opałowym	183
9.3.10	Awaryjny generator energii elektrycznej	184
9.3.11	Miarodajne strumienie biogazu	184
9.3.12	Kompresory do mieszania komór ZKF biogazem	184
9.3.13	Dmuchawy biogazu	185
9.3.14	Oczyszczanie biogazu z siarkowodoru	185
9.3.15	Zbiornik buforowy na biogaz	185
9.3.16	Urządzenie do osuszania biogazu i filtr siloksanów	186
9.3.17	Pochodnia biogazu	186
9.3.18	Pompownie i urządzenia konieczne do eksploatacji gospodarki osadowej	187
9.3.19	Urządzenia do mechanicznego odwadniania osadu	190
9.3.20	Urządzenia do higienizacji osadu wapnem palonym	191
9.3.21	Energochłonność i zapotrzebowanie na polielektrolit w wariantcie GO3	192
9.4	Porównanie kosztów realizacji zaproponowanych wariantów modernizacji gospodarki osadowej	193
9.4.1	Oszacowanie kosztów realizacji wariantu GO1	193
9.4.2	Oszacowanie kosztów realizacji wariantu GO2	195
9.4.3	Oszacowanie kosztów realizacji wariantu GO3	199
9.5	Porównanie energochłonności i zapotrzebowania na materiały eksploatacyjne opisanych wariantów zagospodarowania osadów ściekowych.	203
9.6	Wybór wariantu rekomendowanego dla zagospodarowania osadów ściekowych	204

10	Możliwości dalszego zagospodarowania osadu ściekowego	206
11	Budowle towarzyszące	208
12	Wybór wariantu rekomendowanego	208
13	Podział zadań inwestycyjnych na etapy	210
14	Pomiary i automatyzacja	212
15	Zalecenia dotyczące wymaganej jakości materiałów i urządzeń	214
15.1	Pompownia „Stadionowa” – wariant Stad2	214
15.2	Pompownia „Falenty” – wariant FA2	215
15.3	Stopień mechanicznego oczyszczania ścieków – wariant SMOŚ2	215
15.4	Stopień biologicznego oczyszczania ścieków – wariant SBOŚ3	216
15.5	Gospodarka osadowa – wariant GO3	218
15.6	Automatyka procesowa	219
16	Koszty inwestycyjne wariantu rekomendowanego	219
17	Podsumowanie i uwagi końcowe	221

1 Uwagi wstępne

1.1 Zleceniodawca

Zleceniodawcą niniejszego studium wykonalności dotyczącego koncepcji modernizacji oczyszczalni ścieków i pompowni „Stadionowa” w Raszynie jest Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej „Eko-Raszyn” Sp. z o.o., ul. Unii Europejskiej 3, 05-090 Raszyn, będące dzierżawcą kanalizacji i oczyszczalni ścieków na terenie Gminy Raszyn.

1.2 Geneza niniejszej koncepcji modernizacji

Aktualny stan oczyszczalni ścieków w Falentach i pompowni ścieków „Stadionowa” przedstawiono w punkcie 3. Modernizacji tych obiektów jest konieczna z następujących względów:

Pompownia „Stadionowa”

- Pompownia ścieków „Stadionowa”, zasilająca bezpośrednio OŚ Falenty, znajduje się w bezpośredniej bliskości budynków mieszkalnych, ośrodka sportowego i parku. Jej wydajność hydrauliczna jest podczas ekstremalnych dopływów wód obcych (deszczowych) jest niewystarczająca i prowadzi do wylania ścieków na powierzchnię terenu. Pompownia wyposażona jest w 4 pompy zatapialne o nieznanej wydajności. Niezależnie od tego budowla pompowni znajduje się w złym stanie technicznym, a jej konstrukcja prowadzi do sedymentacji substancji stałych na dnie studni czerpnej. Z tego względu studnia czerpna musi być czyszczona codziennie przez personel eksploatacyjny, co prowadzi do problemów eksploatacyjnych na sitach oczyszczalni ścieków w Falentach, ponieważ te ostatnie nie są przystosowane do skoncentrowanego dopływu przede wszystkim szmat i innych zanieczyszczeń. Zabiegi te wymagają codziennego zaangażowania personelu eksploatacyjnego.

Oczyszczalnia ścieków Falenty

- Obciążenie oczyszczalni ścieków (zarówno hydrauliczne, jak i ładunkami zanieczyszczeń) w Falentach przekroczyło nominalne wartości zawarte w projekcie.
- Sitopiaskowniki stoją na otwartym powietrzu, co prowadzi do zamarzania ścieków w okresie zimowym i związanych z tym kłopotów eksploatacyjnych.
- Aktualna konfiguracja OŚ Falenty prowadzi do niepotrzebnie dużego zużycia energii elektrycznej ze względu na fakt, że wyniesione ponad teren sitopiaskowniki zasilane są przez dwie przepompownie („Stadionowa” i „Falenty”), następnie strumień ścieków kierowany jest pod powierzchnię terenu do pompowni oznaczonej jako „Obiekt nr 12” skąd jest tłoczony do tzw. Klarbloku, czyli do „Obiektu nr 13”. Dopiero z Klarbloku ścieki przepływają grawitacyjnie przez dalszą część oczyszczalni ścieków aż do odbiornika. Sytuację pogarsza fakt, że osad recyrkulowany również jest podnoszony na wysokość lustra ścieków w Klarbloku.
- Stopień biologiczny OŚ Falenty składa się z 2 części: ze starszych komór osadu czynnego „Carousell” („Obiekt nr 15”) z przynależnymi osadnikami końcowymi („Obiekty nr 18.1 i 18.2”), oraz z nowszych komór osadu czynnego („Obiekty nr. 16.1 do 16.4”) z przynależnymi osadnikami końcowymi („Obiekty nr 18.3 i 18.4”). Kombinacja tych dwóch niezależnych ciągów osadu czynnego miała wg autorów projektu prowadzić do stabilnej eksploatacji oczyszczalni ścieków. W rzeczywistości jedna nitka ciągu „Carousell” została uruchomiona w lecie 2017 r, co pozwala na utrzymanie efektu ekologicznego (parametrów odpływu), ale prowadzi jednocześnie do dużych kłopotów eksploatacyjnych wynikających z nieprzewidywalnego podziału ścieków na obie nitki oczyszczania w komorze rozdziału („Obiekt nr 14”), a tym samym do wynoszenia osadu z osadników 18.1 i 18.2, których niewielka głębokość nie pozwala na ich prawidłową eksploatację. W

cieplejszych okresach roku wszystkie ścieki są oczyszczane w nowym ciągu osadu czynnego wyłącznie dzięki nieprzeciętnym umiejętnościom kierownictwa oczyszczalni ścieków, przy czym odbywa się to na granicy wykonalności i może w każdej chwili nie zagwarantować wymaganych parametrów odpływu.

- Aktualnie miarodajne ładunki zanieczyszczeń dopływające do OŚ Falenty są zdecydowanie większe o założeń zawartych w projekcie budowlanym nr 160/1/I/PB/T/05 firmy PIOŚ EKOKLAR Sp. z o.o. z marca 2005 r.:

Opis	ChZT	BZT ₅	N _{og}	P _{og}	s.m.	Dopływ
Jednostki	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	m ³ /d
Obciążenie projektowane	4.230,0	2.295,0	405,0	50,4	2.565,0	4.500
Obciążenie aktualne	6.375,0	2.712,0	541,0	115,0	4.179,0	4.728
Przekroczenie	50,7%	18,1%	33,6%	128,2%	62,9%	5,1%

W odniesieniu do parametru BZT₅ wielkość oczyszczalni Falenty została ustalona na 38.250 RLM. Aktualne wymiarujące obciążenie wynosi 45.200 RLM. Po uwzględnieniu założeń perspektywicznego rozwoju zlewni i obciążenia oczyszczalni ścieków przewiduje się obciążenie o wielkości odpowiadającej 61.900 RLM (3.714 kg BZT₅/d)

- Aktualnie osad nadmierny jest zagęszczany w niedowymiarowanym zagęszczaczu grawitacyjnym, odwadniany na prasie taśmowej i higienizowany wapnem. Stopień stabilizacji osadu mierzony zawartością suchej masy organicznej po procesie higienizacji w dwóch badaniach przeprowadzonych w 2018 r. wynosił od 59 do 65%. Na przestrzeni lat 2013 do teraz zawartość suchej masy organicznej w osadzie systematycznie wzrastała, co świadczy o coraz gorszej stabilizacji osadu.

Z powyższych względów konieczne jest opracowanie niniejszej koncepcji modernizacji określającej zakres i koszty koniecznych prac i dostaw.

1.3 Dane wyjściowe dostarczone przez Zleceniodawcę

Wykonawcy dostarczono następujące dane wyjściowe:

- Plan sytuacyjny oczyszczalni ścieków w Falentach w formacie DXF przedstawiający budowlę na terenie obiektu oraz znajdujące się na niej elementy infrastruktury. Te ostatnie są niestety bardzo nieczytelne i prawdopodobnie niepełne.
- Zapisy dopływów do oczyszczalni ścieków w rozdzielczości **m³/15 min** zmierzone przepływomierzami magnetyczno-indukcyjnymi na dopływie do biologicznej części obiektu w okresie od 03.05.2017 r. do 31.07.2018 r.
- Zapisy dopływów do pompowni „Stadionowa” w rozdzielczości **m³/15 min** obliczone na podstawie różnicy pomiędzy wskazaniem przepływomierzy na wlocie do biologicznej części oczyszczalni, a wskazaniem przepływomierzy stacji pomp „Falenty” w okresie od 03.05.2017 r. do 31.07.2018 r. Dane te w przybliżeniu odwzorowują ilość ścieków dopływającą z pompowni „Stadionowa” do biologicznego stopnia oczyszczalni ścieków.
- Wartości stężeń miarodajnych zanieczyszczeń ścieków pobrane z próbek 24-godzinnych proporcjonalnych do przepływu łącznie z danymi o dobowej ilości ścieków, z pomiarów własnych i z pomiarów certyfikowanego laboratorium „JARS” w okresie od 04.04.2017 r. do 05.05.2018 r. Na podstawie tych danych określono aktualne miarodajne obciążenie oczyszczalni ścieków Falenty.

5. Skany rysunków projektu budowlanego nr 160/1/I/PB/T/05 (w formacie PDF) oczyszczalni ścieków Falenty wykonanego przez firmę PIOŚ EKOKLAR Sp. z o.o. (Piła) z marca 2005 r. zawierające plany większości budowli oczyszczalni ścieków.
6. Skany stron projektu budowlanego nr 160/1/I/PB/T/05 (w formacie PDF) z podanymi miarodajnymi obciążeniami oczyszczalni ścieków Falenty, jakie były użyte przez Firmę PIOŚ EKOKLAR Sp. z o.o. (Piła) do zwymiarowania tego obiektu.
7. Skany rysunków projektu budowlanego nr WP/29/94 (w formacie PDF) pompowni „Stadionowa” i rurociągów tłocznych pomiędzy pompownią i oczyszczalnią ścieków wykonanego przez firmę Swea-Projekt Sp. z o.o. (Warszawa) z października 1994 r.
8. Wyniki badań osadu odwodnionego z lat 2013 do 2018.
9. Tabelę w formacie XLS zawierającą zebrane dane dotyczące budowli i urządzeń użytkowanych aktualnie w obrębie oczyszczalni ścieków.
10. Tabelę w formacie XLS zawierającą dane o ilości odwodnionego osadu z lat 2015-2017.
11. Rysunki istniejących sitopiaskowników w formacie DWG otrzymaliśmy od producenta, czyli Firmy HUBER Technology Polska z Warszawy.
12. Pozwolenie wodnoprawne Starosty Pruszkowskiego dla Oczyszczalni Ścieków „Falenty” wydane dnia 17.12.2008 r. na odprowadzanie oczyszczonych ścieków do rowu R/36 („C”), a następnie do rzeki Raszynki.
13. Decyzję Państwowego Gospodarstwa Wodnego „Wody Polskie” z dnia 22.11.2018 r. o zmianie pozwolenia wodnoprawnego z dnia 17.12.2008 r. W decyzji podwyższono jedynie dopuszczalne ilości ścieków odprowadzanych do odbiornika.

2 Cel niniejszej koncepcji modernizacji

Najważniejszymi celami niniejszego opracowania są:

1. Stwierdzenie aktualnego obciążenia pompowni „Stadionowa” i oczyszczalni ścieków Falenty – zarówno hydraulicznego, jak i w przypadku OŚ ładunkami zanieczyszczeń.
2. Wielowariantowa koncepcja na budowę nowej pompowni „Stadionowa” obok istniejącego obiektu na tej samej parceli.
3. Wielowariantowe obliczenia technologiczne oczyszczalni ścieków (stopnia oczyszczania mechanicznego i stopnia oczyszczania biologicznego) dla prognozowanego obciążenia w 20-letnim horyzoncie rozwojowym oraz zaproponowanie inwestycji koniecznych do przystosowania OŚ do nowych warunków pracy ze szczególnym uwzględnieniem konsekwentnego utrzymania efektu ekologicznego i oszczędności energii koniecznej do funkcjonowania całego obiektu.
4. Wielowariantowa koncepcja na usprawnienie gospodarki osadowej.
5. Zgrubne określenie wszystkich kosztów projektowanych inwestycji.
6. Analiza porównawcza kosztów dla proponowanych wariantów projektowych:

Szczegółowe zapisy dotyczące zawartości niniejszej koncepcji modernizacji są opisane w Załączniku nr 1 do zlecenia nr 7/DO/2018 z dnia 26.07.2018 r.

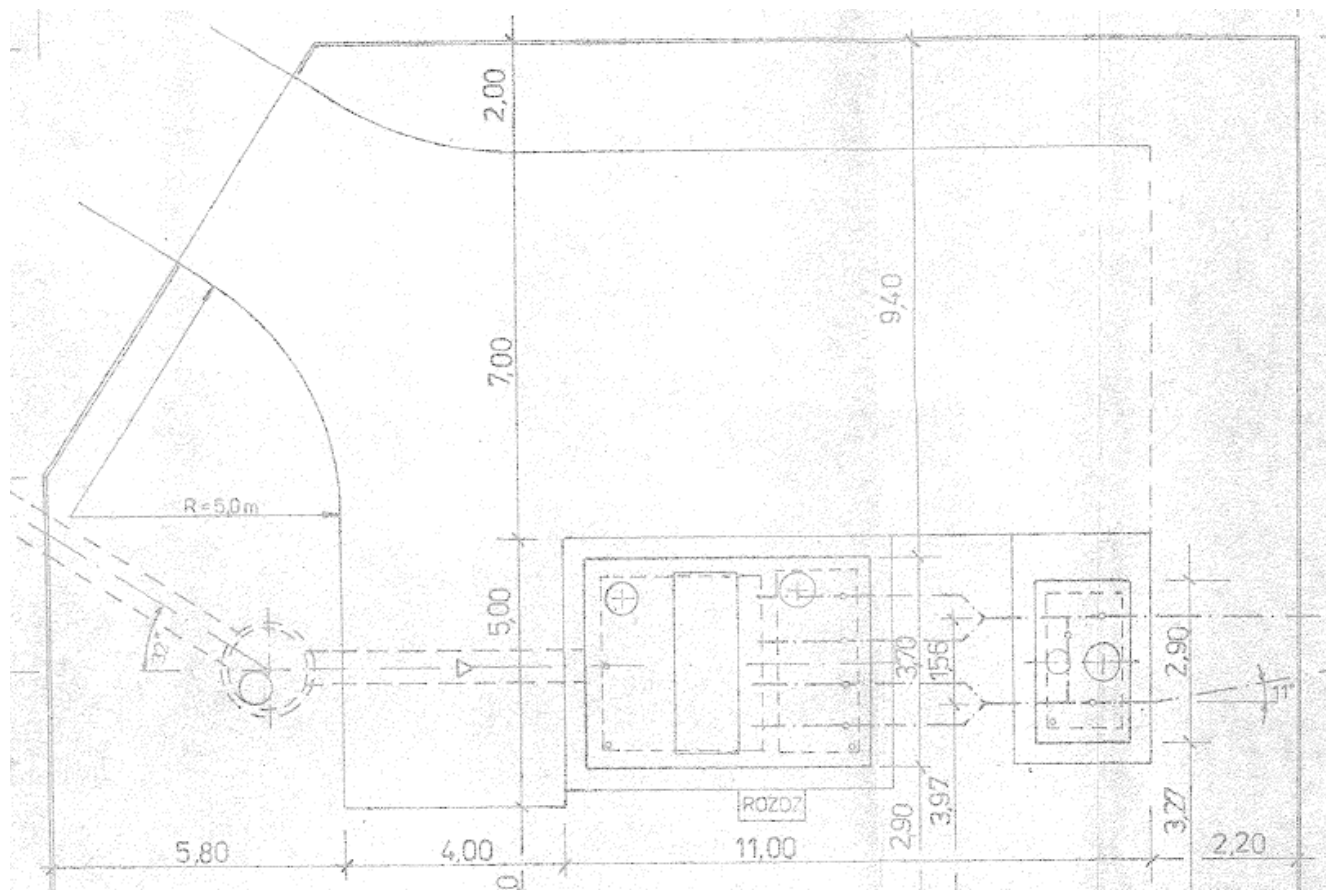
3 Pompownia „Stadionowa”

3.1 Stan istniejący

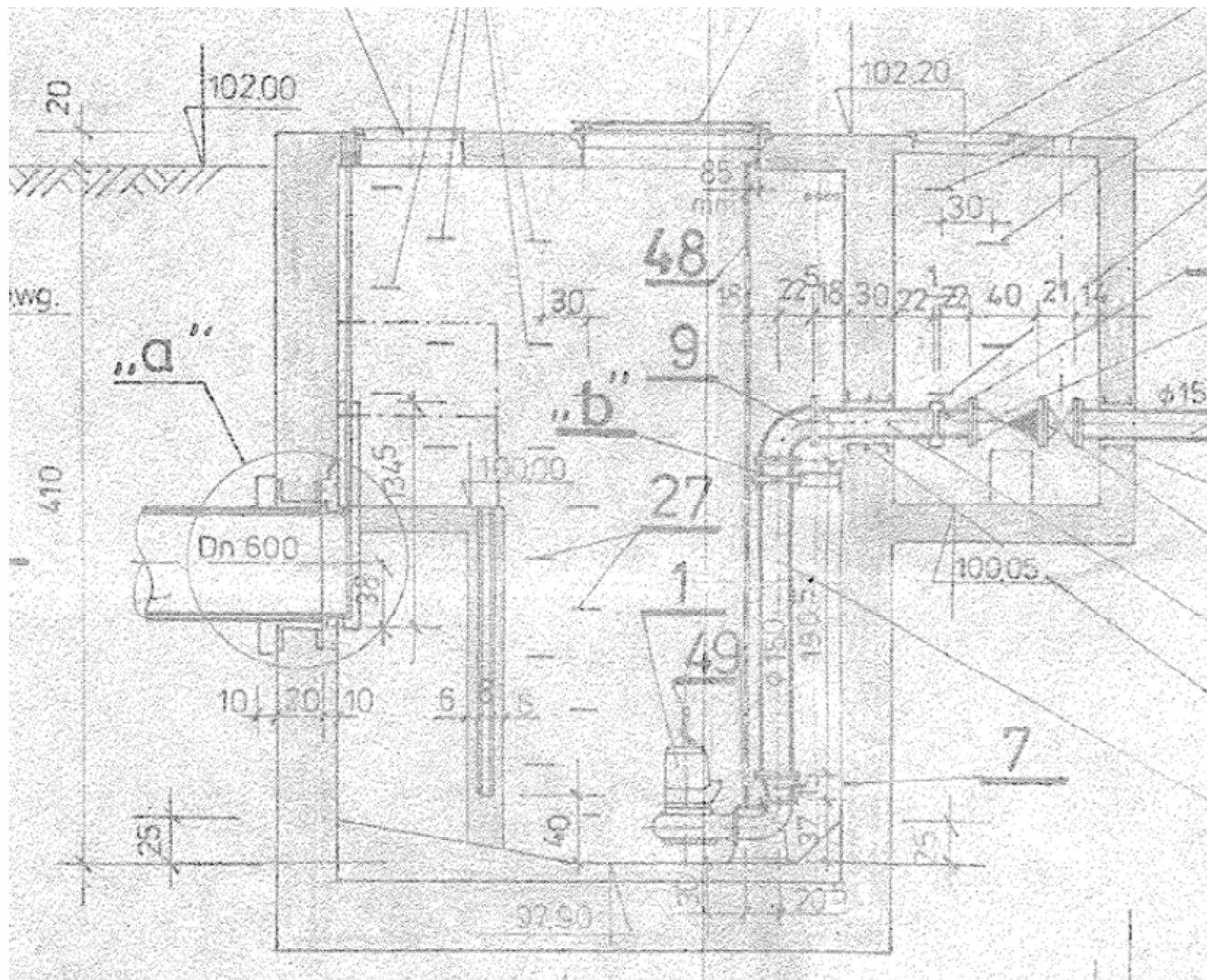
Pompownia „Stadionowa” została wybudowana w 1995 roku na działce nr 1686/8 w obrębie Rybie (nr obrębu:0015). Składa się ona z 2 budowli:

1. Ze studni czerpnej w której umieszczone są 4 pompy zatapialne o nieznanym wydatkach hydraulicznych, w tym dwie mniejsze przyłączone do rurociągu tłocznego o średnicy zewnętrznej DZ 160 mm i dwie większe przyłączone do rurociągu tłocznego o średnicy zewnętrznej DZ 315 mm.
2. Za studni armatury przylegającej do studni czerpnej, w której znajdują się zawory, kłapy przeciwwrotne.
3. Studni bypasu umożliwiającej pracę wszystkich pomp na oba rurociągi tłoczne.
4. Pompownia tłoczy na 2 rurociągi tłoczne z PCW o średnicach zewnętrznych 160 i 315 mm. Długość obu rurociągów tłocznych wynosi ok. 500 m, przy czym łączą się one w jeden rurociąg DN300 przed oczyszczalnią ścieków Falenty.

Szczegóły istniejącej budowli pompowni przedstawione są na rysunkach 1 i 2.



Rysunek 1: Schemat pompowni ścieków „Stadionowa” – plan sytuacyjny



Rysunek 2: Przekrój podłużny pompowni ścieków „Stadionowa”

Pompownia „Stadionowa” tłoczy ścieki bezpośrednio do komory rozprężnej umieszczonej przed dwoma istniejącymi sitopiaskownikami znajdującymi się na oczyszczalni ścieków Falenty.

Załączone rysunki wyraźnie obrazują, że w studni czerpnej musi zachodzić sedimentacja części stałych zawartych w ściekach, ponieważ zasięg zasysania pomp jest o wiele mniejszy od wymiarów studni.

Pompownia przyłączona jest do kanalizacji sanitarnej, jednakże podczas intensywnych opadów dochodzi do ekstremalnie zwiększonych dopływów wód obcych (w tym przypadku opadowych), co pomimo dużego zagłębienia kanału dopływającego (DN600) powoduje rozlanie ścieków na powierzchni terenu. Z tego względu należy jednoznacznie stwierdzić, że wydajność hydrauliczna zainstalowanych pomp jest niewystarczająca, jest ona również w zrozumiały sposób ograniczona istniejącym przekrojem rurociągów tłocznych. Pompownia nie jest wyposażona w przepływomierze.

Trasa rurociągów tłocznych w obrębie oczyszczalni ścieków Falenty nie jest dokładnie znana. Oba rurociągi tłoczne przeprowadzone są syfonem pod korytem rzeczki Raszynki. Syfon wykonany jest z rur PE-HD DZ 160x9,5 mm i DZ 315x18,7 mm. Nie jest znane dokładne miejsce przyłączenia rurociągu tłoczego z PCW DZ 160x6,2 mm (DN 147,6) do rurociągu tłoczego z PCW DZ 315x12,1 mm (DN290,8).

Otwory rewizyjne służące do wyciągania zainstalowanych pomp zatapialnych są całkowicie przerdzewiałe i nie zapewniają bezpieczeństwa pracownikom eksploatacyjnym. Budowle żelbetowe pompowni znajdują się w zadowalającym stanie.

Teren pompowni jest ogrodzony i niedostępnych dla osób do tego niepowołanych.

3.2 Założenia modernizacyjne i dane wymiarujące

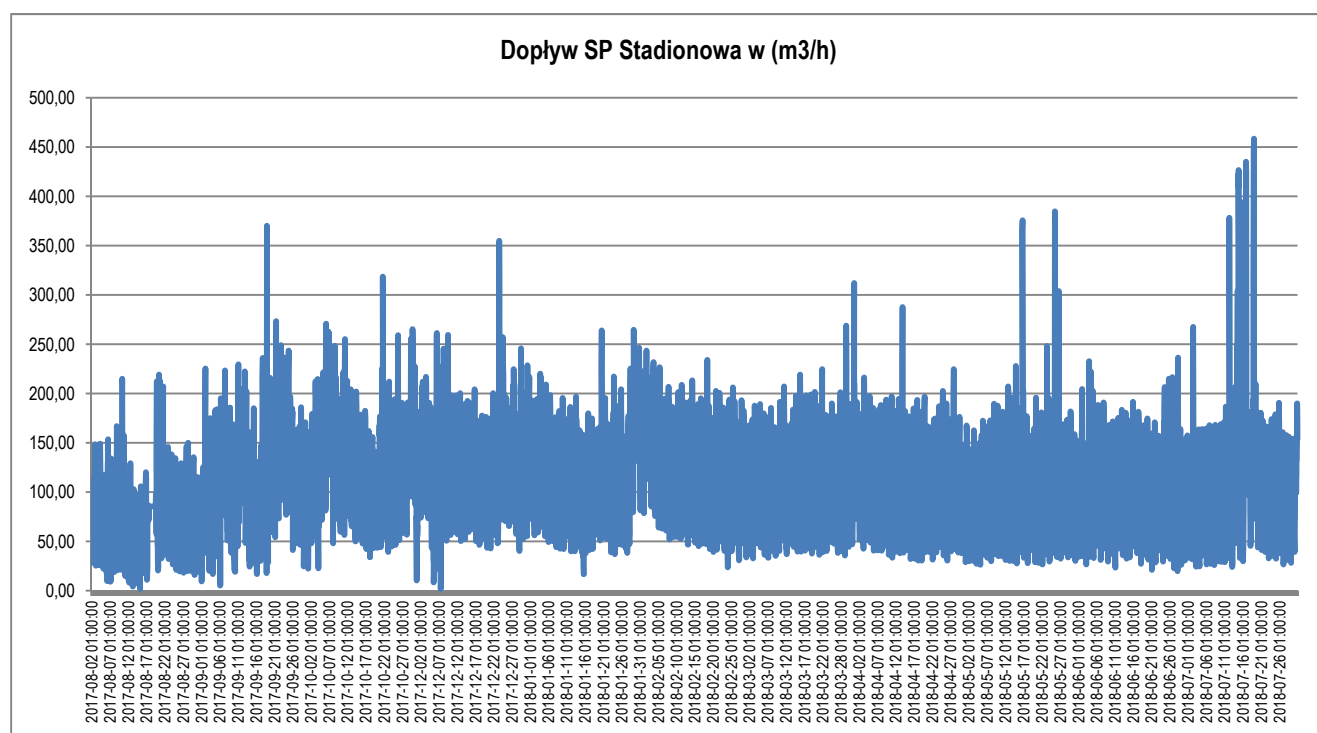
W koncepcji modernizacji pompowni „Stadionowa” przyjęto następujące założenia:

1. We wschodniej części parceli, na której znajduje się istniejąca pompownia „Stadionowa” zaprojektowana zostanie nowa budowla przepompowni, co ułatwi szybkie podłączenie gotowej nowej pompowni do istniejących rurociągów tłocznych.
2. Na istniejącym kanale dopływowym DN600 zostanie wybudowana nowa studzienka z zastawkami pozwalającymi na użycie budowli pompowni jako zbiornika retencyjnego.
3. Budowla istniejącej pompowni będzie służyła jako awaryjny zbiornik retencyjny o objętości ok. 35 m³.

Na podstawie danych otrzymanych od Zlecniodawcy (patrz punkt 1.3) przeprowadzono ich analizę. Pomimo, że dane pochodzą z różnic pomiędzy wskazaniem przepływomierzy na dopływie do biologicznej części oczyszczalni ścieków i przepływomierzy umieszczonych w pompowni „Falenty” znajdującej się w obrębie oczyszczalni ścieków, uzyskano dosyć prawdopodobne wyniki.

Niezależnie od tego zaleca się porównanie użytych tutaj danych do realnych danych uzyskanych na przewodach tłocznych umieszczonych tuż za przepompownią „Stadionowa”. W celu przeprowadzenia analizy dopływu w trakcie dalszego procesu projektowania zalecamy Zlecniodawcy zainstalowania odpowiednich przepływomierzy pozwalających na zapisywanie danych o przepływie o rozdzielczości w m³/15 min.

Godzinowe ilości tłoczonych ścieków w okresie od 03.05.2017 r. do 31.07.2018 r. przedstawiono na rysunku nr 3.

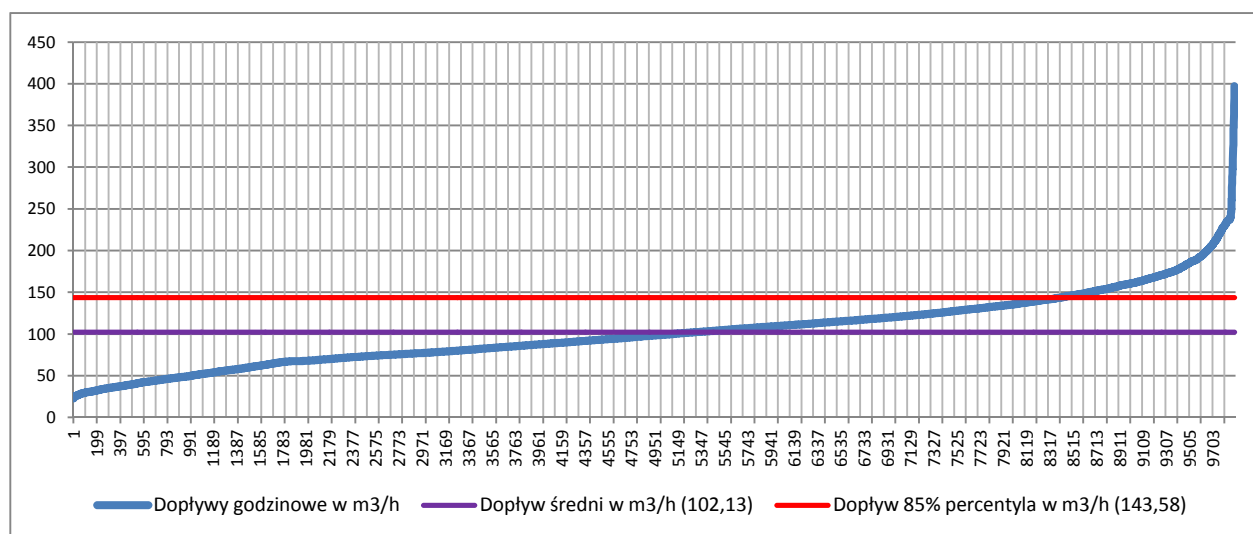


Rysunek 3: Godzinowe ilości ścieków w m³/h tłoczone przez pompownię ścieków „Stadionowa” na oczyszczalnię ścieków Falenty

Uzyskano następujące wartości strumieni przepływu w ciągu godziny i w ciągu doby:

Opis	m ³ /h	m ³ /d
Wartość średnia (kolor czerwony na rys. 4)	120,53	2.892,63
Wartość maksymalna	458,60	5.006,55
Wartość minimalna	1,72	1.246,21
Wartość 85% percentyla (kolor zielony na rys. 4)	166,56	3.363,36

Na rysunku 4 zamieszczono rozkład godzinowych dopływów do pompowni „Stadionowa” oraz czerwonym kolorem naniesiono godzinowy dopływ średni, a zielonym godzinowy dopływ 85%-percentyla.

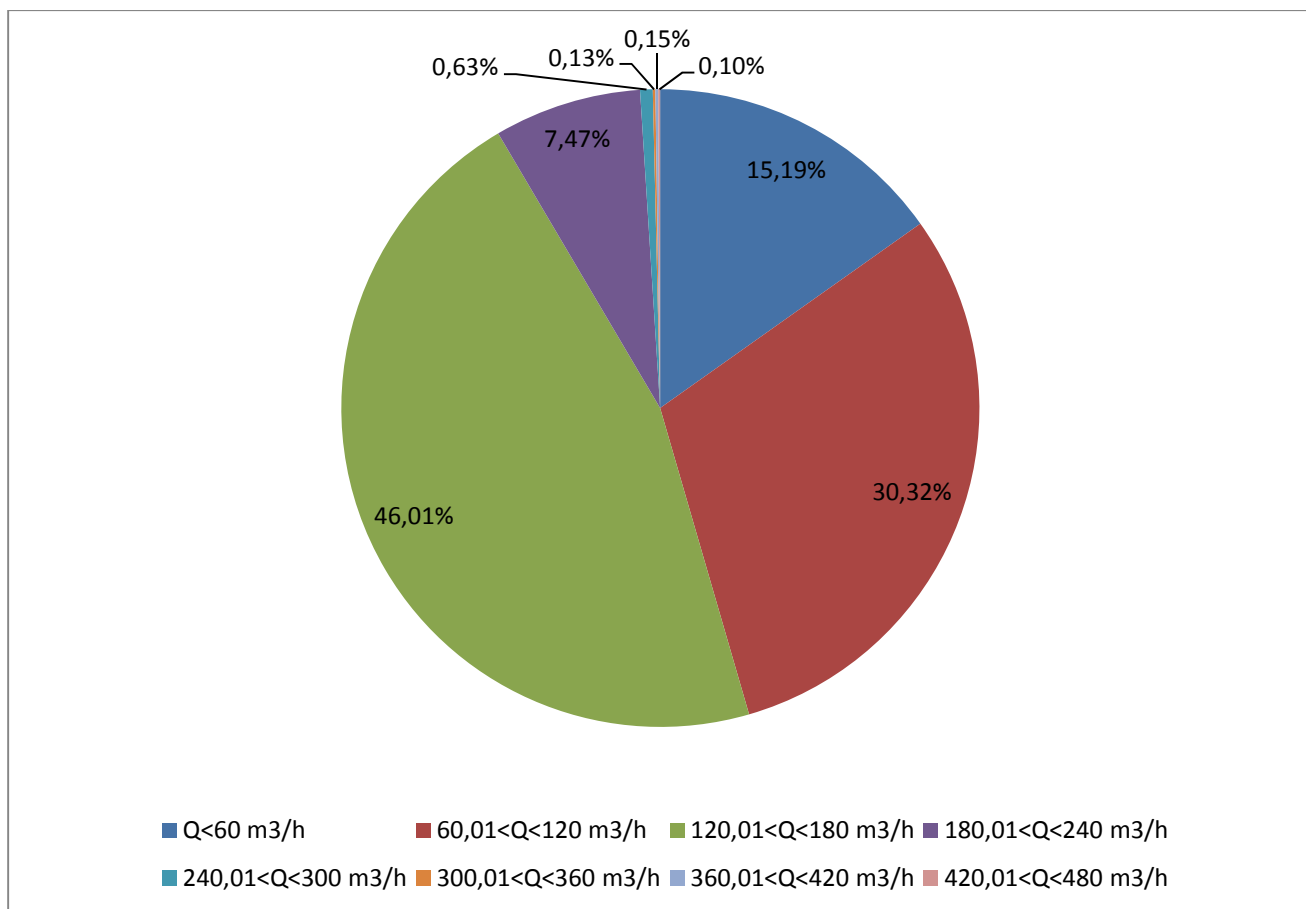


Rysunek 4: Godzinowy rozkład ilości ścieków w m³/h tłoczonych przez pompownię ścieków „Stadionowa” na oczyszczalnię ścieków Falenty

Najbardziej istotna jest jednak analiza częstości występowania w różnych przedziałach dopływów, którą zobrazowano na rysunku 5. Z przeprowadzonej wynikają następujące wnioski, które będą uwzględnione przy doborze i wymiarowaniu pomp dla koncepcji nowej pompowni ścieków:

- Procentowy udział dopływów minimalnych wynoszących poniżej 60 m³/h wynosi 15,19% wszystkich analizowanych dopływów godzinowych (7920 pomiarów).
- Procentowy udział dopływów w granicach od 60 do 180 m³/h (czyli niewiele mniejszych od wartości 85%-percentyla) wynosi 76,33% wszystkich analizowanych dopływów godzinowych.
- Procentowy udział dopływów w granicach od 180 do 480 m³/h wynosi jedynie 8,48% wszystkich analizowanych dopływów godzinowych.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że nowe pompy należy w taki sposób, aby ich maksymalna sprawność zawierała się w przedziale przepływów od 60 do 180 m³/d. Wymiarowanie pompowni musi uwzględniać możliwość tłoczenia dopływów maksymalnych, które występują bardzo rzadko, mogą jednak prowadzić do wylania ścieków na powierzchnię terenu.



Rysunek 5: Procentowy udział dopływów godzinowych w wybranych przedziałach dopływu ścieków tłoczonych przez pompownię ścieków „Stadionowa” na oczyszczalnię ścieków Falenty

Analiza dopływów do pompowni „Stadionowa” opiera się na pomiarze pośrednim polegającym na odjęciu od całkowitego dopływu ścieków do biologicznej części oczyszczalni ścieków dopływów z pompowni „Falenty”. Należy wyjść z założenia, że występuje spłaszczenie fali dopływów z pompowni „Stadionowa” obliczonych tą metodą. Ponieważ w pompowni „Stadionowa” nie zainstalowano pomiaru przepływu na rurociągach tłocznych, obliczenie miarodajnych wartości dopływów możliwe było wyłącznie przy zastosowaniu powyżej opisanej metody.

Do wymiarowania pompowni „Stadionowa” na obciążenie w okresie perspektywicznym przyjęto następujące wartości dopływów godzinowych:

Opis	Dopływ wg pomiarów (m³/h)	Przyrost w okresie prognozowanym	Stan prognozowany	
			m³/h	l/s
$Q_{h,śr}$	120,53	+20%	144,7	40,2
$Q_{85\%}$	166,60	+20%	200,0	55,6
$Q_{h,max}$	460,00	+10%	506,0	141,0

W trakcie dalszego procesu projektowania należy skonfrontować podane tutaj dane z nowymi pomiarami. Ponownie zalecamy Zleceniodawcy zainstalowanie w pompowni „Stadionowa” odpowiednich przepływomierzy.

Dla dopływów dobowych przyjęto następujące wartości:

Opis	Dopływ wg pomiarów (m ³ /d)	Przyrost w okresie prognozowanym	Stan prognozowany m ³ /d
Q _{d,śr}	2.893	+20%	3.472
Q _{85%}	3.364	+20%	4.037
Q _{d,max}	5.007	+10%	5.508

Przyjęto, że maksymalny wymiarujący prognozowany godzinowy dopływ do pompowni „Stadionowa” wynosi ok. 506 m³/h. Przewidziana wydajność pomp generuje w obu rurociągach tłocznych średnią prędkość przepływu wynoszącą ok. 1,6 m/s, co z kolei nie generuje nieproporcjonalnie dużych oporów tarcia cieczy o ścianki rur. Jeżeli wystąpią ekstremalne dopływy przekraczające 506 m³/h, należy przewidzieć pracę pompy rezerwowej, która pozwoli na bardzo niewielkie zwiększenie strumienia tłoczonych ścieków, które w tym przypadku będzie ograniczone znacznym zwiększeniem się oporów tarcia cieczy o rurociągi. Należy wyjść z założenia, że przepływy w granicach od 500 do 550 m³/h są graniczne dla istniejących przewodów tłocznych. Zwiększeni ich przepustowości przez dalsze zwiększanie prędkości przepływu jest ze względu na nieproporcjonalnie duże nakłady energetyczne nieekonomiczne.

Aktualna pompownia ścieków generuje duże kłopoty eksploatacyjne wynikające z faktu, że studnia czerpna jest za duża, co powoduje sedymentację części stałych zawartych w ściekach. Personel eksploatacyjny codziennie czyści studnie czerpną co powoduje, że skomasowany ładunek zanieczyszczeń stałych przesyłany jest na oczyszczalnię ścieków, co powoduje zakłócenia pracy sit w sitopiaskownikach. W celu uniknięcia dalszych problemów personel eksploatacyjny oczyszczalni ścieków musi przy pomocy widel wyłapywać szmaty i inne zanieczyszczenia przesyłane przez pompownię. Ważnym aspektem jest fakt, że rzeczony szmaty i wilgotne ręczniczki z włókien sztucznych nie wywołują problemów z tworzeniem się warkoczy i zatykaniem pomp zainstalowanych na istniejącej przepompowni.

Niezależnie od powyższych rozważań faktem jest, że powszechnie używane wilgotne ręczniczki stanowią dla większości przepompowni poważny problem eksploatacyjny, którego nie należy pomijać. W przypadku pompowni „Stadionowa” zastanawiano się nad zastosowaniem następujących urządzeń:

- Sita lub kraty koszowej przed wlotem do budowli pompowni.
- Maceratora na wlocie do budowli pompowni.

W poniższej tabeli zestawiono zalety i wady obu urządzeń:

Urządzenie	Zalety	Wady
Sito lub krata koszowa	Oddzielenie od ścieków szmat i innego rodzaju zanieczyszczeń stałych, które mogą spowodować problemy eksploatacyjne w pompowni ścieków	- konieczność instalacji dodatkowego urządzenia generującego koszty inwestycyjne i eksploatacyjne. - odory wydzielane przez skratki generują konieczność dezodoryzacji powietrza odlotowego ze względu na bezpośrednią bliskość terenów zamieszkałych i rekreacyjnych.
Macerator	Rozdrobnienie szmat i innego rodzaju zanieczyszczeń stałych, które mogą spowodować problemy eksploatacyjne w pompowni ścieków	- konieczność instalacji dodatkowego urządzenia generującego koszty inwestycyjne i eksploatacyjne. - rozdrobnione części stałe ścieków nie będą w wystarczającym stopniu zatrzymane na sitach znajdujących się w oczyszczalni ścieków, tylko przedostaną się do dalszych części oczyszczalni, co spowoduje ich niepożądaną obecność w osadzie ściekowym.

Jak widać z powyższego zestawienia, żadne z możliwych rozwiązań tego problemu nie jest optymalne. Jednocześnie wiadomo, że jak dotychczas zmasowany przepływ szmatek i innych sedimentów przez istniejące pompy nie generował zatykania się pomp na skutek tworzenia się warkoczy lub kłębow szmat.

Po rozważeniu wszystkich argumentów „za” i „przeciw” podjęto wspólnie ze Zleceniodawcą decyzję o nie stosowaniu żadnych urządzeń zabezpieczających nową pompownię przed dopływem niepożądanych substancji stałych.

Jednocześnie podjęto następujące decyzje:

- Niezależnie od rodzaju użytych pomp ich wirniki muszą być ukształtowane w sposób zapobiegający ich zatykaniu się przez szmaty i wilgotne ręczniki.
- Niedozwolone jest stosowanie innych wirników, niż wirniki „Vortex” (z wyjątkiem pomp używanych w tłoczni).
- Studnia czerpna musi być ukształtowana w sposób zapobiegający tworzeniu się sedimentu tak, żeby napływające zanieczyszczenia na bieżąco były tłoczone przez pompy.
- W koncepcji modernizacji stopnia oczyszczania mechanicznego (sitopiaskowników) na oczyszczalni ścieków Falenty należy uwzględnić nadmiar przepustowości sit (krat), co pozwoli urządzeniom zbierającym zanieczyszczenia z krat na bezproblemowe usunięcie większej ilości zanieczyszczeń stałych. Założono również, że oba rurociągi będą wprowadzone do nowej komory rozprężnej.
- Przy budowie wybranego wariantu pompowni „Stadionowa” należy przewidzieć możliwość zainstalowania maceratora o odpowiedniej mocy i przepustowości.

Poniżej zaproponowano 3 warianty modernizacji przepompowni „Stadionowa”:

1. Wariant Stad1 – pompownia z pompami zatapialnymi
2. Wariant Stad2 – pompownia z pompami w komorze suchej
3. Wariant Stad3 – zastosowanie tłoczni

Przyjęto również następujące standardy jakościowe:

- a. Wszystkie rurociągi pompowni będą wykonane ze stali kwasowej odpowiadającej jakością powszechnie przyjętemu oznaczeniu V₄A.
- b. Dozwolone jest stosowanie wyłącznie zasuw nożowych z płytą wykonaną ze stali V₄A.
- c. Na obu rurociągach tłocznych będą zainstalowane przepływomierze magnetyczno-indukcyjne. Ich instalacja i dobór miejsca pomiarowego musi odpowiadać wymogom technicznym producenta.
- d. Wszystkie armatury muszą być zamontowane w komorze suchej.
- e. Musi być zagwarantowana dostateczna dostępność do wszystkich armatur, silników i pomp (poza zatapialnymi) tak, aby człowiek pracujący przy nich (np. wykonujący reperację lub serwis) miał co najmniej 60 cm miejsca.
- f. Do komór mieszczących urządzenia techniczne należy zaprojektować schody o szerokości nie mniejszej niż 1 metr.
- g. Pokrywy zakrywające otwory montażowe oraz wejście do komór muszą być wykonane z materiałów niekorodujących (np. ze stali nierdzewnej), odpornych na działanie czynników atmosferycznych i nie pozwalających na dostanie się wód opadowych do wnętrza komór.
- h. Każda z komór suchych musi być wyposażona w wentylację grawitacyjną.
- i. Każda z komór suchych musi być wyposażona w małą pompę do odprowadzania wody, które może się w różny sposób zgromadzić na ich podłodze. Rurociąg tłoczny wspomnianej pompy musi mieć ujście w studni czerpnej powyżej maksymalnego poziomu ścieków.
- j. Każda pompa musi być wyposażona w falownik. Stosowanie jednego falownika na np. 2 pompy jest niedozwolone.
- k. Studnia czerpna musi być wyposażona w niezawodny alarm MAX-MAX (np. przełącznik pływakowy) sygnalizujący niedozwolony poziom cieczy w studni czerpnej.

- l. Pompownia musi być wyposażona we wtyczkę umożliwiającą podłączenie zewnętrznego agregatu prądotwórczego. Konieczne jest stworzenie odpowiednik planów alarmowych.
- m. Pompy ustawione w komorze suchej muszą być wyposażone w zamknięty otwór rewizyjny na rurociągu zasysającym ścieki.
- n. System rurociągów i armatur musi zapewniać możliwość wstecznego płukania każdej pompy przez inne pompy.
- o. Należy przewidzieć możliwość opróżnienia rurociągów tłocznych do studni czerpnej.
- p. System sterowania musi być wyposażony w program nie pozwalający czas zatrzymania ścieków każdym rurociągu tłocznym (DN300 i DN150) większy od zadanej wartości X, wynoszącej najwyżej 8 godzin, wg wytycznych stosowanych w Niemczech.
- q. Ze względu na zawartość szlifujących substancji mineralnych w ściekach należy zastosować wzmocnione wirniki otwarte śrubowo odśrodkowe, możliwie odporne na negatywne oddziaływanie substancji długowłóknistych.
- r. Układ zasuw z napędem elektrycznym musi umożliwiać tłoczenie każdej pompy w oba przewody tłoczne.

Należy się również zastanowić nad problemem dezodoryzacji nieprzyjemnych zapachów, których źródłem będzie wyłącznie studnia zlewca. Mała objętość studni zlewczej nie pozwoli na długie czasy zatrzymania ścieków, co przy założeniu dopływu ścieków niezagnitych powoduje niewielkie obciążenie okolicy pompowni złowonnym powietrzem.

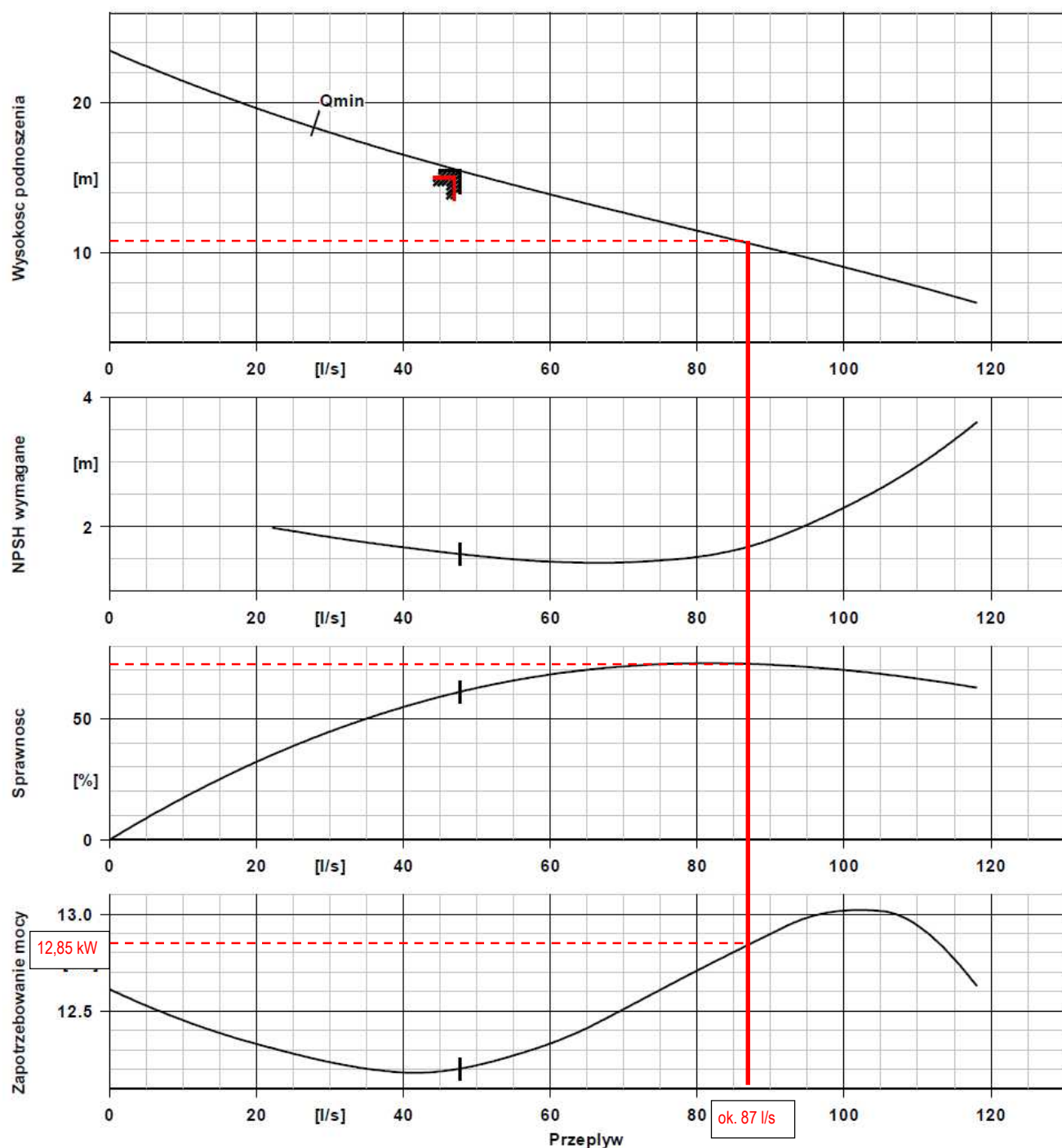
Jeżeli aktualne doświadczenia poczynione w trakcie eksploatacji istniejącej pompowni ścieków dowodzą, że do pompowni „Stadionowa” dopływają również ścieki zagnile, należy przewidzieć hermetyzację studni zlewnej łatwo otwieralnymi przykryciami z tworzyw sztucznych (np. z żywic epoksydowych). Studnia zlewna musi mieć dopływ świeżego powietrza powyżej maksymalnego poziomu spętrzenia ścieków. Złowne powietrze musi być odprowadzane przez odpowiednio dobrany filtr lub płuczkę powietrza wyposażone w wymuszony przepływ powietrza, czyli w odpowiedni wentylator. Dobór odpowiedniej technologii należy przeprowadzić po dokładnym zbadaniu złownego powietrza. Przy niewielkich stężeniach odorantów (siarkowodor, merkaptany) możliwe jest zastosowanie zraszanego biofiltra wypełnionego cienkimi korzeniami drzew iglastych. Jeżeli stwierdzone zostaną wysokie stężenia odorantów, należy rozważyć bardziej skomplikowane rozwiązania problemu dezodoryzacji powietrza.

Aktualnie proponowanie jakiegokolwiek dezodoryzacji powietrza ze studni zlewnej mija się z celem. Jeżeli posiadacze domów i mieszkań znajdujących się w pobliżu pompowni „Stadionowa” nie zgłaszają występowania złownego powietrza, należy w dalszych fazach projektowych przewidzieć możliwość szybkiego wykonania przykrycia studni zlewnej i ustawienia urządzeń do oczyszczania powietrza odlotowego.

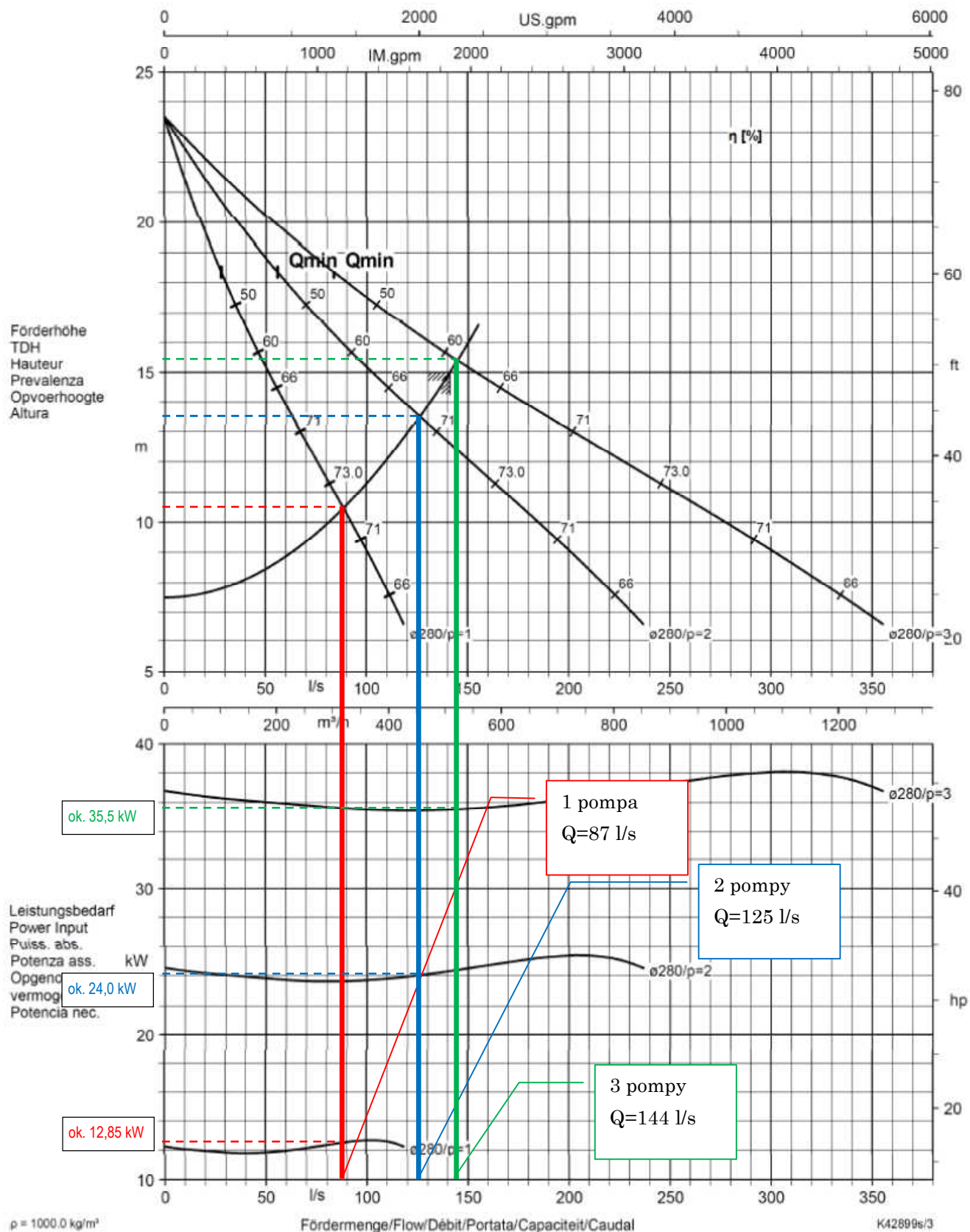
3.2.1 Modernizacja SP „Stadionowa” – pompy zatapialne – Wariant Stad1

Maksymalny dopływ ścieków do pompowni „Stadionowa”

na podstawie danych pomiarowych:	$Q_{\max} =$	506	m ³ /h
	odpowiednio	141	l/s
Wybrana ilość pomp głównych i rezerwowych		3+1	szt.
Wybrana wydajność 3 pomp pracujących jednocześnie		≥ 141	l/s
Rodzaj pomp	pompy zatapialne		
Wolny przelot pomp		100 mm	
Założono pompy zatapialne firmy KSB	KRTD 150-315/154UEG-S		
Moc napędu		15,0	kW



Rysunek 6a: Wydajności wybranych pomp zatapialnych dla pracy 1 pompy na oba rurociagi tłoczne



Rysunek 6b: Wydajności wybranych pomp zatapialnych dla pracy 1, 2 i 3 pomp na oba rurociagi tłoczne

Geodezyjna wysokość podnoszenia wyniesie ok. 7,5 m przy założeniu, że poziom lustra wody w komorze rozprężnej wyniesie nie więcej niż 105,50 m npm. Straty hydrauliczne na armaturach i rurociągach obliczono w przybliżeniu przyjmując bezpieczne założenia.

Wydajność pomp będzie dostosowywana do dopływu na podstawie położenia lustra ścieków w studni czerpnej mierzonego czujnikiem hydrostatycznym lub ultradźwiękowym.

Zakres regulacji 1 pompy leży pomiędzy ok. 22 do ok. 87 l/s, przy czym sprawność pompy przy minimalnej wydajności wyniesie ok. 35%. Realizując dostosowanie wydajności pomp do aktualnych potrzeb nie wolno zapomnieć o zachowaniu minimalnej prędkości przepływu w przewodach tłocznych. Przy założeniu, że minimalna prędkość przepływu w przewodach tłocznych nie może być niższa od $v=0,8$ m/s można określić minimalne strumienie przepływu dla obu rurociągów:

DN150 $v_{\min} = 13,7$ l/s $\rightarrow$ ok. 50 m³/h

DN300 $v_{\min} = 53,1$ l/s $\rightarrow$ ok. 190 m³/h

DN300 + DN150 $v_{\min} = 66,8$ l/s $\rightarrow$ ok. 240 m³/h

Maksymalne wydajności hydrauliczne i przybliżony pobór mocy dla wybranych pomp przedstawiono w poniższej tabeli:

Opis	Wydajność w l/s (m ³ /h)	Sprawność	Pobór mocy w kW
1 pompa KRTD 150-315/154UEG-S	87 (313,2)	ok. 72 %	ok. 12,85
2 pompy KRTD 150-315/154UEG-S	125 (450,0)	ok. 69 %	ok. 24,0
3 pompy KRTD 150-315/154UEG-S	144 (518,4)	ok. 61 %	ok. 35,5

Przy doborze wydajności pomp i systemy rurociągów należy zwrócić uwagę na prędkość przepływu w pionowych odcinkach rurociągów tłocznych, która powinna wynosić nie mniej niż 1,5 m/s. Jednocześnie średnica tych rurociągów nie może być mniejsza od wolnego przelotu pompy.

Należy również zwrócić uwagę na fakt, że w momencie pracy jednej pompy z maksymalną wydajnością 87 l/s prędkość przepływu w pionach tłocznych DN150 będzie wynosić 4,5 do 4,9 m/s. Na dalszych etapach projektowania należy rozwiązać ten problem, przy czym możliwe jest zwiększenie średnicy pionów tłocznych lub automatyczne włączanie równoległej pompy po przekroczeniu wybranej wartości granicznej (np. 53 l/s).

Oczywiście możliwy jest również dobór pomp innych producentów, który prawdopodobnie wykaże inne punkty pracy pomp i inne dane eksploatacyjne.

Koncepcję projektową pompowni „Stadionowa” wyposażonej w pompy zatapialne, wstępnie zaprojektowaną zgodnie z uprzednio wymienionymi standardami wykonania przedstawiono na planie nr 201805.1-3-1.

3.2.2 Modernizacja SP „Stadionowa” – pompy w komorze suchej – Wariant Stad2

Maksymalny dopływ ścieków do pompowni „Stadionowa”

na podstawie danych pomiarowych:	$Q_{\max} =$	506	m ³ /h
	odpowiednio	141	l/s

Wybrana ilość pomp głównych i rezerwowych	3+1	szt.
---	-----	------

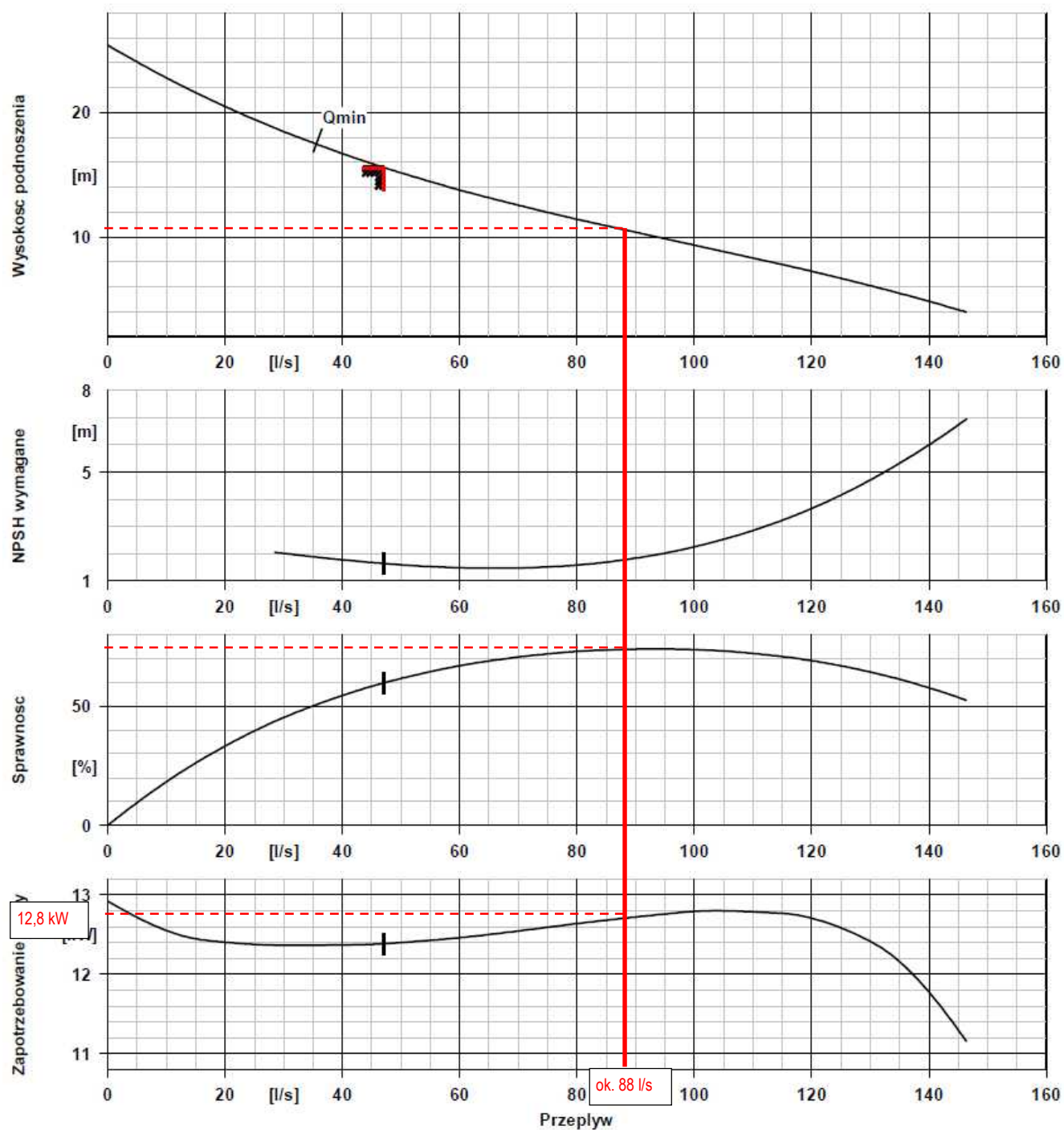
Wybrana wydajność 3 pomp pracujących jednocześnie	≥ 141	l/s
---	------------	-----

Rodzaj pomp	pompy zblokowane ustawione w komorze suchej
-------------	---

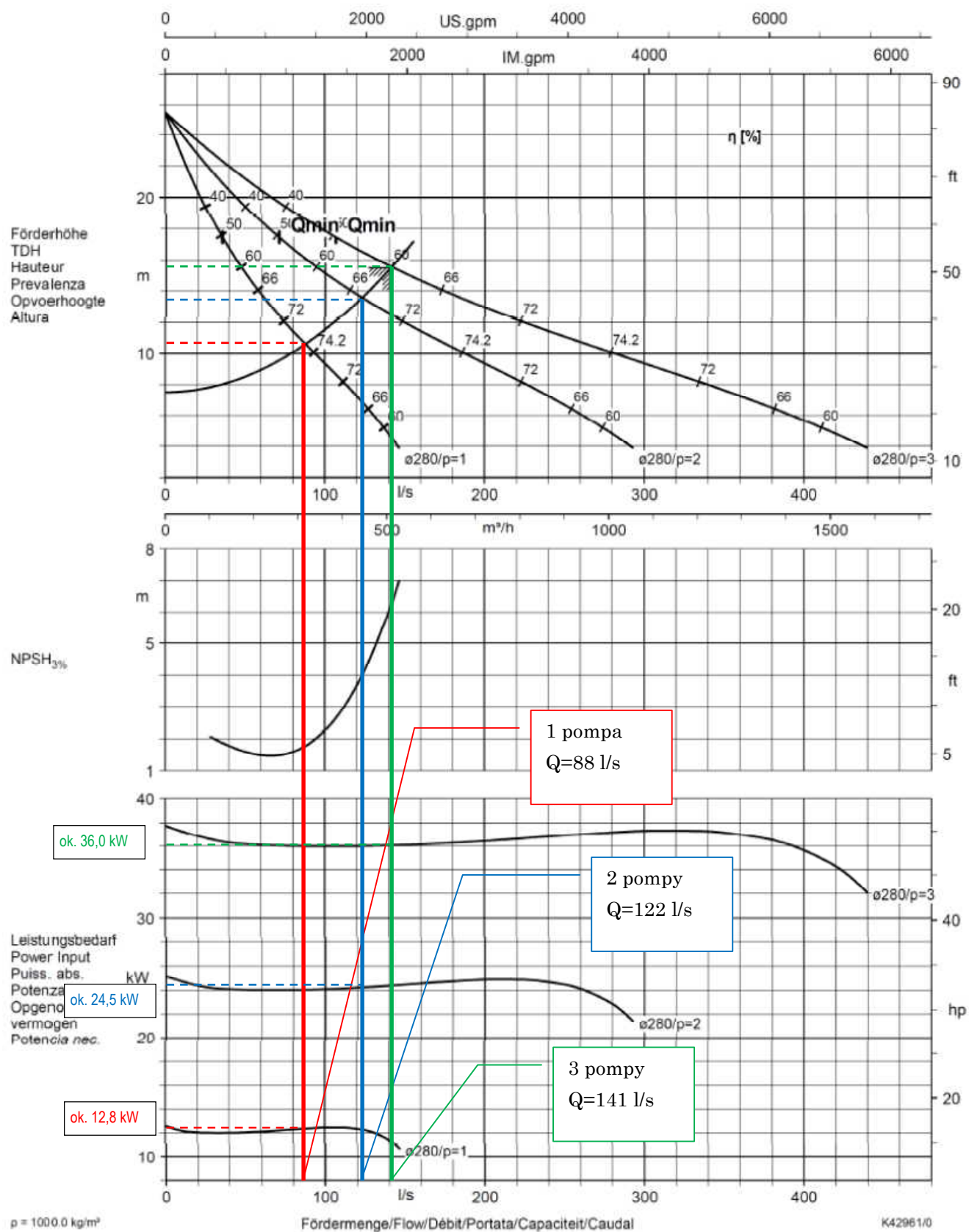
Wolny przelot pomp	100 mm
--------------------	--------

Założono pompy zblokowane firmy KSB	Sewabloc D 150-315G H 160L 04
-------------------------------------	-------------------------------

Moc napędu	15,0	kW
------------	------	----



Rysunek 7a: Wydajności wybranych pomp zblokowanych dla pracy 1 pompy na oba rurociągi tłoczne



Rysunek 7b: Wydajności wybranych pomp zblokowanych dla pracy 1, 2 i 3 pomp na oba rurociągi tłoczne

Geodezyjna wysokość podnoszenia wyniesie ok. 7,5 m przy założeniu, że poziom lustra wody w komorze rozprężnej wyniesie nie więcej niż 105,50 m npm. Straty hydrauliczne na armaturach i rurociągach obliczono w przybliżeniu przyjmując bezpieczne założenia.

Wydajność pomp będzie dostosowywana do dopływu na podstawie położenia lustra ścieków w studni czerpnej mierzonego czujnikiem hydrostatycznym lub ultradźwiękowym.

Zakres regulacji jednej pompy leży pomiędzy ok. 27 do ok. 88 l/s, przy czym sprawność pompy przy minimalnej wydajności wyniesie ok. 45%. Uwagi dotyczące prędkości przepływu w przewodach tłocznych sformułowano w poprzednim punkcie.

Maksymalne wydajności hydrauliczne i przybliżony pobór mocy dla wybranych pomp przedstawiono w poniższej tabeli:

Opis	Wydajność w l/s (m ³ /h)	Sprawność	Pobór mocy w kW
1 pompa D 150-315G H 160L 04	88 (316,8)	ok. 73 %	ok. 12,8
2 pompy D 150-315G H 160L 04	122 (439,2)	ok. 67 %	ok. 24,5
3 pompy D 150-315G H 160L 04	141 (507,6)	ok. 60 %	ok. 36,0

Oczywiście możliwy jest również dobór pomp innych producentów, który prawdopodobnie wykaże inne punkty pracy pomp i inne dane eksploatacyjne. Uwagi poczynione w punkcie 3.2.1 są również istotne dla niniejszego wariantu.

Koncepcję projektową pompowni „Stadionowa” wyposażonej w pompy zblokowane ustawione w komorze wstępnie zaprojektowaną zgodnie z uprzednio wymienionymi standardami wykonania przedstawiono na planie nr 201805.1-3-2.

3.2.3 Modernizacja SP „Stadionowa” – tłocznia – Wariant Stad3

Maksymalny dopływ ścieków do pompowni „Stadionowa”

na podstawie danych pomiarowych:	$Q_{\max} =$	506	m ³ /h
	odpowiednio	141	l/s

Wybrana ilość pomp głównych i rezerwowych	2 pracują, 2 nie pracują	4+0	szt.
---	--------------------------	-----	------

Wybrana wydajność 2 pomp pracujących jednocześnie	≥ 141	l/s
---	------------	-----

Rodzaj pomp	pompy zblokowane ustawione w komorze suchej
-------------	---

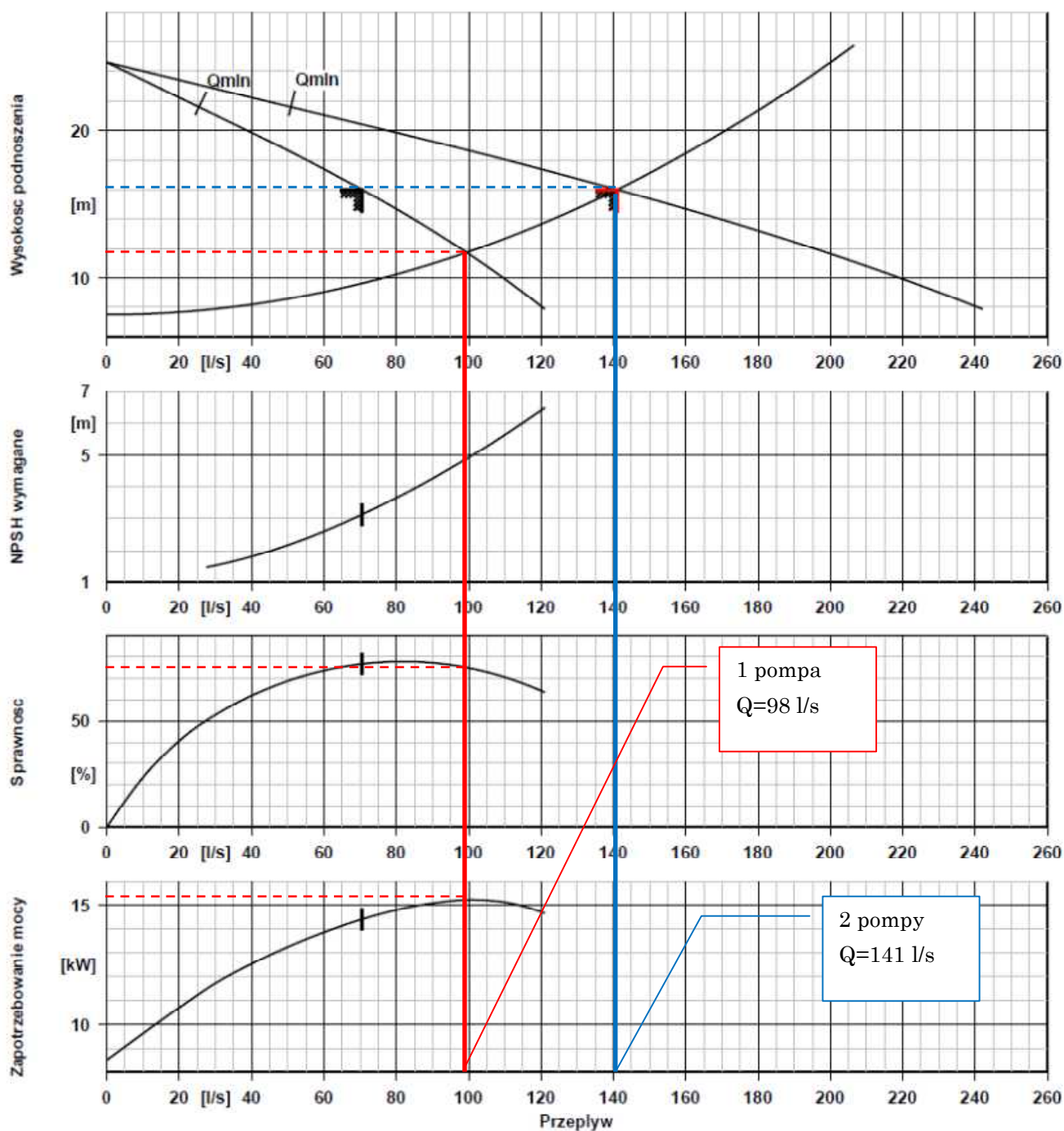
Wolny przełot pomp (wirnik wielokanałowy odśrodkowy)	76 mm
--	-------

Założone pompy zblokowane firmy KSB	Sewabloc K 150-317G V 180M 04
-------------------------------------	-------------------------------

Moc napędu	18,5	kW
------------	------	----

W przypadku tłoczni potrzebne są 2 zestawy pomp o jednakowej maksymalnej wydajności hydraulicznej. Dzieje się tak dlatego, ponieważ w czasie kiedy pracuje jeden zestaw pomp, ścieki dopływają do studni zlewnej przez system rurociągów należący do drugiego zestawu pomp.

Jednocześnie nie są wymagane wirniki otwarte ze względu separację stałych składników ścieków na kratkach umieszczonych przed wirnikiem zainstalowanych pomp.



Rysunek 8: Wydajności wybranych pomp tłoczni dla pracy 1 lub 2 pomp na oba rurociągi tłoczne

Maksymalne wydajności hydrauliczne i przybliżony pobór mocy dla wybranych pomp przedstawiono w poniższej tabeli:

Opis	Wydajność w l/s (m ³ /h)	Sprawność	Pobór mocy w kW
1 pompa K 150-317G V 180M 04	98 (352,8)	ok. 75 %	ok. 15,3
2 pompy K 150-317G V 180M 04	141 (507,6)	ok. 77 %	ok. 28,9

Oczywiście możliwe jest również zastosowanie tłoczni innych producentów, która prawdopodobnie wykaże inne punkty pracy pomp i inne dane eksploatacyjne.

Koncepcję projektową pompowni „Stadionowa” wyposażonej w tłocznie, wstępnie zaprojektowaną zgodnie z uprzednio wymienionymi standardami wykonania przedstawiono na planie nr 201805.1-3-3.

3.3 Porównanie energochłonności zaproponowanych wariantów

Na podstawie dobowych dopływów z okresu od 03.05.2017 r. do 31.07.2018 r. obliczono średniodobową ilość ścieków tłoczonych przez pompownię „Stadionowa”. Średniodobowa ilość ścieków wynosi ok. 2.893 m³/h

Przeprowadzono analizę porównawczą energochłonności wszystkich opisanych uprzednio wariantów. Wyniki obliczeń przedstawiono w następującej tabeli:

złożona średniodobowa ilość ścieków		2893 m ³ /d
Pompy zatapialne (Stad1)		
Wydajność 1 pompy wg. rys. 6a i 6b	87,000	l/s
odpowiednio	313,200	m ³ /h
Dobowy czas pracy 1 pompy	9,240	h
Moc pobierana wg rys. 6	12,850	kW
Dobowe zużycie energii elektrycznej	118,734	kWh/d
Jednostkowe zużycie energii	0,041	kWh/m ³
Pompy w komorze suchej (Stad2)		
Wydajność 1 pompy wg. rys. 7a i 7b	88,000	l/s
odpowiednio	316,800	m ³ /h
Dobowy czas pracy 1 pompy	9,130	h
Moc pobierana wg rys. 7	12,800	kW
Dobowe zużycie energii elektrycznej	116,864	kWh/d
Jednostkowe zużycie energii	0,040	kWh/m ³
Tłocznia (Stad3)		
Wydajność 1 pompy wg. rys. 8	98,000	l/s
odpowiednio	352,800	m ³ /h
Dobowy czas pracy 1 pompy	8,200	h
Moc pobierana wg rys. 8	15,300	kW
Dobowe zużycie energii elektrycznej	125,460	kWh/d
Jednostkowe zużycie energii	0,043	kWh/m ³

Z powyższej analizy wynika, że najmniej energii będą zużywać pompy zblokowane przewidziane dla wariantu Stad2. Energochłonność pomp zatapialnych wybranych dla wariantu Stad1 jest nieznacznie większa, ale jak najbardziej porównywalna z pompami zblokowanymi. Najmniej korzystna energetycznie jest tłocznia, aczkolwiek różnice pomiędzy poszczególnymi wariantami są nieznaczne.

3.4 Zastosowanie maceratora części stałych

W ostatnich latach w ściekach coraz częściej spotykane są tzw. „mokre ręczniczki, czy też szmatki” powodujące tworzenie się warkoczy powodujących zatykanie się pomp wirnikowych. Producenci pomp starają się dostosowywać konstrukcję pomp i wirników do nowego składu ścieków, co jednak nie gwarantuje całkowitej eliminacji problemów eksploatacyjnych generowanych przez „mokre ręczniczki”.

W koncepcjach pompowni „Stadionowa” dla pomp zatapialnych i zablokowanych zastosowano pompy i wirniki konstrukcyjnie przygotowane do pracy w ściekach zawierających wspomniane „mokre ręczniczki”.

W tłoczni „mokre ręczniczki” powinny być zatrzymywane na kratkach, więc problem zatykania się pomp nie powinien występować.

Pompy zatapialne i zablokowane są narażone na wspomniane problemy eksploatacyjne. Jednakże przy doborze pomp zwrócono szczególną uwagę na odpowiedni dobór wirników i wielkości swobodnego przelotu przez komorę wirnika. Sądzymy, że odpowiedni dobór objętości komory zlewnej nie pozwoli na gromadzenie się w nim dużej ilości „mokrych ręczniczków”, co jest jedną z głównych przyczyn powstawania warkoczy i kłębów. Dlatego też jesteśmy pewni, że od strony projektowej zrobiono wszystko, aby nie ograniczyć lub wyeliminować wspomniane problemy eksploatacyjne. Jednakże gwarancji na ich całkowite uniknięcie nie ma.

Rozwiązaniem godnym rozważenia w późniejszych etapach projektowych jest konstrukcja studni zlewnej pozwalająca na późniejsze zamontowanie maceratora na kanale dopływowym do studni zlewnej. Wstępną propozycję takiego rozwiązania przedstawiono na rysunkach nr 201805.1.SP-3-1a (dla pomp zatapialnych) i nr 201805.1.SP-3-2a (dla pomp blokowanych). Jako wyznacznik przepustowości i jakości wybrano frezowy macerator kanałowy firmy Vogelsang typu X-Ripper XRC o maksymalnej przepustowości 520 m³/h i mocy silnika 4,0 kW, wyposażonego w funkcję AutoRewers.

Zastosowanie maceratora pozwala na rozdrobnienie wszystkich części stałych napływających ze ściekami. Jest to rozwiązanie kompromisowe, ponieważ obok jego zalet należy uwzględnić również jego wady:

- Możliwość zatkania się lub awarii urządzenia. Aby uniknąć spiętrzenia ścieków przed zatkanym maceratorem należy przewidzieć przelew bezpieczeństwa.
- Dodatkowe zużycie energii elektrycznej.
- Koszty serwisowania i części zamiennych.
- Rozdrobnione części stałe nie będą w pełni zatrzymane na sitach sitopiaskowników, przedostaną się więc do osadu ściekowego i będą powodować szybsze niszczenie maszyn ciągu osadowego ze względu na ich właściwości ściernie.
- Pewna część bardzo rozdrobnionych tworzyw sztucznych przedostanie się wraz ze ściekami do odbiornika.

Możliwość zastosowania maceratora będzie generować nieco zwiększone koszty budowy, które będą mniej więcej takie same dla wariantów z pompami zatapialnymi i zablokowanymi. Można przyjąć, że koszty budowy powiększą się o ok. 80.000 do 140.000 zł (brutto) w zależności o przyjętego systemu wyceny (patrz punkt 3.5).

Szacunkowy koszt maceratora łącznie z urządzeniami sterującymi i innym wyposażeniem wyniesie od 150.000 do 240.000 zł (brutto) w zależności o przyjętego systemu wyceny (patrz punkt 3.5).

Koszty eksploatacyjne maceratora będą dla obu wariantów identyczne. Należy przyjąć, że dobowy pobór energii elektrycznej wyniesie $24 \text{ h/d} \times 3,0 \text{ kW} = 72 \text{ kWh/d}$.

W przypadku tłoczni nie przewidziano możliwości zastosowania maceratora ze względu na zintegrowany system separacji ciał stałych. Nie jesteśmy jednak pewni, czy system separacji wyeliminuje problemy eksploatacyjne wywołane przez „mokre ręczniczki”. W przypadku dysfunkcji systemu separacji tłoczni, należy się liczyć z dużymi kosztami usuwania niedrożności.

3.5 Porównanie kosztów budowy zaproponowanych wariantów

Koszty omówionych uprzednio wariantów pompowni „Stadionowa” oszacowane na podstawie aktualnych kosztów jednostkowych dla różnego rodzaju budowni i urządzeń. Pompy skalkulowano na podstawie oferty budżetowej dostarczonej przez firmę KSB.

3.5.1 Oszacowanie kosztów realizacji pompowni „Stadionowa” – wariant Stad1 – pompy zatapialne

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy Zleceniodawca nie będzie zatrudniał Generalnego Wykonawcy, zlecenia będą udzielane wykonawcom i dostawcą poszczególnych rodzajów robót i dostaw, a koordynacją całości zajmie się zatrudnione w tym celu biuro inżynierskie.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja pompowni "Stadionowa" w Raszynie - wariant Stad1					
	Koszty prac budowlanych					
1	Studnia zastawek na istniejącym kanale DN600	25	m³	2.500,00	62.500,00	76.900,00
2	Kanał DN600	18	m	1.200,00	21.600,00	26.600,00
3	Budowla pompowni z żelbetonu	170	m³	2.500,00	425.000,00	522.800,00
4	Rurociąg tłoczny DN300, PN10	8	m	800,00	6.400,00	7.900,00
5	Rurociąg tłoczny DN150, PN10	12	m	500,00	6.000,00	7.400,00
6	Czteroczęściowy włącz 3,90 x 1,00 ze stali nierdzewnej	1	szt.	25.000,00	25.000,00	30.800,00
7	Czteroczęściowy 3,60 x 1,00 ze stali nierdzewnej	1	szt.	30.000,00	30.000,00	36.900,00
8	Schody ze stali węglowej ocynkowanej, dł. ok. 4,5 m	1	szt.	10.000,00	10.000,00	12.300,00
9	Wydatki nieujęte i nieprzewidziane (np. dźwig do pomp)	1	ryczałt	55.600,00	55.600,00	68.400,00
10	Koszty prac budowlanych				642.100,00	790.000,00
11						
12	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych					
13	Pompy zatapialne dla wariantu Stad1	4	szt.	40.000,00	160.000,00	196.800,00
14	Napędy do zasuw DN150 do DN300	5	szt.	15.000,00	75.000,00	92.300,00
15	System rurociągów łącznie z armaturą i wentylacją DN150 do DN300	1	ryczałt	80.000,00	80.000,00	98.400,00
16	Przepływomierze magnetyczno-indukcyjne DN300 i DN150	2	szt.	16.000,00	32.000,00	39.400,00
17	Pompa do odwodnienia komory armatur	1	szt.	6.000,00	6.000,00	7.400,00
18	Zastawki DN600 w studzienice zastawek	2	szt.	6.000,00	12.000,00	14.800,00
19	Szafy z wyposażeniem elektrycznym i sterowaniem	1	ryczałt	70.000,00	70.000,00	86.100,00
20	Wydatki nieujęte i nieprzewidziane (np. koszt przyłącza energii elektrycznej)	1	ryczałt	44.500,00	44.500,00	54.800,00
21	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych				479.500,00	590.000,00
22	Koszt modernizacji pompowni "Stadionowa" w Raszynie - wariant Stad1				1.121.600,00	1.380.000,00

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy całość prac będzie wykonywane przez Generalnego Wykonawcę.

Koszty podane w obu tabelach ustanawiają minimalne i maksymalne granice kosztowe, przy czym koszty generowane przez zatrudnianie Generalnego Wykonawcy są generowane w aktualnych przetargach.

Realizacja przedsięwzięcia po podanych uprzednio kosztach minimalnych będzie trudna, jednakże w optymalnym przypadku, przy zastosowaniu niestandardowych metod postępowania, możliwa.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja pompowni "Stadionowa" w Raszynie - wariant Stad1					
	Koszty prac budowlanych					
1	Studnia zastawek na istniejącym kanale DN600	25	m³	4.800,00	120.000,00	147.600,00
2	Kanał DN600	18	m	2.300,00	41.400,00	50.900,00
3	Budowla pompowni z żelbetonu	170	m³	4.800,00	816.000,00	1.003.700,00
4	Rurociąg tłoczny DN300, PN10	8	m	1.500,00	12.000,00	14.800,00
5	Rurociąg tłoczny DN150, PN10	12	m	1.000,00	12.000,00	14.800,00
6	Czteroczęściowy włącz 3,90 x 1,00 ze stali nierdzewnej 1.4301	1	szt.	47.500,00	47.500,00	58.400,00
7	Czteroczęściowy 3,60 x 1,00 ze stali nierdzewnej 1.4301	1	szt.	57.000,00	57.000,00	70.100,00
8	Schody ze stali węglowej ocynkowanej, dł. ok. 4,5 m	1	szt.	19.000,00	19.000,00	23.400,00
9	Wydatki nieujęte i nieprzewidziane (np. dźwig do pomp)	1	ryczałt	94.500,00	94.500,00	116.300,00
10	Koszty prac budowlanych				1.219.400,00	1.500.000,00
11						
12	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych					
13	Pompy zatapialne dla wariantu Stad1	4	szt.	64.000,00	256.000,00	314.900,00
14	Napędy do zasuw DN150 do DN300	5	szt.	24.000,00	120.000,00	147.600,00
15	System rurociągów łącznie z armaturą i wentylacją DN150 do DN300	1	ryczałt	128.000,00	128.000,00	157.400,00
16	Przepływomierze magnetyczno-indukcyjne DN300 i DN150	2	szt.	25.600,00	51.200,00	63.000,00
17	Pompa do odwodnienia komory armatur	1	szt.	9.600,00	9.600,00	11.800,00
18	Zastawki DN600 w studziencie zastawek	2	szt.	9.600,00	19.200,00	23.600,00
19	Szafy z wyposażeniem elektrycznym i sterowaniem	1	ryczałt	112.000,00	112.000,00	137.800,00
20	Wydatki nieujęte i nieprzewidziane (np. koszt przyłącza energii elektrycznej)	1	ryczałt	80.400,00	80.400,00	98.900,00
21	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych				776.400,00	955.000,00
22	Koszt modernizacji pompowni "Stadionowa" w Raszynie - wariant Stad1				1.995.800,00	2.455.000,00

3.5.2 Oszacowanie kosztów realizacji pompowni „Stadionowa” – wariant Stad2 – pompy suchostojące zblokowane

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy Zleceniodawca nie będzie zatrudniał Generalnego Wykonawcy, zlecenia będą udzielane wykonawcom i dostawcą poszczególnych rodzajów robót i dostaw, a koordynacją całości zajmie się zatrudnione w tym celu biuro inżynierskie.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja pompowni "Stadionowa" w Raszynie - wariant Stad2					
	Koszty prac budowlanych					
1	Studnia zastawek na istniejącym kanale DN600	25	m³	2.500,00	62.500,00	76.900,00
2	Kanał DN600	19	m	1.200,00	22.800,00	28.000,00
3	Budowla pompowni z żelbetonu	210	m³	2.500,00	525.000,00	645.700,00
4	Rurociąg tłoczny DN300, PN10	7	m	800,00	5.600,00	6.900,00
5	Rurociąg tłoczny DN150, PN10	10	m	500,00	5.000,00	6.200,00
6	Dwuczęściowy wąż 2,50 x 1,00 ze stali nierdzewnej 1.4301	1	szt.	15.000,00	15.000,00	18.500,00
7	Kopuły z plexiglasu 1,20 x 0,60 odporne na czynniki pogodowe	4	szt.	4.000,00	16.000,00	19.700,00
8	Schody ze stali węglowej ocynkowanej, dł. ok. 7 m	1	szt.	10.000,00	10.000,00	12.300,00
9	Wydatki nieujęte i nieprzewidziane	1	ryczałt	69.700,00	69.700,00	85.800,00
10	Koszty prac budowlanych				731.600,00	900.000,00
11						
12	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych					
13	Pompy zblokowanie dla wariantu Stad2	4	szt.	33.000,00	132.000,00	162.400,00
14	Napędy do zasuw DN150 do DN300	5	szt.	15.000,00	75.000,00	92.300,00
15	System rurociągów łącznie z armaturą i wentylacją DN150 do DN300	1	ryczałt	80.000,00	80.000,00	98.400,00
16	Przepływomierze magnetyczno-indukcyjne DN300 i DN150	2	szt.	16.000,00	32.000,00	39.400,00
17	Pompa do odwodnienia komory suchej	1	szt.	6.000,00	6.000,00	7.400,00
18	Zastawki DN600 w studziencie zastawek	2	szt.	6.000,00	12.000,00	14.800,00
19	Szafy z wyposażeniem elektrycznym i sterowaniem	1	ryczałt	70.000,00	70.000,00	86.100,00
20	Wydatki nieujęte i nieprzewidziane (np. koszt przyłącza energii elektrycznej)	1	ryczałt	44.100,00	44.100,00	54.200,00
21	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych				451.100,00	555.000,00
22	Koszt modernizacji pompowni "Stadionowa" w Raszynie - wariant Stad2				1.182.700,00	1.455.000,00

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy całość prac będzie wykonywane przez Generalnego Wykonawcę.

Koszty podane w obu tabelach ustanawiają minimalne i maksymalne granice kosztowe, przy czym koszty generowane przez zatrudnianie Generalnego Wykonawcy są generowane w aktualnych przetargach.

Realizacja przedsięwzięcia po podanych uprzednio kosztach minimalnych będzie trudna, jednakże w optymalnym przypadku, przy zastosowaniu niestandardowych metod postępowania, możliwa.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja pompowni "Stadionowa" w Raszynie - wariant Stad2					
	Koszty prac budowlanych					
1	Studnia zastawek na istniejącym kanale DN600	25	m³	4.800,00	120.000,00	147.600,00
2	Kanał DN600	19	m	2.300,00	43.700,00	53.800,00
3	Budowla pompowni z żelbetonu	210	m³	4.800,00	1.008.000,00	1.239.800,00
4	Rurociąg tłoczny DN300, PN10	7	m	1.500,00	10.500,00	12.900,00
5	Rurociąg tłoczny DN150, PN10	10	m	1.000,00	10.000,00	12.300,00
6	Dwuczęściowy właz 2,50 x 1,00 ze stali nierdzewnej 1.4301	1	szt.	28.500,00	28.500,00	35.100,00
7	Kopuły z plexiglasu 1,20 x 0,60 odporne na czynniki pogodowe	4	szt.	7.600,00	30.400,00	37.400,00
8	Schody ze stali węglowej ocynkowanej, dł. ok. 7 m	1	szt.	19.000,00	19.000,00	23.400,00
9	Wydatki nieujęte i nieprzewidziane	1	ryczałt	111.900,00	111.900,00	137.700,00
10	Koszty prac budowlanych				1.382.000,00	1.700.000,00
11						
12	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych					
13	Pompy zblokowanie dla wariantu Stad2	4	szt.	52.800,00	211.200,00	259.800,00
14	Napędy do zasuw DN150 do DN300	5	szt.	24.000,00	120.000,00	147.600,00
15	System rurociągów łącznie z armaturą i wentylacją DN150 do DN300	1	ryczałt	128.000,00	128.000,00	157.400,00
16	Przepływomierze magnetyczno-indukcyjne DN300 i DN150	2	szt.	25.600,00	51.200,00	63.000,00
17	Pompa do odwodnienia komory suchej	1	szt.	9.600,00	9.600,00	11.800,00
18	Zastawki DN600 w studziencie zastawek	2	szt.	9.600,00	19.200,00	23.600,00
19	Szafy z wyposażeniem elektrycznym i sterowaniem	1	ryczałt	112.000,00	112.000,00	137.800,00
20	Wydatki nieujęte i nieprzewidziane (np. koszt przyłącza energii elektrycznej)	1	ryczałt	80.500,00	80.500,00	99.000,00
21	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych				731.700,00	900.000,00
22	Koszt modernizacji pompowni "Stadionowa" w Raszynie - wariant Stad2				2.113.700,00	2.600.000,00

3.5.3 Oszacowanie kosztów realizacji pompowni „Stadionowa” – wariant Stadt3 – tłocznia

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy Zleceniodawca nie będzie zatrudniał Generalnego Wykonawcy, zlecenia będą udzielane wykonawcom i dostawcą poszczególnych rodzajów robót i dostaw, a koordynacją całości zajmie się zatrudnione w tym celu biuro inżynierskie.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja pompowni "Stadionowa" w Raszynie - wariant Stad3					
	Koszty prac budowlanych					
1	Studnia zastawek na istniejącym kanale DN600	25	m³	2.500,00	62.500,00	76.900,00
2	Kanał DN600	17	m	1.200,00	20.400,00	25.100,00
3	Budowla pompowni z żelbetonu	285	m³	2.500,00	712.500,00	876.400,00
4	Rurociąg tłoczny DN300, PN10	6	m	800,00	4.800,00	5.900,00
5	Rurociąg tłoczny DN150, PN10	7	m	500,00	3.500,00	4.300,00
6	Czteroczęściowy włącz 2,75 x 1,00 ze stali nierdzewnej 1.4301	1	szt.	17.000,00	17.000,00	20.900,00
7	Kopuły z plexiglasu 0,80 x 0,80 odporne na czynniki pogodowe	4	szt.	2.500,00	10.000,00	12.300,00
8	Schody ze stali węglowej ocynkowanej, dł. ok. 7,2 m + drabina	1	szt.	12.000,00	12.000,00	14.800,00
9	Wydatki nieujęte i nieprzewidziane	1	ryczałt	71.900,00	71.900,00	88.400,00
10	Koszty prac budowlanych				914.600,00	1.125.000,00
11						
12	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych					
13	Pompy zblokowane dla wariantu Stad3	4	szt.	33.000,00	132.000,00	162.400,00
14	Napędy do zasuw DN150 do DN300	5	szt.	15.000,00	75.000,00	92.300,00
15	System rurociągów z armaturą, kratami i wentylacją DN150 do DN600	1	ryczałt	100.000,00	100.000,00	123.000,00
16	Przepływomierze magnetyczno-indukcyjne DN300 i DN150	2	szt.	16.000,00	32.000,00	39.400,00
17	Pompa do odwodnienia komory armatur	1	szt.	6.000,00	6.000,00	7.400,00
18	Zastawki DN600 w studzienice zastawek	2	szt.	6.000,00	12.000,00	14.800,00
19	Szafy z wyposażeniem elektrycznym i sterowaniem	1	ryczałt	75.000,00	75.000,00	92.300,00
20	Wydatki nieujęte i nieprzewidziane (np. koszt przyłącza energii elektrycznej)	1	ryczałt	43.400,00	43.400,00	53.400,00
21	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych				475.400,00	585.000,00
22	Koszt modernizacji pompowni "Stadionowa" w Raszynie - wariant Stad3				1.390.000,00	1.710.000,00

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy całość prac będzie wykonywane przez Generalnego Wykonawcę.

Koszty podane w obu tabelach ustanawiają minimalne i maksymalne granice kosztowe, przy czym koszty generowane przez zatrudnianie Generalnego Wykonawcy są generowane w aktualnych przetargach.

Realizacja przedsięwzięcia po podanych uprzednio kosztach minimalnych będzie trudna, jednakże w optymalnym przypadku, przy zastosowaniu niestandardowych metod postępowania, możliwa.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja pompowni "Stadionowa" w Raszynie - wariant Stad3					
	Koszty prac budowlanych					
1	Studnia zastawek na istniejącym kanale DN600	25	m³	4.800,00	120.000,00	147.600,00
2	Kanał DN600	17	m	2.300,00	39.100,00	48.100,00
3	Budowla pompowni z żelbetonu	285	m³	4.800,00	1.368.000,00	1.682.600,00
4	Rurociąg tłoczny DN300, PN10	6	m	1.500,00	9.000,00	11.100,00
5	Rurociąg tłoczny DN150, PN10	7	m	1.000,00	7.000,00	8.600,00
6	Czteroczęściowy właz 2,75 x 1,00 ze stali nierdzewnej 1.4301	1	szt.	32.300,00	32.300,00	39.700,00
7	Kopuły z plexiglasu 0,80 x 0,80 odporne na czynniki pogodowe	4	szt.	4.800,00	19.200,00	23.600,00
8	Schody ze stali węglowej ocynkowanej, dł. ok. 7,2 m + drabina	1	szt.	22.800,00	22.800,00	28.000,00
9	Wydatki nieujęte i nieprzewidziane	1	ryczałt	130.600,00	130.600,00	160.700,00
10	Koszty prac budowlanych				1.748.000,00	2.150.000,00
11						
12	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych					
13	Pompy zblokowane dla wariantu Stad3	4	szt.	52.800,00	211.200,00	259.800,00
14	Napędy do zasuw DN150 do DN300	5	szt.	24.000,00	120.000,00	147.600,00
15	System rurociągów z armaturą, kratami i wentylacją DN150 do DN600	1	ryczałt	160.000,00	160.000,00	196.800,00
16	Przepływomierze magnetyczno-indukcyjne DN300 i DN150	2	szt.	25.600,00	51.200,00	63.000,00
17	Pompa do odwodnienia komory armatur	1	szt.	9.600,00	9.600,00	11.800,00
18	Zastawki DN600 w studziencie zastawek	2	szt.	9.600,00	19.200,00	23.600,00
19	Szafy z wyposażeniem elektrycznym i sterowaniem	1	ryczałt	120.000,00	120.000,00	147.600,00
20	Wydatki nieujęte i nieprzewidziane (np. koszt przyłącza energii elektrycznej)	1	ryczałt	81.100,00	81.100,00	99.800,00
21	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych				772.300,00	950.000,00
22	Koszt modernizacji pompowni "Stadionowa" w Raszynie - wariant Stad3				2.520.300,00	3.100.000,00

3.5.4 Wybór wariantu rekomendowanego dla pompowni „Stadionowa”

W poniższej tabeli przeprowadzono porównanie kosztów inwestycyjnych każdego z wariantów”

Opis	Wariant Stad1	Wariant Stad2	Wariant Stad3
Koszty minimalne	1.380.000,00	1.455.000,00	1.710.000,00
Koszty maksymalne	2.455.000,00	2.600.000,00	3.100.000,00
Koszty średnie	1.917.500,00	2.027.500,00	2.405.000,00
relacja kosztów średnich	100,0%	105,7%	125,4%

Z powyższego zestawienia wynika oraz z porównania energochłonności (patrz punkt nr 3.3) wynika, że tłocznia (wariant Stad3) jest po każdym względem rozwiązaniem najmniej ekonomicznym. Jedyną zaletą tłoczni jest niewielkie prawdopodobieństwo kłopotów eksploatacyjnych wywoływanych przez szmaty i inne zanieczyszczenia stałe.

Koszty eksploatacyjne i inwestycyjne pozostałych dwóch rozwiązań wykazują bardzo niewielkie różnice:

Rodzaj kosztów	Wariant Stad1	Wariant Stad2
Koszty energii elektrycznej	102,50%	100,00%
Koszty inwestycyjne	100,00%	105,74%

Przeprowadzone tu analizy opierają się na danych uzyskanych dla konkretnego wyboru pomp. Przy zastosowaniu maszyn innych producentów o porównywalnych charakterystykach jakościowych opisane tu różnice mogą ulec nieznacznym zmianom.

Niezaprzeczalnymi zaletami pomp suchostojących w porównaniu z pompami zatapialnymi są:

- Dłuższy okres żywotności technicznej maszyn (dla pomp zatapialnych przyjmuje się 8 do max. 10 lat, dla pomp suchostojących 14 do 16 lat).
- Wygoda serwisowania i usuwania awarii.
- Silnik i komora pompy nie są zanurzone w ściekach, co redukuje oddziaływanie agresywnych składników ścieków na maszyny.

Dalsze wnioski wynikające z porównania opisanych uprzednio wariantów wynikają z analizy efektywności kosztowej i finansowej zamieszczonej w całości w załączniku 1 do niniejszego opracowania. W wyniku przeprowadzonych analiz z uwzględnieniem przyjętych kryteriów oceny danego wariantu, stwierdzono, że najbardziej efektywny kosztowo i finansowo jest Wariant Stad2, czyli pompownia z pompami umieszczonymi w komorze suchej. Wyniki przeprowadzonej analizy wielokryterialnej prezentuje tabela poniżej.

Lp.	Wyniki analizy wielokryterialnej Modernizacja pompowni ścieków "Stadionowa"	Jedn.	Wariant STAD-1	Wariant STAD-2	Wariant STAD-3
1.	Koszty inwestycyjne	TAK/NIE	TAK	NIE	NIE
2.	Koszty inwestycji odtworzeniowych (łącznie)	TAK/NIE	NIE	TAK	NIE
3.	Wartość rezydualna	TAK/NIE	NIE	NIE	TAK
4.	Koszty eksploatacyjne bez amortyzacji (średniorocznie)	TAK/NIE	NIE	TAK	NIE
5.	Wskaźnik efektywności kosztowej - DGC	TAK/NIE	NIE	TAK	NIE
6.	Wskaźnik efektywności finansowej - NPV	TAK/NIE	NIE	TAK	NIE
7.	Wskaźnik efektywności finansowej - IRR	TAK/NIE	NIE	TAK	NIE
	Punktacja (max 10 pkt.)		3	6	1

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza wielokryterialna, w skład której wchodzi:

- analiza wysokości kosztów inwestycyjnych,
- analiza kosztów inwestycji odtworzeniowych,
- analiza wartości rezydualnej,
- analiza wysokości kosztów eksploatacyjnych,
- analiza efektywności kosztowej,
- analiza efektywności finansowej,

wskazuje, że **Wariant Stad2 uzyskuje największą liczbę punktów i jest rekomendowany do realizacji** z finansowego oraz kosztowego punktu widzenia, z zastrzeżeniem, że do rekomendacji wzięto pod uwagę 20-to letni okres funkcjonowania.

Rekomendowany wariant charakteryzuje się:

- najniższymi kosztami inwestycji odtworzeniowych,
- najniższymi kosztami eksploatacyjnymi bez amortyzacji (średniorocznie),
- najniższą wartością wskaźnika efektywności kosztowej DGC,
- najwyższą wartością wskaźnika efektywności finansowej NPV,
- najwyższą wartością wskaźnika efektywności finansowej IRR.

4 Oczyszczalnia ścieków w Falentach – stan istniejący

Aktualny schemat technologiczny oczyszczalni ścieków w Falentach pokazany jest planie numer 201805.1-4-1. Schemat przejęto z projektu technologiczno-procesowego z marca 2005 roku.

Gminie Raszyn udzielono na mocy decyzji Starosty Pruszkowskiego nr 443/08, znak WŚ.6223/R/81/MJ/MW z dnia 17 grudnia 2008 r. pozwolenie wodnoprawne na odprowadzanie oczyszczonych ścieków z gminnej oczyszczalni ścieków do rowu R-36, a następnie do rzeki Raszynki.

Powyższe pozwolenie wodnoprawne uległo zmianie dnia 22 listopada 2018 na wniosek Gminy Raszyn. Zmienione pozwolenie wodnoprawne zostało wydane przez Państwowe Gospodarstwo Wodne „Wody Polskie”, Zarząd Zlewni w Łowiczu decyzją nr WA.ZUZ.5.421.3.393.2018.KM. Niniejsza decyzja uprawomocniła się dnia 06.12.2018 r. Wydano następującą decyzję:

po rozpatrzeniu

wniosku Gminy Raszyn z siedzibą przy ulicy Szkolnej 2a, 05-090 Raszyn – reprezentowanej przez pełnomocnika – Panią Małgorzatę Barańską w sprawie wydania pozwolenia wodnoprawnego na usługę wodną tj. odprowadzanie do rowu melioracyjnego R-36 „C” a następnie do rzeki Raszynki w km 7+040 jej biegu na działce ew. nr 5/3 oraz 181/13, obręb Falenty Nowe, ścieków komunalnych oczyszczonych w gminnej oczyszczalni ścieków w Falentach, gm. Raszyn, powiat pruszkowski, woj. mazowieckie

o r z e k a m

I. Udzielić Gminie Raszyn z siedzibą przy ulicy Szkolnej 2, 05-090 Raszyn, pozwolenia wodno prawnego na usługę wodną tj. odprowadzanie do rowu melioracyjnego R-36 „C” a następnie do rzeki Raszynki w km 7+040 jej biegu, istniejącym wylotem zlokalizowanym w punkcie o współrzędnych geodezyjnych $X = 5778912.8$ $Y = 749552.4$ ścieków komunalnych oczyszczonych w mechaniczno-biologicznej gminnej oczyszczalni ścieków w Falentach, która składa się z następujących obiektów technicznych i urządzeń:

część mechaniczna:

- punkt zlewowy ścieków dowożonych
- piaskownik wirowy dla ścieków dowożonych
- separator piasku dla piasku usuniętego ze ścieków dowożonych
- zbiornik uśredniający
- zbiornik retencyjno – uśredniający ścieków dowożonych
- filtr powietrza odprowadzanego ze zbiornika retencyjnego
- budynek kraty kosztowej ścieków dopływających grawitacyjnie z Falent
- przepompownia ścieków z komorą pomiarową ścieków dopływających grawitacyjnie z Falent
- stacja mechanicznego oczyszczania ścieków dla całego strumienia ścieków doprowadzanych ma oczyszczalnię
- pompownia ścieków na część biologiczną oczyszczalni.

część biologiczna:

- zbiornik KLARBLOK

- komora rozdziału na reaktory biologiczne

- reaktor biologiczny CARROUSEL 2000

- reaktor biologiczny RB

- komora rozdziału przed osadnikami wtórnymi

- osadniki wtórne

- pompownia osadu recyrkulowanego i nadmiernego

- instalacja dozowania PIX-u i PAX-u

- stacja dmuchaw

- komora pomiarowa ścieków oczyszczonych

- wylot ścieków oczyszczonych

II. Określić następujące dopuszczalne ilości ścieków oczyszczonych, odprowadzanych do rowu melioracyjnego R-36 „C” a następnie do rzeki Raszynki w km 7+040 jej biegu:

- $Q_{\max s} = 0,234 \text{ m}^3/\text{s}$ – maksymalna sekundowa ilość ścieków
- $Q_{\text{dśr}} = 6\,750 \text{ m}^3/\text{d}$ – średnia dobową ilość ścieków
- $Q_{\text{dop,R}} = 2\,463\,750 \text{ m}^3/\text{rok}$ – maksymalna roczna ilość ścieków

III. Oczyszczone ścieki komunalne wprowadzane do rowu melioracyjnego R-36 „C” a następnie do rzeki Raszynki w km 7+040 jej biegu winny odpowiadać wymaganiom określonym w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełniać przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz. U. z 2014 r., poz. 1800), dla ścieków z oczyszczalni w szczególności:

1. najwyższe dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych do odbiornika nie mogą przekraczać wartości:

a) Pięciodobowe biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT_5)

$$S_{BZT5} - 15 \text{ mg O}_2/\text{m}^3;$$

b) Chemiczne zapotrzebowanie tlenu ($ChZT-Cr$)

$$S_{ChZT-Cr} - 125 \text{ mg O}_2/\text{m}^3;$$

c) Zawiesiny ogólne

$$S_{\text{zaw. og.}} - 35 \text{ mg}/\text{m}^3;$$

d) azot ogólny

$$N_{\text{og}} - 15 \text{ g N}/\text{m}^3$$

e) fosfor ogólny

$$P_{\text{og.}} - 2 \text{ g P}/\text{m}^3$$

Jednostki
wszystkich
podanych obok
wartości są błędne i
zostały urzędowo
sprostowane.

Zamiast
(mg/m^3)
powinno być
(mg/l)

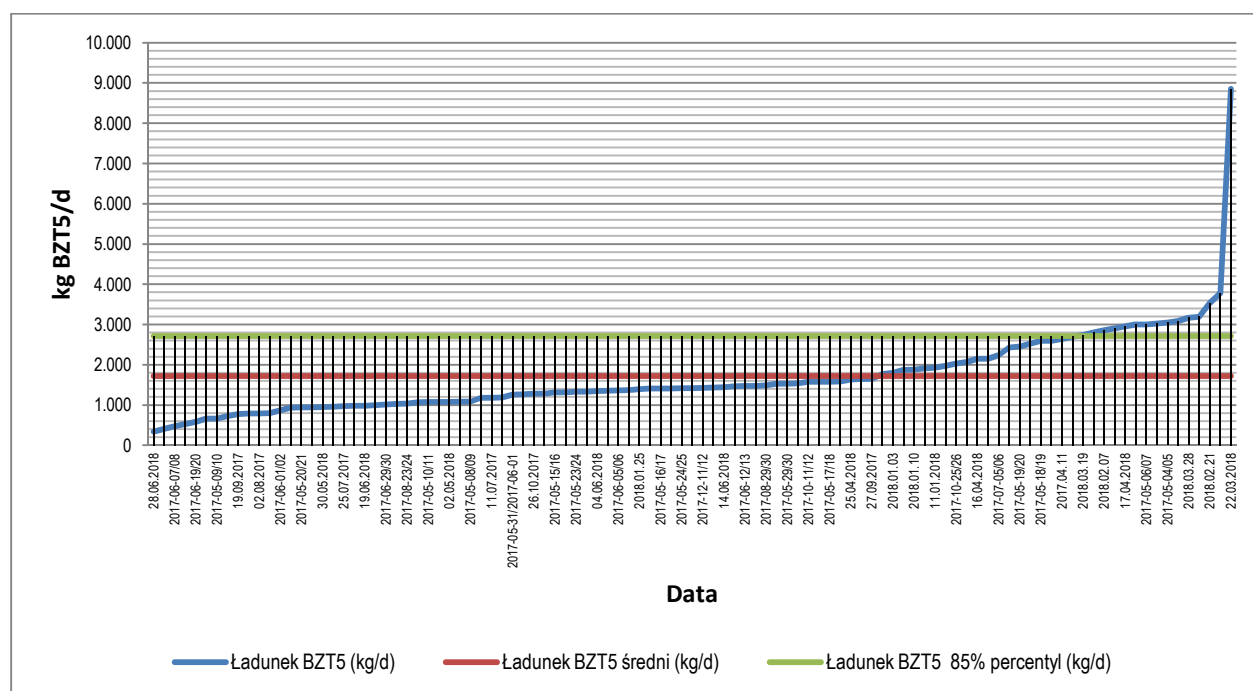
W celu stwierdzenia aktualnego obciążenia oczyszczalni ścieków opracowano statystycznie wyniki badań obciążenia oczyszczalni ścieków ładunkami zanieczyszczeń. Podstawę analizy statystycznej stanowiły badania uśrednionych próbek dobowych pobieranych proporcjonalnie do przepływu w dopływie do części biologicznej oczyszczalni ścieków w okresie od 04.01.2017 do 05.07.2018 r. Do analizy statystycznej dołączono również analizy próbek pobieranych w ten sam sposób, ale wykonanych przez certyfikowane laboratorium JARS w okresie od 27.01.2017 do 19.06.2018 r.

Jako dane miarodajne przyjęto wartości ładunków, które w 85% przypadków jest mniejsze od zmierzonego obciążenia maksymalnego. Wynik statystycznej analizy badań ładunków zanieczyszczeń w ściekach dopływających do oczyszczalni ścieków w Falentach zestawiono w następującej tabeli:

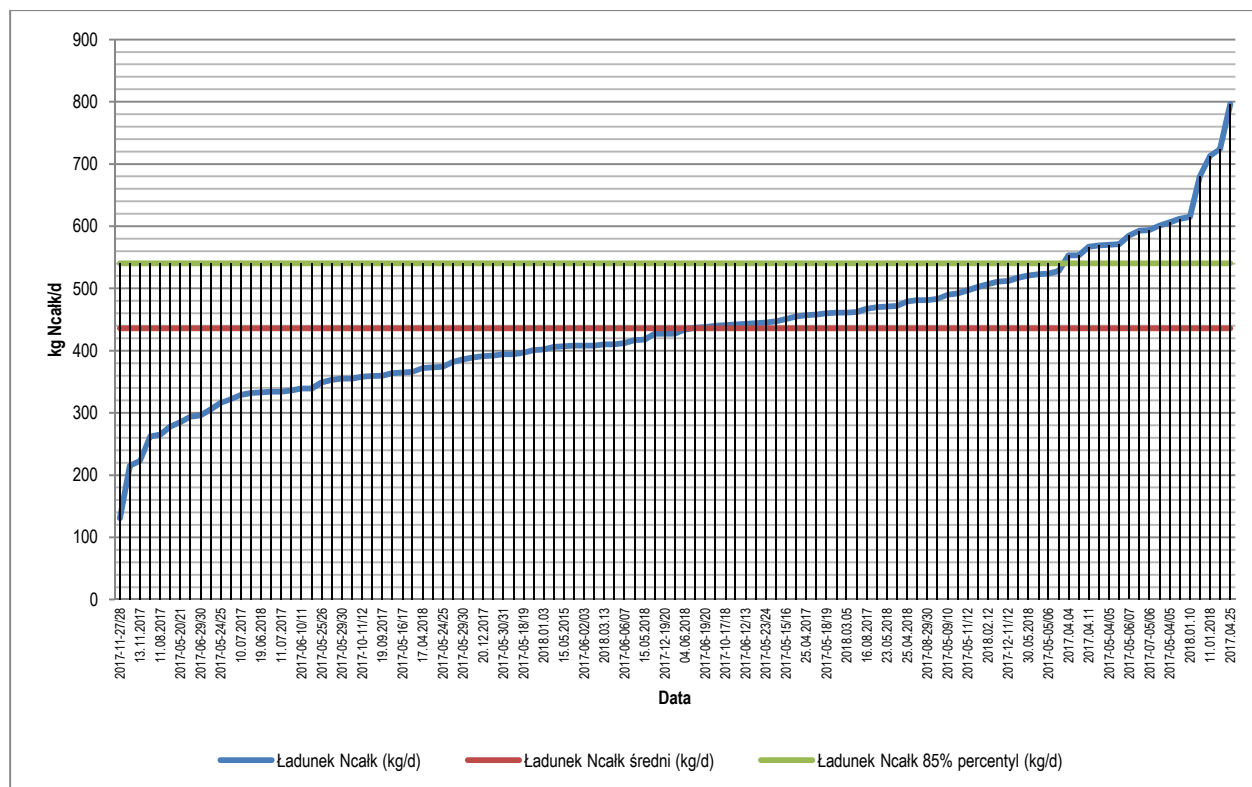
Opis wartości	Ładunek ChZT (kg/d)	Ładunek BZT ₅ (kg/d)	Ładunek NH ₄ -N (kg/d)	Ładunek N _{całk} (kg/d)	Fosfor ogólny (kg/d)	Zawiesina ogólna (kg/d)
Wartość średnia	5.168	1.724	275	436	87	2.783
Wartość minimalna	2.315	581	153	131	28	492
Wartość maksymalna	21.117	3.783	564	796	163	8.571
Wartość 85%-percentyla	6.375	2.712	315	541	115	4.179
Jednostkowa wartość przeliczeniowa danego parametru na RLM w kg/(Mxd) wg Wytycznej ATV A131	0,120	0,060		0,011	0,0018	0,070
Wartość RLM dla 85%-percentyla	53.125	45.205		49.136	63.889	59.696

Z powyższej tabeli wynika jednoznacznie, że nominalna obciążenie oczyszczalni ścieków w Falentach założone w projekcie budowlanym nr 160/1/I/PB/T/05 firmy PIOŚ EKOKLAR Sp. z o.o. z marca 2005 r. i wynoszące 38.250 RLM (odpowiada 2.295 kg BZT₅/d) jest aktualnie przekroczone (patrz również punkt nr 1.2). Rezultaty analizy statystycznej obciążenia oczyszczalni ścieków ładunkami BZT₅ i N_{całk} pokazano na rysunkach nr 9 i 10.

Dzięki nieprzeciętnym zdolnościom kierownictwa oczyszczalni ścieków i jej pozostałego personelu efekt ekologiczny jest osiągany.



Rysunek 9: Wyniki analizy statystycznej obciążenia oczyszczalni ścieków w Falentach ładunkiem BZT₅



Rysunek 10: Wyniki analizy statystycznej obciążenia oczyszczalni ścieków w Falentach ładunkiem $N_{całk}$

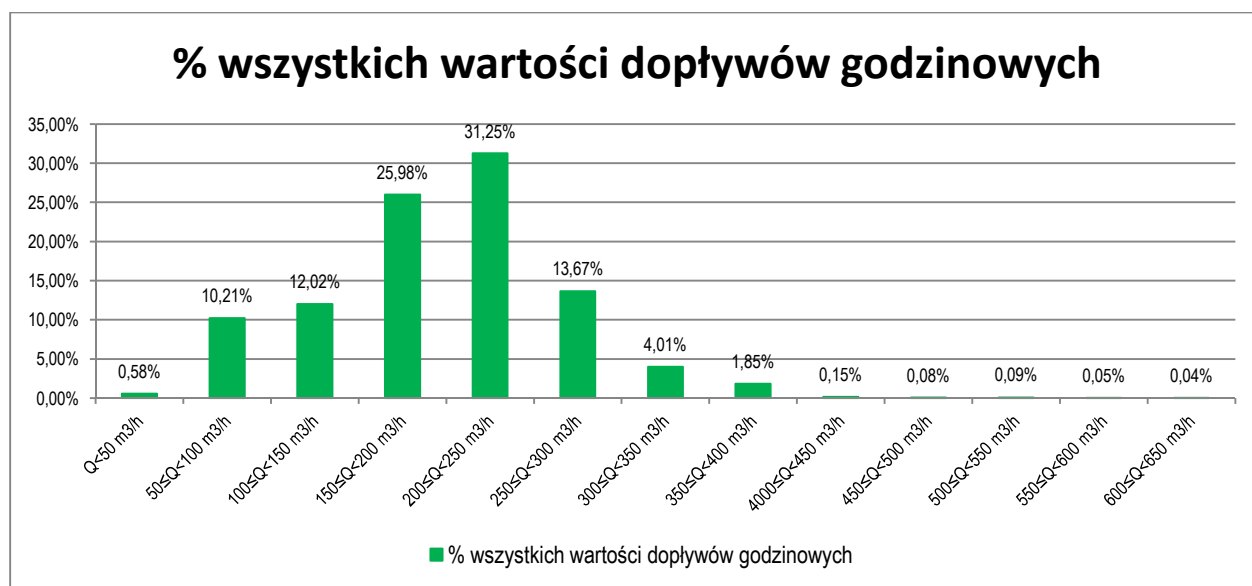
Przeprowadzono również statystyczną analizę ilości ścieków dopływających do oczyszczalni ścieków w Falentach. Jej wyniki zamieszczamy w poniższych tabelach.

Analiza stanu istniejącego – dopływy dobowe	Wartość	Jednostka
średniodobowy dopływ na podstawie pomiarów	4.728,27	m ³ /d
średni dopływ godzinowy	197,01	m ³ /h
odpowiednio	54,70	l/s
dobowy dopływ wymiarujący wg. 85% percentyla	5.465,57	m ³ /d
średni dopływ godzinowy	227,73	m ³ /h
odpowiednio	63,30	l/s
uśredniony dopływ maksymalny podczas opadów deszczu z pomiarów > 6000 m ³ /h	6.840,88	m ³ /d
średni dopływ godzinowy	285,04	m ³ /h
odpowiednio	79,20	l/s
maksymalny dopływ dobowy podczas opadów deszczu z pomiarów	8.968,94	m ³ /d
średni dopływ godzinowy	373,71	m ³ /h
odpowiednio	103,80	l/s

Analiza stanu istniejącego – dopływy godzinowe	Wartość	Jednostka
średni dopływ godzinowy	197,91	m ³ /h
odpowiednio	55,0	l/s
wymiarujący dopływ godzinowy wg 85% percentyla	262,48	m ³ /h
odpowiednio	72,9	l/s
uśredniony dopływ godzinowy pogody deszczowej z dopływów $Q_h > 400$ m ³ /h	491,93	m ³ /h
odpowiednio	136,6	l/s
maksymalny dopływ godzinowy w okresie pomiarowym	626,84	m ³ /h
odpowiednio	174,1	l/s

Pogoda bezdeszczowa ($Q_{pbd} \leq 4000$ m ³ /d) - stan istniejący	Wartość	Jednostka
maksymalny dopływ podczas pogody bezdeszczowej	350,06	m ³ /h
odpowiada	98	l/s
średni dopływ pogody bezdeszczowej	157,2	m ³ /h
odpowiada	44	l/s
minimalny dopływ pogody bezdeszczowej	37,5	m ³ /h
odpowiada	11	l/s

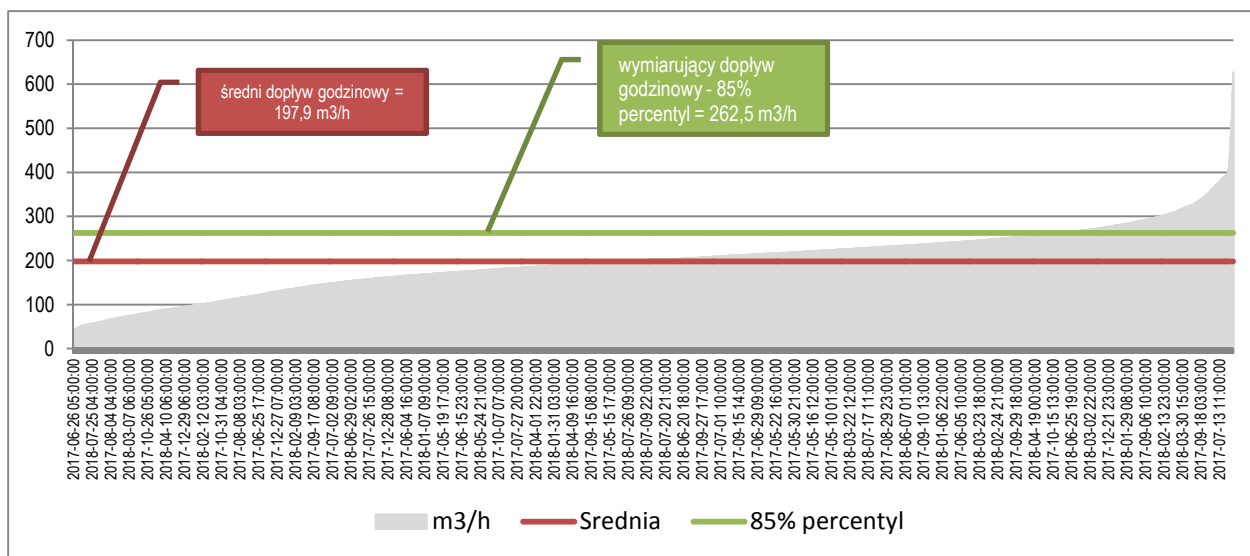
Na rysunku nr 11 przedstawiono rozkład procentowy godzinowych dopływów do oczyszczalni ścieków w Falentach.



Rysunek 11: Statystyczny rozkład dopływów godzinowych do OŚ Falenty

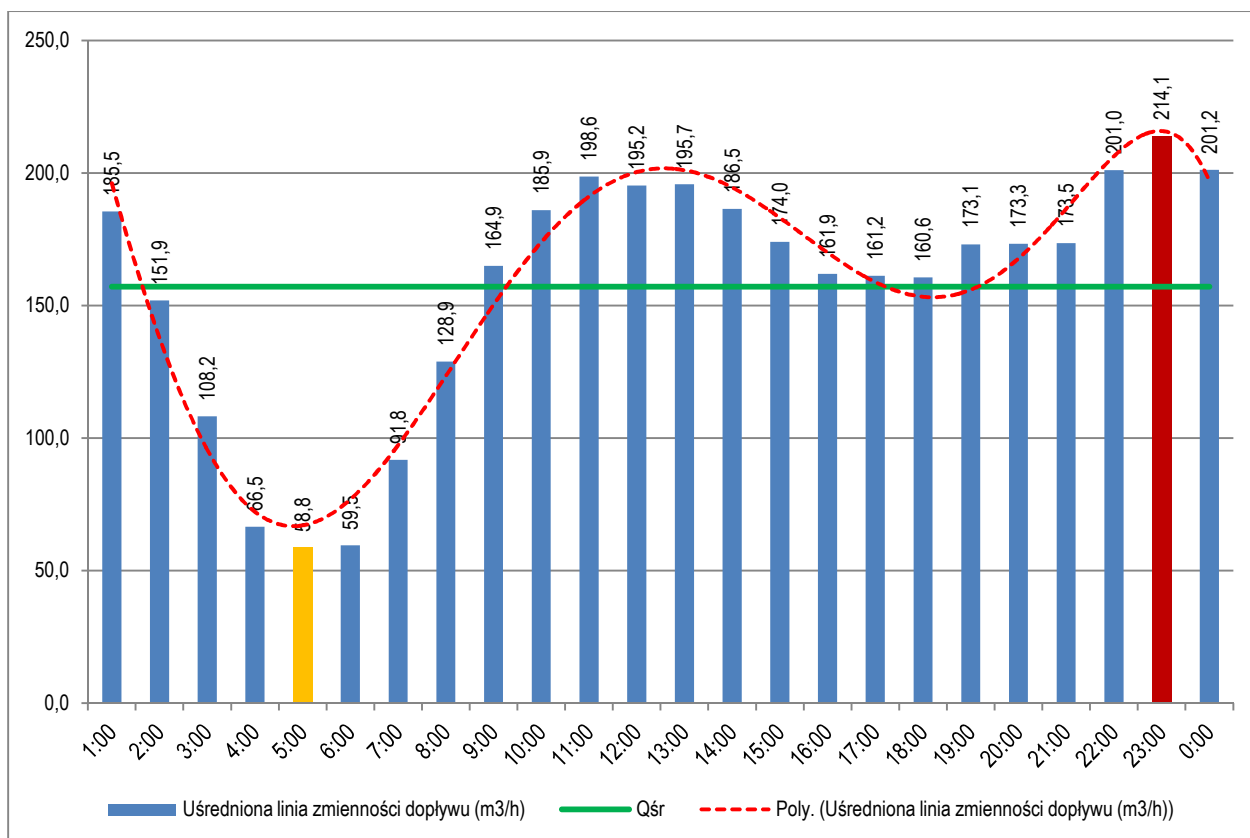
Z powyższego rysunku wynika, że ok. 93% wszystkich dopływów godzinowych zawiera się w przedziale od 50 do 300 m³/h, a ok. 53% w przedziale od 150 do 250 m³/h.

Na kolejnym rysunku nr 12 przedstawiono wszystkie wartości dopływów godzinowych, wartość średnią dopływów godzinowych oraz wartość 85% percentyla wszystkich dopływów godzinowych.



Rysunek 12: Wartości wszystkich dopływów godzinowych w okresie od 03.05.2017 do 31.07.2018

Uśredniona linia zmienności dopływów dobowych wykonana na podstawie wszystkich wartości dopływów godzinowych, które wystąpiły w czasie dopływów dobowych zawierających się w przedziale $3.000 < Q_d \leq 4.000 \text{ m}^3/\text{d}$ przedstawiono na rysunku nr 13.



Rysunek 13: Histogram dopływów godzinowych do OŚ Falenty podczas pogody bezdeszczowej

Na podstawie rysunku nr 13 można odczytać, że godzinowy dopływ minimalny występuje między godzinami 4 i 5 rano. Tak późna pora nocnego minimum jest uzasadniona długimi czasami przepływu ścieków siecią kanalizacyjną. Z kolei popołudniowe maksimum dopływu do oczyszczalni występuje dopiero pomiędzy godzinami 22 i 23 i jest ono wyższe od maksimum południowego występującego pomiędzy godzinami 10 i 11. Jest to prawdopodobnie nałożenie się fali intensywnych dopływów porannych i południowych.

Poniżej przeprowadzono analizę dopływu wód obcych podczas pogody bezdeszczowej.

Opis	Wartość	Jednostka
minimalny dopływ nocny zgodnie z rys. nr 13	58,8	m ³ /h
Przybliżona ilość osób zamieszkujących zlewnię oczyszczalni ścieków Falenty	20.000	M
założona jednostkowa ilość ścieków gospodarczo-bytowych w nocy na podstawie niemieckich danych literaturowych	0,3	l/(s x 1000 M)
oszacowana godzinowa ilość ścieków gospodarczo-bytowych $20 \times 0,3 = 6$ l/s →	21,6	m ³ /h
oszacowana godzinowa ilość ścieków przemysłowych 0,3 l/s →	1,08	m ³ /h
stała ilość wód obcych podczas pogody bezdeszczowej	36,1	m ³ /h
dobowa ilość wód obcych podczas pogody bezdeszczowej	867	m ³ /d
dopływ podczas pogody bezdeszczowej otrzymany z sumy dopływów godzinowych histogramu przedstawionego na rys. 13	3771,8	m ³ /d
średniodobowa ilość ścieków dowożonych (dane otrzymane od Zlecniodawcy)	257	m ³ /d
Dopływ podczas pogody bezdeszczowej po odjęciu średniej ilości ścieków dowożonych	3.514,8	m ³ /d
Przybliżony udział wód obcych w dopływie ścieków gospodarczo-bytowych	24,7%	

Z powyższej tabeli wynika, że udział zawsze dopływających do oczyszczalni ścieków wód obcych w ściekach gospodarczo-bytowych wynosi w przybliżeniu ok. 25%, co nie jest wartością wygórowaną. Nie można jednak zapomnieć, że ścieki te powiększają koszty eksploatacyjne oczyszczalni ścieków. Osiągnięcie niższych udziałów wód obcych jest jednak trudne i wymaga dużych nakładów inwestycyjnych.

Ważnym wnioskiem z powyższych rozważań jest fakt, że ekstremalne dopływy do oczyszczalni ścieków powyżej 300 m³/h i powyżej 6.000 m³/d wynikają z infiltracji wód opadowych do kanalizacji.

Opis	Wartość	Jednostka
Uśredniony minimalny godzinowy dopływ nocny	16,3	l/s
przybliżona ilość mieszkańców podłączonych do kanalizacji	20.000	M
założony dopływ ścieków w nocy (0,3 l/sx1000M)	6	l/s
założony dopływ ścieków przemysłowych w nocy	0,3	l/s
dopływ wód obcych w nocy 36,1 m ³ /h →	10,0	l/s
średniodobowy dopływ ścieków gospodarczo-bytowych $3772,8 - 867 - 257 =$	2647,8	m ³ /d
jednostkowa ilość ścieków w odniesieniu do realnej liczby mieszkańców (20.000 M)	132,4	l/(M x d)
RLM obliczonych na podstawie ładunku BZT ₅ (bez ścieków dowożonych)	41.200	RLM
jednostkowa ilość ścieków w odniesieniu do liczby RLM BZT ₅	63,8	l/(RLM x d)

W powyższej tabelce podjęto próbę oszacowania jednostkowej ilości ścieków od jednego mieszkańca i jednego RLM. Otrzymane wartości leżą w oczekiwanych granicach, co świadczy o statystycznej prawidłowości przedstawionych analiz.

4.1 Krótki opis istniejących budowli i urządzeń OŚ Falenty

4.1.1 Rys historyczny i krótki opis technologii OŚ Falenty

Numerację obiektów przyjęto zgodnie ze schematem technologicznym istniejącej oczyszczalni ścieków, który zamieszczony jest na planie nr. 201805.1-4-0 i na rys. 14. We wszystkich planach sytuacyjnych numeracja obiektów istniejących jest zgodna ze wspomnianym schematem technologicznym. Aktualne drogi przepływu wszystkich mediów zobrazowane są na schemacie technologicznym.

Oczyszczalnia ścieków Falenty powstawała w 3 etapach i składa się praktycznie z 3 różnych oczyszczalni ścieków, które powstawały w różnych okresach rozwoju od 1994 do 2008 roku.

Pierwszą oczyszczalnią ścieków w Falentach był KLARBLOK (obiekt nr 13), który aktualnie wykorzystywany jest jako komora predenitryfikacji osadu recyrkulowanego, komora biologicznej defosfatacji i jako komora selektora. Obecne wykorzystanie KLARBLOKU jest, z punktu widzenia zużycia energii na tłoczenie ścieków i osadów, wyjątkowo niekorzystne. Wyniesiony ponad teren poziom lustra ścieków w tym zespole komór generuje konieczność ciągłego tłoczenia ścieków i osadu recyrkulowego z pompowni, które znajdują pod poziomem terenu oczyszczalni.

Reaktor Carousell (obiekt nr 15) łącznie z osadnikami końcowymi (obiekty 18.1 i 18.2) zrealizowano w roku 1999 jako drugi etap rozbudowy oczyszczalni ścieków w Falentach.

W roku 2008 oczyszczalnię ścieków rozbudowano ponownie. W tym czasie zrealizowano reaktory biologiczne osadu czynnego (obiekty 16.1 do 16.4) łącznie z dwoma dalszymi osadnikami końcowymi (obiekty 18.3 i 18.4).

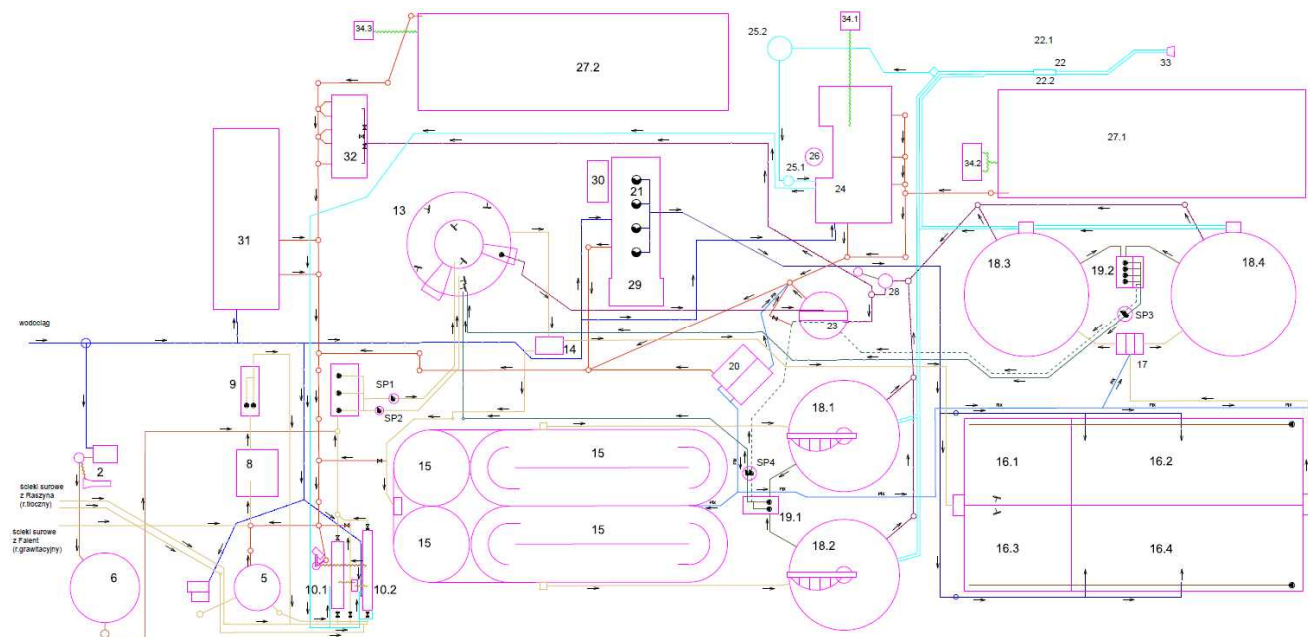
Aktualnie oczyszczalnia ścieków w Falentach jest połączeniem wszystkich trzech etapów rozbudowy. Ścieki po opuszczeniu komór KLARBLOKU są rozdzielane na dwa oddzielne ciągi osadu czynnego, z których każdy ma inny system napowietrzania, posiada oddzielną pompownię osadu recyrkulowanego, posiada osadniki końcowe o kompletnie różnych zdolnościach do sedymentacji osadu i kompletnie różnej przepustowości hydraulicznej. Głębokość oczyszczania ścieków, a przede wszystkim eliminacji związków azotu jest w obu ciągach osadu czynnego kompletnie różna, co bardzo komplikuje eksploatację oczyszczalni ścieków. Szczególnie problematyczne jest rozwiązanie podziału strumienia ścieków na obie ciągi osadu czynnego. Istniejące urządzenie do podziału strumienia ścieków nie pozwala w żadnym stopniu na podział strumienia w stosunku 1/3 na ciąg reaktora Carousell und 2/3 na nitkę reaktorów biologicznych wybudowaną w 2008 r.

W aspekcie aktualnego obciążenia ładunkiem, które przekracza założenia przyjęte w projekcie, według którego zrealizowano modernizację w roku 2008 fakt, że oczyszczalnia ścieków w Falentach ciągle jeszcze realizuje wystarczający efekt ekologiczny, jest zasługą nieprzeciętnych zdolności kierownictwa oczyszczalni i personelu eksploatacyjnego.

Ze względu na wyraźne przekroczenie obciążenia oczyszczalni ścieków w Falentach ładunkami zanieczyszczeń następna modernizacja oczyszczalni ścieków jest absolutnie niezbędna, ponieważ dalszy wzrost obciążenia doprowadzi do sytuacji, w której utrzymanie efektu ekologicznego nie będzie w każdym przypadku możliwe.

Obliczenia technologiczne dla biologicznej części oczyszczalni ścieków wykonane na potrzeby projektu nr 160/1/I/PB/T/05 przez firmę PIOS EKOKLAR Sp. z o.o. z marca 2005 r. zamieszczono w poniższej tabeli:

CARROUSEL 2000			REAKTOR BIOLOGICZNY		
CHARAKTERYSTYCZNE PRZEPŁYWY DLA REAKTORA CARROUSEL			CHARAKTERYSTYCZNE PRZEPŁYWY DLA REAKTORA BIOLOGICZNEGO		
Qdśr	m3/d	1.200,00	Qdśr	m3/d	3.300,00
Qdmax	m3/d	1.800,00	Qdmax	m3/d	4.950,00
Qhśr	m3/d	75,00	Qhśr	m3/d	206,25
Qhmax	m3/h	150,00	Qhmax	m3/h	412,50
STĘŻENIA ZANIECZYSZCZEŃ PRZED REAKTOREM CARROUSEL			STĘŻENIA ZANIECZYSZCZEŃ PRZED REAKTOREM		
BZT5	gO2/m3	504,59	BZT5	gO2/m3	504,59
ChZT	gO2/m3	930,04	ChZT	gO2/m3	930,04
zawiesina ogólna	g/m3	546,52	zawiesina ogólna	g/m3	546,52
N ogólny	gN/m3	91,80	N ogólny	gN/m3	91,80
P ogólny	gP/m3	11,42	P ogólny	gP/m3	11,42
ŁADUNKI ZANIECZYSZCZEŃ PRZED REAKTOREM CARROUSEL			ŁADUNKI ZANIECZYSZCZEŃ PRZED REAKTOREM		
BZT5	kgO2/d	605,51	BZT5	kgO2/d	1.665,16
ChZT	kgO2/d	1.116,04	ChZT	kgO2/d	3.069,12
zawiesina ogólna	kg/d	655,82	zawiesina ogólna	kg/d	1.803,50
N ogólny	kgN/d	110,16	N ogólny	kgN/d	302,94
P ogólny	kgP/d	13,71	P ogólny	kgP/d	37,70
OBJĘTOŚĆ KOMÓR W REAKTORZE CARROUSEL			OBJĘTOŚĆ KOMÓR W REAKTORZE		
strefa niedotleniona DN	m3	560,00	strefa niedotleniona DN	m3	1.840,00
strefa tlenowa N	m3	2.320,00	strefa tlenowa N	m3	3.900,00
strefa niedotleniona z tlenową DN+N (Vbb)	m3	2.880,00	strefa niedotleniona z tlenową DN+N (Vbb)	m3	5.740,00
objętość reaktora ogółem RB (Vrb)	m3	2.974,00	objętość reaktora ogółem RB (Vrb)	m3	5.928,00
NITRYFIKACJA W REAKTORZE CARROUSEL			NITRYFIKACJA W REAKTORZE		
temperatura ścieków	C	10,00	temperatura ścieków	C	10,00
stężenie osadu w reaktorze (xśr)	kg sm/m3	4,30	stężenie osadu w reaktorze (xśr)	kg sm/m3	4,30
jednostkowy przyrost osadu biologicznego (Dmb)	kg sm/kg BZT5	1,02	jednostkowy przyrost osadu biologicznego (Dmb)	kg sm/kg BZT5	1,02
jednostkowy przyrost osadu chemicznego (Dmc)	kg sm/kg BZT5	0,01	jednostkowy przyrost osadu chemicznego (Dmc)	kg sm/kg BZT5	0,01
łączny jednostkowy przyrost osadu (Dm)	kg sm/kg BZT5	1,03	łączny jednostkowy przyrost osadu (Dm)	kg sm/kg BZT5	1,03
obciążenie osadu (Og)	kg sm/kg BZT5	0,05	obciążenie osadu (Og)	kg sm/kg BZT5	0,07
minimalny wymagany wiek osadu w części tlenowej (Tn min)	d	10,00	minimalny wymagany wiek osadu w części tlenowej (Tn min)	d	10,00
wiek osadu w części tlenowej (Tn)	d	15,96	wiek osadu w części tlenowej (Tn)	d	9,76
minimalny wymagany wiek osadu w części Vbb (Tmin)	d	12,41	minimalny wymagany wiek osadu w części Vbb (Tmin)	d	14,72
wiek osadu w części Vbb reaktora (T)	d	19,81	wiek osadu w części Vbb reaktora (T)	d	14,36
stężenie azotu amonowego i organicznego w odpływie (TKN)	gN/m3	2,00	stężenie azotu amonowego i organicznego w odpływie (TKN)	gN/m3	2,00
DENITRYFIKACJA W REAKTORZE CARROUSEL			DENITRYFIKACJA W REAKTORZE		
stosunek objętości komór Vdn/Vbb	-	0,19	stosunek objętości komór Vdn/Vbb	-	0,32
sprawność denitryfikacji	kg N/kg BZT5	0,09	sprawność denitryfikacji	kg N/kg BZT5	0,12
wbudowanie azotu w osad	g N / 100g sm	4,3	wbudowanie azotu w osad	g N / 100g sm	4,3
jednostkowy przyrost osadu biologicznego (Dmb)	kg sm / kg BZT5	1,02	jednostkowy przyrost osadu biologicznego (Dmb)	kg sm / kg BZT5	1,02
dobowa masa osadu nadmiernego biologicznego	kg sm/d	617,62	dobowa masa osadu nadmiernego biologicznego	kg sm/d	1698,46
ładunek azotu całkowitego w dopływie	kg N/d	110,16	ładunek azotu całkowitego w dopływie	kg N/d	302,94
ładunek azotu wbudowany w biomasę	kg N/d	26,56	ładunek azotu wbudowany w biomasę	kg N/d	73,03
ładunek azotu denitryfikowanego	kg N/d	54,84	ładunek azotu denitryfikowanego	kg N/d	198,23
dobowy ładunek azotu całkowitego w odpływie	kg N/d	28,76	dobowy ładunek azotu całkowitego w odpływie	kg N/d	31,68
dobowy ładunek azotu amonowego w odpływie	kg N/d	2,4	dobowy ładunek azotu amonowego w odpływie	kg N/d	6,6
dobowy ładunek azotu NO3 w odpływie	kg N/d	26,36	dobowy ładunek azotu NO3 w odpływie	kg N/d	25,08
stężenie azotu ogólnego w odpływie	kg N/m3	23,96	stężenie azotu ogólnego w odpływie	kg N/m3	9,6
procent zawracanych azotanów dla danego stopnia denitryfikacji	%	67,54	procent zawracanych azotanów dla danego stopnia denitryfikacji	%	88,77
minimalna wymagana recyrkulacja (w stosunku do Qhdz)	%	208,07	minimalna wymagana recyrkulacja (w stosunku do Qhdz)	%	790,52
minimalna wymagana recyrkulacja (zewnętrzna+wewnętrzna)	m3/h	312,11	minimalna wymagana recyrkulacja (zewnętrzna+wewnętrzna)	m3/h	3260,88



Rysunek 14: Schemat technologiczny istniejącej OŚ Falenty

4.1.2 Kontenerowa stacja zlewna ścieków dowożonych (Obiekt nr 2)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 2	PZSD
Rok budowy		2005
Rodzaj konstrukcji:	konstrukcja ramowa z termoizolowanymi ścianami z blachy falistej	
Powierzchnia zabudowy		8,75 m ²
Objętość		ok. 23 m ³
Wyposażenie techniczne	punkt zlewny	firma Enko: STZ 201 M1 SP
	separator piasku	firma Enko PSK 25 BCE

4.1.3 Zbiornik retencyjno-uśredniający ścieków dowożonych (Obiekt nr 2)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 6	ZRU
Rok budowy		2005
Rodzaj konstrukcji:	żelbetowe płyty prefabrykowane	
Średnica wewnętrzna		10,00 m
Głębokość napełnienia		ok. 4,70 m
Objętość retencyjna ścieków		ok. 370 m ³
Wyposażenie techniczne	1 mieszadło	firma ABS: RW 3031-A28/6EC
	1 pompa	firma Flygt: TP 111 CLH IEC 60034-1
	urządzenie do neutralizacji odorów CW-400	
Stan techniczny	dobry	

4.1.4 Zbiornik retencyjno-uśredniający ścieków dowożonych (Obiekt nr 5)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 5	ZR
Rok budowy		1995/1999
Rodzaj konstrukcji:	konstrukcja żelbetowa	
Średnica wewnętrzna		6,50 m
Głębokość napełnienia		ok. 2,65 m

Objętość retencyjna ścieków	ok. 88	m ³
Stan techniczny	średni	
Obiekt jest aktualnie wyłączony z eksploatacji		

4.1.5 Budynek kraty kosztowej na kanale dopływowym z Falent (Obiekt nr 8)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 8	BKK	
Rok budowy		1994/1999/2008	
Rodzaj konstrukcji:	ściany z cegły, dach z płyt żelbetonowych		
Powierzchnia zabudowy		20,5	m ²
Objętość		ok. 86	m ³
Wyposażenie techniczne	1 krata kosztowa	firma Ekoenergopol:	KPP 300

4.1.6 Pompownia ścieków PS1 na dopływie z Falent (Obiekt nr 9)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 9	PS1
Rok budowy		1994/1999/2008
Rodzaj konstrukcji:	zbiornik żelbetowy wylewany	
Wyposażenie techniczne	1 pompa firma KSB: KRTF 100-254/74UEG-S $H_{\max} = 12,8 \text{ m}$; $Q_{\max} = 52,2 \text{ l/s}$; $Q = \text{ok. } 36 \text{ l/s}$; $P_2 = 7,5 \text{ kW}$ 1 pompa firma Grundfoss: SL1.100.100.75.4.51D.C $H_{\max} = 20,7 \text{ m}$; $Q_{\max} = 81 \text{ l/s}$; $P_1 = 8,4 \text{ kW}$; $P_2 = 7,5 \text{ kW}$ przepływomierz elektromagnetyczny Simensa	
Stan techniczny	dobry	

4.1.7 Stacja mechanicznego oczyszczania ścieków (Obiekty nr 10.1 i 10.2)

Numer i symbol obiektu	Obiektów nr 10.1 i 10.2	SMOS
Rok budowy		1998/2008
Rodzaj konstrukcji:	komory sit i piaskowników ze stali nierdzewnej ustawione na płytach żelbetonowych	
Wyposażenie techniczne	sitopiaskownik firma Huber: Rotomat Ro2 z Ro5 przepustowość $Q_{\max} = 80,0 \text{ l/s}$ sitopiaskownik firma Huber: Rotomat Ro2 z Ro5 przepustowość $Q_{\max} = 80,0 \text{ l/s}$ płuczka piasku firma Huber: RoSF4tC wydajność 100 kg/h	
Stan techniczny	sitopiaskownik z roku 1998 sitopiaskownik z roku 2008	zły średni

4.1.8 Pompownia ścieków PS2 (Obiekt nr 12)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 12	PS2
Rok budowy		1999/2008
Rodzaj konstrukcji:	zbiornik żelbetowy wylewany	
Wyposażenie techniczne	2 pompy firma Grundfoss: S1.80.200.125.4.50E.S.244.G.N.D $H_{\max} = 12,2 \text{ m}$; $Q_{\max} = 160 \text{ l/s}$; $P_1 = 15 \text{ kW}$; $P_2 = 12,5 \text{ kW}$ 1 pompa firma Grundfoss: SL1.100.100.75.4.51D.C $H_{\max} = 20,7 \text{ m}$; $Q_{\max} = 81 \text{ l/s}$; $P_1 = 8,4 \text{ kW}$; $P_2 = 7,5 \text{ kW}$ 1 przepływomierz elektromagnetyczny Simensa DN150 1 przepływomierz elektromagnetyczny Simensa DN300	
Stan techniczny	dobry	

4.1.9 Zbiornik Klarblok (Obiekt nr 13)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 13	ZK
Rok budowy		1994/1999/2008
Rodzaj konstrukcji:	ściany konstrukcyjne z betonu szczelnego	
Średnica wewnętrzna 1		13,90 m
Średnica wewnętrzna 2		7,50 m
Głębokość napełnienia		ok. 4,60 m
Objętość całkowita		ok. 630 m ³
Objętość komory predenitryfikacji osadu recyrkulowanego		ok. 158 m ³
Objętość komory biologicznej defosfatacji		ok. 324 m ³
Objętość komory selektora		ok. 147 m ³
Wyposażenie techniczne	8 mieszadeł firma ABS: RW 3031-A28/6EC średnica śmigła 300 mm; obroty 904 n/min; P ₁ 2,2; P ₂ 1,5 kW	
Stan techniczny	komory żelbetowe średni pomosty obsługowe zły	

4.1.10 Komora rozdziału KR1 (Obiekt nr 14)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 14	KR1
Rok budowy		2008
Rodzaj konstrukcji:	otwarty zbiornik żelbetowy	
Wyposażenie techniczne	2 napędy firma Auma	
Stan techniczny	komory żelbetowe średni	
Stan techniczny	urządzenie rozdziału ścieków	ograniczona funkcjonalność

4.1.11 Reaktor Carousell (Obiekt nr 15)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 15	RBC
Rok budowy		1999/2008
Rodzaj konstrukcji:	zbiornik żelbetowy	
Objętość części cylindrycznej (denitryfikacja)		2 x 280 = 560 m ³
Objętość części owalnych (nitryfikacja)		2 x 1160 = 2320 m ³
Głębokość		3,00 m
Wyposażenie techniczne	2 mieszadła firma ABS: RW 3034-A28/6EC średnica śmigła 300 mm; obroty 894 n/min; P ₁ 4,1; P ₂ 2,8 kW 4 mieszadła firma ABS: FLOW BOOSTER RW 15-4/2000 średnica śmigła 2000 mm; obroty 36-63 n/min; P ₁ =3,0 2 aeratory firma Landindustrie: A3M1 średnica aeratora 2200 mm; obroty 48,4 1/min; P ₁ =37,0	
Stan techniczny	maszyny średni komory żelbetowe średni	

4.1.12 Pompownia osadu recyrkulowanego i nadmiernego PO1 (Obiekt nr 19.1)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 19.1	PO1
Rok budowy		1999/2008
Rodzaj konstrukcji:	zbiornik żelbetowy wylewany	
Wyposażenie techniczne	2 pompy firma ABS: AFP 0841.1-S22/4 Q = 18,9 l/s, H=3,4 m, P=2,2 kW	
Stan techniczny	komory żelbetowe średni maszyny średni	

4.1.13 Osadniki wtórne w ciągu „Carousell” (Obiekty nr 18.1 i 18.2)

Numer i symbol obiektu	Obiektów nr 18.1 i 18.2	OWT1	
Rok budowy		1999/2008	
Rodzaj konstrukcji:	zbiornik żelbetowy wylewany		
Średnica wewnętrzna		15,00	m
Głębokość na brzegu osadnika		2,00	m
Głębokość na skraju leja osadowego		2,52	m
Wypożyczenie techniczne	2 radialne zgarniacze osadu dennego i pływającego		
	Wysokość tarczy zgarniacza	nieznana	
Stan techniczny	komory żelbetowe	średni	
	maszyny	średni	

4.1.14 Reaktory biologiczne w ciągu z roku 2008 (Obiekty nr 16.1 do 16.4)

Numer i symbol obiektu	Obiektów nr 16.1 do 16.4	RB	
Rok budowy		2008	
Rodzaj konstrukcji:	zbiornik żelbetowy wylewany		
Objętość komór denitryfikacji		2 x 930 = 1.860	m ³
Objętość komór nitryfikacji		2 x 1950 = 3900	m ³
Głębokość		5,03	m
Wypożyczenie techniczne	2 mieszadła firma REDOR: MP300/725/2.2/C średnica śmigła: 300 mm; obroty 752 1/min; P ₁ = 2,2 kW 1 mieszadło firma REDOR: UMB3.65.3/290/4.0/C średnica śmigła: 650 mm; obroty 290 1/min; P ₁ = 3,34 kW 1 mieszadło firma REDOR: SG400/950/5,5/Co średnica śmigła: 400 mm; obroty 950 1/min; P ₁ = 25,5 kW system dyfuzorów talerzowych zwymiarowany wg.: max. zapotrzebowanie na tlen: 390,27 kg O ₂ /h max. wydajność dmuchaw 111,60 m ³ /h		
Wypożyczenie awaryjne	2 mieszadła firma ABS: RW 4033-A28/6EC średnica śmigła: 400 mm; obroty 680 1/min; P ₁ = 5,6 kW		
Stan techniczny	maszyny	średni	
	komory żelbetowe	dobry	
	dyfuzory	dobry	

4.1.15 Komora rozdziału KR3 (Obiekt nr 17)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 17	KR3	
Rok budowy		2008	
Rodzaj konstrukcji:	otwarty zbiornik żelbetowy		
Wypożyczenie techniczne	przelewy uchylne	firma Ekoenergopol	
Stan techniczny	komory żelbetowe	dobry	
	wypożyczenie techniczne	dobry	

4.1.16 Osadniki wtórne w ciągu z roku 2008 (Obiekty nr 18.3 i 18.4)

Numer i symbol obiektu	Obiektów nr 18.3 i 18.4	OWT2	
Rok budowy		2008	
Rodzaj konstrukcji:	zbiornik żelbetowy wylewany		
Średnica wewnętrzna		18,00	m
Głębokość na brzegu osadnika		4,50	m
Głębokość na skraju leja osadowego		ok. 4,74	m
Wypożyczenie techniczne	2 radialne zgarniacze osadu dennego i pływającego Firmy Ekoenergopol ZGR Wt 18		
	Wysokość tarczy zgarniacza	nieznana	
Stan techniczny	komory żelbetowe	dobry	
	maszyny	dobry	

4.1.17 Pompownia osadu recykulowanego i nadmiernego PO2 (Obiekt nr 19.2)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 19.2	PO2	
Rok budowy		2008	
Rodzaj konstrukcji:	zbiornik żelbetowy wylewany		
Wypożyczenie techniczne	4 pompy firma ABS-SULZER: XFP100C-CB1.2-PE29/4-D01 $H_{\max} = 13 \text{ m}$; $Q_{\max} = 44 \text{ l/s}$; $P_1 = 3,4 \text{ kW}$; $P_2 = 2,95 \text{ kW}$		
Stan techniczny	komory żelbetowe	dobry	
	maszyny	dobry	

4.1.18 Stacja dozowania PIX i PAX (Obiekt nr 20)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 20	---	
Rok budowy		1999/2008	
Rodzaj konstrukcji:	Wanna żelbetowa wyniesiona, zbiorniki na preparaty		
Wypożyczenie techniczne	3 dozujące pompy membranowe firmy HIC		
Stan techniczny		średni	
Miejsca dozowania	za komorami osadu czynnego		

4.1.19 Zbiornik retencyjny osadów (Obiekt nr 23)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 23	ZRO	
Rok budowy		1999/2008	
Rodzaj konstrukcji:	zbiornik żelbetowy		
Średnica wewnętrzna		7,00	m
Objętość całkowita		ok. 140	m ³
Głębokość napełnienia		ok. 3,60	m
Stan techniczny		średni	

4.1.20 Zbiornik retencyjny ścieków oczyszczonych (Obiekt nr 25)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 25	ZRSO2	
Rok budowy		2008	
Rodzaj konstrukcji:	zbiornik żelbetowy		
Średnica		4,20	m
Objętość retencyjna		ok. 40	m ³
Stan techniczny		dobry	

4.1.21 Pompownia części pływających (Obiekt nr 28)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 28	PCP
Rok budowy		2008
Rodzaj konstrukcji	konstrukcja prefabrykowana wg typoszeregu, skosy betonowe	
Wypożyczenie techniczne	pompa	Firma ABS: AFP 0841.2S 13/4D Q = 13,5 l/s, H = 4,3 m, P=1,3 kW
Stan techniczny		dobry

4.1.22 Budynek hali dmuchaw, rozdzielni elektrycznej i stacji transformatorowej (Obiekt nr 21)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 21	SD
Rok budowy		1994/1999/2008
Rodzaj konstrukcji	ściany zewnętrzne jednowarstwowe, cegła kratówka, stropodach	
Wypożyczenie techniczne	4 dmuchawy	firma Aerzen: Typ GM30L-65-4 wydajność: 28,2 m³/min przy sprężu 600 mbar moc silnika: 55 kW
Stan techniczny		dobry

4.1.23 Budynek odwadniania i higienizacji osadu (Obiekt nr 24)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 24	BSO
Rok budowy		1999/2008
Rodzaj konstrukcji	ściany zewnętrzne jednowarstwowe, cegła kratówka, stropodach	
Wypożyczenie techniczne	1 prasa taśmowa	firma VANEX: Typ VX/15
	wydajność przy 0,8% s.m. w dopływie:	40 m³/h
	moc napędów:	1,5 kW
	silos wapna	objętość: 15 m³
	dozownik wapna PS 108/2.5	moc zainstalowana: 0,75 kW
	przenośnik ślimakowy	moc zainstalowana: 2,2 kW
	przenośnik wapna	moc zainstalowana: 0,75 kW
	Pompa do wody 40-CUX-5-LC-000-9	moc zainstalowana: 5,5 kW
	pompa osadu	firma Netzsch NM 076 BY 01L06B, P ₁ =5,5; Q=8-50 m³/h
	zestaw hydroforowy	moc zainstalowana: 3x2,2 kW
Stan techniczny	budynek	średni
	urządzenia i maszyny	zły

4.1.24 Hala składowa osadu odwodnionego (Obiekt nr 27.1)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 27.1	---
Rok budowy		2008
Rodzaj konstrukcji	płyta żelbetowa z zadaszeniem	
Powierzchnia użytkowa		1020 m²
Stan techniczny		dobry

4.1.25 Hala składowa osadu odwodnionego (Obiekt nr 27.2)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 27.2	---
Rok budowy		2008
Rodzaj konstrukcji	płyta żelbetowa z zadaszeniem	
Powierzchnia użytkowa		700 m²
Stan techniczny		dobry

4.1.26 Poletko ociekowe części pływających (Obiekt nr 32)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 32	---
Rok budowy		1994/1999/2008
Rodzaj konstrukcji	konstrukcja monolityczna, beton zbrojony	
Stan techniczny		średni

4.1.27 Budynek obsługi technicznej (Obiekt nr 31)

Numer i symbol obiektu	Obiekt nr 31	---
Rok budowy		1994/1999/2008
Rodzaj konstrukcji	ściany zewnętrzne z pustaków z oblicówką z cegły ceramicznej stropodach z prefabrykowanych płyt żelbetowych	
Stan techniczny		dobry

4.1.28 Inne obiekty oczyszczalni ścieków

Oczyszczalnia wyposażona jest w kanalizację wewnętrzną odprowadzającą ścieki wewnętrzne (np. wody poosadowe z odwadniania osadu) do pompowni ścieków „Falenty”.

Rynna odprowadzająca oczyszczone ścieki do odbiornika wyposażona jest w zwężkę Venturiego służącą do pomiaru ilości odprowadzanych ścieków.

Oczyszczalnia posiada własną sieć wody eksploatacyjnej. Aktualnie wodą technologiczną zasilane są stacja zlewna ścieków dowożonych i sitopiaskowniki.

5 OŚ Falenty – prognoza wzrostu obciążenia, dane do wymiarowania

Prognoza wzrostu obciążenia oczyszczalni ścieków w Falentach opiera się na analizie stanu istniejącego opisaney w punkcie 4.

5.1 Obliczenia prognozowanego obciążenia OŚ Falenty ładunkami zanieczyszczeń

W poniższej tabeli zestawiono wyniki statystycznej analizy wszystkich przeprowadzonych analiz oraz analiz laboratorium oczyszczalni ścieków i certyfikowanego laboratorium JARS.

		Ład. ChZT 120 g/RLMxd	Ład. BZT ₅ 60 g/RLMxd	Ład. N _{całk} 11 g/RLMxd	Ład. P _{całk} 1,8 g/RLMxd	Ład. s.m. 70 g/RLMxd
Wszystkie wyniki analiz	85%	6.375	2.712	540	115	4.179
tylko analizy laboratorium OŚ	85%	6.207	2.696	553	116	4.110
tylko analizy JARS	85%	7.522	2.072	425	109	4.282

W powyższej tabelce obliczone ładunki zanieczyszczeń zostały przeliczone na RLM przy pomocy standardowych przeliczników literaturowych (Wytyczna ATV A 131). Interpretacja przedstawionych różnic jest trudna, szczególnie że masa statystyczna analiz laboratoryjnych jest o wiele większa od masy statystycznej pomiarów firmy JARS. Wspólnie ze Zleceniodawcą i kierownictwem oczyszczalni ścieków zdecydowano się na przyjęcie na potrzeby dalszych obliczeń obciążenia prognozowanego wartości wyjściowych zaznaczonych w następującej tabelce na czerwono. W dalszej części tabelki obliczono ładunki prognozowane wg założeń ustalonych ze zleceniodawcą.

Opis	jedn.	ChZT	BZT ₅	NH ₄ -N	N _{całk}	P _{całk}	s.m.
aktualny wymiarujący ładunek: 85% percentyl	kg/d	6.600	2.700	315	550	115	4180
Odpowiednio ładunek wyrażony w RLM	RLM	55.000	45.000	50.000	50.000	64.000	59.700
perspektywa 0-10 lat (150 przyłączy na rok, 3,5 RLM na przyłączy)	RLM	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250
suma RLM	RLM	60.250	50.250	55.250	55.250	69.250	64.950
perspektywa 10-20 lat - wzrost obciążenia o 1 % rocznie	RLM	6.310	5.260	5.790	5.790	7.250	6.800
suma RLM po 20 latach	RLM	66.560	55.510	61.040	61.040	76.500	71.750
przyrost RLM w %	%	21,0%	23,4%	22,1%	22,1%	19,5%	20,2%
ładunek po 20 latach = obciążenie perspektywiczne bez CH Janki	kg/d	7.987,2	3.330,6	385,0	671,4	191,3	5.022,5
roczny dopływ z CH Janki po rozbudowie	m ³ /a	57.822,0	57.822,0	57.822,0	57.822,0	57.822,0	57.822,0
Ilość dni pracy CH Janki w roku	d/a	320,0	320,0	320,0	320,0	320,0	320,0
średniobowy dopływ ścieków	m ³ /d	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0	180,0
założony sumaryczny współczynnik nierównomierności dopływu		1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,50
85% percentyl dopływu	m ³ /d	315,0	315,0	315,0	315,0	315,0	270,0
średnie stężenie ścieków	mg/l	1.800,0	800,0	120,0	210,0	20,0	700,0
średniobowy ładunek zanieczyszczeń	kg/d	567,0	252,0	37,8	66,2	6,3	189,0
założony sumaryczny współczynnik nierównomierności ładunku		1,50	1,50	1,75	1,75	1,75	1,50
85% percentyl dla ładunków generowanych przez CH Janki	kg/d	850,5	378,0	66,2	115,9	11,0	283,5
ładunek po 20 latach = obciążenie perspektywiczne bez CH Janki	kg/d	7987,2	3330,6	385,0403	671,44	191,25	5022,5
miarodajny ładunek dla okresu perspektywicznego (+20 lat)	kg/d	8.837,7	3.708,6	451,2	787,3	202,3	5.306,0
ładunki miarodajne wg. zaokrąglonych wartości RLM	kg/d	8.844,0	3.714,0	451,0	787,6	202,5	5.306,0
wielkość OŚ w RLM po przeliczeni wg wartości standardowych	RLM	73.700,0	61.900,0		71.600,0	81.000,0	75.800,0
przyrost obciążenia danego ładunku w relacji do stanu istniejącego	%	34,00%	37,56%	42,99%	43,20%	76,09%	26,94%
obciążenie średnie obliczone na podstawie relacji obciążenia średniego do obciążenia wymiarującego dla stanu istniejącego	kg/d	7169,54	2360,70	393,23	635,33	153,20	3533,78

Prognozowaną wielkość oczyszczalni ścieków Falenty należy przyjąć zgodnie z przeliczeniem miarodajnego ładunku BZT₅ na RLM, czyli zgodnie z powyższą tabelą:

3.714 kg BSB₅/d = 61.900 RLM

Tak autor niniejszego opracowania, jak i Zleceniodawca zdaje sobie sprawę z niepewności przyjętych założeń wzrostu obciążenia. Te niepewności dotyczą przede wszystkim założeń dotyczących obciążeń pochodzących z Centrum Handlowego „Janki”.

Wszystkie dane dotyczące aktualnego obciążenia oczyszczalni ścieków dotyczą okresu, kiedy do zlewni był podłączony jedynie dom meblowy „IKEA” w Jankach. Pod koniec roku 2018 do zlewni podłączono całe istniejące centrum handlowe „Janki”. Niestety Zleceniodawca nie dysponuje do dzisiaj żadnymi danymi dotyczącymi rzeczywistego składu i ilości ścieków dopływających z CH „Janki”, a także zmienności tych wartości w zależności od dni tygodnia i pory roku. Autorowi nie udało się dotrzeć do żadnych danych literaturowych. Jedynym własnym źródłem informacji na temat obciążenia wynikającego z przyłączenia CH „Janki” do zlewni OŚ Falenty może być analiza ewentualnego wzrostu obciążenia ładunkiem i strumieniem dopływu w okresie od grudnia 2018 do grudnia 2019. Najlepszym źródłem byłoby badanie ilości i jakości ścieków na przyłączy CH „Janki” do zlewni oczyszczalni ścieków. Niezależnie od tego planowany jest ekspansywny rozwój CH „Janki” do podwójnej wielkości. Dlatego też przyjęte założenia wzrostu obciążenia ładunkami zanieczyszczeń generowanego przez CH „Janki” są relatywnie duże.

Należy zauważyć, że biorąc pod uwagę brak przemysłu w zlewni OŚ Falenty, stosunek ładunków ChZT do BZT₅ jest dosyć wysoki, bo wynosi ok. 2,35. Z kolei stosunek ChZT do BZT₅ średnich stężeń i ładunków obliczonych ze wszystkich dostępnych wyników badań wynosi ok. 3. Jest to wartość o wiele za wysoka biorąc pod uwagę charakterystykę zlewni OŚ Falenty.

Wy tłumaczenie tego fenomenu jest trudne. Nasuwają się następujące możliwe przyczyny:

- Wody pochodzące z odwadniania osadów zawierają duży ładunek ChZT.
- Redukcja BZT₅ w kanalizacji o długich czasach przepływu.
- Nieznany dopływ wysoko obciążonych ścieków nieorganicznych wywołany przez nieznaną sprawcę.
- Błędy pomiarowe

Wody poosadowe są poddawane okresowym badaniom, które nie wykazały żadnych anomalii. Więc pierwsza z możliwych przyczyn jest wyeliminowana.

Druga z wymienionych przyczyn jest dosyć prawdopodobna, gdyż kanalizacja w Gminie Raszyn jest dobrze rozbudowana i wyposażona w wiele pompowni sieciowych. Niedostateczne czyszczenie kanałów mogło spowodować utworzenie się osadów oraz błony biologicznej na dnie i wewnętrznych ścianach rur, szczególnie w sytuacji gdy niewielkie spływy pogody bezdeszczowej nie wywołują samoczynnego płukania kanałów. W literaturze fachowej i na konferencjach eksploataторы donoszą o negatywnych doświadczeniach wynikających z takiego stanu rzeczy. Dlatego zalecamy Zleceniodawcy przeprowadzenia akcji czyszczenia kanałów, która w pierwszej swojej fazie przyczyni się do gwałtownego wzrostu obciążenia oczyszczalni ścieków w czasie jej przeprowadzania. Jeżeli w rezultacie przeprowadzenia akcji płukania kanalizacji wzrosną stężenia BZT₅ w ściekach, będzie to potwierdzeniem słuszności wybranej drogi, również z tego względu, że tym samym polepszy się stosunek stężenia BZT₅ do stężenia związków azotu, co z kolei pozytywnie wpłynie na proces eliminacji tych ostatnich. Po przeprowadzeniu akcji płukania kanalizacji należy zbadać obciążenie oczyszczalni ładunkami, a potem ewentualnie zrewidować i zaktualizować dane dotyczące obciążenia OŚ Falenty podane w niniejszym opracowaniu.

Oczywiście niezależnie od tego trzeba rozpatrzyć możliwość dopływu wysoko obciążonych ścieków, co jest zadaniem trudnym i żmudnym.

Ze względu na dużą ilość danych błędy pomiarowe można w wykluczyć.

5.2 Obliczenia prognozowanego hydraulicznego obciążenia OŚ Falenty

W punkcie 4 niniejszego opracowania przeprowadzono analizę zmierzonych dopływów dobowych do oczyszczalni ścieków. Dała ona następujące wyniki:

średniodobowy dopływ na podstawie pomiarów – wartość $Q_{\text{śd}}$	4.728,27	m ³ /d
dobowy dopływ wymiarujący wg. 85% percentyla – wartość $Q_{85\%d}$	5.465,57	m ³ /d
Współczynnik wzrostu $A = Q_{85\%d}/Q_{\text{śd}}$	1,16	
uśredniony dopływ podczas opadów deszczu z pomiarów > 6000 m ³ /d Q_{d6000}	6.840,88	m ³ /d
Współczynnik wzrostu $B = Q_{d6000}/Q_{\text{śd}}$	1,45	
maksymalny dopływ dobowy podczas opadów deszczu z pomiarów $Q_{d\text{max}}$	8.968,94	m ³ /d
Współczynnik wzrostu $C = Q_{d\text{max}}/Q_{d6000}$	1,30	

Poniżej przeprowadzono obliczenia średniodobowej ilości ścieków na podstawie analizy stanu istniejącego i prognozowanych danych Zleceniodawcy.

Prognozowana średniodobowa ilość ścieków	wartość	jednostka
średniodobowy dopływ na podstawie pomiarów – patrz punkt 4	4.728,27	m ³ /d
średni przyrost RLM wg 20-letniej prognozy przyrostu ładunków ChZT i BZT ₅	11.035,00	RLM
średnia jednostkowa ilość ścieków dla nowych terenów zabudowy na podstawie danych Zleceniodawcy	100,00	l/(m x d)
średniodobowa prognozowana ilość ścieków o nowych mieszkańców	1.103,50	m ³ /d
założona średniodobowa ilość ścieków z CH Janki	180,00	m ³ /d
średniodobowa prognozowana ilość ścieków	6.011,77	m ³ /d
Przyjęto następującą średniodobową ilość ścieków dla prognozy 20-to letniej	6.000,00	m³/d
przyrost średniodobowej ilości ścieków	26,90%	

Poniżej przedstawiono obliczenia miarodajnej dobowej ilości ścieków dopływających do oczyszczalni ścieków Falenty dla 85%-percentyla wszystkich dopływów dobowych

Prognozowana miarodajna dobową ilość ścieków dla 85% percentyla	wartość	jednostka
dobowy dopływ wymiarujący wg. 85% percentyla dla stanu istniejącego	5.465,57	m ³ /d
średni przyrost RLM wg prognozy przyrostu ładunków ChZT i BZT ₅	11.035,00	RLM
średniodobowa prognozowana ilość ścieków o nowych mieszkańców	1.103,50	m ³ /d
współczynnik wzrostu obliczony ze stanu istniejącego – Współczynnik wzrostu A	1,16	
średniodobowa prognozowana ilość ścieków o nowych mieszkańców - 85% percentyl	1.275,65	m ³ /d
średniodobowa ilość ścieków z CH Janki - 85% percentyl – współczynnik wzrostu = 1,75	315,00	m ³ /d
średniodobowa prognozowana ilość ścieków - 85% percentyl	7.056,22	m ³ /d
Przyjęto następującą dobową ilość ścieków dla prognozy 20-to letniej - 85% percentyl	7.060,00	m³/d
przyrost średniodobowej ilości ścieków w odniesieniu do 85% percentyla	29,17%	

Poniżej przedstawiono obliczenia dobowej ilości ścieków dopływających do oczyszczalni ścieków Falenty podczas normalnych opadów deszczu

Prognostowana średniodobowa ilość ścieków dla dopływów > 6000 m ³ /d	wartość	jednostka
uśredniony dopływ maksymalny podczas opadów deszczu z pomiarów > 6000 m ³ /h	6.840,88	m ³ /d
średni przyrost RLM wg prognozy przyrostu ładunków ChZT i BZT ₅	11.035,00	RLM
średniodobowa prognozowana ilość ścieków o nowych mieszkańców	1.103,50	m ³ /d
współczynnik wzrostu obliczony ze stanu istniejącego - Współczynnik wzrostu B	1,45	
uśredniony dodatkowy dopływ maksymalny podczas opadów deszczu z pomiarów - prognoza	1.596,76	m ³ /d
średniodobowa ilość ścieków z CH Janki - 85% percentyl – współczynnik wzrostu = 1,75	315,00	m ³ /d
uśredniony dopływ maksymalny podczas opadów deszczu z pomiarów - prognoza	8.752,64	m ³ /d
Przyjęto dla prognozy dopływ ścieków podczas normalnych opadów deszczu Q_{d6000p}	8.750,00	m³/d
przyrost uśrednionego dopływu maksymalnego	27,91%	

W dalszym ciągu przedstawiono prognozowany maksymalny dopływ ścieków do oczyszczalni ścieków Falenty podczas ekstremalnych opadów deszczu.

Prognostowana ekstremalna dobową ilość ścieków	wartość	jednostka
maksymalny zmierzony dopływ do OŚ Falenty	8.968,94	m ³ /d
uśredniony dopływ maksymalny podczas opadów deszczu z pomiarów > 6000 m ³ /h	6.840,88	m ³ /d
współczynnik wzrostu obliczony ze stanu istniejącego - Współczynnik wzrostu C	1,30	
Przyjęto dla prognozy uśredniony dopływ maksymalny podczas opadów deszczu z pomiarów Q _{d6000p}	8.750,00	m ³ /d
prognozowany ekstremalny dopływ ścieków do oczyszczalni ścieków Q_{d6000p} x C	11.375,00	m³/d

Do dalszych obliczeń stanu prognozowanego przyjęto następujące wartości:

WYMIARUJĄCE WARTOŚCI DOPLÝWÓW DOBOWYCH	wartość	jednostka
Przyjęto następującą średniodobową ilość ścieków dla prognozy 20-to letniej	6.000,00	m³/d
Przyjęto następującą dobową ilość ścieków dla prognozy 20-to letniej - 85% percentyl	7.060,00	m³/d
maksymalny prognozowany dobowy dopływ do OŚ podczas ekstremalnych opadów deszczu	(11.375,00)	m ³ /d

O ile pierwsze dwie wartości leżą w granicach wartości oczekiwanych, o tyle tak duży dopływ podczas ekstremalnych opadów deszczu jest wysoce nieprawdopodobny. Z tego względu proponujemy przyjęcie współczynnika wzrostu C = 1,10, czyli maksymalny prognozowany dobowy dopływ do OŚ wyniesie wtedy 8.750 x 1,10 = 9.625 m³/d.

WYMIARUJĄCE WARTOŚCI DOPLÝWÓW DOBOWYCH	wartość	jednostka
Przyjęto następującą średniodobową ilość ścieków dla prognozy 20-to letniej	6.000,00	m³/d
Przyjęto następującą dobową ilość ścieków dla prognozy 20-to letniej - 85% percentyl	7.060,00	m³/d
maksymalny prognozowany dobowy dopływ do OŚ podczas ekstremalnych opadów deszczu	9.625,00	m³/d

W punkcie 4 niniejszego opracowania przeprowadzono analizę zmierzonych dopływów godzinowych do oczyszczalni ścieków. Dała ona następujące wyniki:

średni dopływ godzinowy na podstawie pomiarów – wartość Q_{sh}	197,91	m ³ /h
wymiarujący dopływ godzinowy wg. 85% percentyla – wartość $Q_{85\%h}$	262,48	m ³ /h
uśredniony dopływ godzinowy pogody deszczowej z dopływów $Q_h > 400$ m ³ /h Q_{h400}	491,93	m ³ /h
maksymalny dopływ dobowy podczas opadów deszczu z pomiarów Q_{hmax}	626,84	m ³ /h

Z analizy uśrednionego histogramu dobowej zmienności dopływu podczas pogody bezdeszczowej (patrz rysunek nr 13) uzyskano następujące wartości:

średni dopływ godzinowy na podstawie histogramu z rys. 13 – wartość Q_{sbdh}	157,20	m ³ /h
maksymalny dopływ godzinowy na podstawie histogramu z rys. 13 – wartość Q_{maxbdh}	214,10	m ³ /h
Współczynnik nierównomierności godzinowej podczas pogody bezdeszczowej Q_{maxbdh} / Q_{sbdh}	1,36	m ³ /h

Na podstawie obliczonego współczynnika nierównomierności określono prognozowane dopływy godzinowe. Na początku określono wartości maksymalne i średniodobowe dla dopływów pogody bezdeszczowej dla prognozy 20-to letniej:

Analiza dla stanu prognozowanego dla pogody bezdeszczowej	wartość	jednostka
Średniodobowa prognozowana ilość ścieków o nowych mieszkańców	1.103,50	m ³ /d
Średnia 24h	46,00	m ³ /h
Współczynnik maksymalnego dopływu godzinowego pogody bezdeszczowej obliczony z histogramu rys. 13	1,36	
Maksymalny dopływ godzinowy podczas pogody bezdeszczowej od nowych mieszkańców	62,60	m ³ /h
Średni dobowy dopływ z CH Janki podczas pogody bezdeszczowej	180,00	m ³ /d
Maksimum dopływu z CH Janki podczas pogody bezdeszczowej 180/12=	15	m ³ /h
Maximum dopływu godzinowego wg histogramu na rys. 13	214,10	m ³ /h
prognozowany maksymalny dopływ ścieków podczas pogody bezdeszczowej	291,70	m³/h
odpowiednio	81,0	l/s
prognozowany dopływ średniodobowy dla stanu prognozowanego 46+(180/24)+(214,7/1,36)=	210,90	m³/h
odpowiednio	58,6	l/s

Poniżej obliczono wartości dopływów godzinowych dla 85% percentyla:

Analiza dla stanu prognozowanego dla wymiarującej wartości 85% percentyla	wartość	jednostka
maksymalny dobowy dopływ z CH Janki podczas pogody bezdeszczowej - 85% percentyl	315,00	m ³ /h
maksymalny strumień ścieków z CH Janki wg umowy Eko-Raszyn	43,20	m ³ /h
dobowy dopływ wymiarujący wg. 85% percentyla dla stanu istniejącego	5.465,57	m ³ /d
średniodobowa prognozowana ilość ścieków o nowych mieszkańców - 85% percentyl	1.275,65	m ³ /d
miarodajna dobowo ilość ścieków dla 85% percentyla dla stanu prognozowanego → 5465,57+1275,65=	6.741,22	m ³ /d
Średni dopływ 24h dla 85% percentyla	280,88	m ³ /h
współczynnik maksymalnego dopływu godzinowego pogody bezdeszczowej obliczony z histogramu rys. 13	1,36	
maksymalny dopływ godzinowy bez CH Janki - 85% percentyl	382,00	m ³ /h
maksymalny dopływ godzinowy razem CH Janki - 85% percentyl → 382,00 + 43,20 =	425,20	m³/h
odpowiednio	118,10	l/s

Dla stanu prognozowanego przeprowadzono również obliczenia dla dopływów podczas opadów deszczu:

Intensywne godzinowe dopływy deszczowe dla stanu prognozowanego	wartość	jednostka
średni dopływ godzinowy dla stanu istniejącego	197,91	m ³ /h
uśredniony dopływ godzinowy pogody deszczowej z dopływów $Q_h > 400$ m ³ /h	491,93	m ³ /h
Współczynnik wzrostu dla dopływów podczas opadów deszczu $\rightarrow 491,48/197,91 =$	2,486	
prognozowany maksymalny dopływ ścieków podczas pogody bezdeszczowej	291,70	m ³ /h
godzinowy intensywny dopływ deszczowy dla stanu prognozowanego $291,70 \times 2,486$	725,17	m³/h
odpowiednio	201,40	l/s

Na podstawie statystycznego rozkładu dopływów do OŚ Falenty można stwierdzić, że czas trwania dopływów deszczowych przekraczających nominalną przepustowość hydrauliczną obu istniejących sitopiaskowników wynoszącą $Q_{\max} = 160$ l/s $\rightarrow 576,00$ m³/h wyniósł maksymalnie 2 godziny. W tym czasie całkowita nadmiarowa objętość ścieków nie przekroczyła 100 m³. Należy przypuszczać, że czas trwania przekroczenia maksymalnej przepustowości sitopiaskowników dla horyzontu prognozy nie wyniesie więcej niż 4 godziny, a całkowita nadmiarowa objętość ścieków nie przekroczy 250 m³. Z tego też względu nie widzimy powodu zwiększania przepustowości hydraulicznej OŚ Falenty. Szczególnie, że po przebudowie OŚ Falenty będzie dysponować dużymi objętościami retencyjnymi np. w wyłączonych z eksploatacji osadnikach wstępnych w ciągu Carousell (Obiekty 18.1 i 18.2). Dlatego też wspólnie ze Zleceniodawcą podjęto decyzję, że maksymalna ilość ścieków dopływająca do stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków (czyli do sitopiaskowników) będzie ograniczona do $Q_{\max} = 576$ m³/h. Ścieki nadmiarowe będą kierowane do zbiorników retencyjnych o łącznej pojemności ok. 850 m³ (suma pojemności obiektów nr 5, 18.1 i 18.2). Czas trwania dopływów o tej intensywności nie powinien w przyszłości przekroczyć 4 godzin.

WARTOŚCI WYMIARUJĄCE DOPŁYWÓW GODZINOWYCH	wartość	jednostka
Przyjęto następującą godzinowa ilość ścieków dla prognozy - 85% percentyl	425,20	m ³ /h
prognozowany maksymalny dopływ ścieków podczas pogody bezdeszczowej	291,70	m ³ /h
prognozowany dopływ średniodobowy dla stanu prognozowanego	210,90	m ³ /h
maksymalny prognozowany godzinowy dopływ do OŚ podczas opadów deszczu	725,17	m ³ /h
maksymalny ustalony dopływ do sitopiaskowników i stopnia biologicznego	576,00	m ³ /h
Zbiornik retencyjny na ścieki surowe dla dopływów powyżej 576 m ³ /h	maks. 850	m ³

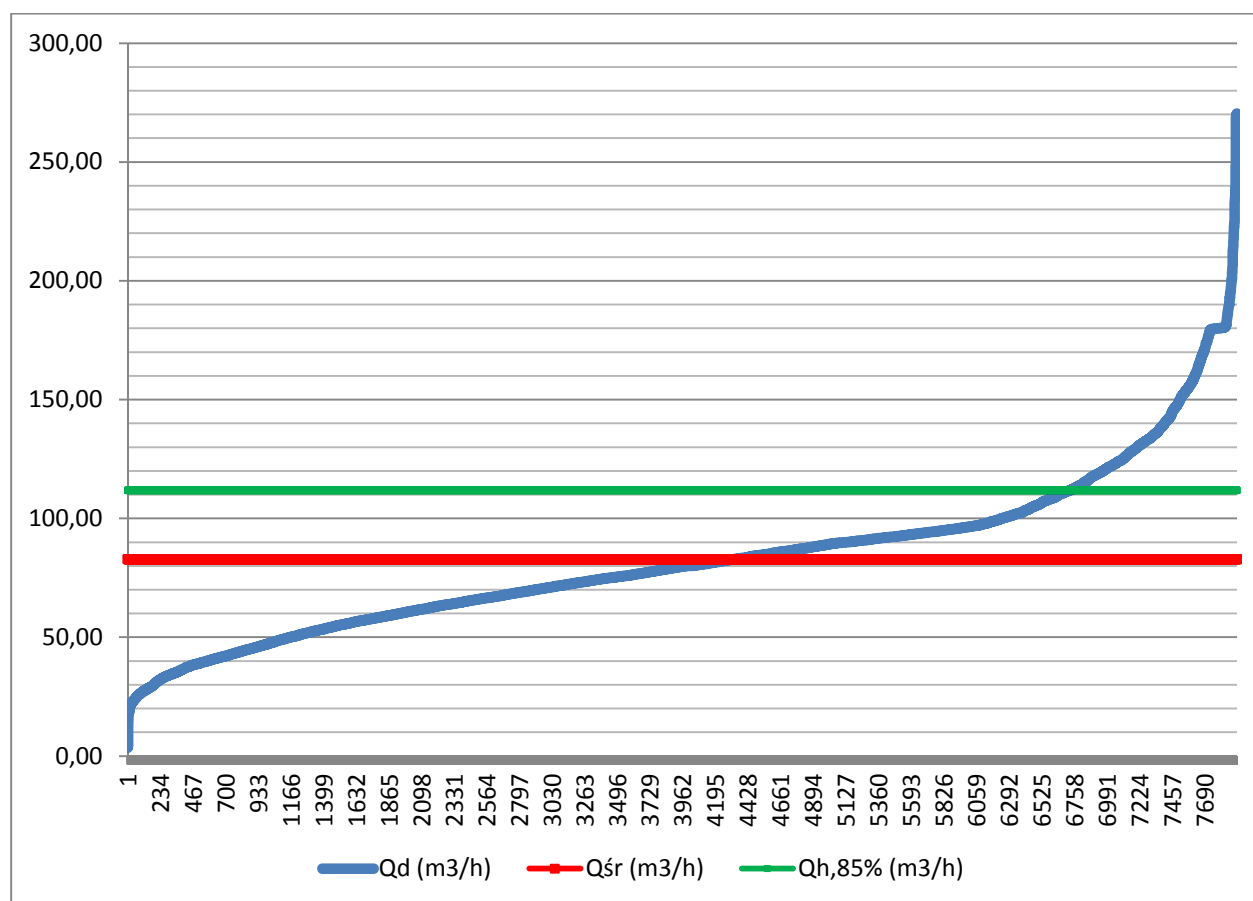
6 Przebudowa pompowni „Falenty”

Przebudowa pompowni ścieków „Falenty” (obiekt nr 9) i chroniącej jej kraty koszowej (obiekt nr 8) formalnie nie należy do przedmiotu niniejszego zamówienia. Autorzy zdecydowali jednak, że pompownia „Falenty” jest obiektem oczyszczalni i postanowili zaproponować budowę nowej pompowni wyposażonej w pompy ślimakowe Archimedes’a połączoną z likwidacją istniejącej kraty koszowej i pompowni wyposażonej w pompy zatapialne.

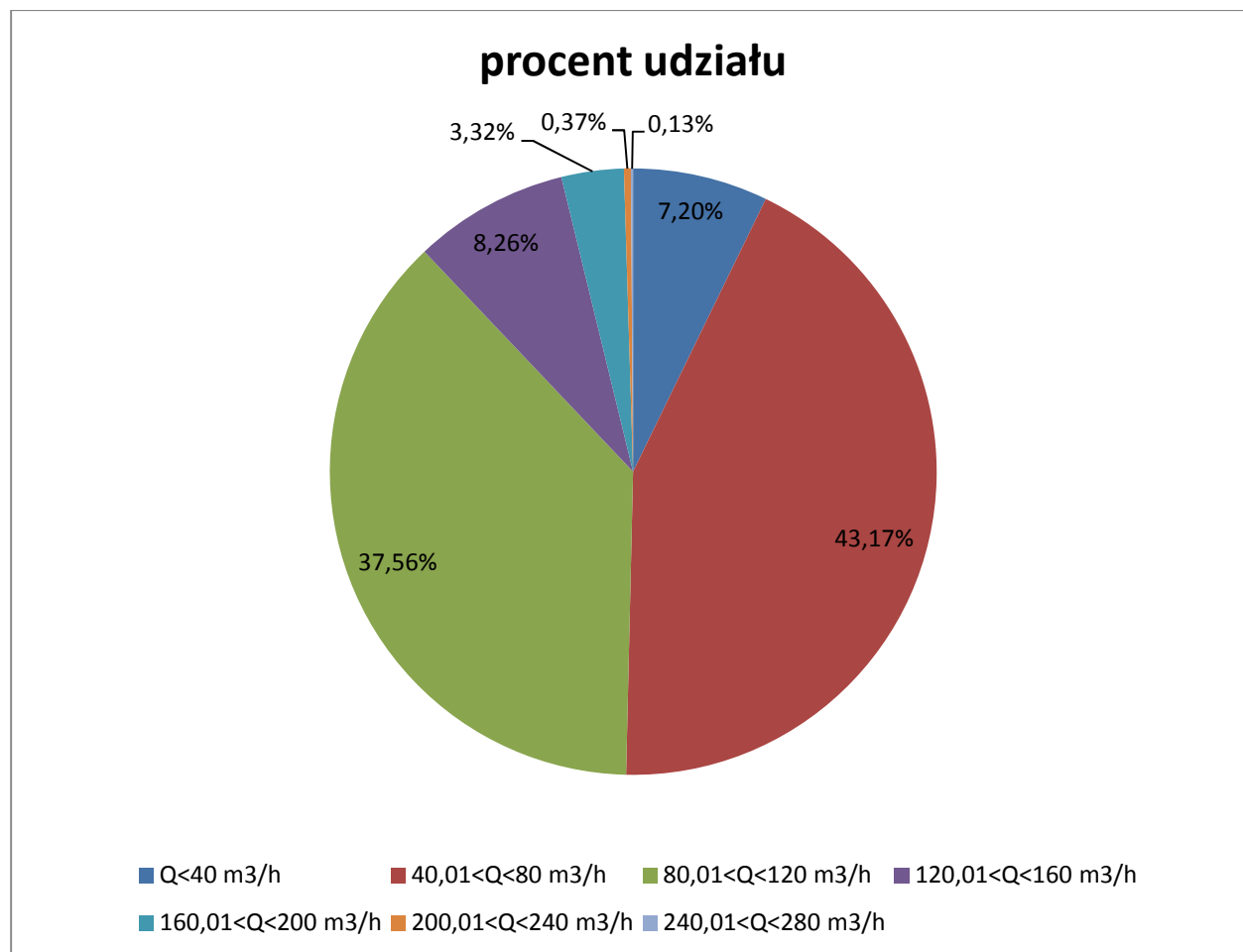
W ramach niniejszego opracowania przygotowano 3 plany sytuacyjne przedstawiające różne możliwości modernizacji oczyszczalni ścieków „Falenty”. Wstępną koncepcję pompowni „Falenty” wyposażoną w pompy ślimakowe Archimedes’a przedstawiono na planach sytuacyjnych 201805.1-1-2.1 i 201805.1-1-3.1. Nowe rozwiązanie pompowni „Falenty” można zastosować dla każdego z opisywanych tutaj wariantów.

6.1 Wyznaczenie przepustowości dla nowej pompowni Falenty

Zlecniodawca dostarczył zapisy pomiarów przepływu zmierzone przepływomierzem magnetyczno-indukcyjnym umieszczonym na przewodzie tłocznym istniejącej pompowni „Falenty” (inna nazwa: PS1). Przeprowadzono analizę tych dopływów, a jej wyniki przedstawiono na rysunkach 15 i 16.



Rysunek 15: Rozkład godzinowych dopływów ścieków do pompowni „Falenty”



Rysunek 16: Analiza rozkładu godzinowych dopływów ścieków do pompowni „Falenty”

Z przeprowadzonej analizy dopływu wynika:

- ok. 7,2 % wszystkich dopływów godzinowych nie jest większa od $Q=40 \text{ m}^3/\text{h}$
- ok. 80,73 % wszystkich dopływów godzinowych zawiera się w przedziale od 40,01 do 120,0 m^3/h
- ok. 12,07% wszystkich dopływów godzinowych jest powyżej 120,01 m^3/h
- ekstremalne dopływy powyżej 160 m^3/h występują bardzo rzadko
- maksymalny dopływ godzinowy wyniósł w okresie pomiarowym $Q=270,35 \text{ m}^3/\text{h}$ (ok. 75,1 l/s)

Po analizie powyższych danych do wymiarowania pompowni „Falenty” na obciążenie w okresie perspektywicznym przyjęto następujące wartości dopływów godzinowych:

Opis	Dopływ wg pomiarów (m^3/h)	Przyrost w okresie prognozowanym	Stan prognozowany	
			m^3/h	l/s
$Q_{h, \text{śr}}$	82,90	+20%	99,5	27,7
$Q_{85\%}$	111,90	+20%	134,3	37,3
$Q_{h, \text{max}}$	270,00	+10%	297,0	82,5

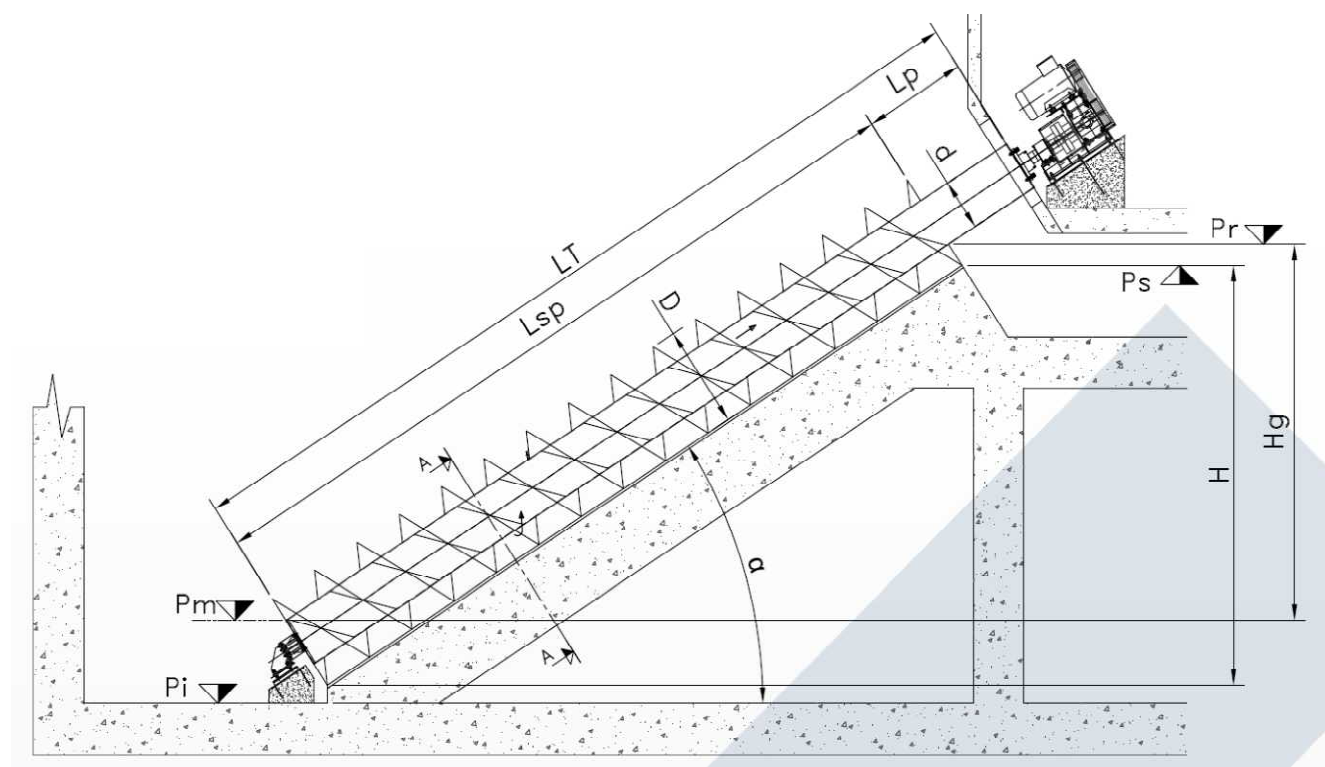
Dla dopływów dobowych przyjęto następujące wartości:

Opis	Dopływ wg pomiarów (m ³ /d)	Przyrost w okresie prognozowanym	Stan prognozowany m ³ /d
$Q_{d,śr}$	1.989,6	+20%	2.287,5
$Q_{85\%}$	2387,9	+20%	2.865,5
$Q_{d,max}$	4.636,3	+10%	5.100,0

Na podstawie przeprowadzonej analizy proponujemy zastosowanie 2 pomp ślimakowych Archimedesesa o średnicy DN680 zabudowane w stalowej rurze, kącie nachylenia 40° i wydajności 42 l/s (ok. 151,2 m³/h) każda. Taki dobór pozwoli na podniesienie 95% wszystkich aktualnie dopływających ścieków przez jedną pompę, podczas gdy druga pełni rolę rezerwową i będzie się włączać do pracy w przypadku dopływów ekstremalnych. Ustalona na podstawie danych z przepływomierza wydajność pomp zainstalowanych aktualnie w pompowni Falenty (Obiekt nr 9) wynosi:

Maksymalny dopływ do pompowni Falenty w ciągu 15 minut:	75,23	m ³ /15 min
odpowiada	82,6	l/s
Maksymalny dopływ do pompowni Falenty w ciągu godziny:	270,35	m ³ /h
odpowiada	75,1	l/s

Schemat pompowni ślimakowej przedstawiono na rys. 16.



Rysunek 17: Schemat pompowni z pompami ślimakowymi Archimedesesa

Dane proponowanych pomp ślimakowych Archimedes:

Ilość pomp	2	szt.
Wydajność każdej pompy	42	l/s
Średnica pompy	680	mm
Kąt nachylenia pompy	40°	
Zabudowa pompy	w rurze stalowej, kompaktowa	
Prędkość obrotowa ślimacznicy	71,4	1/min
Wysokość podnoszenia	ok. 7	m
Masa pompy	3.620	kg
Moc zainstalowanego napędu	7,5	kW
Moc pobierana przy pełnym obciążeniu	5,0	kW

Pompy ślimakowe Archimedes do ścieków są specjalnego rodzaju pompami charakteryzującymi się dużą elastycznością, niezawodnością i odpornością na części stałe, które doprowadzane są przez kanalizację. W urządzeniach tych natężenie przepływu zmienia się automatycznie w zależności od stopnia zanurzenia spirali. Natężenie przepływu można również zmieniać regulując prędkość obrotową pompy. Równoległa praca pomp powoduje zwiększenie wydajności całej pompowni o 100%, co prawie nigdy nie ma miejsca przy pompowniach tłoczących ścieki przez rurociąg tłoczny.

Zastosowanie takich pomp wymaga w wielu przypadkach zastosowanie kraty służącej do ochrony pomp przed dopływem wielkogabarytowych zanieczyszczeń. W przypadku pompowni Falenty nie będzie to konieczne, gdyż średnica dopływających kolektorów wynosi jedynie 300 mm, więc ciała stałe o tej wielkości nie stanowią zagrożenia dla spirali pompy.

W zaprojektowanej pompowni celowo nie przewidziano redundancji wydajności pomp w przypadku jednoczesnego wystąpienia ekstremalnych dopływów i awarii jednej z pomp. Wymagałoby to budowy trzeciej pompy ślimakowej o wydajności $Q \geq 42$ l/s, która dawałaby redundancję 50%, lub pompy o wydajności $Q \geq 84$ l/s, która zapewniałaby 100% redundancję. Takie rozwiązanie znacznie zwiększyłoby koszty inwestycyjne nie przynosząc realnych korzyści ze względu na fakt, że nie można aktualnie powiedzieć, czy dopływy maksymalne zwiększą się proporcjonalnie do rozwoju zlewni. A maksymalne dopływy i tak są ograniczone hydrauliczną wydajnością przekroju kanału grawitacyjnego (DN300) doprowadzającego ścieki do pompowni Falenty.

W przypadku uprzednio opisanej sytuacji awaryjnej proponuje się opracowanie planu alarmowego polegającego na zainstalowaniu mobilnej pompy zatapialnej w studni zlewnej pomp ślimakowych podłączonej do prowizorycznego krótkiego rurociągu tłoczego.

Zmienne ilości dopływających ścieków nie mają dla pomp ślimakowych żadnego znaczenia, gdyż spiętrzenie ścieków w dolnej części pompy reguluje samoczynnie jej wydajność. W przypadku minimalnych dopływów nocnych praca pompy może być sterowana w zależności od wysokości spiętrzenia w dopływie do pompy.

6.2 Krótki opis nowej koncepcji pompowni „Falenty” – wariant FA2

Kolektory doprowadzających ścieki z Falent zostaną skrócone i przy pomocy nowego kanału grawitacyjnego doprowadzone do studni zlewnej nowej pompowni ślimakowej. Z kolei kanalizacja wewnętrzna oczyszczalni ścieków musi zostać doprowadzona do studni zlewnej nowej pompowni również kanałem grawitacyjnym. Szczegóły rozwiązania pokazane są na rysunku 18. Pompy ślimakowe będą wbudowane do specjalnie skonstruowanej budowli żelbetowej, która składa się z następujących części:

- Studnia zlewna, w której są zamontowane dolne łożyska wałów pomp oraz zastawki pozwalające na odcięcie dopływu ścieków do każdej z pomp z osobna
- Części środkowej, w której będą wybudowane łożyska dla pomp Archimedes zabudowanej w obudowie rurowej. Kąt nachylenia pompy i jej łożysk został ustalony na 40°.

- Części górnej, która składa się z komory dolnej, do której wlewają się podniesione ścieki i z zamkniętej nadbudowy, która jest pomieszczeniem na górne łożyska wałów pomp, przekładni i silników napędowych.
- Wysokość podniesienia ścieków wynika z różnicy rzędnych na wlocie do sitopiaskowników i dna kanałów grawitacyjnych dopływających do pompowni, przy czym rzędna wlotu do sitopiaskowników musi zapewniać grawitacyjny spływ ścieków przez cały główny ciąg oczyszczania ścieków aż do odbiornika bez zastosowania pompowni pośrednich.

Podniesione na odpowiednią wysokość ścieki będą przepływać przez komorę dolną części górnej i w dalszym ciągu będą doprowadzone rurociągiem grawitacyjnym do wlotu mechanicznego stopnia oczyszczania ścieków w hali sitopiaskowników.

6.3 Porównanie energochłonności zaproponowanych wariantów

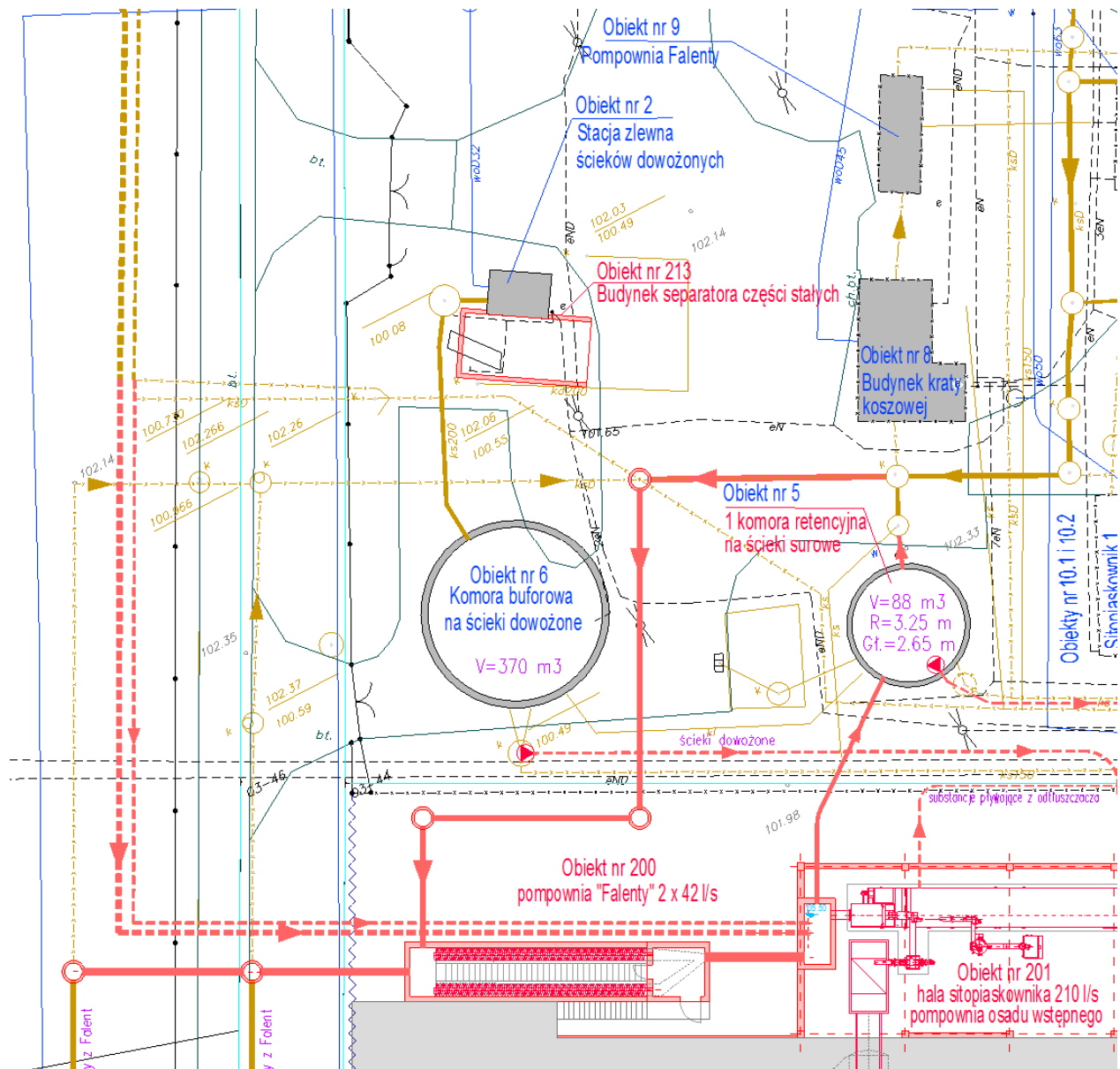
Dane dotyczące poboru energii elektrycznej otrzymaliśmy od producenta pomp ślimakowych razem z ofertą budżetową na ich dostawę. Dane dotyczące poboru mocy przez istniejące pompy zatapialne przyjęto na podstawie danych otrzymanych od Zleceniodawcy i opisanych w punkcie 4.1.6. niniejszego opracowania.

Na podstawie dobowych dopływów z okresu od 03.05.2017 r. do 31.07.2018 r. obliczono średniodobową ilość ścieków tłoczonych przez pompownię „Falenty”. Średniodobowa ilość ścieków wynosi ok. 1.990 m³/h.

Przybliżone nakłady energetyczne potrzebne na podniesienie 1 m³ ścieków podane są w następującej tabeli, z której jednoznacznie wynika, że energochłonność pomp zatapialnych jest prawie dwukrotnie wyższa od pomp ślimakowych. Ich zaletą jest fakt, że pompy te istnieją i aktualnie nie trzeba ponosić nakładów inwestycyjnych na realizację wariantu FA1. Zaletą tego wariantu jest również prosty i niedrogi pomiar przepływu, co w przypadku pompowni ślimakowej nie jest możliwe.

Wielką zaletą pompowni ślimakowej jest odporność na ciała stałe spływające ze ściekami i niewielkie nakłady czasu na serwisowanie oraz tanią eksploatację. Techniczna żywotność pomp ślimakowych jest o wiele wyższa od pomp zatapialnych i może być przyjęta w granicach od 20 do 25 lat. W praktyce techniczna żywotność pomp ślimakowych jest wyższa (do 40 lat). Warunkiem długiej żywotności technicznej pomp ślimakowych jest ich dobry dobór i pielęgnacja ich łożysk.

założona średniodobowa ilość ścieków dla prognozy		2.287,5	m ³ /d
Istniejące pompy zatapialne – FA1			
Wydajność 1 pompy		36,000	l/s
	odpowiednio	129,600	m ³ /h
dobowy czas pracy obu pomp		17,650	h/d
Moc pobierana		7,500	kW
Dobowe zużycie energii elektrycznej		132,375	kWh/d
jednostkowe zużycie energii		0,058	kWh/m ³
Pompy ślimakowe – FA2			
Wydajność 1 pompy		42,000	l/s
	odpowiednio	151,200	m ³ /h
dobowy czas pracy obu pomp		15,130	h/d
Moc pobierana		5,000	kW
Dobowe zużycie energii elektrycznej		75,650	kWh/d
jednostkowe zużycie energii		0,033	kWh/m ³



Rysunek 18: Plan sytuacyjny nowej pompowni „Falenty” – Wariant FA2

6.4 Porównanie kosztów budowy zaproponowanych wariantów

Koszty omówionych uprzednio wariantów pompowni „Falenty” oszacowane na podstawie aktualnych kosztów jednostkowych budowli i urządzeń. Pompy ślimakowe dla wariantu FA2 skalkulowano na podstawie oferty budżetowej dostarczonej przez holenderską firmę Spaans-Babcock. Zachowanie wariantu FA1 w nie zmienionej postaci nie generuje aktualnie żadnych kosztów inwestycyjnych. Jednakże nakłady energetyczne na tłoczenie ścieków i krótka żywotność techniczna mogą doprowadzić do sytuacji, że budowa nowej przepompowni może się okazać opłacalna. Przesłanki do wyciągnięcia ostatecznych wniosków dają analizy finansowe w Załączniku 1 do niniejszego opracowania.

6.4.1 Oszacowanie kosztów realizacji pompowni „Falenty” – wariant FA1 – pompy zatapialne

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja pompowni "Falenty" - wariant FA1					
	Koszty prac budowlanych					
1	Wariant 1 nie wymaga żadnych prac budowlanych	1	ryczałt	0,00	0,00	0,00
2	Koszty prac budowlanych				0,00	0,00
3						
4	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych					
5	Wariant 1 nie wymaga żadnych dodatkowych instalacji	1	ryczałt	0,00	0,00	0,00
6	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych				0,00	0,00
7	Koszt modernizacji pompowni "Falenty" - wariant FA1				0,00	0,00

6.4.2 Oszacowanie kosztów realizacji pompowni „Falenty” – wariant FA2 – pompy ślimakowe Archimedes

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy Zleceniodawca nie będzie zatrudniał Generalnego Wykonawcy, zlecenia będą udzielane wykonawcom i dostawcą poszczególnych rodzajów robót i dostaw, a koordynacją całości zajmie się zatrudnione w tym celu biuro inżynierskie.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja pompowni "Falenty" - wariant FA2					
	Koszty prac budowlanych					
1	Kanał grawitacyjny DN300	100	m	600,00	60.000,00	73.800,00
2	Studzienki rewizyjne	5	szt.	5.000,00	25.000,00	30.800,00
3	Budowla pompowni z żelbetonu z maszynownią i wyposażeniem	300	m³	2.200,00	660.000,00	811.800,00
4	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte	1	ryczałt	68.000,00	68.000,00	83.600,00
5	Koszty prac budowlanych				813.000,00	1.000.000,00
6						
7	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych					
8	Pompy ślimakowe DN680 z dostawą i montażem	2	szt.	200.000,00	400.000,00	492.000,00
9	Zastawki 800 x 800 mm	2	szt.	10.000,00	20.000,00	24.600,00
10	Przepływomierz w kanale odpływowym	1	szt.	50.000,00	50.000,00	61.500,00
11	Szafy z wyposażeniem elektrycznym i sterowaniem	1	ryczałt	60.000,00	60.000,00	73.800,00
12	i nieujęte (np. koszt przyłącza energii elektrycznej)	1	ryczałt	79.700,00	79.700,00	98.100,00
13	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych				609.700,00	750.000,00
14	Koszt modernizacji pompowni "Falenty" - wariant FA2				1.422.700,00	1.750.000,00

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy całość prac będzie wykonywane przez Generalnego Wykonawcę.

Koszty podane w obu tabelach ustanawiają minimalne i maksymalne granice kosztowe, przy czym koszty generowane przez zatrudnianie Generalnego Wykonawcy są generowane w aktualnych przetargach.

Realizacja przedsięwzięcia po podanych uprzednio kosztach minimalnych będzie trudna, jednakże w optymalnym przypadku, przy zastosowaniu niestandardowych metod postępowania, możliwa.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja pompowni "Falenty" - wariant FA2					
	Koszty prac budowlanych					
1	Kanał grawitacyjny DN300	100	m	1.140,00	114.000,00	140.200,00
2	Studzienki rewizyjne	5	szt.	9.500,00	47.500,00	58.400,00
3	Budowla pompowni z żelbetonu z maszynownią i wyposażeniem	300	m ³	4.180,00	1.254.000,00	1.542.400,00
4	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte	1	ryczałt	88.600,00	88.600,00	109.000,00
5	Koszty prac budowlanych				1.504.100,00	1.850.000,00
6						
7	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych					
8	Pompy ślimakowe DN680 z dostawą i montażem	2	szt.	320.000,00	640.000,00	787.200,00
9	Zastawki 800 x 800 mm	2	szt.	16.000,00	32.000,00	39.400,00
10	Przepływomierz w kanale odpływowym	1	szt.	80.000,00	80.000,00	98.400,00
11	Szafy z wyposażeniem elektrycznym i sterowaniem	1	ryczałt	96.000,00	96.000,00	118.100,00
12	i nieujęte (np. koszt przyłącza energii elektrycznej)	1	ryczałt	86.900,00	86.900,00	106.900,00
13	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych				934.900,00	1.150.000,00
14	Koszt modernizacji pompowni "Falenty" - wariant FA2				2.439.000,00	3.000.000,00

6.4.3 Wnioski wynikające z porównania możliwych wariantów

Porównanie kosztów inwestycyjnych (patrz punkty 6.4.1. i 6.4.2) wypada oczywiście na zdecydowaną niekorzyść wariantu FA2 z pompami ślimakowymi Archimedes'a.

Zestawienie energochłonności i czasu żywotności technicznej obu wariantów pompowni wypada zdecydowanie na niekorzyść pomp zatapialnych:

Rodzaj kosztów	Wariant FA1	Wariant FA2
Energochłonność w (kWh/m ³)	0,058	0,033
Żywotność techniczna w (latach)	max. 8 do 10	min. 30 bis max. 40

Przeprowadzone tu analizy opierają się na danych uzyskanych dla konkretnego wyboru pomp. Przy zastosowaniu maszyn innych producentów o porównywalnych charakterystykach obliczone tu różnice energochłonności mogą ulec nieznacznym zmianom.

Z przeprowadzonych porównań i doświadczeń eksploatacyjnych autora niniejszego opracowania wynika, że koszty inwestycyjne budowy nowej pompowni z pompami ślimakowymi są wyższe od pompowni z pompami zatapialnymi. Jednakże pompy ślimakowe są pod każdym względem eksploatacyjnym zdecydowanie lepsze od pomp zatapialnych.

Wyłączne porównanie kosztów inwestycyjnych prowadzi do wniosku, że wariant FA1 nie generuje aktualnie żadnych kosztów inwestycyjnych, a w związku z tym jest wariantem korzystniejszym od koncepcji z zastosowaniem pomp ślimakowych.

Wielokryteriowe analizy ekonomiczne i funkcjonalne przeprowadzono w załączniku 1.

Na podstawie przeprowadzonej analizy wielokryterialnej z uwzględnieniem przyjętych kryteriów oceny danego wariantu, stwierdzono, że najbardziej efektywny kosztowo i finansowo jest Wariant FA-2. Wyniki przeprowadzonej analizy wielokryterialnej prezentuje tabela poniżej.

Lp.	Wyniki analizy wielokryterialnej Pompownia Falenty	Jedn.	Wariant FA-1	Wariant FA-2
1.	Koszty inwestycyjne	TAK/NIE	TAK	NIE
2.	Koszty inwestycji odtworzeniowych (łącznie)	TAK/NIE	NIE	TAK
3.	Wartość rezydualna	TAK/NIE	TAK	NIE
4.	Koszty eksploatacyjne bez amortyzacji (średniorocznie)	TAK/NIE	NIE	TAK
5.	Wskaźnik efektywności kosztowej - DGC	TAK/NIE	NIE	TAK
6.	Wskaźnik efektywności finansowej - NPV	TAK/NIE	TAK	NIE
7.	Wskaźnik efektywności finansowej - IRR	TAK/NIE	NIE	TAK
	Punktacja (max 10 pkt.)		4,5	5,5

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza wielokryterialna, w skład której wchodzi:

- analiza wysokości kosztów inwestycyjnych,
- analiza kosztów inwestycji odtworzeniowych,
- analiza wartości rezydualnej,
- analiza wysokości kosztów eksploatacyjnych,
- analiza efektywności kosztowej DGC,
- analiza efektywności finansowej NPV,
- analiza efektywności finansowej IRR,

wskazuje, że Wariant **FA-2 uzyskuje największą liczbę punktów i jest rekomendowany do realizacji** z finansowego oraz kosztowego punktu widzenia, z zastrzeżeniem, że do rekomendacji wzięto pod uwagę 20-letni okres funkcjonowania.

Rekomendowany wariant charakteryzuje się:

- najniższymi kosztami inwestycji odtworzeniowych,
- najniższymi kosztami eksploatacyjnymi bez amortyzacji (średniorocznie),
- najniższą wartością wskaźnika efektywności kosztowej DGC,
- najwyższą wartością wskaźnika efektywności finansowej IRR.

7 Stopień mechanicznego oczyszczania ścieków

W rozumieniu niniejszego opracowania stopień mechanicznego oczyszczania ścieków obejmuje jedynie modernizację sitopiaskowników i ich umieszczenie w ogrzewanej hali wyposażonej w suwnicę. Należący do mechanicznego oczyszczania ścieków osadnik wstępny będzie omówiony w części opracowania dotyczącej biologicznego oczyszczania ścieków.

Aktualnie OŚ Falenty wyposażona jest w dwa sitopiaskowniki firmy Huber Technology o przepustowości 80 l/s każdy. Dłuższe z urządzeń zainstalowano w 1998 r, a krótsze w 2006 r. Oba ustawione są na żelbetonowych fundamentach na wolnym powietrzu na zachód od komór Carousell. Aktualnie personel OŚ boryka się z następującymi problemami eksploatacyjnymi:

- Pomimo termoizolacji urządzeń i rurociągów występują w zimie problemy z zamarzaniem części instalacji.
- Nierównomierne obciążenie hydrauliczne sitopiaskowników ze względu na brak komory rozdziału.
- Utrudnione prowadzenie prac konserwacyjnych i bieżących prac eksploatacyjnych w okresie jesienno-zimowym.

Sitopiaskowniki wyposażone są w następujące urządzenia towarzyszące ustawione w ich bezpośredniej bliskości:

- Każde z sit wyposażone jest w myjkę i prasę do skratek
- Oba urządzenia wyposażone są we wspólną płuczkę piasku

Szczegóły aktualnego rozwiązania są widoczne na rys. 19.



Rysunek 19: Sitopiaskowniki widziane od strony odpływu

Dłuższy z istniejących sitopiaskowników został zainstalowany w roku 1998, czyli w zasadzie po 21 latach eksploatacji jest maszyną nadającą się do wymiany.

Krótszy z sitopiaskowników zamontowano w roku 2006, czyli ok. 13 lat temu.

Normalny czas amortyzacji maszyn pracujących w ciężkich warunkach na oczyszczalni ścieków wynosi nie więcej, niż 20 lat.

W obu wariantach nie przewiduje się zasadniczych zmian w systemie mechanicznego oczyszczania ścieków. Proponuje się zastosowanie sitopiaskowników składających się z kompaktowego zasobnika wykonanego ze stali szlachetnej (stal o jakości porównywalnej ze stalą nr 1.4571 – V4A) zawierającą komorę sita obrotowego oraz piaskownik wraz z odtłuszczaczem. Sita obrotowe muszą być wyposażone w urządzenie do wmywania ze skratek zanieczyszczeń organicznych oraz w urządzenie zagęszczające wypłukane skratki. Wysedymetowany w piaskowniku piasek musi być doprowadzony do automatycznej łuczki piasku pozwalającej na otrzymanie odwodnionego piasku o zawartości substancji organicznych nie większej od 3%. Tak skratki, jak i pasek muszą być magazynowane w przeznaczonych do tego kontenerach. W celu ograniczenia emisji nieprzyjemnych zapachów zagęszczone i wypłukane skratki powinny być pakowane w worki z wytrzymałego sztucznego tworzywa.

Jako wyznacznik jakości podajemy sitopiaskowniki firmy Huber Technology z Berching w Niemczech wykonane z odpowiednich materiałów, o czym wspomniano uprzednio. Obie istniejące urządzenia zostały dostarczone przez firmę Huber. Ze względu na dobre doświadczenia eksploatatora z urządzeniami firmy Huber, będącej pomysłodawcą i producentem pierwszych tego rodzaju maszyn na świecie, zaleca się zastosowanie sitopiaskowników wspomnianego dostawcy.

W koncepcji modernizacji przewiduje się:

- Umieszczenie sitopiaskowników lub sitopiaskownika w zamykanej ogrzewanej hali (obiekt nr 100 w wariantach 1 oraz obiekty 201 lub 301 w pozostałych wariantach) wyposażonej w suwnicę o udźwigu 2000 kg. Wybór konstrukcji hali będzie dokonany w trakcie dalszego procesu projektowania.
- Rzędna wlotu do projektowanych sitopiaskowników musi zapewniać grawitacyjny przepływ ścieków w głównym ciągu oczyszczania ścieków aż do odpływu do odbiornika bez zastosowania pośrednich pompowni.
- Przewidujemy lokalizację hali sitopiaskowników poza granicami działki zajmowanej przez istniejącą oczyszczalnię ścieków, na południe od komory buforowej na ścieki dowożone (obiekt nr 6). Ta decyzja została podjęta jednocześnie z decyzją budowy nowych obiektów modernizowanej OŚ na południe i wschód od aktualnej działki zajmowanej przez oczyszczalnię ścieków.
- W przypadku wariantu z dwoma sitopiaskownikami przewiduje się budowę komory rozdziału pozwalającej na równomierne obciążenie hydrauliczne tych urządzeń. W takim przypadku dodatkowy bypass omijający sitopiaskowniki nie jest absolutnie konieczny, ponieważ w razie awarii jednego urządzenia ścieki mogą przepływać przez drugie. Jedyną tego wadą jest słabsza sprawność mechanicznego oczyszczania ścieków. Jednoczesna awaria obu sitopiaskowników jest wysoce nieprawdopodobna.
- W przypadku wariantu z jednym sitopiaskownikiem musi być on wyposażony w bypass pozwalający na obejście tak komory sita, jak i komory piaskownika.
- Szafy sterownicze i elektryczne będą ustawione w wydzielonym pomieszczeniu hali sitopiaskowników nie mającej bezpośredniego połączenia z wnętrzem hali tak, aby pomieszczenie elektryczne nie należało do strefy zagrożonej wybuchem.

Autor niniejszego opracowania poprosił Firmę Huber Polska z siedzibą w Warszawie o zaopiniowanie stanu technicznego obu sitopiaskowników pracujących na OŚ Falenty. Po dwukrotnej wizytacji OŚ Falenty przez pracowników firmy Huber Polska otrzymaliśmy wycenę modernizacji i remontu sitopiaskownika zainstalowanego w roku 2006 oraz zalecenie nie uwzględniania sitopiaskownika wybudowanego w roku 1998 w koncepcji modernizacji oczyszczalni ścieków ze względu na jego wiek, stan techniczny i możliwość perforacji blach na dnie piaskownika na skutek tarcia o transporter ślimakowy umieszczony na dnie komory. Uwagi producenta uznaliśmy za uzasadnione, co znajduje odbicie w dalszych pracach koncepcyjnych.

7.1 Modernizacja mechanicznego stopnia oczyszczania ścieków – wariant SMOŚ1

Na podstawie wyników dwóch wizji lokalnych producenta i dostawcy istniejących sitopiaskowników podjęto decyzję, że tylko urządzenie dostarczone w roku 2006 zostanie poddane pracom naprawczym i modernizacyjnym. Starszy egzemplarz sitopiaskownika (r.b. 1998) jest na tyle zużyty, że jego renowacja nie gwarantuje przedłużenia czasu jego użytkowania.

Istniejący sitopiaskownik posiada przepustowość $Q_{\max}=80$ l/s. W niniejszym wariantcie przewiduje zainstalowanie nowego sitopiaskownika o przepustowości $Q_{\max}=100$ l/s, czyli o 20% większej niż dotychczas. Niezależnie od tego przepustowość hydrauliczna całej OŚ powinna zostać ograniczona do $Q_{\max}=160$ l/s ($576 \text{ m}^3/\text{h}$), zgodnie z założeniami podanymi w punkcie 5.2. niniejszego opracowania. Zwiększona wydajność nowego urządzenia jest podyktowana koniecznością rezerwy przepustowości koniecznej w celu zredukowania negatywnego wpływu zwiększonego dopływu chusteczek z włókien sztucznych do oczyszczalni ścieków. Przewiduje się wyposażenie nowego sitopiaskownika w sito bębnowe o średnicy 1000 mm i perforacji 6 mm. Produktem wyznaczającym niezbędne standardy jakości jest sito bębnowe RPPS/1000/6 firmy Huber Technology. Piaskownik musi być wyposażony w przedmuch sprężonym powietrzem.

Przewiduje się zainstalowanie nowej płuczki do skratek o przepustowości pozwalającej na płukanie skratek zbieranych na obu sitach. Skratki będą transportowane do płuczki przy pomocy nowych przenośników ślimakowych lub spiralnych. Płukanie piasku przewidziane jest w istniejącej płuczce piasku, która jest w dobrym stanie technicznym i może być dalej eksploatowana.

Oba urządzenia muszą być ustawione w hali z dachem pulpitem skierowanym na południe po to, aby mieć możliwość zainstalowania na nim ogniw fotowoltaicznych. Założone wstępnie wymiary hali podane są na planie nr 201805.1-3-1.1. Ściany i dach hali muszą być odporne na wilgoć panującą wewnątrz budynku. Wymiary hali muszą być dostosowane do wygodnej obsługi obu urządzeń, ustawienia pomostów obsługowych wykonanych ze stali ocynkowanej lub nierdzewnej, płuczki piasku, kontenerów na skratki i na piasek, komory rozdzielczej, pomiarów przepływu w odpływie z sitopiaskownika i pomieszczenia na szafy przyłącza elektryczności i szafy sterownicze. Hala musi być wyposażona w suwnicę z napędem elektrycznym pozwalającą na wygodny demontaż wszystkich urządzeń i udźwigu 2.000 kg. Na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-1.1 oraz na planie hali sitopiaskowników dla wariantu SMOŚ1 nr 201805.1-3-1.1 przedstawiono jedną z możliwych koncepcji budowy tego rodzaju obiektu. Wszystkie urządzenia elektryczne w hali sitopiaskowników muszą być zabezpieczone przed eksplozją, ponieważ nie można wykluczyć wydzielania się gazów pochodzących z procesów gnilnych zachodzących w ściekach. Wszystkie ważne napędy muszą być wyposażone w wyłącznik bezpieczeństwa oraz przełączniki sterowania A-0-H. Wszystkie urządzenia muszą stać na fundamentach o odpowiedniej wysokości. Różnica rzędnych dopływu i odpływu w nowym sitopiaskowniku musi być taka sama jak w sitopiaskowniku z roku 2006. Każdy z rurociągów doprowadzających ścieki do sitopiaskowników musi być wyposażony w zasuwę odcinającą dopływ.

Oba sitopiaskowniki będą wyposażone w odtłuszczacze. W sytuacji, gdy w wariantcie SMOŚ1 nie jest przewidziana fermentacja osadu, wyłapane w odtłuszczaczach substancje będą zawracane do dopływu do komory sita. Ta metoda „użytkowania” tłuszczów stosowana jest również podczas bieżącej eksploatacji ze względu na fakt, że trudno jest znaleźć inną drogę pozwalającą na pozbycie się tych substancji.

Komora rozprężna i rozdziału powinna być umieszczona w hali, przykryta szczelną pokrywą ze stali V₄A. Pokrywa musi być wyposażona w kominiek ze stali V₄A odprowadzający nadmiar powietrza ponad powierzchnię dachu. Należy przewidzieć możliwość instalacji wymiennego filtra do dezodoryzacji powietrza odlotowego na wypadek, gdyby powietrze odlotowe powodowało obciążenie okolicy nieprzyjemnymi zapachami. Do komory rozdziału muszą zostać doprowadzone oba rurociągi tłoczne z Raszyna (z pompowni „Stadionowa”) i rurociąg tłoczny z pompowni „Falenty”. Wszystkie rurociągi tłoczne muszą być przebudowane tak, jak to pokazano na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-1.1. Komora rozdziału musi zapewniać równomierny rozkład strumienia ścieków na oba ciągi sitopiaskowników. Można to osiągnąć stosując daleko idącą symetrię dopływu i system jednakowych krawędzi przelewowych.

Do obsługi sitopiaskowników należy przewidzieć pomosty obsługowe z barierkami ochronnymi o wysokości 110 cm pozwalające na wygodny dostęp do wszystkich urządzeń wymagających serwisowania i remontów. Ta sama zasada postępowania dotyczy wszystkich innych maszyn zlokalizowanych w hali sitopiaskowników, czyli płuczki skratek, płuczki piasku i urządzeń do transportu skratek lub piasku. Wszystkie zabezpieczenia istniejących urządzeń przed mrozem można będzie zdemontować. Kontenery na skratki i piasek muszą mieć zapewnioną możliwość wygodnego transportu wewnątrz hali tak, aby można je było bez większego wysiłku dostarczyć do miejsca, z którego mogą je podjąć środki transportu firm utylizujących te odpady. Należy rozważyć zastosowanie kontenerów na kołach lub kontenerów standardowych umieszczonych na wózkach poruszających się na szynach.

W omawianym wariantcie przewiduje się zastosowanie istniejącej płuczki piasku pod warunkiem, że po przebudowie pompowni „Stadionowa” nie będzie dochodzić do zmasowanego dopływu chusteczek z tworzyw sztucznych, które dostają się na skutek czasowej niewydolności sit do piasku powodując zakłócenia pracy płuczki piasku.

Na rurociągach grawitacyjnych za sitopiaskownikami przewiduje się montaż przepływomierzy spełniających dwie ważne funkcje:

- Pomiar ilości i strumienia przepływu ścieków w dopływie do oczyszczalni ścieków
- Sterujących automatyczną zasuwą przelewu ścieków nadmiarowych do zbiorników retencyjnych, czyli najpierw do obiektu nr 5, a w przypadku przekroczenia jego objętości retencyjnej, do obiektu 18.2. (patrz plan nr 201805.1-1-1.1)

Przepływomierzami określającymi konieczną ich jakość są mierniki firmy Nivus przeznaczone do pomiarów w korytach otwartych na zasadzie uśredniania prędkości przepływu w co najmniej 16 oknach pomiarowych. Oczywiście można zastosować urządzenia pomiarowe o porównywalnej dokładności.

Sterowanie zasuwą przelewu ścieków nadmiarowych musi nastąpić w momencie, gdy sumaryczny dopływ ścieków zmierzony za sitopiaskownikami przekroczy 160 l/s. Wtedy musi nastąpić otwarcie zasuwy sterowanej napędem elektrycznym, co spowoduje zmniejszenie dopływu ścieków do sitopiaskowników. Zasowa musi zostać automatycznie zamknięta w momencie, gdy strumień ścieków zmierzony przez wspomniane uprzednio urządzenia pomiarowe spadnie poniżej 160 l/s.

W hali sitopiaskowników dla wariantu SMOŚ1 należy przewidzieć pomieszczenie na szafy elektryczne i sterujące. Pomieszczenie to musi być wyposażone w osobne wejście z zewnątrz hali i musi być szczelne w stosunku do reszty hali tak, aby urządzenia elektryczne nie musiały być zabezpieczone przed wybuchem. Ze względu na wysokie temperatury występujące w lecie w pomieszczeniach elektrycznych dobrze jest przewidzieć tam klimatyzację. Wielkość pomieszczenia musi zapewniać ustawienie wszystkich niezbędnych urządzeń elektrycznych i sterowniczych.

W samej hali, w której będą stały sitopiaskowniki należy przewidzieć następujące elementy:

- Wystarczającą wymuszoną wentylację zgodną z odpowiednimi przepisami, przy czym silniki wentylatorów muszą być zabezpieczone przed eksplozją.
- Segmentowe, termoizolowane bramy z łańcuchowym napędem ręcznym o odpowiedniej szerokości i wysokości, z furtkami pozwalającymi na wejście osób bez konieczności podnoszenia całej bramy.
- Okna lub elementy ścian z materiałów przepuszczających światło.
- Oświetlenie sztuczne pozwalające na prowadzenie wszelkich prac podczas nocy, zgodnie z wymaganiami odpowiednich przepisów i norm.

- Fundamenty sitopiaskowników muszą zapewniać jednakową rzędną dopływu z komory rozdziału.
- Nachylenie podłogi w hali musi pozwalać na spływ wody w kierunku bram.
- Przy bramach nie wolno projektować żadnych progów, w związku z tym nachylenie dojazdów do bram musi zapewniać spływ wód opadowych „od budynku”.
- Hala musi być wyposażona w ogrzewanie zapewniające utrzymanie temperatury min. 5°C podcza zimy. Nie zaleca się zastosowania ogrzewania elektrycznego ze względu na strefę zagrożoną wybuchem.

Ogólne założenia omawianego wariantu modernizacji polegające na przedstawieniu jednego z możliwych rozwiązań przedstawione są na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-1.1, planie hali sitopiaskowników nr 201805.1-3-1.1 i w schemacie technologicznym nr 201805.1-4-1.1.

7.2 Modernizacja mechanicznego stopnia oczyszczania ścieków – wariant SMOŚ2

Drugi wariant modernizacji mechanicznego oczyszczania ścieków polega na całkowitej rezygnacji z zastosowania któregośkolwiek z istniejących sitopiaskowników. Zdecydowano się na zastosowanie 1 sitopiaskownika o przepustowości maksymalnej 210 l/s, czyli o 50 l/s większej od założonego maksymalnego hydraulicznego obciążenia całej oczyszczalni ścieków. Zalety tego rozwiązania są następujące:

- Zwiększona przepustowość hydrauliczna pozwoli na bezproblemowe usuwanie nawet zmasowanego dopływu chusteczek z tworzyw sztucznych, które aktualnie powodują bardzo dużo problemów eksploatacyjnych. W sitopiaskowniku będzie zainstalowane sito bębnowe o średnicy 1400 mm i perforacji 6 mm. Produktem wyznaczającym niezbędne standardy jakości jest sito bębnowe RPPS/1400/6 firmy Huber Technology. Piaskownik musi być wyposażony w przedmuch sprężonym powietrzem.
- Piaskownik o przepustowości 210 l/s pozwoli przy maksymalnych przepływach $Q_{\max}=160$ l/s na eliminację prawie wszystkich ziarenek piasku, które ułatwią dalsze procesy eksploatacyjne i nie będą wywierać negatywnego wpływu na zużycie maszyn np. do odwadniania osadu lub pomp.
- Będzie zastosowane jedno urządzenie posiadające połowę napędów, które będą zastosowane w wariantcie SMOŚ1.
- W razie ewentualnej awarii sitopiaskownik będzie wyposażony w wewnętrzne bypassy pozwalające zarówno na obejście sita bębnowego, jak i piaskownia. Prawdą jest, że do dalszych części oczyszczalni ścieków przedostaną się ścieki nieoczyszczone mechanicznie, co jednak przy zastosowaniu osadnika wstępnego umieszczonego bezpośrednio za sitopiaskownikiem nie będzie prowadziło do większych zakłóceń w pracy całej oczyszczalni ścieków. Ryzyko przerw eksploatacyjnych będzie zminimalizowane przez zastosowanie urządzenia o dużej przepustowości.
- Rozwiązanie wewnętrznej organizacji hali sitopiaskowników jest o wiele prostsze niż w wariantcie SMOŚ1.
- Do płukania i zagęszczania skratek przewidziana jest nowa płuczka skratek o odpowiedniej wydajności, podobnie jak w wariantcie SMOŚ1, przy czym urządzeniem wyznaczającym standardy jakości jest prasopłuczka skratek WAP SL BG2 firmy Huber Technology.
- Do płukania i separacji piasku przewidziana jest nowa płuczka piasku o wydajności nie mniejszej niż 1000 kg/h. Przewymiarowanie płuczki pozwoli na lepsze eliminację części organicznych, co ułatwi prowadzenie procesów biologicznych. Urządzeniem wyznaczającym standardy jakości jest płuczka piasku RoSF4t firmy Huber Technology.
- Opisywane rozwiązanie nie będzie wymagać dodatkowych urządzeń transportowych dla skratek i dla piasku.
- Wszystkie zastosowane maszyny będą nowe.
- Zredukowane zostaną nakłady na serwisowanie i eksploatację.

Wszystkie uwagi dotyczące hali sitopiaskownika, pomieszczenia na urządzenia elektryczne itp. są aktualne również dla tego wariantu modernizacji mechanicznego stopnia oczyszczania ścieków. Założone wstępnie wymiary hali podane są na planach nr 201805.1-3-2.1 i 201805.1-3-3.1.

Przy zastosowaniu tylko jednego sitopiaskownika budowa komory rozdziału nie jest konieczna. W przypadku, kiedy do zagospodarowania osadu zastosowana będzie beztlenowa stabilizacja osadu tłuszczu będą pompowane bezpośrednio do komory homogenizacji wszystkich osadów przed ich podaniem na ZKF.

Część hali sitopiaskownika będzie podpiwniczona. W pomieszczeniu piwnicznym będą umieszczone pompy służące do tłoczenia osadu wstępnego i części pływających zbieranych na powierzchni osadnika wstępnego. Wejście do pompowni osadu wstępnego przewidziane jest od zewnątrz ze względu na fakt, że wnętrze hali sitopiaskownika jest strefą zagrożoną wybuchem. W pompowni osadu wstępnego należy przewidzieć wentylację grawitacyjną i mechaniczną bez połączenia z halą sitopiaskownika.

Pomieszczenie elektrotechniczne z osobnym wejściem z zewnątrz hali zlokalizowane jest nad częścią podpiwniczoną. Z tego względu zalecana jest lokalizacja zamykanych otworów montażowych dla pomp osadu wstępnego w tym właśnie pomieszczeniu.

We wstępnym projekcie hali sitopiaskownika dla tego wariantu przewidziano, że kontener ze skratkami będzie umieszczony na wózku z napędem ręcznym umieszczonym na szynach.

Na rorociągu odprowadzającym oczyszczone mechanicznie ścieki należy przewidzieć przepływomierz, który będzie spełniał takie same zadanie, jak dwa przepływomierze opisane przy wariantcie SMOŚ1.

Ogólne założenia omawianego wariantu modernizacji polegające na przedstawieniu jednego z możliwych rozwiązań przedstawione są na planach sytuacyjnych nr 201805.1-1-2.1 i 201805.1-1-3.1, planie hali sitopiaskowników nr 201805.1-3-2.1 i 201805.1-3-3.1 oraz w schematach technologicznych nr 201805.1-4-2.1 i 201805.1-4-3.1.

7.3 Retencja ścieków nadmiarowych dla obu wariantów

Jak opisano i uzasadniono uprzednio (patrz punkt 5.2.) maksymalny dopływ do oczyszczalni ścieków Falenty ma zostać ograniczony do $Q_{\max}=576 \text{ m}^3/\text{h}$ (odpowiednio 160 l/s). W tym celu przewidziane są urządzenia do zrzucenia nadmiarowej objętości ścieków do zbiorników retencyjnych, które są zaprojektowane w istniejących budowlach oczyszczalni ścieku, które aktualnie są już wyłączone z eksploatacji, lub będą wyłączone z eksploatacji po realizacji wybranej koncepcji modernizacji biologicznej części oczyszczalni.

W punktach 7.1. i 7.2. opisano, że otwarcie przelewu ścieków nadmiarowych nastąpi w momencie, kiedy przepływomierze umieszczone w kanałach odpływowych sitopiaskowników (lub sitopiaskownika) zmierzą przepływ większy od $Q_{\max}=576 \text{ m}^3/\text{h}$. Stopień otwarcia zasuwy otwierającej kanał ścieków nadmiarowych będzie regulowany w zależności od wspomnianych uprzednio pomiarów przepływu. We wszystkich wariantach pokazanych na załączonych planach system zagospodarowania ścieków nadmiarowych jest identyczny.

Jako pierwszy zbiornik retencyjny na ścieki nadmiarowe przewiduje się istniejącą i nie użytkowaną aktualnie starą komorę buforową na ścieki dowożone (obiekt nr 5) o pojemności ok. 88 m³. Komora ta jest w stanie technicznym pozwalającym na takie użytkowanie. Ścieki nadmiarowe dopłyną do zbiornika retencyjnego nowym kanałem grawitacyjnym.

Komora retencyjna (obiekt nr 5) zostanie wyposażona w hydrostatyczny lub ultradźwiękowy czujnik napelnienia oraz w 2 nowe pompy zatapialne o łącznej wydajności ok. 40 l/s (144 m³/h). Pomiedzy obiektem nr 5 i obiektem 18.2 (jest to jeden z osadników wtórnych służących aktualnie do sedymentacji osadu z komór osadu czynnego w ciągu komór CAROUSELL) projektowana jest budowa przewodu tłocznego o średnicy zewnętrznej DZ225x13,4, SDR17.

W momencie, kiedy stopień napełnienia pierwszej komory retencyjnej wyniesie 85% nastąpi automatyczne włączenie się pompy, która będzie tłoczyć ścieki nadmiarowe do drugiego zbiornika retencyjnego w obiekcie 18.2 o pojemności ok. 380 m³. W ten sposób możliwa będzie retencja nadmiarowego strumienia ścieków wynoszącego $144 \times 50\% = 72 \text{ m}^3/\text{h}$ przez ok. 6 godzin:

$$T_{\text{ret}} = (88 + 380)/72 = 6,5 \text{ h}$$

Z analizy ekstremalnych dopływów do OŚ wynika, że maksymalny godzinowy dopływ ścieków do oczyszczalni wyniósł 626,84 m³/h. Dalsze analizy zmierzonych dopływów do OŚ pokazują, że dopływy większe od założonego dopływu maksymalnego trwały nie więcej, niż 3 godziny i wymagałyby objętości retencyjnej mniejszej niż 100 m³.

Dla okresu prognozy przyjęto, że maksymalny godzinowy dopływ do oczyszczalni ścieków nie przekroczy wartości 725,17 m³/h. Oznacza to, że godzinne zapotrzebowanie na pojemność retencyjną wyniesie:

$$V_{\text{ret,h}} = 725,17 - 576 = 149,17 \text{ m}^3/\text{h}$$

Przy całkowitej pojemności retencyjnej wynoszącej zgodnie z niniejszą koncepcją $380+88=468 \text{ m}^3$ maksymalny obliczeniowy czas retencji wyniesie ponad 3 godziny. Jest to czas zupełnie wystarczający na ocenę sytuacji przez personel oczyszczalni ścieków, który może w tym czasie stworzyć możliwość użycia dodatkowej pojemności retencyjnej zawartej w obiekcie 18.1, czyli w drugim, wyłączonym w przyszłości z eksploatacji osadniku wtórnym za ciągiem CAROUSELL o objętości retencyjnej wynoszącej 380 m³.

Użycie wyłączonych osadników wtórnych ciągu CAROUSELL jako zbiorników retencyjnych ma tą zaletę, że są one wyposażone w zgarniacze pozwalające na oczyszczenie dna zbiornika retencyjnego ze zgromadzonych osadów. Do opróżniania zbiorników retencyjnych po przejściu fali dopływów ekstremalnych będzie wykorzystana istniejąca pompownia osadu recyrkulowanego (obiekt 19.1) pobierająca ścieki z leja osadowego i tłocząca je istniejącym rurociągiem tłocznym do kanalizacji wewnętrznej oczyszczalni ścieków. W tym celu wymagane będzie podłączenie rzeczonoego przewodu tłocznego do jednej ze studzienek rewizyjnych kanalizacji wewnętrznej.

Proponowane rozwiązanie zakłada wykorzystanie istniejących budowli oraz ich urządzeń. Osadniki wtórne ciągu CAROUSELL łącznie z istniejącą pompownią osadu recyrkulowanego będą zachowane w niezmienionej formie i eksploatowane w rzadkich okresach dopływów ekstremalnych.

Dalsze szczegóły obrazujące pracę systemu retencji ścieków nadmiarowych przedstawione są na wszystkich załączonych planach sytuacyjnych.

7.4 Porównanie kosztów realizacji zaproponowanych wariantów modernizacji mechanicznego stopnia oczyszczania ścieków

Koszty omówionych uprzednio wariantów modernizacji mechanicznego stopnia oczyszczania ścieków oszacowane na podstawie aktualnych kosztów jednostkowych dla różnego rodzaju budowli i urządzeń. Do oceny kosztów wyposażenia technicznego użyto oferty budżetowe sporządzone przez firmę Huber Technology. Koszt budowy hali sitopiaskowników nie uwzględnia budowy części podpiwniczonej, ponieważ będzie przyporządkowana kosztom biologicznego oczyszczania ścieków.

7.4.1 Oszacowanie kosztów realizacji wariantu SMOŚ1 - łącznie z retencją ścieków nadmiarowych

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy Zleceniodawca nie będzie zatrudniał Generalnego Wykonawcy, zlecenia będą udzielane wykonawcom i dostawcą poszczególnych rodzajów robót i dostaw, a koordynacją całości zajmie się zatrudnione w tym celu biuro inżynierskie.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków - wariant SMOŚ1					
	Koszty prac budowlanych					
1	Rurociąg tłoczny DN300, PN10 z Raszyna w jednym wykopie z DN150	50	m	450,00	22.500,00	27.700,00
2	Rurociąg tłoczny DN150, PN10 z Raszyna w jednym wykopie z DN300	50	m	250,00	12.500,00	15.400,00
3	Rurociąg tłoczny DN200, PN10 z SP Falenty do obiektu nr 100	75	m	500,00	37.500,00	46.100,00
4	Kanał grawitacyjny DN400 od sitopiaskowników do obiektu nr 101	12	m	700,00	8.400,00	10.300,00
5	Kanał grawitacyjny DN300 do ścieków nadmiarowych do obiektu nr 5	25	m	450,00	11.300,00	13.900,00
6	Rurociąg tłoczny DN200, PN10 z obiektu nr 5 do obiektu nr 18.2	80	m	550,00	44.000,00	54.100,00
7	Sutudzienki rewizyjne	1	szt.	5.000,00	5.000,00	6.200,00
8	Hala sitopiaskowników z wyposażeniem budynku i komorą rozdziału	2600	szt.	600,00	1.560.000,00	1.918.800,00
9	Przykrycie komory rozprężnej i komory rozdziału z blachy V4A	10	m ²	2.000,00	20.000,00	24.600,00
10	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte	1	ryczałt	95.900,00	95.900,00	117.900,00
11	Koszty prac budowlanych				1.817.100,00	2.235.000,00
12	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych					
13	Demontaż i utylizacja sitopiaskownika pracującego od 1998 r	1	ryczałt	5.000,00	5.000,00	6.200,00
14	Renowacja sitopiaskownika pracującego od 2006 r	1	ryczałt	40.000,00	40.000,00	49.200,00
15	Demontaż, przeniesienie sitopiaskownika z 2006 do hali i montaż	1	ryczałt	15.000,00	15.000,00	18.500,00
16	Nowy sitopiaskownik Q=100 l/s z prasą i myjką do skratek+sterowanie	1	szt.	620.000,00	620.000,00	762.600,00
17	Renowacja płuczki piasku i instalacja w nowej hali	1	ryczałt	50.000,00	50.000,00	61.500,00
18	Urządzenia towarzyszące dla sitopiaskowników i płuczek	1	ryczałt	100.000,00	100.000,00	123.000,00
19	Zasówy odcinające sitopiaskowniki	2	szt.	7.000,00	14.000,00	17.200,00
20	Pomiar przepływu w odpływie sitopiaskowników	2	szt.	40.000,00	80.000,00	98.400,00
21	Podesty i pomosty obsługowe	1	ryczałt	60.000,00	60.000,00	73.800,00
22	Wózki na kontenery z piaskiem i ze skratkami	2	szt.	50.000,00	100.000,00	123.000,00
23	Szafy z wyposażeniem elektrycznym i sterowaniem	1	ryczałt	45.000,00	45.000,00	55.400,00
24	Pompownia ścieków nadmiarowych w obiekcie nr 5	2	szt.	35.000,00	70.000,00	86.100,00
25	Zasowa z napędem do sterowania przelewem ścieków nadmiarowych	1	szt.	15.000,00	15.000,00	18.500,00
26	Suwnica o udźwigu 2000 kg	11	m	12.000,00	132.000,00	162.400,00
27	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte	1	ryczałt	96.900,00	96.900,00	119.200,00
28	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych				1.442.900,00	1.775.000,00
29	Koszt modernizacji stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków - wariant SMOŚ 1				3.260.000,00	4.010.000,00

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy całość prac będzie wykonywane przez Generalnego Wykonawcę.

Koszty podane w obu tabelach określają minimalne i maksymalne granice kosztowe, przy czym koszty generowane przez zatrudnianie Generalnego Wykonawcy są generowane w aktualnych przetargach.

Realizacja przedsięwzięcia po podanych uprzednio kosztach minimalnych będzie trudna, jednakże w optymalnym przypadku, przy zastosowaniu niestandardowych metod postępowania, możliwa.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków - wariant SMOŚ1					
	Koszty prac budowlanych					
1	Rurociąg tłoczny DN300, PN10 z Raszyna w jednym wykopie z DN150	50	m	700,00	35.000,00	43.100,00
2	Rurociąg tłoczny DN150, PN10 z Raszyna w jednym wykopie z DN300	50	m	400,00	20.000,00	24.600,00
3	Rurociąg tłoczny DN200, PN10 z SP Falenty do obiektu nr 100	75	m	800,00	60.000,00	73.800,00
4	Kanał grawitacyjny DN400 od sitopiaskowników do obiektu nr 101	12	m	1.100,00	13.200,00	16.200,00
5	Kanał grawitacyjny DN300 do ścieków nadmiarowych do obiektu nr 5	25	m	700,00	17.500,00	21.500,00
6	Rurociąg tłoczny DN200, PN10 z obiektu nr 5 do obiektu nr 18.2	80	m	900,00	72.000,00	88.600,00
7	Studzienki rewizyjne	1	szt.	8.200,00	8.200,00	10.100,00
8	Hala sitopiaskowników z wyposażeniem budynku i komorą rozdziału	2600	szt.	900,00	2.340.000,00	2.878.200,00
9	Przykrycie komory rozprężnej i komory rozdziału z blachy V4A	10	m ²	3.300,00	33.000,00	40.600,00
10	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte	1	ryczałt	165.300,00	165.300,00	203.300,00
11	Koszty prac budowlanych				2.764.200,00	3.400.000,00
12	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych					
13	Demontaż i utylizacja sitopiaskownika pracującego od 1998 r	1	ryczałt	9.500,00	9.500,00	11.700,00
14	Renowacja sitopiaskownika pracującego od 2006 r	1	ryczałt	76.000,00	76.000,00	93.500,00
15	Demontaż, przeniesienie sitopiaskownika z 2006 do hali i montaż	1	ryczałt	28.500,00	28.500,00	35.100,00
16	Nowy sitopiaskownik Q=100 l/s z prasą i myjką do skratek + sterowanie	1	szt.	1.178.000,00	1.178.000,00	1.448.900,00
17	Renowacja płuczki piasku i instalacja w nowej hali	1	ryczałt	95.000,00	95.000,00	116.900,00
18	Urządzenia towarzyszące dla sitopiaskowników i płuczek	1	ryczałt	190.000,00	190.000,00	233.700,00
19	Zasuwy odcinające sitopiaskowniki	2	szt.	13.300,00	26.600,00	32.700,00
20	Pomiar przepływu w odpływie sitopiaskowników	2	szt.	76.000,00	152.000,00	187.000,00
21	Podesty i pomosty obsługowe	1	ryczałt	114.000,00	114.000,00	140.200,00
22	Wózki na kontenery z piaskiem i ze skratkami	2	szt.	95.000,00	190.000,00	233.700,00
23	Szafy z wyposażeniem elektrycznym i sterowaniem	1	ryczałt	85.500,00	85.500,00	105.200,00
24	Pompownia ścieków nadmiarowych w obiekcie nr 5	2	szt.	66.500,00	133.000,00	163.600,00
25	Zasuwa z napędem do sterowania przelewem ścieków nadmiarowych	1	szt.	28.500,00	28.500,00	35.100,00
26	Suwnica o udźwigu 2000 kg	11	m	22.800,00	250.800,00	308.500,00
27	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte	1	ryczałt	206.700,00	206.700,00	254.200,00
28	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych				2.764.100,00	3.400.000,00
29	Koszt modernizacji stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków - wariant SMOŚ 1				5.528.300,00	6.800.000,00

7.4.2 Oszacowanie kosztów realizacji wariantu SMOŚ2 - łącznie z retencją ścieków

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy Zleceniodawca nie będzie zatrudniał Generalnego Wykonawcy, zlecenia będą udzielane wykonawcom i dostawcą poszczególnych rodzajów robót i dostaw, a koordynacją całości zajmie się zatrudnione w tym celu biuro inżynierskie.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków - wariant SMOŚ2					
	Koszty prac budowlanych					
1	Rurociąg tłoczny DN300, PN10 z Raszyna w jednym wykopie z DN150	50	m	450,00	22.500,00	27.700,00
2	Rurociąg tłoczny DN150, PN10 z Raszyna w jednym wykopie z DN300	50	m	250,00	12.500,00	15.400,00
3	Kanał grawitacyjny DN400 od nowej pompowni Falenty do komory rozprężnej w hali sitopiaskownika	5	m	700,00	3.500,00	4.300,00
4	Kanał grawitacyjny DN500 od sitopiaskownika do osadnika wstępnego	14	m	1.000,00	14.000,00	17.200,00
5	Kanał grawitacyjny DN300 do ścieków nadmiarowych do obiektu nr 5	25	m	450,00	11.300,00	13.900,00
6	Rurociąg tłoczny DN200, PN10 z obiektu nr 5 do obiektu nr 18.2	80	m	500,00	40.000,00	49.200,00
7	Hala sitopiaskowników z wyposażeniem budynku i komorą rozdziału	2800	szt.	600,00	1.680.000,00	2.066.400,00
8	Przykrycie komory rozprężnej i komory rozdziału z blachy V4A	5	m ²	2.000,00	10.000,00	12.300,00
9	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte	1	ryczałt	88.300,00	88.300,00	108.600,00
10	Koszty prac budowlanych				1.882.100,00	2.315.000,00
11	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych					
12	Sitopiaskownik 210 l/s z płuczką piasku i skratek	1	szt.	955.000,00	955.000,00	1.174.700,00
13	Zasuwa z napędem do sterowania przelewem ścieków nadmiarowych	1	szt.	15.000,00	15.000,00	18.500,00
14	Pomiar przepływu w odpływie sitopiaskownika	1	szt.	40.000,00	40.000,00	49.200,00
15	Podesty i pomosty obsługowe	1	ryczałt	30.000,00	30.000,00	36.900,00
16	Wózki na kontenery z piaskiem i ze skratkami	2	szt.	50.000,00	100.000,00	123.000,00
17	Szafy z wyposażeniem elektrycznym i sterowaniem	1	ryczałt	30.000,00	30.000,00	36.900,00
18	Pompownia ścieków nadmiarowych w obiekcie nr 5	2	szt.	35.000,00	70.000,00	86.100,00
19	Suwnica o udźwigu 2000 kg	10	m	12.000,00	120.000,00	147.600,00
20	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte	1	ryczałt	91.100,00	91.100,00	112.100,00
21	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych				1.451.100,00	1.785.000,00
22	Koszt modernizacji stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków - wariant SMOŚ2				3.333.200,00	4.100.000,00

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy całość prac będzie wykonywane przez Generalnego Wykonawcę.

Koszty podane w obu tabelach określają minimalne i maksymalne granice kosztowe, przy czym koszty generowane przez zatrudnianie Generalnego Wykonawcy są generowane w aktualnych przetargach.

Realizacja przedsięwzięcia po podanych uprzednio kosztach minimalnych będzie trudna, jednakże w optymalnym przypadku, przy zastosowaniu niestandardowych metod postępowania, możliwa.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków - wariant SMOŚ2					
	Koszty prac budowlanych					
1	Rurociąg tłoczny DN300, PN10 z Raszyna w jednym wykopie z DN150	50	m	700,00	35.000,00	43.100,00
2	Rurociąg tłoczny DN150, PN10 z Raszyna w jednym wykopie z DN300	50	m	400,00	20.000,00	24.600,00
3	Kanał grawitacyjny DN400 od nowej pompowni Falenty do komory rozprężnej w hali sitopiaskownika	5	m	1.100,00	5.500,00	6.700,00
4	Kanał grawitacyjny DN500 od sitopiaskownika do osadnika wstępnego	14	m	1.600,00	22.400,00	27.600,00
5	Kanał grawitacyjny DN300 do ścieków nadmiarowych do obiektu nr 5	25	m	700,00	17.500,00	21.500,00
6	Rurociąg tłoczny DN200, PN10 z obiektu nr 5 do obiektu nr 18.2	80	m	800,00	64.000,00	78.700,00
7	Hala sitopiaskowników z wyposażeniem budynku i komorą rozdziału	2800	szt.	900,00	2.520.000,00	3.099.600,00
8	Przykrycie komory rozprężnej i komory rozdziału z blachy V4A	5	m ²	3.300,00	16.500,00	20.300,00
9	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte	1	ryczałt	144.700,00	144.700,00	177.900,00
10	Koszty prac budowlanych				2.845.600,00	3.500.000,00
11	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych					
12	Sitopiaskownik 210 l/s z płuczką piasku i skratek	1	szt.	1.814.500,00	1.814.500,00	2.231.800,00
13	Zasuwa z napędem do sterowania przelewem ścieków nadmiarowych	1	szt.	28.500,00	28.500,00	35.100,00
14	Pomiar przepływu w odpływie sitopiaskownika	1	szt.	76.000,00	76.000,00	93.500,00
15	Podesty i pomosty obsługowe	1	ryczałt	57.000,00	57.000,00	70.100,00
16	Wózki na kontenery z piaskiem i ze skratkami	2	szt.	95.000,00	190.000,00	233.700,00
17	Szafy z wyposażeniem elektrycznym i sterowaniem	1	ryczałt	57.000,00	57.000,00	70.100,00
18	Pompownia ścieków nadmiarowych w obiekcie nr 5	2	szt.	66.500,00	133.000,00	163.600,00
19	Suwnica o udźwigu 2000 kg	10	m	22.800,00	228.000,00	280.400,00
20	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte	1	ryczałt	180.200,00	180.200,00	221.700,00
21	Koszty pomp, rurociągów wewnątrz pompowni i szaf sterowniczych				2.764.200,00	3.400.000,00
22	Koszt modernizacji stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków - wariant SMOŚ2				5.609.800,00	6.900.000,00

7.5 Porównanie energochłonności zaproponowanych wariantów mechanicznego oczyszczania ścieków

W następującej tabeli oceniono jedynie pobór energii elektrycznej przez wszystkie napędy sitopiaskowników i urządzeń towarzyszących. Pomór energii przez pompownię ścieków nadmiernych, pomiar przepływu itp. będzie nieznaczny, identyczny dla wszystkich wariantów i dlatego pomijalny.

Opis	wartość	jednostka
Wariant SMOŚ1 - 2 sitopiaskowniki		
Suma nominalnych mocy wszystkich napędów dla sitopiaskownika 1	4,650	kW
Suma nominalnych mocy wszystkich napędów dla sitopiaskownika 2	4,650	kW
Suma napędów urządzeń transportujących piasek i skratki di myjek	3,000	kW
Suma nominalnych mocy wszystkich napędów płuczki piasku	1,650	kW
Suma nominalnych mocy napędów płuczki i prasy skratek	9,100	kW
Suma mocy nominalnych	23,050	kW
Założony pobór mocy w % od sumy mocy nominalnych	80%	
maksymalny pobór mocy przez 2 sitopiaskowniki bez dmuchaw	18,400	kW
założony roczny czas pracy ww. napędów	2.500,00	h/a
Roczne zużycie energii elektrycznej przez ww. napędy	46.000,00	kWh/a
nominalna moc dmuchaw napowietrzających piaskownik 1	1,5	kW
nominalna moc dmuchaw napowietrzających piaskownik 2	1,5	kW
Suma mocy nominalnych dmuchaw	3,00	kW
Założony pobór mocy w od % sumy mocy nominalnych	75%	
maksymalny pobór mocy przez sitopiaskownik bez dmuchawy	2,300	kW
założony roczny czas pracy ww. napędów	8.760,00	h/a
Roczne zużycie energii elektrycznej przez dmuchawy	20.150,00	kWh/a
Sumaryczne roczne zużycie energii elektrycznej dla wariantu SMOŚ1	66.150,00	kWh/a
Wariant SMOŚ2 - 1 sitopiaskownik		
Suma nominalnych mocy wszystkich napędów dla sitopiaskownika	4,800	kW
Suma nominalnych mocy wszystkich napędów płuczki piasku	1,650	kW
Suma nominalnych mocy napędów płuczki i prasy skratek	9,100	kW
Suma mocy nominalnych	15,550	kW
Założony pobór mocy w % od sumy mocy nominalnych	80%	
maksymalny pobór mocy przez sitopiaskownik bez dmuchawy	12,400	kW
założony roczny czas pracy ww. napędów	2.500,00	h/a
Roczne zużycie energii elektrycznej przez ww. napędy	31.000,00	kWh/a
nominalna moc dmuchaw napowietrzających piaskownik	2,20	kW
Suma mocy nominalnych dmuchaw	2,20	kW
Założony pobór mocy w % od sumy mocy nominalnych	75%	
maksymalny pobór mocy przez sitopiaskownik bez dmuchawy	1,700	kW
założony roczny czas pracy ww. napędów	8.760,00	h/a
Roczne zużycie energii elektrycznej przez dmuchawy	14.890,00	kWh/a
Sumaryczne roczne zużycie energii elektrycznej dla wariant SMOŚ2	45.890,00	kWh/a

Przy założeniu średniodobowego dopływu ścieków wynoszącego $Q_{d24} = 6.000 \text{ m}^3/\text{d}$ jednostkowe zużycie energii wynosi dla wariantu SMOŚ1: $0,03 \text{ kWh/m}^3$, a dla wariantu SMOŚ2: $0,021 \text{ kWh/m}^3$.

7.6 Wybór wariantu rekomendowanego dla stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków

Porównanie obu możliwych wariantów realizacji mechanicznego oczyszczania ścieków prowadzi do następujących wniosków:

- Różnica oszacowanych kosztów inwestycyjnych wynosi 90.000 zł (brutto), czyli nakłady inwestycyjne na oba warianty modernizacji stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków są praktycznie jednakowe,
- Wariant SMOŚ2 generuje stosunkowo duże oszczędności energetyczne, średnioroczne zużycie energii elektrycznej jest o ok. 30% mniejsze niż w wariantcie SMOŚ1
- Pod względem technicznym wariant SMOŚ2 z zastosowaniem jednego sitopiaskownika o dużej wydajności jest zdecydowanie lepszy pod względem eksploatacyjnym. Jego przewagą jest zastosowanie tylko jednego, zupełnie nowego urządzenia, które będzie wymagało o wiele mniej nakładów na reperacje i serwisowanie.
- Brak redundancji sitopiaskowników w wariantcie SMOŚ2 jest równoważony przez zaprojektowanie osadnika wstępnego w dalszym ciągu procesu oczyszczania ścieków. Z tego względu wariant SMOŚ2 nie powinien być stosowany przy jednoczesnym braku osadnika wstępnego.
- Wariant SMOŚ2 pozwala na bardziej przejrzystą organizację maszyn i urządzeń w hali sitopiaskownika.

Relacje kosztów realizacji obu wariantów przedstawiono w następującej tabelce:

Opis	Wariant SMOŚ1	Wariant SMOŚ2
Koszty minimalne	4.010.000,00	4.100.000,00
Koszty maksymalne	6.800.000,00	6.900.000,00
Koszty średnie	5.405.000,00	5.500.000,00
relacja kosztów średnich	100%	102%

Dalsze wnioski wynikające z porównania opisanych uprzednio wariantów wynikają z analizy efektywności finansowej i kosztowej zamieszczonej w całości w załączniku 1 do niniejszego opracowania.

Na podstawie przeprowadzonej analizy wielokryterialnej z uwzględnieniem przyjętych kryteriów oceny danego wariantu, stwierdzono, że najbardziej efektywny kosztowo i finansowo jest Wariant SMOŚ-2. Wyniki przeprowadzonej analizy wielokryterialnej prezentuje tabela poniżej.

Lp.	Wyniki analizy wielokryterialnej Stopień mechanicznego oczyszczania ścieków	Jedn.	Wariant SMOŚ-1	Wariant SMOŚ-2
1.	Koszty inwestycyjne	TAK/NIE	TAK	NIE
2.	Koszty inwestycji odtworzeniowych (łącznie)	TAK/NIE	NIE	TAK
3.	Wartość rezydualna	TAK/NIE	NIE	TAK
4.	Koszty eksploatacyjne bez amortyzacji (średniorocznie)	TAK/NIE	NIE	TAK
5.	Wskaźnik efektywności kosztowej - DGC	TAK/NIE	NIE	TAK
6.	Wskaźnik efektywności finansowej - NPV	TAK/NIE	NIE	TAK
7.	Wskaźnik efektywności finansowej - IRR	TAK/NIE	NIE	TAK
	Punktacja (max 10 pkt.)		3	7

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza wielokryterialna, w skład której wchodzi:

- analiza wysokości kosztów inwestycyjnych,
- analiza kosztów inwestycji odtworzeniowych,
- analiza wartości rezydualnej,
- analiza wysokości kosztów eksploatacyjnych,
- analiza efektywności kosztowej DGC,
- analiza efektywności finansowej NPV,
- analiza efektywności finansowej IRR,

wskazuje, że **Wariant SMOŚ-2 uzyskuje największą liczbę punktów i jest rekomendowany do realizacji z finansowego oraz kosztowego punktu widzenia, z zastrzeżeniem, że do rekomendacji wzięto pod uwagę 20-letni okres funkcjonowania.**

Rekomendowany wariant charakteryzuje się:

- najniższą wartością kosztów odtworzeniowych,
- najwyższą wartością rezydualną,
- najniższymi kosztami eksploatacyjnymi bez amortyzacji (średniorocznie),
- najniższą wartością wskaźnika efektywności kosztowej DGC,
- najwyższą wartością wskaźnika efektywności finansowej NPV,
- najwyższą wartością wskaźnika efektywności finansowej IRR.

8 Stopień biologicznego oczyszczania ścieków

Rozpatrzono trzy następujące warianty biologicznego stopnia oczyszczania ścieków metodą osadu czynnego:

- 1) **Wariant SBOŚ1** składa się z następujących elementów technologicznych
 - a) Dopływ ścieków dowożonych do komory predenitryfikacji osadu recyrkulowanego
 - b) Beztlenowa komora predenitryfikacji osadu recyrkulowanego
 - c) Beztlenowa komora biologicznej defosfatacji
 - d) Anoksyczne komory denitryfikacji
 - e) Komory wielofunkcyjne denitryfikacji lub nitryfikacji
 - f) Napowietrzane komory nitryfikacji
 - g) Osadniki wtórne
 - h) Pompownia osadu recyrkulowanego i nadmiernego
- 2) **Wariant SBOŚ2** składa się z następujących elementów technologicznych
 - a) Osadnik wstępny
 - b) Dopływ ścieków dowożonych do komory predenitryfikacji osadu recyrkulowanego
 - c) Beztlenowa komora predenitryfikacji osadu recyrkulowanego
 - d) Beztlenowa komora biologicznej defosfatacji
 - e) Anoksyczne komory denitryfikacji
 - f) Komory wielofunkcyjne denitryfikacji lub nitryfikacji
 - g) Napowietrzane komory nitryfikacji
 - h) Osadniki wtórne
 - i) Pompownia osadu recyrkulowanego i nadmiernego
- 3) **Wariant SBOŚ3** składa się z następujących elementów technologicznych
 - a) Osadnik wstępny
 - b) Dopływ ścieków dowożonych do komory predenitryfikacji osadu recyrkulowanego
 - c) Beztlenowa komora predenitryfikacji osadu recyrkulowanego
 - d) Beztlenowa komora biologicznej defosfatacji
 - e) Anoksyczne komory denitryfikacji
 - f) Komory wielofunkcyjne denitryfikacji lub nitryfikacji
 - g) Napowietrzane komory nitryfikacji
 - h) Komora technologii BIOGRADEX® z wieżą do podciśnieniowego odgazowania osadu
 - i) Osadniki wtórne
 - j) Pompownia osadu recyrkulowanego i nadmiernego

Obliczenia technologiczne przeprowadzono na podstawie najnowszej Wytycznej A131 pt. „Wymiarowanie jednostopniowych oczyszczalni ścieków z osadem czynnym” wydanej w czerwcu 2016 r przez niemieckie stowarzyszenie zawodowe DWA (dawnego ATV). W tym celu użyto najnowszą wersję programu „Belebungsexpert” (nazwa polska: Ekspert osadu czynnego), który jest aktualnie jedynym programem rekomendowanym przez DWA do wykonywania obliczeń wg wspomnianej Wytycznej A131. Zarówno Wytyczna, jak i program dostępne są aktualnie w języku niemieckim. Aktualnie trwają prace nad tłumaczeniem zarówno Wytycznej, jak i programu.

Podstawową zmianą w porównaniu z dotychczas używaną w Polsce Wytyczną ATV A131 z roku 1991 jest fakt, że parametrem wymiarującym jest ładunek lub stężenie ChZT, a nie BZT₅, jak to było dotychczas. Dodatkowo całkowity ładunek ChZT jest dzielony na różne frakcje wg. metody opisanej w nowej Wytycznej A131. Parametr BZT₅ w ogóle nie występuje w zestawieniu obciążenia oczyszczalni ścieków ładunkami zanieczyszczeń.

8.1 Stopień biologicznego oczyszczania ścieków – Wariant SBOŚ1

Części składowe tego wariantu biologicznej części oczyszczalni ścieków w Falentach zostały opisane powyżej. Możliwy wariant rozbudowy tego stopnia oczyszczania przedstawiono na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-1.1 oraz w profilu hydraulicznym nr 201805.1-2-1.1. Schemat technologiczny tego wariantu przedstawiono na planie nr 201805.1-4-1.1. Wszystkie dalsze opisy dotyczące tego wariantu będą się opierać na wspomnianych planach.

System zagospodarowania osadu będzie poddany osobnej analizie wariantowej i będzie opisany w innej części niniejszego opracowania.

8.1.1 Dane wymiarujące dla wariantu SBOŚ1

Zamieszczone w następującej tabeli dane dotyczące perspektywicznych ładunków służących do wymiarowania oczyszczalni ścieków w Falentach zostały obliczone i uzasadnione w punkcie nr 5.1 niniejszego opracowania.

Opis	jedn.	ChZT	BZT ₅	NH ₄ -N	N _{całk}	P _{całk}	s.m.
miarodajny ładunek dla okresu perspektywicznego (+20 lat)	kg/d	8.837,7	3.708,6	451,2	787,3	202,3	5.306,0
ładunki miarodajne wg. zaokrąglonych wartości RLM	kg/d	8.844,0	3.714,0	451,0	787,6	202,5	5.306,0
wielkość OŚ w RLM po przeliczeni wg wartości standardowych	RLM	73.700,0	61.900,0		71.600,0	81.000,0	75.800,0
przyrost obciążenia danego ładunku w relacji do stanu istniejącego	%	34,00%	37,56%	42,99%	43,20%	76,09%	26,94%
obciążenie średnie obliczone na podstawie relacji obciążenia średniego do obciążenia wymiarującego dla stanu istniejącego	kg/d	7169,54	2360,70	393,23	635,33	153,20	3533,78

Wymiarujące dane dotyczące perspektywicznego obciążenia hydraulicznego oczyszczalni ścieków w Falentach zostały obliczone i uzasadnione w punkcie 5.2 niniejszego opracowania. W poniższych tabelach zawarte są najważniejsze wartości przyjęte do wymiarowania oczyszczalni ścieków w Falentach:

WYMIARUJĄCE WARTOŚCI DOPIŁYWÓW DOBOWYCH	wartość	jednostka
Przyjęto następującą średniodobową ilość ścieków dla prognozy 20-to letniej	6.000,00	m ³ /d
Przyjęto następującą dobową ilość ścieków dla prognozy 20-to letniej - 85% percentyl	7.060,00	m ³ /d
maksymalny prognozowany dobowy dopływ do OŚ podczas ekstremalnych opadów deszczu	9.625,00	m ³ /d

WARTOŚCI WYMIARUJĄCE DOPIŁYWÓW GODZINOWYCH	wartość	jednostka
Przyjęto następującą godzinową ilość ścieków dla prognozy - 85% percentyl	425,20	m ³ /h
prognozowany maksymalny dopływ ścieków podczas pogody bezdeszczowej	291,70	m ³ /h
prognozowany dopływ średniodobowy dla stanu prognozowanego	210,90	m ³ /h
maksymalny prognozowany godzinowy dopływ do OŚ podczas opadów deszczu	725,17	m ³ /h
maksymalny ustalony dopływ do sitopiaskowników i stopnia biologicznego	576,00	m ³ /h
Zbiornik retencyjny na ścieki surowe dla dopływów powyżej 576 m ³ /h	maks. 850	m ³

Na podstawie badań własnych oczyszczalni ścieków dokonano analizy frakcjonowania stężenia ChZT w dopływie do oczyszczalni ścieków Falenty używając programu „Belebungsexpert” i kierując się standardowymi parametrami frakcjonowania opisanymi w Wytycznej A131. Szczegóły zawarte są na rysunku nr 20:

Parameter:			
Anteil des gelösten inerten CSB am CSB	f_S	0,050 -	
Anteil des leicht abbaubaren CSB	f_{CSB}	0,200 -	
Inerter Anteil am partikulären CSB	f_A	0,300 -	
Anteil org. Stoffe an abfiltrierbaren Stoffen	f_B	0,300 -	

Lastannahmen:			
Größenklasse	BdCSBz	8844,0 kg CSB/d	
Abwassermenge	Qd	6000 m ³ /d	

CSB-Fractionen:			
CSB gesamt C _{CSB,ZB} 1474,0 mg/l			
gelöster CSB S _{CSB,ZB} 401,0 mg/l		partikulärer CSB X _{CSB,ZB} 1073,0 mg/l	
inert S _{CSBinert,ZB} 73,7 mg/l	abbaubar S _{CSBabb,ZB} 327,3 mg/l	abbaubar X _{CSBabb,ZB} 751,1 mg/l	inert X _{CSBinert,ZB} 321,9 mg/l
		abbaubarer CSB C _{CSBabb,ZB} 1078,4 mg/l	

CSB-Pfade:		
inert CSB S _{CSBinert,AN} 73,7 mg/l	Sauerstoffverbrauch OV 694,2 mg/l	Überschussschlamm CSB _{UES} 706,1 mg/l

Rysunek 20: Frakcjonowanie ChZT dla wariantu 1

8.1.2 Obliczenia technologii osadu czynnego dla wariantu SBOŚ1

Obliczenia technologiczne dla wariantu 1 przeprowadzono dla różnych wartości indeksu osadu:

1. Dla eksploatacyjnej aktualnej wartości ISV=165 l/kg często występującej w okresie zimowym
2. Dla wartości ISV=135 l/kg
3. Dla wartości ISV=120 l/kg

W ten sposób wyznaczono zakres objętości komór osadu czynnego w zależności od założonych właściwości sedymentacyjnych osadu. Poniżej zamieszczono obliczenia dla ISV=165 l/kg.

Oprócz obliczeń dla przypadków zalecanych przez nową Wytyczną A131 przeprowadzono również obliczenia technologiczne oczyszczalni ścieków dla założonego obciążenia średniego, które zdefiniowane w pierwszej tabeli tego rozdziału szarym pismem na zielonym tle.

Poniżej zamieszczono kopię wydruku wyników obliczeń dla obciążeń przewidzianych przez Wytyczną A131 przy założeniu indeksu osadu ISV=165 l/kg. Niestety polska wersja programu nie jest jeszcze gotowa, dlatego zamieszczone wyniki obliczeń są w języku niemieckim.

DANE WEJŚCIOWE

DWA-Regelwerk

Belebungs-Expert
Berechnung von einstufigen Belebungsanlagen
nach dem DWA-Arbeitsblatt A131(2016)

Projekt: OS Falenty - wymiarowanie z TSO, ISV=165

bearbeitet von: Przywecki

berechnet am: 10.06.2019

Anlagenkonfiguration:

Reinigungsziele:

- ☐ Anaerobes Mischbecken
- ☐ Belebungsbecken
- ☐ Nachklärung

- ☐ Abbau des org. Kohlenstoffs
- ☐ Nitrifikation
- ☐ Denitrifikation
- ☐ Phosphor-Simultanfällung

Denitrifikationsverfahren: vorgeschaltete Denitrifikation

Fällmittel: zweiwertiges Eisen

Nachklärung: Beckentyp Rundbecken, Strömung Übergangsbereich horizontal/vertikal, Räumertyp Schildräumer

Lastannahmen:

Größenklasse: 8844 kg CSB/d

Berechnete Lastfälle:

- ☐ Lastfall 1: Bemessung
- ☐ Lastfall 2: Nachweis der Nitrifikation bei tiefster Temperatur
- ☐ Lastfall 3: Ermittlung des Sauerstoffbedarfs bei höchster Temperatur
- ☐ Lastfall 4: Sonderlastfall

	Lastfall	1	2	3	4
Zulaufmenge:					
Abwassermenge	Q _d	6000	6000	6000	6000 m ³ /d
	Q _t	292	292	292	292 m ³ /h
Zulaufkonzentrationen:					
CSB	C _{CSB,ZB}	1474	1474	1474	1195 mg/l
Gelöster CSB	S _{SCSB,ZB}	401	401	401	535 mg/l
Abfiltrierbare Stoffe	X _{TS,ZB}	958	958	958	589 mg/l
Kjeldahl-Stickstoff	C _{KN,ZB}	131,3	131,3	131,3	106,0 mg/l
Ammoniumstickstoff	S _{NH4,ZB}	75,2	75,2	75,2	65,5 mg/l
Nitratstickstoff	S _{NO3,ZB}	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Phosphor	C _{P,ZB}	25,5	25,5	25,5	25,5 mg/l
Säurekapazität	S _{KS,ZB}	9,00	9,00	9,00	9,00 mmol/l
Zulaufmengen:					
CSB	B _{d,CSB}	8844	8844	8844	7170 kg/d
Gelöster CSB	B _{d,SCSB}	2406	2406	2406	3210 kg/d
Abfiltrierbare Stoffe	B _{d,XTS}	5748	5748	5748	3534 kg/d
Kjeldahl-Stickstoff	B _{d,KN}	787,6	787,6	787,6	636,0 kg/d
Ammoniumstickstoff	B _{d,NH4}	451,0	451,0	451,0	393,0 kg/d
Nitratstickstoff	B _{d,NO3}	0,0	0,0	0,0	0,0 kg/d
Phosphor	B _{d,P}	152,8	152,8	152,8	153,0 kg/d

OBLICZENIA TECHNOLOGICZNE

Belebungsbecken, Bemessungs-Lastfall:			
Temperatur im Belebungsbecken	T	12,0 Grad C	
Stickstoffbilanz:			
Zulauf: $C_{KN} + S_{NO3}$	CN	131,3 mg/l	Obliczenia wymiarujące
im Schlamm gebunden	$X_{orgN,BM}$	21,0 mg/l	
Ammonium im Ablauf	$S_{NH4,AN}$	0,0 mg/l	
organischer Stickstoff im Ablauf	$S_{orgN,AN}$	2,0 mg/l	
nitrifizierter Stickstoff	$S_{NO3,N}$	96,1 mg/l	stosunek V_{DN} do V_{ocz}
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	$S_{NO3,AN}$	13,0 mg/l	
zu denitrifizierendes Nitrat	$S_{NO3,D}$	83,1 mg/l	
Gewählter Denitrifikationsanteil	V_D/V_{BB}	0,33 -	
vorhandene Denitrifikationskapazität	$S_{NO3,D}$	95,5 mg/l	
denitrifiziertes Nitrat	$S_{NO3,D}$	83,1 mg/l	
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	$S_{NO3,AN}$	13,0 mg/l	Pojemność komory biologicznej defosfatacji
Minimal erforderliche Rückführung	RF	6,39 -	
Phosphorelimination:			
Volumen des anaeroben Mischbeckens	V_{BioP}	350 m ³	
Kontaktzeit im anaeroben Mischbecken (bei Q_t , $RV=1$)	t_{BioP}	0,6 h	
Phosphor im Zulauf	$C_{P,ZB}$	25,5 mg/l	
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	$X_{P,BM}$	7,4 mg/l	
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	$X_{P,BioP}$	10,3 mg/l	
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	$S_{PO4,AN}$	1,0 mg/l	
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	$S_{PO4,AN}$	1,0 mg/l	Stężenie suchej masy w komorach osadu czynnego
gefällter Phosphor	$X_{P,Fäll}$	6,8 mg/l	
Fällmittel: Zweiwertiges Eisen			
Fällmittelbedarf	FM	110,2 kg Me/d	
Schlamm Trockensubstanz im Belebungsbecken:			
Zulässige Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	TSAB	2,50 kg/m ³	Wiek osadu
Gewählte Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	TSAB	2,50 kg/m ³	
Schlammalter und Belastungskennwerte:			
Erforderliches Schlammalter	erf.tTS	10,2 d	Calkowita pojemność komór osadu czynnego
Erforderliches Volumen	V_{BB}	22101 m ³	
Gewähltes Volumen	V_{BB}	22000 m ³	
Vorhandenes Schlammalter	tTS	10,2 d	
Vorhandenes aerobes Schlammalter	tTS,aer.	6,8 d	
Vorhandener Prozessfaktor	PF	1,49 -	
Schlammproduktion:			
Schlamm aus Kohlenstoffelimination	$\dot{U}_{Sd,C}$	4964 kg/d	Dobowa produkcja suchej masy
Schlamm aus biol. P-Elimination	$\dot{U}_{Sd,BioP}$	187 kg/d	
Schlamm aus P-Fällung	$\dot{U}_{Sd,F}$	277 kg/d	
Schlammproduktion gesamt	$\dot{U}_{Sd}$	5427 kg/d	
Sauerstoffverbrauch:			
aus Kohlenstoffelimination	$OV_{d,C}$	4165 kg/d	Dobowe zapotrzebowanie na tlen
aus Nitrifikation	$OV_{d,N}$	2479 kg/d	
aus C-Elimination durch Denitrifikation	$OV_{d,D}$	-1446 kg/d	
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV_d	5199 kg/d	

Stoßfaktor für C-Elimination	f_C	1,20 -
Stoßfaktor für Nitrifikation	f_N	1,60 -
Maximaler stündl. Sauerstoffverbrauch	OV_h	278,6 kg/h
Säurekapazität:		
Säurekapazität im Ablauf	SKS_{AN}	2,30 mmol/l
Belebungsbecken, Lastfall tiefste Temperatur:		
Temperatur im Belebungsbecken	T	10,0 Grad C
Stickstoffbilanz:		
Zulauf: $C_{KN} + S_{NO3}$	C_N	131,3 mg/l
im Schlamm gebunden	$X_{orgN,BM}$	23,0 mg/l
Ammonium im Ablauf	$S_{NH4,AN}$	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	$S_{orgN,AN}$	2,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	$S_{NO3,N}$	94,3 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	V_D/V_{BB}	0,33 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	$S_{NO3,D}$	92,7 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	$S_{NO3,D}$	92,7 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	$S_{NO3,AN}$	1,5 mg/l
Phosphorelimination:		
Volumen des anaeroben Mischbeckens	V_{BioP}	350 m ³
Kontaktzeit im anaeroben Mischbecken (bei Q_t , $RV=1$)	t_{BioP}	0,6 h
Phosphor im Zulauf	$C_{P,ZB}$	25,5 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	$X_{P,BM}$	7,4 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	$X_{P,BioP}$	10,3 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	$S_{PO4,AN}$	1,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	$S_{PO4,AN}$	1,0 mg/l
gefällter Phosphor	$X_{P,Fall}$	6,8 mg/l
Fällmittel: Zweiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	110,2 kg Me/d
Schlammrockensubstanz im Belebungsbecken:		
Zulässige Schlammrockensubstanz im Ablauf BB	TS_{AB}	2,50 kg/m ³
Gewählte Schlammrockensubstanz im Ablauf BB	TS_{AB}	2,50 kg/m ³
Schlammalter und Belastungskennwerte:		
Vorhandenes Schlammalter	t_{TS}	10,0 d
Vorhandenes aerobes Schlammalter	$t_{TS,aer.}$	6,7 d
Vorhandener Prozessfaktor	PF	1,20 -
Schlammproduktion:		
Schlamm aus Kohlenstoffelimination	$\bar{U}_{Sd,C}$	5058 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	$\bar{U}_{Sd,BioP}$	186 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	$\bar{U}_{Sd,F}$	276 kg/d
Schlammproduktion gesamt	$\bar{U}_{Sd}$	5521 kg/d
Sauerstoffverbrauch:		
aus Kohlenstoffelimination	$OV_{d,C}$	4029 kg/d
aus Nitrifikation	$OV_{d,N}$	2432 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	$OV_{d,D}$	-1614 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV_d	4847 kg/d
Stoßfaktor für C-Elimination	f_C	1,20 -

Godzinowe
zapotrzebowanie na tlen

Obliczenia dla
najniższej
temperatury
ścieków

Dobowe
zapotrzebowanie
na tlen

Belebungsbecken, Lastfall maximaler Sauerstoffbedarf:

Temperatur im Belebungsbecken T 20,0 Grad C

Stickstoffbilanz:

Zulauf: C _{KN} + S _{NO3}	CN	131,3 mg/l
im Schlamm gebunden	X _{orgN,BM}	14,0 mg/l
Ammonium im Ablauf	S _{NH4,AN}	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	S _{orgN,AN}	2,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	S _{NO3,N}	102,5 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	S _{NO3,AN}	13,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	S _{NO3,D}	89,5 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	V _{D/VBB}	0,33 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	S _{NO3,D}	105,4 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	S _{NO3,D}	89,5 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	S _{NO3,AN}	13,0 mg/l
Minimal erforderliche Rückführung	RF	6,88 -

Obliczenia dla
maksymalnego
zapotrzebowania
na tlen

Phosphorelimination:

Volumen des anaeroben Mischbeckens	V _{BioP}	350 m ³
Kontaktzeit im anaeroben Mischbecken (bei Q _t , RV=1)	t _{BioP}	0,6 h
Phosphor im Zulauf	C _{P,ZB}	25,5 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	X _{P,BM}	7,4 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	X _{P,BioP}	10,3 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	S _{PO4,AN}	1,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	S _{PO4,AN}	1,0 mg/l
gefällter Phosphor	X _{P,Fall}	6,8 mg/l
Fällmittel: Zweiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	110,2 kg Me/d

Schlamm Trockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	TS _{AB}	2,50 kg/m ³
Gewählte Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	TS _{AB}	2,50 kg/m ³

Schlammalter und Belastungskennwerte:

Vorhandenes Schlammalter	t _{TS}	10,9 d
Vorhandenes aerobes Schlammalter	t _{TS,aer.}	7,3 d
Vorhandener Prozessfaktor	PF	3,51 -

Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	Ü _{Sd,C}	4547 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	Ü _{Sd,BioP}	185 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	Ü _{Sd,F}	274 kg/d
Schlammproduktion gesamt	Ü _{Sd}	5005 kg/d

Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	OV _{d,C}	4643 kg/d
aus Nitrifikation	OV _{d,N}	2644 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	OV _{d,D}	-1557 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV _d	5730 kg/d
Stoßfaktor für C-Elimination	f _C	1,20 -
Stoßfaktor für Nitrifikation	f _N	1,60 -
Maximaler stündl. Sauerstoffverbrauch	OV _h	304,8 kg/h

Maksimalne
dobowe
zapotrzebowanie
na tlen

Maksimalne
godzinowe
zapotrzebowanie
na tlen

Belebungsbecken, Sonderlastfall Prozess:

Temperatur im Belebungsbecken T 15,0 Grad C

Stickstoffbilanz:

Zulauf: C _{KN} + S _{NO3}	CN	106,0 mg/l
im Schlamm gebunden	X _{orgN,BM}	12,6 mg/l
Ammonium im Ablauf	S _{NH4,AN}	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	S _{orgN,AN}	2,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	S _{NO3,N}	82,7 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	S _{NO3,AN}	13,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	S _{NO3,D}	69,7 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	V _{D/VBB}	0,33 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	S _{NO3,D}	90,9 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	S _{NO3,D}	69,7 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	S _{NO3,AN}	13,0 mg/l
Minimal erforderliche Rückführung	RF	5,36 -

Obliczenia dla średniego obciążenia oczyszczalni ścieków i temperatury 15°C

Phosphorelimination:

Volumen des anaeroben Mischbeckens	V _{BioP}	350 m ³
Kontaktzeit im anaeroben Mischbecken (bei Q _t , RV=1)	t _{BioP}	0,6 h
Phosphor im Zulauf	C _{P,ZB}	25,5 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	X _{P,BM}	6,0 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	X _{P,BioP}	8,4 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	S _{PO4,AN}	1,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	S _{PO4,AN}	1,0 mg/l
gefällter Phosphor	X _{P,Fall}	10,2 mg/l
Fällmittel: Zweiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	165,2 kg Me/d

Schlamm Trockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	TS _{AB}	2,50 kg/m ³
Gewählte Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	TS _{AB}	2,50 kg/m ³

Schlammalter und Belastungskennwerte:

Vorhandenes Schlammalter	t _{TS}	14,6 d
Vorhandenes aerobes Schlammalter	t _{TS,aer.}	9,8 d
Vorhandener Prozessfaktor	PF	2,88 -

Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	Ü _{Sd,C}	3178 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	Ü _{Sd,BioP}	150 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	Ü _{Sd,F}	411 kg/d
Schlammproduktion gesamt	Ü _{Sd}	3738 kg/d

Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	OV _{d,C}	4003 kg/d
aus Nitrifikation	OV _{d,N}	2134 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	OV _{d,D}	-1213 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV _d	4924 kg/d
Stoßfaktor für C-Elimination	f _C	1,10 -
Stoßfaktor für Nitrifikation	f _N	1,30 -
Maximaler stündl. Sauerstoffverbrauch	OV _h	231,8 kg/h

Dobowe zapotrzebowanie na tlen

Godzinowe zapotrzebowanie na tlen

OBLICZENIA DLA OSADNIKÓW WTÓRNYCH

Nachklärung

Beckentyp: Rundbecken

Art der Durchströmung: Übergangsbereich horiz./vertikal

Räumertyp: Schildräumer

Maßgebende Wassermenge

Maksimalny
dopływ ścieków do
osadników

Q_m 576 m³/h

Schlammindex, Eindickzeit, Rücklaufverhältnis:

Schlammindex, gewählt	ISV	165 l/kg
Eindickzeit des Schlammes, gewählt	tE	2,0 h
Schlamm Trockensubstanz an der Beckensohle	TSBS	7,6 kg/m ³
Gewähltes Verhältnis TS _{RS} /TSBS		0,70 -
Schlamm Trockensubstanz im Rücklaufschlamm	TSRS	5,3 kg/m ³
Rücklaufverhältnis bei RW, gewählt	RV	0,88 -
Zulässige Schlamm Trockensubstanz im Zulauf	TSZN	2,50 kg/m ³
Gewählte Schlamm Trockensubstanz im Zulauf	TSZN	2,50 kg/m ³

Beckenoberfläche, Anzahl und Abmessungen:

Zulässige Schlammvolumenbeschickung	qSV	575 l/(m ² ·h)
Zulässige Flächenbeschickung	qA	1,80 m/h
Erf. Gesamt-Beckenoberfläche	ANB	413 m ²
Anzahl der Becken	a	2
Erforderlicher Durchmesser	DNB	16,40 m
Gewählter Durchmesser	DNB	18,00 m
Durchmesser des Mittelbauwerks	DMB	2,40 m
Vorhandene Beckenoberfläche	ANB	500 m ²
Vorhandene Schlammvolumenbeschickung	qSV	475 l/(m ² ·h)
Vorhandene Flächenbeschickung	qA	1,15 m/h

Beckentiefe:

Klarwasserzone	h ₁	0,50 m
Übergangs- und Pufferzone	h ₂₃	2,66 m
Eindick- und Räumzone	h ₄	1,42 m
Maßgebende Beckentiefe	h _{ges}	4,57 m

Wymagana
głębokość
osadników
wtórnych

Einlaufbauwerk:

Tiefe des Einlaufs unter WSP	h _e	3,30 m
Volumen der Einlaufkammer	VE	13,5 m ³
Höhe des Einlaufschlitzes	hSE	0,50 m
Querschnittsfläche des Zulauf(düker)s	AZD	0,13 m ²
Eintrittsgeschwindigkeit in die Zulaufkammer	vZD	1,20 m/s
Aufenthaltszeit in der Zulaufkammer	tEB	90 s
In die Zulaufkammer eingetragene Leistung	PE	108 Nm/s
Turbulente Scherbeanspruchung	G	77,7 1/s
Densimetrische Froude-Zahl	FrD	0,734 -

OBLICZENIA ZAPOTRZEBOWANIA NA TLEN I POWIETRZE

BELÜFTUNG:

Lastfall:	Max. OV	Mittl. OV	Min. OV	Sonder Lastfall Belüftung
-----------	------------	--------------	------------	---------------------------------

Lastfallspezifische Daten:

Erf. Sauerstoffzufuhr unter Betriebsbed.	Alpha*SOTR	364	267	160	298 kg/h
Alpha-Wert	Alpha	0,60	0,60	0,60	0,60 -
Salzkonzentration	TDS	500	500	500	500 mg/l
Atm. Luftdruck (bezogen auf NN)	P _{amb}	1013	1013	1013	1013 hPa
O ₂ -Sättigungswert	cs	11,0	12,2	12,2	10,0 mg/l
O ₂ -Sollwert im Betrieb	cx	2,0	2,0	2,0	2,0 mg/l
Erf. Sauerstoffzufuhr in Reinwasser	SOTR	606	445	267	497 kg/h

System:

Gewähltes Belüftungssystem:	Druckbelueftung			
Bezeichnung der Belüfter:	Feinblasiger Rohrbelüfter Typ A			
Einblastiefe	h _E	4,80 m		
		Maximum	Mittel	Minimum
Erf. Sauerstoffzufuhr in Reinwasser	SOTR	606,4	445,2	267,1 kg/h
Vorh. Sauerstoffzufuhr in Reinwasser	SOTR	647,6	445,2	288,0 kg/h
Vorh. Luftvolumenstrom	QL	8987	3690	3000 m ³ N/h

8.1.3 Komory predenitryfikacji osadu recyrkulowanego i biologicznej defosfatacji (obiekt nr 101)

Komora predenitryfikacji osadu recyrkulowanego – komora wewnętrzna

Wymiarujący dopływ do OŚ Falenty	291,70	m ³ /h
Minimalny stopień recyrkulacji	0,88	
Minimalny dopływ osadu recyrkulowanego do komory	256,70	m ³ /h
Założony wymiarujący czas zatrzymania w komorze	50	minut
Minimalna pojemność komory predenitryfikacji	$50 \times 256,70/60 =$	214 m ³
Zaprojektowana pojemność komory predenitryfikacji	221	m ³

Urządzenie mieszające	mieszadło szybkoobrotowe	
Ilość mieszadeł	1	szt.
Średnica śmigła	300	mm
Pobór mocy	1,8	kW
Dobowy czas pracy	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	43,2	kWh/d

Komora predenitryfikacji osadu recyrkulowanego jest zintegrowana w jednej cylindrycznej budowli z komorą biologicznej defosfatacji. Szczegóły tego rozwiązania pokazane są na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-1.1.

Komora biologicznej defosfatacji - komora zewnętrzna

Wymiarujący dopływ do OŚ Falenty	291,70	m ³ /h
Zalecany czas zatrzymania w komorze w odniesieniu do dopływu	1 do 1,5	h
Wybrana objętość komory biologicznej defosfatacji	352	m ³
Wybrany czas zatrzymania	$352/291,70 =$	1,2 h
Urządzenie mieszające	mieszadło szybkoobrotowe	
Ilość mieszadeł	1	szt.
Średnica śmigła	300	mm
Pobór mocy	1,8	kW
Dobowy czas pracy	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	43,2	kWh/d

Komora biologicznej defosfatacji jest zintegrowana w jednej cylindrycznej budowli z komorą predenitryfikacji osadu recyrkulowanego. Szczegóły tego rozwiązania pokazane są na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-1.1. Obie komory będą wyposażone w kanał obejściowy. Obie komory będą wyposażone w pomost obsługowy, do którego będą przymocowane mieszadła.

8.1.4 Komory rozdziału – obiekt nr 102

Komora rozdziału musi zapewnić hydrauliczny podział strumienia ścieków wraz ze strumieniem osadu recyrkulowanego na dwa ciągi komór osadu czynnego w stosunku 40/60%:

- Na ciąg istniejących komór rozpoczynający się komorami CAROUSELL – 40%
- Na ciąg nowych komór osadu czynnego – 60%

Należy przewidzieć możliwość osobnego zasilania każdego z ciągów biologicznego oczyszczania ścieków.

8.1.5 Komory osadu czynnego – obiekty nr 15, 16, 104 i 105

Dla różnych wartości indeksu osadu uzyskano następujące wielkości komór osadu czynnego

ISV	Stężenie suchej masy w komorach osadu czynnego	Całkowita pojemność komór	Pojemność komór denitryfikacji	Pojemność komór nitryfikacji
120 l/kg	3,44 kg sm/m ³	17.000 m ³	5.667 m ³	11.333 m ³
135 l/kg	3,05 kg sm/m ³	20.000 m ³	6.600 m ³	13.400 m ³
165 l/kg	2,50 kg sm/m ³	22.000 m ³	7.260 m ³	14.740 m ³

Na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-1.1 narysowane są komory osadu czynnego o całkowitej pojemności 22.000 m³. Wszystkie dalsze obliczenia technologiczne i ekonomiczne przeprowadzono dla tej objętości komór osadu czynnego ze względu na fakt, że w aktualnym stadium projektowym jest to najbardziej bezpieczne założenie. W trakcie dalszych etapów projektowania można będzie w uzasadnionych przypadkach założyć mniejszą pojemność komór osadu czynnego.

W celu realizacji założeń przeprowadzonych obliczeń założono:

- Przebudowę wszystkich komór CAROUSELL na komory denitryfikacji i wyposażenie ich w odpowiednie nowe mieszadła.
- Bezpośrednie połączenie komór CAROUSELL z obiektem nr 16 (aktualne reaktory biologiczne) z ominięciem osadników wtórnych należących do ciągu CAROUSELL (czyli obiektów nr 18.1 i 18.2).

- Obecna komora denitryfikacji w obiekcie nr 16 będzie wykorzystywana w zależności od potrzeb jako powiększenie komory denitryfikacji lub jako część komory nitryfikacji. W tym celu będzie wyposażona w nowe dyfuzory do napowietrzania oraz w nowe mieszadła. Pojemność istniejącej komory denitryfikacji wynosi 2.880 m^3 , co stanowi 33,3% całkowitej pojemności istniejących komór osadu czynnego.
- Cała obecna komora nitryfikacji w obiekcie nr 16 będzie wykorzystywana jako komora nitryfikacji. Zostanie ona wyposażona w nowe dyfuzory napowietrzające. Dotychczasowa komora denitryfikacji będzie wyposażona w mieszadła i dyfuzory, aby w razie potrzeby służyć jako dodatkowa komora denitryfikacji.
- Pomiędzy komorami nitryfikacji w obiekcie 16, a dopływem do komór denitryfikacji w obiekcie 15 jest przewidziane stworzenie nowego systemu rurociągów recyrkulacji wewnętrznej wraz z odpowiednimi pompami przystosowanego do wytworzenia maksymalnego strumienia recyrkulacji wewnętrznej wynoszącego 500% wymiarującego dopływu do OŚ.
- Łączna pojemność komór osadu czynnego w istniejących reaktorach wynosi 8.640 m^3 . Z tego względu konieczna jest dobudowa nowych komór osadu czynnego o łącznej pojemności $22.000 - 8.640 = 13.360 \text{ m}^3$. Przewidziano dobudowanie w komór denitryfikacji w dwóch karuzelowych zbiornikach o łącznej pojemności 4.334 m^3 (obiekt nr 104 na planie nr 201805.1-1-1.1; ok. 33% pojemności całkowitej) oraz dwóch komór nitryfikacji o łącznej pojemności 9.052 m^3 (obiekt nr 106). Komory nitryfikacji każdego ciągu podzielono na 4 mniejsze części, z których pierwsze trzy będą mogły służyć jako komory denitryfikacji lub nitryfikacji, w zależności od bieżących warunków eksploatacyjnych. Nowe komory denitryfikacji będą wyposażone w odpowiednie mieszadła przymocowane do pomostów obsługowych. Komory denitryfikacji lub nitryfikacji zostaną wyposażone zarówno w dyfuzory do napowietrzania, jak i w odpowiednie mieszadła. Uruchamianie mieszadeł podczas działania systemu napowietrzania może prowadzić do zniszczenia mieszadeł, więc należy przy pomocy odpowiednich blokad w systemie sterowania wyeliminować powstanie takiej możliwości. W ten sposób powstaną 2 ciągi oczyszczania ścieków metoda osadu czynnego obciążone w stosunku 40/60%, zgodnie z podziałem w komorze rozdziału (obiekt nr 102).
- Pomiędzy komorami nitryfikacji w obiekcie 106 (obiekty 106.4 i 106.8), a dopływem do komór denitryfikacji w obiektach 103/105 jest przewidziane stworzenie nowego systemu rurociągów recyrkulacji wewnętrznej wraz z odpowiednimi pompami przystosowanego do wytworzenia maksymalnego strumienia recyrkulacji wewnętrznej wynoszącego 500% wymiarującego dopływu do OŚ.
- Odpływy z komór nitryfikacji nowego i istniejącego ciągu komór osadu czynnego spotkają się w komorze odpływowej obiektu nr 16 po czym wspólnym istniejącym kanałem dopłyną do istniejącej komory rozdziału nr. 17.

Szczegóły zaproponowanego tutaj rozwiązania pokazane są na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-1.1.

8.1.6 Recyrkulacja wewnętrzna

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń założono, że maksymalny stopień recyrkulacji wyniesie 600%. Zgodnie z obliczeniami stopień recyrkulacji osadu recyrkulowanego powinien wynosić 88%. Czyli wielkością wymiarującą dla recyrkulacji wewnętrznej jest 512%

Miarodajny dopływ do OŚ Falenty		291,70	m^3/h
Całkowity strumień recyrkulacji wewnętrznej	$512\% \times 219,7 \text{ m}^3/\text{h} =$	1.500	m^3/h
Całkowity strumień recyrkulacji wewn. dla ciągu „CAROUSELL”	$40\% \times 1500 \text{ m}^3/\text{h} =$	600	m^3/h
	z tego 50%	300	m^3/h
Całkowity strumień recyrkulacji wewn. dla nowego ciągu		900	m^3/h
	z tego 50%	450	m^3/h

Ciąg istniejących komór osadu czynnego

Wybrana średnica rurociągu recyrkulacji wewnętrznej	DN300	
Całkowity strumień recyrkulacji	600	m ³ /h
Strumień recyrkulacji dla 50% ciągu	300	m ³ /h
Całkowita wysokość podnoszenia	ok. 4,0	m
Zapotrzebowanie na moc	ok. 4,8	kW
Sprawność silnika	90%	
Założony pobór mocy	5,3	kW
Zainstalowana moc napędu	7,5	kW
Czas pracy pomp	24	h/d
Ilość pomp	2	szt
Zużycie energii elektrycznej w ciągu doby	254,4	kWh/d

Ciąg nowych komór osadu czynnego

Wybrana średnica rurociągu recyrkulacji wewnętrznej	DN400	
Całkowity strumień recyrkulacji	900	m ³ /h
Strumień recyrkulacji dla 50% ciągu	450	m ³ /h
Całkowita wysokość podnoszenia	ok. 3,0	m
Zapotrzebowanie na moc	ok. 5,4	kW
Sprawność silnika	90%	
Założony pobór mocy	6,0	kW
Zainstalowana moc napędu	7,5	kW
Czas pracy pomp	24	h/d
Ilość pomp	2	szt
Zużycie energii elektrycznej w ciągu doby	288,0	kWh/d

Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną - recyrkulacja wewnętrzna **542,4 kWh/d**

Do określenia zapotrzebowania na energię skorzystano z danych odpowiednio zwymiarowanych pomp firmy KSB. Pompy firmy KSB określają minimalny wymagany standard jakościowy.

8.1.7 Dmuchawy, mieszadła i system napowietrzania

Zgodnie z danymi obliczonymi przy pomocy programu „Belebungsexpert” (patrz punkt nr 8.1.2) napowietrzanie ścieków w komorach nitryfikacji osadu czynnego należy zaprojektować na następujące wartości brzegowe:

Maksymalne zapotrzebowanie na tlen		364	kgO ₂ /h
Maksymalne zapotrzebowanie na powietrze	odpowiednio	ok. 9.000	m ³ N/h
Średnie zapotrzebowanie na tlen		267	kgO ₂ /h
Średnie zapotrzebowanie na powietrze	odpowiednio	3.700	m ³ N/h
Minimalne zapotrzebowanie na tlen		160	kgO ₂ /h
Minimalne zapotrzebowanie na powietrze	odpowiednio	3.000	m ³ N/h

DMUCHAWY

Proponuje się zastosowanie następujących nowych dmuchaw:

Ilość dmuchaw głównych	3	szt.
Ilość dmuchaw rezerwowych	1	szt.
Typ dmuchaw	dmuchawy śrubowe	
Założony producent dmuchaw uznawanych za referencyjne	KAESER Kompressoren	
Typ dmuchawy przyjęty do dalszych obliczeń	FBS 660 L SFC	
Maksymalna wydajność 1 dmuchawy	51 m ³ N/min	3.060 m ³ N/h
Wytwarzane ciśnienie		600 mbar
Przyjęta głębokość zanurzenia dyfuzorów		
Zakres regulacji wydajności falownikiem	15-51	m ³ N/min
Maksymalna wydajność 3 dmuchaw głównych	9.180	m ³ N/h
Moc silnika każdej dmuchawy	55,0	kW
Pobór mocy prze maksymalnej wydajności	51,0	kW

Do obliczeń średniodobowego zapotrzebowania na energię przyjęto, że średniogodzinowe zapotrzebowanie powietrza do napowietrzania wyniesie 50% zapotrzebowania maksymalnego, czyli 4.500 m³N/h.

Dobowa ilość powietrza tłoczonego przez dmuchawy	4.500 x 24 =	108.000	m ³ N/d
Wymagany czas pracy dmuchaw	108.000 / 3.060 =	35,3	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	35,3 h x 51 kW =	1.800	kWh/d

Zdecydowano się na pominięcie użytkowania istniejących dmuchaw ze względu na ich duże zużycie energii elektrycznej:

Ilość dmuchaw głównych		3	szt.
Ilość dmuchaw rezerwowych		1	szt.
Wydajność nominalna dmuchaw		29,5	m³N/min
	odpowiednio	1.770	m³N/h
Maksymalna wydajność 3 dmuchaw		88,5	m³N/min
	odpowiednio	5.310	m³N/h
Moc silnika każdej dmuchawy		55,0	kW
Pobór mocy przy maksymalnej wydajności		48,0	kW
Dobowa ilość powietrza tłoczonego przez dmuchawy	4.500 x 24 =	108.000	m³N/d
Wymagany czas pracy dmuchaw	108.000 / 1.770 =	61,0	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	61,0 h x 48 kW =	2.928	kWh/d

Zaproponowane nowe dmuchawy firmy Kaeser Kompressoren zużywają ok. 38% mniej energii elektrycznej od dmuchaw aktualnie zainstalowanych.

MIESZADŁA

Komora denitryfikacji – obiekt nr 15 - część okrągła o średnicy ok. 11 m

Ilość mieszadeł w komorze	1	szt
Ilość komór	2	szt
głębokość komór	3,00	m
Urządzenie mieszające	mieszadło szybkoobrotowe	
Ilość mieszadeł w obu komorach	1	szt.
Średnica śmigła	300	mm
Pobór mocy	1,8	kW
Dobowy czas pracy	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	43,2	kWh/d

Komora denitryfikacji – obiekt nr 15 - część owalna

Ilość mieszadeł w komorze	2	szt
Ilość komór	2	szt
głębokość komór	3,00	m
Urządzenie mieszające	mieszadło wolnoobrotowe	
Ilość mieszadeł w obu komorach	4	szt.
Średnica śmigła	1200	mm
Pobór mocy	2,5	kW
Dobowy czas pracy	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	240,0	kWh/d

Komora denitryfikacji – obiekt nr 105 - część owalna

Ilość mieszadeł w komorze	2	szt
Ilość komór	2	szt
głębokość komór	5,50	m
Urządzenie mieszające	mieszadło wolnoobrotowe	
Ilość mieszadeł w obu komorach	4	szt.
Średnica śmigła	1200	mm
Pobór mocy	2,5	kW
Dobowy czas pracy	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	240,0	kWh/d

Komora denitryfikacji i nitryfikacji – obiekt nr 16 - część prostokątna

Ilość mieszadeł w komorze	1	szt
Ilość komór	2	szt
głębokość komór	5,03	m
Urządzenie mieszające	mieszadło wolnoobrotowe	
Ilość mieszadeł w obu komorach	2	szt.
Średnica śmigła	1400	mm
Pobór mocy	3,1	kW
Dobowy czas pracy (25% dni w roku)	6	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	37,2	kWh/d

Komora denitryfikacji i nitryfikacji – obiekt nr 106 - wydzielone komory kwadratowe

Ilość mieszadeł w komorze	1	szt
Ilość komór	6	szt
głębokość komór	5,03	m
Urządzenie mieszające	mieszadło szybkoobrotowe	
Ilość wszystkich mieszadeł w komorach	6	szt.
Średnica śmigła	1400	mm
Pobór mocy	2,0	kW
Dobowy czas pracy (25% dni w roku)	6	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	72,0	kWh/d

Suma poboru dobowego mocy przez mieszadła w komorach osadu czynnego **632,4 kWh/d**

Dane dotyczące wyboru mieszadeł i mocy ich napędów ustalono na podstawie ofert budżetowych sporządzonych przez firmę KSB. Produkty tej firmy są proponowanym wyznacznikiem jakości dla wszystkich produktów alternatywnych.

SYSTEM NAPONIEWIERZANIA

Dla wszystkich komór naponiewierzanych wybrano drobnopęcherzykowe systemy naponiewierzania dyfuzorami talerzowymi z membranami z elastomeru EPDM. Jako wyznacznik jakości systemu naponiewierzania przyjęto dyfuzory dyskowe 9” Sanitaire SILVER II firmy Xylem.

System naponiewierzający dla obiektu nr 16:

Sposób działania: drobnopęcherzykowe, wgłębne naponiewierzanie ścieków za pomocą dyskowych dyfuzorów membranowych.

Gwarantowany maksymalny transfer tlenu

w warunkach standardowych dla jednego ciągu: $SOR_{max}=139 \text{ kgO}_2/\text{h}$

przy docelowej dostawie powietrza nie wyższej niż $Q_p=1.711 \text{ m}^3/\text{h}$

Maksymalne ciśnienie na wejściu do nowego systemu nie wyższe niż $p=54,6 \text{ kPa}$ dla maksymalnej ilości powietrza $1.711 \text{ m}^3/\text{h}$.

Wykorzystanie tlenu nie mniejsze niż: $SOTE=27,1\%$.

Wartość SOTE wyznaczona dla całego systemu naponiewierzania podana w odniesieniu do zawartości substancji rozpuszczonych w ściekach w ilości 500mg/l

System naponiewierzający dla obiektu nr 106:

Sposób działania: drobnopęcherzykowe, wgłębne naponiewierzanie ścieków za pomocą dyskowych dyfuzorów membranowych.

Gwarantowany maksymalny transfer tlenu

w warunkach standardowych dla jednego ciągu: $SOR_{max}=170 \text{ kgO}_2/\text{h}$

przy docelowej dostawie powietrza nie wyższej niż $Q_p=2.060 \text{ m}^3/\text{h}$

Maksymalne ciśnienie na wejściu do nowego systemu nie wyższe niż $p=54,6 \text{ kPa}$ dla maksymalnej ilości powietrza $2.060 \text{ m}^3/\text{h}$.

Wykorzystanie tlenu nie mniejsze niż: $SOTE=27,6\%$.

Wartość SOTE wyznaczona dla całego systemu naponiewierzania podana w odniesieniu do zawartości substancji rozpuszczonych w ściekach w ilości 500mg/l

Rurociągi doprowadzające powietrze do istniejących komór naponiewierzania będą wystarczające również w przyszłości. Do nowych komór osadu czynnego przewiduje się doprowadzenie osobnych rurociągów. W celu regulacji dopływu powietrza do poszczególnych sekcji należy wyposażyć rurociągi rozprowadzające w odpowiednio umieszczone zawory regulacyjne.

Sterowanie systemem naponiewierzania musi być realizowane za pomocą odpowiednio rozmieszczonych sond tlenowych, które będą regulować moc dmuchaw i zawory regulacyjne w taki sposób, aby stężenie tlenu w komorach osadu czynnego zawsze było na tym samym zadanym poziomie.

8.1.8 Osadniki wtórne (obiekty 18.3 i 18.4)

Istniejące osadniki wtórne są w dobrym stanie technicznym – zarówno budowle ich część budowlana, jak i wyposażenie techniczne.

Średnica każdego osadnika	D =	18,00	m
Powierzchnia każdego osadnika	A =	254	m ²
Miarodajna głębokość każdego osadnika	T =	4,58	m

Miarodajny dopływ do OŚ Falenty	291,70	m ³ /h
Niezbędny strumień osadu recyrkulowanego 88% x 291,7 =	257	m ³ /h
Zalecany zakres regulacji strumienia osadu recyrkulowanego		
minimum: 0,60 x 291,7 =	175	m ³ /h
maximum: 1,2 x 291,7 =	350	m ³ /h
Statyczna wysokość podnoszenia osadu recyrkulowanego	5,0	m
przybliżone straty na armaturach i rurociągu	ok. 5,0	m
maksymalna wysokość podnoszenia	ok. 10,0	m

Parametry istniejących pomp są prawdopodobnie wystarczające, aby spełniać powyższe warunki pracy. Autorzy niniejszego opracowania zakładają jednak, że czas technicznej żywotności zainstalowanych w 2006 roku pomp dobiega powoli końca. Dlatego proponuje się zainstalowanie w istniejącej budowli pomp zatapialnych o następujących parametrach:

maksymalna wysokość podnoszenia przy pracy 2 pomp	ok. 10,0	m
Wydajność hydrauliczna przy pracy 2 pomp	ok. 350	m ³ /h
Wydajność hydrauliczna 1 pompy	ok. 257	m ³ /h
Minimalna wydajność 2 pompy sterowanej przy pomocy falownika	ok. 175	m ³ /h
Ilość pomp głównych	2	szt.
Ilość pomp rezerwowych	1	szt.
Pobór mocy	ok. 9,5	kW
Nominalna moc silnika	11	kW
Założony średniogodzinny strumień osadu	257	m ³ /h
Założony dobowy czas pracy pomp osadu recyrkulowanego	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną 24 x 9,5 =	228,0	kWh/d

Osad nadmierny będzie odprowadzany do komory tlenowej stabilizacji osadu osobnym rurociągiem tłocznym. Na rurociągu tłocznym należy zainstalować przepływomierz. Ilość odprowadzanego osadu nadmiernego będzie ustalana automatycznie w oparciu o pomiar stężenia suchej masy w komorach osadu czynnego, która będzie utrzymywana na poziomie zadanym przez personel oczyszczalni ścieków.

Pomiar strumienia osadu recyrkulowanego będzie zlokalizowany w nowej budowli nr 107, w której będzie umieszczony pomiar przepływu osadu zagęszczonego grawitacyjnie odprowadzanego do komory homogenizacji osadu przed procesem jego odwadniania, czyli do obiektu nr 23.

8.1.11 Energochłonność wariantu SBOŚ1

Zapotrzebowanie na energię elektryczną dla omawianego wariantu biologicznego stopnia oczyszczania ścieków wynosi:

1. Mieszadła w obiekcie nr 101	2 x 43,2 kWh/d	86,4	kWh/d
2. Recyrkulacja wewnętrzna	wszystkie pompy	542,4	kWh/d
3. Dmuchawy	zgodnie z punktem 8.1.7	1.800,0	kWh/d
4. Mieszadła w komorach osadu czynnego	zgodnie z punktem 8.1.7	632,4	kWh/d
5. Zgarniacze osadu w osadnikach wtórnych		96,0	kWh/d
6. <u>Tłoczenie osadu recyrkulowanego i nadmiernego</u>		<u>228,0</u>	<u>kWh/d</u>
Suma		3.385,2	kWh/d
<u>inne napędy jak np. sondy, mierniki ok 5 %</u>		<u>164,8</u>	<u>kWh/d</u>
Oszacowane zużycie energii elektrycznej dla biologii wariantu SBOŚ1		3.550,0	kWh/d

Założona średniodobowa ilość ścieków w okresie perspektywicznym	6.000	m ³ /d
Jednostkowe zapotrzebowanie na energię dla wariantu SBOŚ1 3.550/6000 =	0,592	kWh/m³

8.2 Stopień biologicznego oczyszczania ścieków – Wariant SBOŚ2

Części składowe tego wariantu biologicznej części oczyszczalni ścieków w Falentach zostały opisane powyżej. Możliwy wariant rozbudowy tego stopnia oczyszczania przedstawiono na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-2.1 oraz w profilu hydraulicznym nr 201805.1-2-2.1. Schemat technologiczny tego wariantu przedstawiono na planie nr 201805.1-4-2.1. Wszystkie dalsze opisy dotyczące tego wariantu będą się opierać na wspomnianych planach.

System zagospodarowania osadu będzie poddany osobnej analizie wariantowej i będzie opisany w innej części niniejszego opracowania.

8.2.1 Dane wymiarujące dla wariantu SBOŚ2

Zamieszczone w zielonej części następującej tabeli dane dotyczące perspektywicznych ładunków służących do wymiarowania oczyszczalni ścieków w Falentach zostały obliczone i uzasadnione w punkcie nr 5.1 niniejszego opracowania.

Opis	jedn.	ChZT	BZT ₅	NH ₄ -N	N _{całk}	P _{całk}	s.m.
miarodajny ładunek dla okresu perspektywicznego	kg/d	8.837,7	3.708,6	451,2	787,3	202,3	5.306,0
wielkość OŚ w RLM po przeliczeni wg wartości standardowych	RLM	73.700,0	61.900,0		71.600,0	81.000,0	75.800,0
ładunki miarodajne wg. zaokrąglonych wartości RLM	kg/d	8.844,0	3.714,0	451,0	787,6	202,5	5.306,0
przyrost obciążenia	%	34,00%	37,56%	42,99%	43,20%	76,09%	26,94%
obciążenie średnie obliczone na podstawie relacji obciążenia średniego do obciążenia wymiarującego dla stanu istniejącego	kg/d	7169,54	2360,70	393,23	635,33	153,20	3533,78
C/N/P przed osadnikiem wstępnym	(-)		18,3		3,9	1	
Sprawność osadnika wstępnego przy czasie zatrzymania 30 min.	%	25%	20%	7%	7%	10%	45%
ładunki po osadniku wstępnym do biologii	kg/d	6633	2971,2	419,4	736,4	182,3	2918,3
Obciążenie powrotne w wodach poosadowych po fermentacji	kg/d	0	0	62,9	62,9	0	0
ładunki po osadniku wstępnym do biologii z obciążeniem po fermentacji	kg/d	6633	2971,2	482,31	799,31	182,3	2918,3
C/N/P w dopływie do stopnia biologicznego	(-)		16,3		4	1	

W pomarańczowej części tabeli obliczono miarodajne ładunki zanieczyszczeń ich oczyszczeniu w osadniku wstępnym o krótkim czasie zatrzymania, czyli w dopływie do biologicznego stopnia oczyszczalni. Parametry redukcji ładunku oparto na danych podanych w Wytycznej A131. Uwzględniono również ładunek azotu amonowego zawarty w wodach poosadowych pochodzących z odwadniania przefermentowanego osadu wstępnego i nadmiernego.

Wymiarujące dane dotyczące perspektywicznego obciążenia hydraulicznego oczyszczalni ścieków w Falentach zostały obliczone i uzasadnione w punkcie 5.2 niniejszego opracowania. W poniższych tabelach zawarte są najważniejsze wartości przyjęte do wymiarowania oczyszczalni ścieków w Falentach:

WYMIARUJĄCE WARTOŚCI DOPŁYWÓW DOBOWYCH	wartość	jednostka
Przyjęto następującą średniodobową ilość ścieków dla prognozy 20-to letniej	6.000,00	m ³ /d
Przyjęto następującą dobową ilość ścieków dla prognozy 20-to letniej - 85% percentyl	7.060,00	m ³ /d
maksymalny prognozowany dobowy dopływ do OŚ podczas ekstremalnych opadów deszczu	9.625,00	m ³ /d

WARTOŚCI WYMIARUJĄCE DOPŁYWÓW GODZINOWYCH	wartość	jednostka
Przyjęto następującą godzinowa ilość ścieków dla prognozy - 85% percentyli	425,20	m ³ /h
prognozowany maksymalny dopływ ścieków podczas pogody bezdeszczowej	291,70	m ³ /h
prognozowany dopływ średniodobowy dla stanu prognozowanego	210,90	m ³ /h
maksymalny prognozowany godzinowy dopływ do OŚ podczas opadów deszczu	725,17	m ³ /h
maksymalny ustalony dopływ do sitopiaskowników i stopnia biologicznego	576,00	m ³ /h
Zbiornik retencyjny na ścieki surowe dla dopływów powyżej 576 m ³ /h	maks. 850	m ³

Na podstawie badań własnych oczyszczalni ścieków dokonano analizy frakcjonowania stężenia ChZT w dopływie do oczyszczalni ścieków Falenty używając programu „Belebungsexpert” i kierując się standardowymi parametrami frakcjonowania opisanymi w Wytycznej A131. Szczegóły zawarte są na rysunku nr 21:

Parameter:

Anteil des gelösten inerten CSB am CSB	f _S	0,050 -
Anteil des leicht abbaubaren CSB	f _{CSB}	0,200 -
Inerter Anteil am partikulären CSB	f _A	0,300 -
Anteil org. Stoffe an abfiltrierbaren Stoffen	f _B	0,300 -

Lastannahmen:

Größenklasse	BdCSBz	8844,0 kg CSB/d
Abwassermenge	Q _d	6000 m ³ /d

CSB-Fraktionen:

CSB gesamt C _{CSB,ZB} 1105,5 mg/l			
gelöster CSB S _{CSB,ZB} 328,0 mg/l		partikulärer CSB X _{CSB,ZB} 777,5 mg/l	
inert S _{CSBinert,ZB} 55,3 mg/l	abbaubar S _{CSBabb,ZB} 272,7 mg/l	abbaubar X _{CSBabb,ZB} 544,3 mg/l	inert X _{CSBinert,ZB} 233,3 mg/l
abbaubarer CSB C _{CSBabb,ZB} 817,0 mg/l			

CSB-Pfade:

inert CSB S _{CSBinert,AN} 55,3 mg/l	Sauerstoffverbrauch OV 556,4 mg/l	Überschussschlamm CSB _{UES} 493,8 mg/l
---	--------------------------------------	--

Rysunek 21: Założone frakcjonowanie ChZT dla wariantu SBOŚ2

8.2.2 Obliczenia technologii osadu czynnego dla wariantu SBOŚ2

Obliczenia technologiczne dla wariantu 1 przeprowadzono dla różnych wartości indeksu osadu:

4. Dla wartości ISV=150 l/kg
5. Dla wartości ISV=135 l/kg
6. Dla wartości ISV=120 l/kg

W ten sposób wyznaczono zakres objętości komór osadu czynnego w zależności od założonych właściwości sedymentacyjnych osadu. Poniżej zamieszczono obliczenia dla ISV=135 l/kg wychodząc z założenia, że przy zastosowaniu technologii osadu czynnego poprzedzonej osadnikiem wstępnym i komorą biologicznej defosfatacji będzie to możliwe.

Oprócz obliczeń dla przypadków zalecanych przez nową Wytyczną A131 przeprowadzono również obliczenia technologiczne oczyszczalni ścieków dla założonego obciążenia średniego, które zdefiniowane w pierwszej tabeli tego rozdziału szarym pismem na zielonym tle.

DANE WEJŚCIOWE

DWA-Regelwerk

Belebungs-Expert
Berechnung von einstufigen Belebungsanlagen
nach dem DWA-Arbeitsblatt A131(2016)

Projekt: OS Falenty - Obliczenia z osadnikiem wstępnym i ZKF, ISV=120

bearbeitet von: Przywecki berechnet am: 10.06.2019

Anlagenkonfiguration:	Reinigungsziele:
☐ Vorklärung ☐ Anaerobes Mischbecken ☐ Belebungsbecken ☐ Nachklärung	☐ Abbau des org. Kohlenstoffs ☐ Nitrifikation ☐ Denitrifikation ☐ Phosphor-Simultanfällung

Denitrifikationsverfahren: vorgeschaltete Denitrifikation

Fällmittel: zweiwertiges Eisen

Nachklärung: Beckentyp Rundbecken, Strömung Übergangsbereich horizontal/vertikal, Räumertyp Schildräumer

Lastannahmen:

Größenklasse: 8844 kg CSB/d

Berechnete Lastfälle:

- ☐ Lastfall 1: Bemessung
- ☐ Lastfall 2: Nachweis der Nitrifikation bei tiefster Temperatur
- ☐ Lastfall 3: Ermittlung des Sauerstoffbedarfs bei höchster Temperatur
- ☐ Lastfall 4: Sonderlastfall

	Lastfall	1	2	3	4
Zulaufmenge:					
Abwassermenge	Q _d	6000	6000	6000	6000 m ³ /d
	Q _t	292	292	292	292 m ³ /h
Zulaufkonzentrationen:					
CSB	C _{CSB,ZB}	1106	1106	1106	896 mg/l
Gelöster CSB	S _{CSB,ZB}	328	328	328	379 mg/l
Abfiltrierbare Stoffe	X _{TS,ZB}	486	486	486	324 mg/l
Kjeldahl-Stickstoff	C _{KN,ZB}	133,2	133,2	133,2	109,0 mg/l
Ammoniumstickstoff	S _{NH4,ZB}	80,4	80,4	80,4	71,4 mg/l
Nitratstickstoff	S _{NO3,ZB}	0,0	0,0	0,0	0,0 mg/l
Phosphor	C _{P,ZB}	30,4	30,4	30,4	23,0 mg/l
Säurekapazität	S _{KS,ZB}	10,00	10,00	10,00	10,00 mmol/l
Zulauffrachten:					
CSB	B _{d,CSB}	6633	6633	6633	5377 kg/d
Gelöster CSB	B _{d,SCSB}	1968	1968	1968	2274 kg/d
Abfiltrierbare Stoffe	B _{d,XTS}	2918	2918	2918	1944 kg/d
Kjeldahl-Stickstoff	B _{d,KN}	799,3	799,3	799,3	653,8 kg/d
Ammoniumstickstoff	B _{d,NH4}	482,3	482,3	482,3	428,6 kg/d
Nitratstickstoff	B _{d,NO3}	0,0	0,0	0,0	0,0 kg/d
Phosphor	B _{d,P}	182,3	182,3	182,3	137,9 kg/d

OBLICZENIA TECHNOLOGICZNE

Belebungsbecken, Bemessungs-Lastfall:

Temperatur im Belebungsbecken T 12,0 Grad C

Stickstoffbilanz:

Zulauf: C _{KN} + S _{NO3}	CN	133,2 mg/l
im Schlamm gebunden	X _{orgN,BM}	13,5 mg/l
Ammonium im Ablauf	S _{NH4,AN}	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	S _{orgN,AN}	2,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	S _{NO3,N}	108,6 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	S _{NO3,AN}	13,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	S _{NO3,D}	95,6 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	V _D /V _{BB}	0,45 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	S _{NO3,D}	90,2 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	S _{NO3,D}	90,2 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	S _{NO3,AN}	18,4 mg/l
Minimal erforderliche Rückführung	RF	7,35 -

Obliczenia
wymiarujące

stosunek V_{DN} do
V_{ocz}

Pojemność komory
biologicznej
defosfatacji

Phosphorelimination:

Volumen des anaeroben Mischbeckens	V _{BioP}	350 m ³
Kontaktzeit im anaeroben Mischbecken (bei Q _t , RV=1)	t _{BioP}	0,6 h
Phosphor im Zulauf	C _{P,ZB}	30,4 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	X _{P,BM}	5,5 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	X _{P,BioP}	7,7 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	S _{P04,AN}	1,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	S _{P04,AN}	1,0 mg/l
gefällter Phosphor	X _{P,Fall}	16,1 mg/l
Fällmittel: Zweiswertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	262,0 kg Me/d

Stężenie suchej
masy w komorach
osadu czynnego

Schlamm Trockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	TS _{AB}	3,44 kg/m ³
Gewählte Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	TS _{AB}	3,44 kg/m ³

Wiek osadu

Schlammalter und Belastungskennwerte:

Erforderliches Schlammalter	erf.tTS	13,3 d
Erforderliches Volumen	V _{BB}	14073 m ³
Gewähltes Volumen	V _{BB}	14200 m ³
Vorhandenes Schlammalter	tTS	13,4 d
Vorhandenes aerobes Schlammalter	t _{TS,aer.}	7,4 d
Vorhandener Prozessfaktor	PF	1,61 -

Całkowita
pojemność komór
osadu czynnego

Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	Ü _{Sd,C}	2823 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	Ü _{Sd,BioP}	138 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	Ü _{Sd,F}	649 kg/d
Schlammproduktion gesamt	Ü _{Sd}	3610 kg/d

Dobowa produkcja
suchej masy

Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	OV _{d,C}	3318 kg/d
aus Nitrifikation	OV _{d,N}	2801 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	OV _{d,D}	-1569 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV _d	4550 kg/d

Dobowe
zapotrzebowanie
na tlen

Stoßfaktor für C-Elimination	f_C	1,20 -
Stoßfaktor für Nitrifikation	f_N	1,60 -
Maximaler stündl. Sauerstoffverbrauch	OV_h	259,6 kg/h
Säurekapazität:		
Säurekapazität im Ablauf	SKS_{AN}	1,82 mmol/l
Belebungsbecken, Lastfall tiefste Temperatur:		
Temperatur im Belebungsbecken	T	10,0 Grad C
Stickstoffbilanz:		
Zulauf: $C_{KN} + S_{NO3}$	C_N	133,2 mg/l
im Schlamm gebunden	$X_{orgN,BM}$	15,0 mg/l
Ammonium im Ablauf	$S_{NH4,AN}$	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	$S_{orgN,AN}$	2,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	$S_{NO3,N}$	107,3 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	V_D/V_{BB}	0,45 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	$S_{NO3,D}$	87,7 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	$S_{NO3,D}$	87,7 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	$S_{NO3,AN}$	19,6 mg/l
Phosphorelimination:		
Volumen des anaeroben Mischbeckens	V_{BioP}	350 m ³
Kontaktzeit im anaeroben Mischbecken (bei Q_t , $RV=1$)	t_{BioP}	0,6 h
Phosphor im Zulauf	$C_{P,ZB}$	30,4 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	$X_{P,BM}$	5,5 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	$X_{P,BioP}$	5,5 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	$S_{PO4,AN}$	1,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	$S_{PO4,AN}$	1,0 mg/l
gefällter Phosphor	$X_{P,Fall}$	18,3 mg/l
Fällmittel: Zweiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	298,0 kg Me/d
Schlamm Trockensubstanz im Belebungsbecken:		
Zulässige Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	TS_{AB}	3,44 kg/m ³
Gewählte Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	TS_{AB}	3,44 kg/m ³
Schlammalter und Belastungskennwerte:		
Vorhandenes Schlammalter	t_{TS}	13,0 d
Vorhandenes aerobes Schlammalter	$t_{TS,aer.}$	7,1 d
Vorhandener Prozessfaktor	PF	1,28 -
Schlammproduktion:		
Schlamm aus Kohlenstoffelimination	$\bar{U}_{Sd,C}$	2932 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	$\bar{U}_{Sd,BioP}$	100 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	$\bar{U}_{Sd,F}$	747 kg/d
Schlammproduktion gesamt	$\bar{U}_{Sd}$	3779 kg/d
Sauerstoffverbrauch:		
aus Kohlenstoffelimination	$OV_{d,C}$	3219 kg/d
aus Nitrifikation	$OV_{d,N}$	2767 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	$OV_{d,D}$	-1525 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV_d	4461 kg/d
Stoßfaktor für C-Elimination	f_C	1,20 -

Maksimalne
godzinowe
zapotrzebowanie
na tlen

Obliczenia dla
minimalnej
temperatury
ścieków

Dobowa produkcja
suchej masy

Dobowe
zapotrzebowanie
na tlen

Belebungsbecken, Lastfall maximaler Sauerstoffbedarf:

Temperatur im Belebungsbecken T 20,0 Grad C

Stickstoffbilanz:

Zulauf: C _{KN} + S _{NO3}	CN	133,2 mg/l
im Schlamm gebunden	X _{orgN,BM}	8,6 mg/l
Ammonium im Ablauf	S _{NH4,AN}	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	S _{orgN,AN}	2,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	S _{NO3,N}	113,1 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	S _{NO3,AN}	13,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	S _{NO3,D}	100,1 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	V _{D/VBB}	0,45 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	S _{NO3,D}	98,7 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	S _{NO3,D}	98,7 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	S _{NO3,AN}	14,3 mg/l
Minimal erforderliche Rückführung	RF	7,70 -

Obliczenia dla
maksymalnego
zapotrzebowania
na tlen

Phosphorelimination:

Volumen des anaeroben Mischbeckens	V _{BioP}	350 m ³
Kontaktzeit im anaeroben Mischbecken (bei Q _t , RV=1)	t _{BioP}	0,6 h
Phosphor im Zulauf	C _{P,ZB}	30,4 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	X _{P,BM}	5,5 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	X _{P,BioP}	7,7 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	S _{PO4,AN}	1,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	S _{PO4,AN}	1,0 mg/l
gefällter Phosphor	X _{P,Fall}	16,1 mg/l
Fällmittel: Zweiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	262,0 kg Me/d

Schlammrockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlammrockensubstanz im Ablauf BB	TS _{AB}	3,44 kg/m ³
Gewählte Schlammrockensubstanz im Ablauf BB	TS _{AB}	3,44 kg/m ³

Schlammalter und Belastungskennwerte:

Vorhandenes Schlammalter	t _{TS}	14,4 d
Vorhandenes aerobes Schlammalter	t _{TS,aer.}	7,9 d
Vorhandener Prozessfaktor	PF	3,81 -

Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	Ü _{Sd,C}	2571 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	Ü _{Sd,BioP}	138 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	Ü _{Sd,F}	650 kg/d
Schlammproduktion gesamt	Ü _{Sd}	3359 kg/d

Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	OV _{d,C}	3654 kg/d
aus Nitrifikation	OV _{d,N}	2917 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	OV _{d,D}	-1718 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV _d	4853 kg/d
Stoßfaktor für C-Elimination	f _C	1,20 -
Stoßfaktor für Nitrifikation	f _N	1,60 -
Maximaler stündl. Sauerstoffverbrauch	OV _h	275,1 kg/h

Maksimalne
dobowe
zapotrzebowanie
na tlen

Maksimalne
godzinowe
zapotrzebowanie
na tlen

Belebungsbecken, Sonderlastfall Prozess:

Temperatur im Belebungsbecken T 15,0 Grad C

Stickstoffbilanz:

Zulauf: $C_{KN} + S_{NO3}$	CN	109,0 mg/l
im Schlamm gebunden	$X_{orgN,BM}$	7,5 mg/l
Ammonium im Ablauf	$S_{NH4,AN}$	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	$S_{orgN,AN}$	2,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	$S_{NO3,N}$	92,6 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	$S_{NO3,AN}$	13,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	$S_{NO3,D}$	79,6 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	V_D/V_{BB}	0,45 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	$S_{NO3,D}$	83,8 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	$S_{NO3,D}$	79,6 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	$S_{NO3,AN}$	13,0 mg/l
Minimal erforderliche Rückführung	RF	6,12 -

Obliczenia dla
średnich warunków
eksploatacyjnych

Phosphorelimination:

Volumen des anaeroben Mischbeckens	V_{BioP}	350 m ³
Kontaktzeit im anaeroben Mischbecken (bei Q_t , $RV=1$)	t_{BioP}	0,6 h
Phosphor im Zulauf	$C_{P,ZB}$	23,0 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	$X_{P,BM}$	4,5 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	$X_{P,BioP}$	6,3 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	$S_{PO4,AN}$	1,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	$S_{PO4,AN}$	1,0 mg/l
gefällter Phosphor	$X_{P,Fäll}$	11,2 mg/l
Fällmittel: Zweiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	182,6 kg Me/d

Schlammrockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlammrockensubstanz im Ablauf BB	TS_{AB}	3,44 kg/m ³
Gewählte Schlammrockensubstanz im Ablauf BB	TS_{AB}	3,44 kg/m ³

Schlammalter und Belastungskennwerte:

Vorhandenes Schlammalter	t_{TS}	19,7 d
Vorhandenes aerobes Schlammalter	$t_{TS,aer.}$	10,8 d
Vorhandener Prozessfaktor	PF	3,18 -

Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	$\dot{U}_{Sd,C}$	1903 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	$\dot{U}_{Sd,BioP}$	112 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	$\dot{U}_{Sd,F}$	454 kg/d
Schlammproduktion gesamt	$\dot{U}_{Sd}$	2469 kg/d

Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	$OV_{d,C}$	3100 kg/d
aus Nitrifikation	$OV_{d,N}$	2389 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	$OV_{d,D}$	-1385 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV_d	4104 kg/d
Stoßfaktor für C-Elimination	f_C	1,20 -
Stoßfaktor für Nitrifikation	f_N	1,60 -
Maximaler stündl. Sauerstoffverbrauch	OV_h	230,7 kg/h

Dobowe
zapotrzebowanie
na tlen

Godzinowe
zapotrzebowanie
na tlen

OBLICZENIA DLA OSADNIKÓW WTÓRNYCH

Nachklärung

Beckentyp: Rundbecken

Art der Durchströmung: Übergangsbereich horiz./vertikal

Räumertyp: Schildräumer

Maßgebende Wassermenge Q_m 576 m³/h

Schlammindex, Eindickzeit, Rücklaufverhältnis:

Schlammindex, gewählt	ISV	120 l/kg
Eindickzeit des Schlammes, gewählt	tE	2,0 h
Schlamm Trockensubstanz an der Beckensohle	TSBS	10,5 kg/m ³
Gewähltes Verhältnis TS _{RS} /TS _{BS}		0,70 -
Schlamm Trockensubstanz im Rücklaufschlamm	TS _{RS}	7,3 kg/m ³
Rücklaufverhältnis bei RW, gewählt	RV	0,88 -
Zulässige Schlamm Trockensubstanz im Zulauf	TS _{ZN}	3,44 kg/m ³
Gewählte Schlamm Trockensubstanz im Zulauf	TS _{ZN}	3,44 kg/m ³

Beckenoberfläche, Anzahl und Abmessungen:

Zulässige Schlammvolumenbeschickung	qSV	575 l/(m ² *h)
Zulässige Flächenbeschickung	qA	1,80 m/h
Erf. Gesamt-Beckenoberfläche	ANB	414 m ²
Anzahl der Becken	a	2
Erforderlicher Durchmesser	D _{NB}	16,38 m
Gewählter Durchmesser	D _{NB}	18,00 m
Durchmesser des Mittelbauwerks	D _{MB}	2,25 m
Vorhandene Beckenoberfläche	ANB	501 m ²
Vorhandene Schlammvolumenbeschickung	qSV	475 l/(m ² *h)
Vorhandene Flächenbeschickung	qA	1,15 m/h

Beckentiefe:

Klarwasserzone	h ₁	0,50 m
Übergangs- und Pufferzone	h ₂₃	2,65 m
Eindick- und Räumzone	h ₄	1,42 m
Maßgebende Beckentiefe	h _{ges}	4,57 m

Wymagana
głębokość
osadników
wtórnych

Einlaufbauwerk:

Tiefe des Einlaufs unter WSP	h _e	3,45 m
Volumen der Einlaufkammer	V _E	13,5 m ³
Höhe des Einlaufschlitzes	h _{SE}	0,50 m
Querschnittsfläche des Zulauf(düker)s	A _{ZD}	0,13 m ²
Eintrittsgeschwindigkeit in die Zulaufkammer	v _{ZD}	1,20 m/s
Aufenthaltszeit in der Zulaufkammer	t _{EB}	90 s
In die Zulaufkammer eingetragene Leistung	P _E	108 Nm/s
Turbulente Scherbeanspruchung	G	89,5 1/s
Densimetrische Froude-Zahl	Fr _D	0,667 -

OBLICZENIA ZAPOTRZEBOWANIA NA TLEN I POWIETRZE

BELÜFTUNG:

Lastfall:		Max. OV	Mittl. OV	Min. OV
-----------	--	------------	--------------	------------

Lastfallspezifische Daten:

Erf. Sauerstoffzufuhr unter Betriebsbed.	Alpha*SOTR	330	234	139 kg/h
Alpha-Wert	Alpha	0,60	0,60	0,60 -
Salzkonzentration	TDS	500	500	500 mg/l
Atm. Luftdruck (bezogen auf NN)	Pamb	1013	1013	1013 hPa
O2-Sättigungswert	cs	11,0	12,0	12,2 mg/l
O2-Sollwert im Betrieb	cx	2,0	2,0	2,0 mg/l
Erf. Sauerstoffzufuhr in Reinwasser	SOTR	550	391	232 kg/h

System:

Gewähltes Belüftungssystem:	Druckbelueftung			
Bezeichnung der Belüfter:	Feinblasiger Tellerbelüfter Typ A			
Einblastiefe	h _E	4,80 m		
		Maximum	Mittel	Minimum
Erf. Sauerstoffzufuhr in Reinwasser	SOTR	549,8	390,7	232,1 kg/h
Vorh. Sauerstoffzufuhr in Reinwasser	SOTR	567,8	390,7	259,2 kg/h
Vorh. Luftvolumenstrom	QL	7597	3126	2700 m ³ N/h

8.2.3 Osadnik wstępny (obiekt 202)

Osadnik wstępny ma za zadanie sedymentację ciężkiej suchej masy zawartej w ściekach. Te składniki ścieków tworzą osad wstępny, który zawiera dużo substancji organicznych, które generują największą część produkcji biogazu podczas procesu fermentacji.

Wymiarujący dopływ do OŚ Falenty	291,70	m ³ /h
Projektowany czas zatrzymania ścieków w osadniku wstępnym	30 do 45	minut
Możliwa objętości osadnika wstępnego	146 do 220	m ³ /h
Wybrana pojemność osadnika wstępnego	160	m ²
	Długość czynna	20,00 m
	Szerokość	4,00 m
	Głębokość	2,00 m
Czas zatrzymania ścieków w osadniku w odniesieniu do dopływu wymiarującego	33	minuty
prognostyczny dopływ średniodobowy dla stanu prognozowanego	210,90	m ³ /h
	odpowiedni czas zatrzymania	45 minut
maksymalne hydrauliczne obciążenie powierzchni osadnika	291,70/160 =	1,8 m/h
średnie hydrauliczne obciążenie powierzchni osadnika	210,90/160 =	1,3 m/h

Osad będzie zgarniany do jednego leja osadowego. Głębokość dna leja osadowego wynosi 5,03 m, a ściany leja osadowego muszą mieć nachylenia 60 stopni. Budowlę osadnika przedstawiono na planie nr 201805.1-3-3.2 Osadnik musi być wyposażony w zgarniacz tarczowy jeżdżący na jego bocznych ścianach lub też w zgarniacz łańcuchowy poruszający się wewnątrz komory osadnika. W obu przypadkach należy przewidzieć urządzenia do zgarniania i odprowadzania osadu pływającego.

Łączna moc napędu zgarniacza i systemu usuwania osadu pływającego	2,00	kW
Pobór mocy przez napędy	1,60	kW
Dobowy czas pracy napędów	6	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną $1,6 \times 6 =$	9,60	kWh

8.2.4 Komory predenitryfikacji osadu recykulowanego i biologicznej defosfatacji (obiekt nr 203)

Komora predenitryfikacji osadu recykulowanego – komora wewnętrzna

Wymiarujący dopływ do OŚ Falenty	291,70	m ³ /h
Minimalny stopień recykulacji	0,88	
Minimalny dopływ osadu recykulowanego do komory	256,70	m ³ /h
Założony wymiarujący czas zatrzymania w komorze	50	minut
Minimalna pojemność komory predenitryfikacji $50 \times 256,70/60 =$	214	m ³
Zaprojektowana pojemność komory predenitryfikacji	221	m ³

Urządzenie mieszające	mieszadło szybkoobrotowe	
Ilość mieszadeł	1	szt.
Średnica śmigła	300	mm
Pobór mocy	1,8	kW
Dobowy czas pracy	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	43,2	kWh/d

Komora predenitryfikacji osadu recykulowanego jest zintegrowana w jednej cylindrycznej budowli z komorą biologicznej defosfatacji. Szczegóły tego rozwiązania pokazane są na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-2.1.

Komora biologicznej defosfatacji - komora zewnętrzna

Wymiarujący dopływ do OŚ Falenty	291,70	m ³ /h
Zalecany czas zatrzymania w komorze w odniesieniu do dopływu	1 do 1,5	h
Wybrana objętość komory biologicznej defosfatacji	352	m ³
Wybrany czas zatrzymania $352/291,70 =$	1,2	h
Urządzenie mieszające	mieszadło szybkoobrotowe	
Ilość mieszadeł	1	szt.
Średnica śmigła	300	mm
Pobór mocy	1,8	kW
Dobowy czas pracy	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	43,2	kWh/d

Komora biologicznej defosfatacji jest zintegrowana w jednej cylindrycznej budowli z komorą predenitryfikacji osadu recykulowanego. Szczegóły tego rozwiązania pokazane są na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-2.1. Obie komory będą wyposażone w kanał obejściowy. Obie komory będą wyposażone w pomost obsługowy, do którego będą przymocowane mieszadła.

Za komorą biologicznej defosfatacji strumienie ścieków muszą się rozdzielić na dwa ciągi technologiczne komór osadu czynnego:

- Ciąg zlokalizowany w starych komorach (komora CAROUSELL, czyli obiekt nr 15 i reaktory biologiczne, czyli obiekt nr 16). Pojemność wszystkich komór osadu czynnego tego ciągu wynosi 8.640 m³.
- Ciąg zlokalizowany w nowych komorach osadu czynnego (obiekt nr 204). Pojemność wszystkich komór osadu czynnego tego ciągu zależy od przyjętego stężenia suchej masy w komorach osadu czynnego. Dalsze informacje na ten temat opisane są w następnym punkcie.

Stosunek podziału strumieni ścieków musi odpowiadać stosunkowi objętości komór osadu czynnego w obu ciągach.

8.2.5 Komory osadu czynnego – obiekty nr 15, 16 i 204

Dla różnych wartości indeksu osadu uzyskano następujące wielkości komór osadu czynnego:

ISV	Stężenie suchej masy w komorach osadu czynnego	Całkowita pojemność komór	Pojemność komór denitryfikacji	Pojemność komór nitryfikacji
120 l/kg	3,44 kg s.m./m ³	14.200 m ³	6.390 m ³	7.810 m ³
135 l/kg	3,15 kg s.m./m ³	16.000 m ³	7.200 m ³	8.800 m ³
150 l/kg	2,75 kg s.m./m ³	18.000 m ³	8.100 m ³	9.900 m ³

W zależności od przyjętego stężenia suchej masy w komorach osadu czynnego uzyskuje się inny podział strumieni hydraulicznych w komorze rozdziału za biologiczną defosfatacją.

ISV	Całkowita pojemność komór	Pojemność komór w ciągu CAROUSELL	Pojemność komór w nowych komorach	Stosunek rozdziału strumienia ścieków
120 l/kg	14.200 m ³	8.640 m ³	5.560 m ³	60,8%/39,2%
135 l/kg	16.000 m ³	8.640 m ³	7.360 m ³	54,0%/46,0%
150 l/kg	18.000 m ³	8.640 m ³	9.360 m ³	48,0%/52,0%

Na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-2.1 narysowane są komory osadu czynnego o całkowitej pojemności ok. 16.000 m³. Wszystkie dalsze obliczenia technologiczne i ekonomiczne przeprowadzono dla tej objętości komór osadu czynnego ze względu na fakt, że w aktualnym stadium projektowym jest to najbardziej bezpieczne założenie. W trakcie dalszych etapów projektowania można będzie w uzasadnionych przypadkach założyć mniejszą pojemność komór osadu czynnego.

W celu realizacji założeń przeprowadzonych obliczeń założono:

- Przebudowę wszystkich komór CAROUSELL na komory denitryfikacji i wyposażenie ich w odpowiednie nowe mieszadła.
- Bezpośrednie połączenie komór CAROUSELL z obiektem nr 16 (aktualne reaktory biologiczne) z ominięciem osadników wtórnych należących do ciągu CAROUSELL (czyli obiektów nr 18.1 i 18.2).
- Obecna komora denitryfikacji w obiekcie nr 16 będzie wykorzystywana w zależności od potrzeb jako powiększenie komory denitryfikacji lub jako część komory nitryfikacji. W tym celu będzie wyposażona w nowe dyfuzory do napowietrzania oraz w nowe mieszadła. Pojemność istniejącej komory denitryfikacji wynosi 2.880 m³, co stanowi 33,3% całkowitej pojemności istniejących komór osadu czynnego.

- Obecna komora nitryfikacji w obiekcie nr 16 będzie wykorzystywana częściowo jako komora denitryfikacji, a częściowo jako komora nitryfikacji. Istniejące komory denitryfikacji (obiekty 16.1 i 16.3) muszą zostać podzielone na dwie komory, ze względu na konieczność powiększenia komory nitryfikacji do 45% ogólnej pojemności komór osadu czynnego. Pozostałe komory obiektu nr 16 będą nominalnie użytkowane jako komory nitryfikacji, jednakże wszystkie komory powstałe z podziału istniejących komór 16.1 i 16.3 zostaną wyposażone w nowe dyfuzory napowietrzające i w mieszadła, co pozwoli na ich użytkowanie w zależności od aktualnych potrzeb eksploatacyjnych.
- Pomędzy komorami nitryfikacji w obiekcie 16, a dopływem do komór denitryfikacji w obiekcie 15 jest przewidziane stworzenie nowego systemu rurociągów recyrkulacji wewnętrznej wraz z odpowiednimi pompami, przystosowanego do wytworzenia maksymalnego strumienia recyrkulacji wewnętrznej wynoszącego ok. 500% wymiarującego dopływu do OŚ.
- Łączna pojemność komór osadu czynnego w istniejących reaktorach wynosi 8.640 m^3 . Z tego względu konieczna jest dobudowa nowych komór osadu czynnego o łącznej pojemności $16.000 - 8.640 = 7.360 \text{ m}^3$. Przewidziano dobudowanie komór denitryfikacji i nitryfikacji w dwóch ciągach prostokątnych zbiorników o łącznej pojemności 7.412 m^3 (obiekt nr 204 na planie nr 201805.1-1-2.1). Łączna pojemność komór denitryfikacji wynosi 3318 m^3 co stanowi ok. 45% objętości całkowitej tego ciągu komór osadu czynnego. Komory nitryfikacji każdego ciągu podzielono na 2 mniejsze części, z których pierwsza będzie mogła służyć jako komora denitryfikacji lub nitryfikacji, w zależności od bieżących warunków eksploatacyjnych. Nowe komory denitryfikacji będą wyposażone w odpowiednie mieszadła przymocowane do pomostów obsługowych. Komory denitryfikacji lub nitryfikacji zostaną wyposażone zarówno w dyfuzory do napowietrzania, jak i w odpowiednie mieszadła. Uruchamianie mieszadeł podczas działania systemu napowietrzania może prowadzić do zniszczenia mieszadeł, więc należy przy pomocy odpowiednich blokad w systemie sterowania wyeliminować powstanie takiej możliwości. W ten sposób powstaną 2 ciągi oczyszczania ścieków metoda osadu czynnego obciążone w stosunku 54%/46%, zgodnie z uprzednio omówionym podziałem.
- Pomędzy komorami nitryfikacji w obiekcie 204 (obiekty 204.5 i 204.10), a komorami denitryfikacji nr 204.1 i 204.6 jest przewidziane stworzenie nowego systemu rurociągów recyrkulacji wewnętrznej wraz z odpowiednimi pompami przystosowanego do wytworzenia maksymalnego strumienia recyrkulacji wewnętrznej wynoszącego ok. 500% wymiarującego dopływu do OŚ.
- Odpływy z komór nitryfikacji nowego i istniejącego ciągu komór osadu czynnego spotkają się w komorze odpływowej obiektu nr 16, po czym wspólnym istniejącym kanałem dopłyną do istniejącej komory rozdziału nr. 17.

Szczegóły zaproponowanego tutaj rozwiązania pokazane są na planie sytuacyjnym nr 201805.1.-1-2.1.

8.2.6 Recyrkulacja wewnętrzna

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń założono, że maksymalny stopień recyrkulacji wyniesie 600%. Zgodnie z obliczeniami stopień recyrkulacji osadu recyrkulowanego powinien wynosić 88%. Czyli wielkością wymiarującą dla recyrkulacji wewnętrznej jest 512%

Miarodajny dopływ do OŚ Falenty		291,70	m^3/h
Całkowity strumień recyrkulacji wewnętrznej	$512\% \times 219,7 \text{ m}^3/\text{h} =$	1.500	m^3/h
Całkowity strumień recyrkulacji wewn. dla ciągu „CAROUSELL”	$56\% \times 1500 \text{ m}^3/\text{h} =$	840	m^3/h
	z tego 50%	420	m^3/h
Całkowity strumień recyrkulacji wewn. dla nowego ciągu	$1500 - 840 =$	660	m^3/h
	z tego 50%	330	m^3/h

Ciąg istniejących komór osadu czynnego

Wybrana średnica rurociągu recyrkulacji wewnętrznej	DN400	
Całkowity strumień recyrkulacji	840	m ³ /h
Strumień recyrkulacji dla 50% ciągu	420	m ³ /h
Całkowita wysokość podnoszenia	ok. 4,0	m
Zapotrzebowanie na moc	ok. 6,5	kW
Sprawność silnika	90%	
Założony pobór mocy	7,15	kW
Zainstalowana moc napędu	11,0	kW
Czas pracy pomp	24	h/d
Ilość pomp	2	szt
Zużycie energii elektrycznej w ciągu doby	343,2	kWh/d

Ciąg nowych komór osadu czynnego

Wybrana średnica rurociągu recyrkulacji wewnętrznej	DN300	
Całkowity strumień recyrkulacji	660	m ³ /h
Strumień recyrkulacji dla 50% ciągu	330	m ³ /h
Całkowita wysokość podnoszenia	ok. 3,0	m
Zapotrzebowanie na moc	ok. 5,4	kW
Sprawność silnika	90%	
Założony pobór mocy	3,8	kW
Zainstalowana moc napędu	4,2	kW
Czas pracy pomp	24	h/d
Ilość pomp	2	szt
Zużycie energii elektrycznej w ciągu doby	201,6	kWh/d

Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną - recyrkulacja wewnętrzna 544,8 kWh/d

Do określenia zapotrzebowania na energię skorzystano z danych odpowiednio zwymiarowanych pomp firmy KSB. Pompy firmy KSB określają minimalny wymagany standard jakościowy.

8.2.7 Dmuchawy, mieszadła i system napowietrzania

Zgodnie z danymi obliczonymi przy pomocy programu „Belebungsexpert” (patrz punkt nr 8.2.2) napowietrzanie ścieków w komorach nitryfikacji osadu czynnego należy zaprojektować na następujące wartości brzegowe:

Maksymalne zapotrzebowanie na tlen		332	kgO ₂ /h
Maksymalne zapotrzebowanie na powietrze	odpowiednio	7.600	m ³ N/h
Średnie zapotrzebowanie na tlen		234	kgO ₂ /h
Średnie zapotrzebowanie na powietrze	odpowiednio	3.126	m ³ N/h
Minimalne zapotrzebowanie na tlen		139	kgO ₂ /h
Minimalne zapotrzebowanie na powietrze	odpowiednio	2.700	m ³ N/h

DMUCHAWY

Proponuje się zastosowanie następujących nowych dmuchaw:

Ilość dmuchaw głównych	3	szt.
Ilość dmuchaw rezerwowych	1	szt.
Typ dmuchaw	dmuchawy śrubowe	
Założony producent dmuchaw uznawanych za referencyjne	KAESER Kompressoren	
Typ dmuchawy przyjęty do dalszych obliczeń	FBS 660 L SFC	
Maksymalna wydajność 1 dmuchawy	42,5 m ³ N/min	2.550 m ³ N/h
Wytwarzane ciśnienie		600 mbar
Przyjęta głębokość zanurzenia dyfuzorów		
Zakres regulacji wydajności falownikiem	15-42,5	m ³ N/min
Maksymalna wydajność 3 dmuchaw głównych	7.650	m ³ N/h
Moc silnika każdej dmuchawy	45,0	kW
Pobór mocy prze maksymalnej wydajności	42,5	kW

Do obliczeń średniodobowego zapotrzebowania na energię przyjęto, że średniogodzinowe zapotrzebowanie powietrza do napowietrzania wyniesie 50% zapotrzebowania maksymalnego, czyli 3.800 m³N/h.

Dobowa ilość powietrza tłoczonego przez dmuchawy	3.800 x 24 =	91.200	m ³ N/d
Wymagany czas pracy dmuchaw	91.200 / 2.550 =	35,76	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	35,76 h x 42,5 kW =	1.520	kWh/d

Zdecydowano się na pominięcie użytkowania istniejących dmuchaw ze względu na ich duże zużycie energii elektrycznej:

Ilość dmuchaw głównych		3	szt.
Ilość dmuchaw rezerwowych		1	szt.
Wydajność nominalna dmuchaw		29,5	m³N/min
	odpowiednio	1.770	m³N/h
Maksymalna wydajność 3 dmuchaw		88,5	m³N/min
	odpowiednio	5.310	m³N/h
Moc silnika każdej dmuchawy		55,0	kW
Pobór mocy przy maksymalnej wydajności		48,0	kW
Dobowa ilość powietrza tłoczonego przez dmuchawy	3.800 x 24 =	91.200	m³N/d
Wymagany czas pracy dmuchaw	91.200 / 1.770 =	51,53	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	51,53 h x 48 kW =	2.474	kWh/d

Zaproponowane nowe dmuchawy firmy Kaeser Kompressoren zużywają ok. 38% mniej energii elektrycznej od dmuchaw aktualnie zainstalowanych.

MIESZADŁA

Komora denitryfikacji – obiekt nr 15 - część okrągła o średnicy ok. 11 m

Ilość mieszadeł w komorze	1	szt.
Ilość komór	2	szt.
Głębokość komór	3,00	m
Urządzenie mieszające	mieszadło szybkoobrotowe	
Ilość mieszadeł w obu komorach	1	szt.
Średnica śmigła	300	mm
Pobór mocy	1,8	kW
Dobowy czas pracy	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	43,2	kWh/d

Komora denitryfikacji – obiekt nr 15 - część owalna

Ilość mieszadeł w komorze	2	szt.
Ilość komór	2	szt.
Głębokość komór	3,00	m
Urządzenie mieszające	mieszadło wolnoobrotowe	
Ilość mieszadeł w obu komorach	4	szt.
Średnica śmigła	1200	mm
Pobór mocy	2,5	kW
Dobowy czas pracy	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	240,0	kWh/d

Komora denitryfikacji – obiekt nr 16 - część prostokątna

Ilość mieszadeł w komorze	1	szt.
Ilość komór	2	szt.
Głębokość komór	5,03	m
Urządzenie mieszające	mieszadło wolnoobrotowe	
Ilość mieszadeł w obu komorach	2	szt.
Średnica śmigła	1400	mm
Pobór mocy	2,0	kW
Dobowy czas pracy	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	96,0	kWh/d

Komora nirtyfikacji i denitryfikacji – obiekt nr 16 - część prostokątna

Ilość mieszadeł w komorze	1	szt.
Ilość komór	2	szt.
głębokość komór	5,03	m
Urządzenie mieszające	mieszadło wolnoobrotowe	
Ilość mieszadeł w obu komorach	2	szt.
Średnica śmigła	1400	mm
Pobór mocy	2,0	kW
Dobowy czas pracy (25% czasu w roku)	6	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	24,0	kWh/d

Komora denitryfikacji – obiekt nr 204 (obiekty 204.1 do 204.3 i 204.6 do 204.8)

Ilość mieszadeł w komorze	1	szt.
Ilość komór	6	szt.
Głębokość komór	5,03	m
Urządzenie mieszające	mieszadło szybkoobrotowe	
Ilość wszystkich mieszadeł w komorach	6	szt.
Średnica śmigła	1400	mm
Pobór mocy	2,0	kW
Dobowy czas pracy	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	228,0	kWh/d

Komora denitryfikacji – obiekt nr 204 (obiekty 204.4 i 204.9)

Ilość mieszadeł w komorze	1	szt.
Ilość komór	2	szt.
Głębokość komór	5,03	m
Urządzenie mieszające	mieszadło szybkoobrotowe	
Ilość wszystkich mieszadeł w komorach	2	szt.
Średnica śmigła	1400	mm
Pobór mocy	2,0	kW
Dobowy czas pracy (25% czasu w roku)	6	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	24,0	kWh/d

Suma poboru dobowego mocy przez mieszadła w komorach osadu czynnego 655,2 kWh/d

Dane dotyczące wyboru mieszadeł i mocy ich napędów ustalono na podstawie ofert budżetowych sporządzonych przez firmę KSB. Produkty tej firmy są proponowanym wyznacznikiem jakości dla wszystkich produktów alternatywnych.

SYSTEM NAPIOWIETRZANIA

Dla wszystkich komór napowietrzanych wybrano drobnopęcherzykowe systemy napowietrzania dyfuzorami talerzowymi z membranami z elastomeru EPDM. Jako wyznacznik jakości systemu napowietrzania przyjęto dyfuzory dyskowe 9” Sanitaire SILVER II firmy Xylem.

System napowietrzający dla obiektu nr 16:

Sposób działania: drobnopęcherzykowe, wgłębne napowietrzanie ścieków za pomocą dyskowych dyfuzorów membranowych.

Gwarantowany maksymalny transfer tlenu

w warunkach standardowych dla jednego ciągu: $SOR_{max}=186 \text{ kgO}_2/\text{h}$

przy docelowej dostawie powietrza nie wyższej niż $Q_p=2.254 \text{ m}^3\text{N}/\text{h}$

Maksymalne ciśnienie na wejściu do nowego systemu nie wyższe niż $p=54,6 \text{ kPa}$ dla maksymalnej ilości powietrza $2.254 \text{ m}^3\text{N}/\text{h}$.

Wykorzystanie tlenu nie mniejsze niż: $SOTE=27,6\%$.

Wartość SOTE wyznaczona dla całego systemu napowietrzania podana w odniesieniu do zawartości substancji rozpuszczonych w ściekach w ilości $500\text{mg}/\text{l}$

System napowietrzający dla obiektu nr 204:

Sposób działania: drobnopęcherzykowe, wgłębne napowietrzanie ścieków za pomocą dyskowych dyfuzorów membranowych.

Gwarantowany maksymalny transfer tlenu

w warunkach standardowych dla jednego ciągu: $SOR_{max}=146 \text{ kgO}_2/\text{h}$

przy docelowej dostawie powietrza nie wyższej niż $Q_p=1.810 \text{ m}^3\text{N}/\text{h}$

Maksymalne ciśnienie na wejściu do nowego systemu nie wyższe niż $p=54,6 \text{ kPa}$ dla maksymalnej ilości powietrza $1.810 \text{ m}^3\text{N}/\text{h}$.

Wykorzystanie tlenu nie mniejsze niż: $SOTE=27,1\%$.

Wartość SOTE wyznaczona dla całego systemu napowietrzania podana w odniesieniu do zawartości substancji rozpuszczonych w ściekach w ilości $500\text{mg}/\text{l}$

Rurociągi doprowadzające powietrze do istniejących komór napowietrzania będą wystarczające również w przyszłości. Do nowych komór osadu czynnego przewiduje się doprowadzenie osobnych rurociągów. W celu regulacji dopływu powietrza do poszczególnych sekcji należy wyposażyć rurociągi rozprowadzające w odpowiednio umieszczone zawory regulacyjne.

Sterowanie systemem napowietrzania musi być realizowane za pomocą odpowiednio rozmieszczonych sond tlenowych, które będą regulować moc dmuchaw i zawory regulacyjne w taki sposób, aby stężenie tlenu w komorach osadu czynnego zawsze było na tym samym zadanym poziomie.

8.2.8 Osadniki wtórne (obiekty 18.3 i 18.4)

Istniejące osadniki wtórne są w dobrym stanie technicznym – zarówno budowlę ich część budowlana, jak i wyposażenie techniczne.

Średnica każdego osadnika	D =	18,00	m
Powierzchnia każdego osadnika	A =	254	m ²
Miarodajna głębokość każdego osadnika	T =	4,58	m

Wymiarowanie osadników zostało wykonane przy pomocy programu „Belebungsexpert” i jest przedstawione w punkcie nr 8.1.2. Istniejące osadniki nie wymagają przebudowy i nadają się do sedimentacji osadu czynnego z opisanego uprzednio biologicznego stopnia oczyszczania ścieków bez żadnych przeróbek. Należy jednak sprawdzić wysokość płyty zgarniającej osad do leja osadowego, ponieważ nie powinna być ona niższa niż 50 cm.

Odprowadzanie osadu pływającego, czyli tzw. części pływających nie ulegnie zmianie.

Płóć zgarniaczy	2	szt.
Łączna moc napędów zgarniaczy i systemów usuwania osadu pływającego	3,00	kW
Pobór mocy przez napędy	2,00	kW
Dobowy czas pracy napędów	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną $2,0 \times 2 \times 24 =$	96,0	kWh

8.2.9 Chemiczna eliminacja związków fosforu

Oczyszczalnia Falenty wyposażona jest w sprawną instalację do dozowania koagulantów PIX i PAX do odpływu z istniejących komór osadu czynnego. W ramach realizacji tego wariantu należy przedłużyć przewodu koagulantów do komory odpływowej z obiektu nr 204.

Niezależnie od biologicznej defosfatacji przewiduje się konieczność chemicznej eliminacji związków fosforu. Średnie zapotrzebowanie na żelazo zawarte w koagulantach wyniesie ok. 60 do 70 kg/d.

Nie jest wykluczone, że przy dobrze działającej biologicznej defosfatacji dozowanie koagulantów będzie znacznie ograniczone.

8.2.10 Pompownia osadu recykulowanego i nadmiernego (obiekt nr. 19.2)

Aktualna pompownia osadu recykulowanego i nadmiernego składa wyposażona jest w następujące pompy zatapialne:

Wyposażenie techniczne	4 pompy	firma ABS-SULZER: XFP100C-CB1.2-PE29/4-D01	
	$H_{\max} = 13 \text{ m}$;	$Q_{\max} = 44 \text{ l/s}$;	$P_1 = 3,4 \text{ kW}$; $P_2 = 2,95 \text{ kW}$
Wydajność hydrauliczna jednej pompy osadu recykulowanego		ok. 158	m^3/h
Założona wydajność dwóch pomp osadu recykulowanego	$158 \text{ m}^3/\text{h} \times 1,6 =$	252	m^3/h

Aktualnie pompownia tłoczy osad recykulowany do istniejącej komory predenitryfikacji osadu recykulowanego zlokalizowanej w KLARBLOKU, czyli w istniejącym obiekcie nr 13. Osad nadmierny tłoczony jest do obiektu nr 23, czyli do niedużego zagęszczacza grawitacyjnego służącego do zagęszczania osadu przed odwodnieniem na prasie taśmowej znajdującej się w obiekcie nr 24. Budowla pompowni osadu recykulowanego i nadmiernego jest w dobrym stanie i nie wymaga przebudowy.

Miarodajny dopływ do OŚ Falenty		291,70	m^3/h
Niezbędny strumień osadu recykulowanego	$88\% \times 291,7 =$	257	m^3/h
Zalecany zakres regulacji strumienia osadu recykulowanego			
	minimum: $0,60 \times 291,7 =$	175	m^3/h
	maximum: $1,2 \times 291,7 =$	350	m^3/h
Statyczna wysokość podnoszenia osadu recykulowanego		5,0	m
<u>przybliżone straty na armaturach i rurociągu</u>		ok. 5,0	m
maksymalna wysokość podnoszenia		ok. 10,0	m

Paramenty istniejących pomp są prawdopodobnie wystarczające, aby spełniać powyższe warunki pracy. Autorzy niniejszego opracowania zakładają jednak, że czas technicznej żywotności zainstalowanych w 2006 roku pomp dobiega powoli końca. Dlatego proponuje się zainstalowanie w istniejącej budowli pomp zatapialnych o następujących parametrach:

maksymalna wysokość podnoszenia przy pracy 2 pomp		ok. 10,0	m
Wydajność hydrauliczna przy pracy 2 pomp		ok. 350	m^3/h
Wydajność hydrauliczna 1 pompy		ok. 257	m^3/h
Minimalna wydajność 2 pompy sterowanej przy pomocy falownika		ok. 175	m^3/h
Ilość pomp głównych		2	szt.
Ilość pomp rezerwowych		1	szt.
Pobór mocy		ok. 9,5	kW
Nominalna moc silnika		11	kW
Założony średniogodzinny strumień osadu		257	m^3/h
Założony dobowy czas pracy pomp osadu recykulowanego		24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	$24 \times 9,5 =$	228,0	kWh/d

Osad nadmierny będzie odprowadzany do grawitacyjnego zagęszczacza osadu zlokalizowanego w przebudowanym KLARBLOKU, czyli w obiekcie nr 13. Rozdział osadu nadmiernego od osadu recykulowanego będzie następował w komorze rozdziału osadów (obiekt nr 205) przy pomocy przepływomierza połączonego z zasuwą regulującą przepływ. Ilość odprowadzanego osadu czynnego będzie regulowana prze pomocy pomiaru stężenia suchej masy w komorach osadu czynnego.

Pomiar strumienia osadu recykulowanego będzie również zlokalizowany w nowej budowli nr 205.

8.2.11 Energochłonność wariantu SBOŚ2

Zapotrzebowanie na energię elektryczną dla omawianego wariantu biologicznego stopnia oczyszczania ścieków wynosi:

1. Zgarniacz w osadniku wstępnym		9,6	kWh/d
2. Mieszadła w obiekcie nr 203	2 x 43,2 kWh/d	86,4	kWh/d
3. Recyrkulacja wewnętrzna	wszystkie pompy	544,8	kWh/d
4. Dmuchawy	zgodnie z punktem 8.2.7	1.520,0	kWh/d
5. Mieszadła w komorach osadu czynnego	zgodnie z punktem 8.2.7	655,2	kWh/d
6. Napędy osadników wtórnych		96,0	kWh/d
7. <u>Tłoczenie osadu recyrkulowanego i nadmiernego</u>		<u>228,0</u>	<u>kWh/d</u>
Suma		3.140,0	kWh/d
inne napędy jak np. sondy, mierniki ok 5 %		160,0	kWh/d
Oszacowane zużycie energii elektrycznej dla biologii wariantu SBOŚ2		3.300,0	kWh/d

Założona średniodobowa ilość ścieków w okresie perspektywicznym	6.000	m ³ /d
Jednostkowe zapotrzebowanie na energię dla wariantu SBOŚ2	3.300/6000 =	0,550 kWh/m³

8.3 Stopień biologicznego oczyszczania ścieków – Wariant SBOŚ3

Części składowe tego wariantu biologicznej części oczyszczalni ścieków w Falentach zostały opisane powyżej. Możliwy wariant rozbudowy tego stopnia oczyszczania przedstawiono na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-3.1 oraz w profilu hydraulicznym nr 201805.1-2-3.1. Schemat technologiczny tego wariantu przedstawiono na planie nr 201805.1-4-3.1. Wszystkie dalsze opisy dotyczące tego wariantu będą się opierać na wspomnianych planach.

System zagospodarowania osadu będzie poddany osobnej analizie wariantowej i będzie opisany w innej części niniejszego opracowania.

8.3.1 Dane wymiarujące dla wariantu SBOŚ3

Zamieszczone w zielonej części następującej tabeli dane dotyczące perspektywicznych ładunków służących do wymiarowania oczyszczalni ścieków w Falentach zostały obliczone i uzasadnione w punkcie nr 5.1 niniejszego opracowania.

Opis	jedn.	ChZT	BZT ₅	NH ₄ -N	N _{całk}	P _{całk}	s.m.
miarodajny ładunek dla okresu perspektywicznego	kg/d	8.837,7	3.708,6	451,2	787,3	202,3	5.306,0
wielkość OŚ w RLM po przeliczeni wg wartości standardowych	RLM	73.700,0	61.900,0		71.600,0	81.000,0	75.800,0
ładunki miarodajne wg. zaokrąglonych wartości RLM	kg/d	8.844,0	3.714,0	451,0	787,6	202,5	5.306,0
przyrost obciążenia	%	34,00%	37,56%	42,99%	43,20%	76,09%	26,94%
obciążenie średnie obliczone na podstawie relacji obciążenia średniego do obciążenia wymiarującego dla stanu istniejącego	kg/d	7169,54	2360,70	393,23	635,33	153,20	3533,78
C/N/P przed osadnikiem wstępnym	(-)		18,3		3,9	1	
Sprawność osadnika wstępnego przy czasie zatrzymania 30 min.	%	25%	20%	7%	7%	10%	45%
ładunki po osadniku wstępnym do biologii	kg/d	6633	2971,2	419,4	736,4	182,3	2918,3
Obciążenie powrotne w wodach poosadowych po fermentacji	kg/d	0	0	62,9	62,9	0	0
ładunki po osadniku wstępnym do biologii z obciążeniem po fermentacji	kg/d	6633	2971,2	482,31	799,31	182,3	2918,3
C/N/P w dopływie do stopnia biologicznego	(-)		16,3		4	1	

W pomarańczowej części tabeli obliczono miarodajne ładunki zanieczyszczeń ich oczyszczeniu w osadniku wstępnym o krótkim czasie zatrzymania, czyli w dopływie do biologicznego stopnia oczyszczalnia.

Parametry redukcji ładunku oparto na danych podanych w Wytycznej A131. Uwzględniono również ładunek azotu amonowego zawarty w wodach poosadowych pochodzących z odwadniania przefermentowanego osadu wstępnego i nadmiernego.

Wymiarujące dane dotyczące perspektywicznego obciążenia hydraulicznego oczyszczalni ścieków w Falentach zostały obliczone i uzasadnione w punkcie 5.2 niniejszego opracowania. W poniższych tabelach zawarte są najważniejsze wartości przyjęte do wymiarowania oczyszczalni ścieków w Falentach:

WYMIARUJĄCE WARTOŚCI DOPIŁYWÓW DOBOWYCH	wartość	jednostka
Przyjęto następującą średniodobową ilość ścieków dla prognozy 20-to letniej	6.000,00	m ³ /d
Przyjęto następującą dobową ilość ścieków dla prognozy 20-to letniej - 85% percentyl	7.060,00	m ³ /d
maksymalny prognozowany dobowy dopływ do OŚ podczas ekstremalnych opadów deszczu	9.625,00	m ³ /d

WARTOŚCI WYMIARUJĄCE DOPIŁYWÓW GODZINOWYCH	wartość	jednostka
Przyjęto następującą godzinową ilość ścieków dla prognozy - 85% percentyl	425,20	m ³ /h
prognozowany maksymalny dopływ ścieków podczas pogody bezdeszczowej	291,70	m ³ /h
prognozowany dopływ średniodobowy dla stanu prognozowanego	210,90	m ³ /h
maksymalny prognozowany godzinowy dopływ do OŚ podczas opadów deszczu	725,17	m ³ /h
maksymalny ustalony dopływ do sitopiaskowników i stopnia biologicznego	576,00	m ³ /h
Zbiornik retencyjny na scieki surowe dla dopływów powyżej 576 m ³ /h	maks. 850	m ³

Na podstawie badań własnych oczyszczalni ścieków dokonano analizy frakcjonowania stężenia ChZT w dopływie do oczyszczalni ścieków Falenty używając programu „Belebungsexpert” i kierując się standardowymi parametrami frakcjonowania opisanymi w Wytycznej A131. Szczegóły zawarte są na rysunku nr 21:

8.3.2 Obliczenia technologii osadu czynnego dla wariantu SBOŚ3

Wymiarowanie technologii osadu czynnego dla wariantu SBOŚ3 opiera się na opatentowanej technologii odgazowania osadu pomiędzy komorami osadu czynnego, a osadnikami wtórnymi. Opatentowany proces odgazowania osadu (technologia BIOGRADEX®) polepsza właściwości sedymentacyjne osadu, co pozwala na zwiększenie stężenia suchej masy w komorach osadu czynnego, co z kolei pozwala na zmniejszenie ich pojemności.

Obliczenia technologiczne do wariantu SBOŚ3 przeprowadziła firma Biogradex Holding Sp. z o.o. z Elbląga gwarantująca prawidłowe zastosowanie wspomnianej technologii i prawidłowość wymiarowania. W celach porównawczych przeprowadzono obliczenia wg Wytycznej DWA A131 przybliżając zastosowanie technologii BIOGRADEX® podstawieniem do obliczeń niskiego indeksu osadu ISV=70 l/kg.

Parameter:

Anteil des gelösten inerten CSB am CSB	f_S	0,050 -
Anteil des leicht abbaubaren CSB	f_{CSB}	0,200 -
Inerter Anteil am partikulären CSB	f_A	0,300 -
Anteil org. Stoffe an abfiltrierbaren Stoffen	f_B	0,300 -

Lastannahmen:

Größenklasse	Bd_{CSBz}	8844,0 kg CSB/d
Abwassermenge	Q_d	6000 m ³ /d

CSB-Fractionen:

CSB gesamt $C_{CSB,ZB}$ 1105,5 mg/l			
gelöster CSB $S_{CSB,ZB}$ 328,0 mg/l		partikulärer CSB $X_{CSB,ZB}$ 777,5 mg/l	
inert $S_{CSBinert,ZB}$ 55,3 mg/l	abbaubar $S_{CSBabb,ZB}$ 272,7 mg/l	abbaubar $X_{CSBabb,ZB}$ 544,3 mg/l	inert $X_{CSBinert,ZB}$ 233,3 mg/l
		abbaubarer CSB $C_{CSBabb,ZB}$ 817,0 mg/l	

CSB-Pfade:

inert CSB $S_{CSBinert,AN}$ 55,3 mg/l	Sauerstoffverbrauch OV 556,4 mg/l	Überschussschlamm CSB_{UES} 493,8 mg/l
--	--------------------------------------	---

Rysunek 22: Założone frakcjonowanie ChZT dla wariantu SBOŚ3

DANE WEJŚCIOWE

DWA-Regelwerk

Belebungs-Expert
Berechnung von einstufigen Belebungsanlagen
nach dem DWA-Arbeitsblatt A131(2016)

Projekt: OS Falenty - Obliczenia z osadnikiem wstępnym i ZKF, technologia Biogradex

bearbeitet von: Przywecki

berechnet am: 10.06.2019

Anlagenkonfiguration:

Reinigungsziele:

- ☐ Vorklärung
- ☐ Anaerobes Mischbecken
- ☐ Belebungsbecken
- ☐ Nachklärung

- ☐ Abbau des org. Kohlenstoffs
- ☐ Nitrifikation
- ☐ Denitrifikation
- ☐ Phosphor-Simultanfällung

Denitrifikationsverfahren: vorgeschaltete Denitrifikation

Fällmittel: zweiwertiges Eisen

Lastannahmen:

Größenklasse: 8844 kg CSB/d

Berechnete Lastfälle:

- ☐ Lastfall 1: Maximaler Sauerstoffbedarf
- ☐ Lastfall 2: Mittlerer Sauerstoffbedarf
- ☐ Lastfall 3: Minimaler Sauerstoffbedarf

	Lastfall	3	5	6
Zulaufmenge:				
Abwassermenge	Q _d	6000	6000	6000 m ³ /d
	Q _t	292	292	292 m ³ /h
Zulaufkonzentrationen:				
CSB	C _{CSB,ZB}	1106	1106	1106 mg/l
Gelöster CSB	S _{SCSB,ZB}	328	328	328 mg/l
Abfiltrierbare Stoffe	X _{TS,ZB}	486	486	486 mg/l
Kjeldahl-Stickstoff	C _{KN,ZB}	133,2	133,2	133,2 mg/l
Ammoniumstickstoff	S _{NH4,ZB}	80,4	80,4	80,4 mg/l
Nitratstickstoff	S _{NO3,ZB}	0,0	0,0	0,0 mg/l
Phosphor	C _{P,ZB}	30,4	30,4	30,4 mg/l
Säurekapazität	S _{KS,ZB}	10,00	10,00	10,00 mmol/l
Zulauffrachten:				
CSB	B _{d,CSB}	6633	6633	6633 kg/d
Gelöster CSB	B _{d,SCSB}	1968	1968	1968 kg/d
Abfiltrierbare Stoffe	B _{d,XTS}	2918	2918	2918 kg/d
Kjeldahl-Stickstoff	B _{d,KN}	799,3	799,3	799,3 kg/d
Ammoniumstickstoff	B _{d,NH4}	482,3	482,3	482,3 kg/d
Nitratstickstoff	B _{d,NO3}	0,0	0,0	0,0 kg/d
Phosphor	B _{d,P}	182,3	182,3	182,3 kg/d

OBLICZENIA TECHNOLOGICZNE

Belebungsbecken, Bemessungs-Lastfall:

Temperatur im Belebungsbecken	T	12,0 Grad C
-------------------------------	---	-------------

Stickstoffbilanz:

Zulauf: C _{KN} + S _{NO3}	C _N	133,2 mg/l
im Schlamm gebunden	X _{orgN,BM}	13,2 mg/l
Ammonium im Ablauf	S _{NH4,AN}	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	S _{orgN,AN}	2,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	S _{NO3,N}	108,8 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	S _{NO3,AN}	13,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	S _{NO3,D}	95,8 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	V _{D/VBB}	0,45 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	S _{NO3,D}	90,7 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	S _{NO3,D}	90,7 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	S _{NO3,AN}	18,1 mg/l
Minimal erforderliche Rückführung	RF	7,37 -

Phosphorelimination:

Volumen des anaeroben Mischbeckens	V _{BioP}	350 m ³
Kontaktzeit im anaeroben Mischbecken (bei Q _t , RV=1)	t _{BioP}	0,6 h
Phosphor im Zulauf	C _{P,ZB}	30,4 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	X _{P,BM}	5,5 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	X _{P,BioP}	7,7 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	S _{PO4,AN}	1,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	S _{PO4,AN}	1,0 mg/l
gefällter Phosphor	X _{P,Fäll}	16,1 mg/l
Fällmittel: Zweiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	262,0 kg Me/d

Schlamm Trockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	T _{SAB}	5,90 kg/m ³
Gewählte Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	T _{SAB}	5,80 kg/m ³

Schlammalter und Belastungskennwerte:

Erforderliches Schlammalter	erf.t _{TS}	13,3 d
Erforderliches Volumen	V _{BB}	8347 m ³
Gewähltes Volumen	V _{BB}	8640 m ³
Vorhandenes Schlammalter	t _{TS}	13,8 d
Vorhandenes aerobes Schlammalter	t _{TS,aer.}	7,6 d
Vorhandener Prozessfaktor	PF	1,66 -

Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	Ü _{Sd,C}	2820 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	Ü _{Sd,BioP}	139 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	Ü _{Sd,F}	652 kg/d
Schlammproduktion gesamt	Ü _{Sd}	3611 kg/d

Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	OV _{d,C}	3338 kg/d
aus Nitrifikation	OV _{d,N}	2808 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	OV _{d,D}	-1578 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV _d	4569 kg/d

Belebungsbecken, Bemessungs-Lastfall:

Temperatur im Belebungsbecken	T	12,0 Grad C
-------------------------------	---	-------------

Stickstoffbilanz:

Zulauf: C _{KN} + S _{NO3}	C _N	133,2 mg/l
im Schlamm gebunden	X _{orgN,BM}	13,2 mg/l
Ammonium im Ablauf	S _{NH4,AN}	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	S _{orgN,AN}	2,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	S _{NO3,N}	108,8 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	S _{NO3,AN}	13,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	S _{NO3,D}	95,8 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	V _{D/VBB}	0,45 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	S _{NO3,D}	90,7 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	S _{NO3,D}	90,7 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	S _{NO3,AN}	18,1 mg/l
Minimal erforderliche Rückführung	RF	7,37 -

Phosphorelimination:

Volumen des anaeroben Mischbeckens	V _{BioP}	350 m ³
Kontaktzeit im anaeroben Mischbecken (bei Q _t , RV=1)	t _{BioP}	0,6 h
Phosphor im Zulauf	C _{P,ZB}	30,4 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	X _{P,BM}	5,5 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	X _{P,BioP}	7,7 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	S _{PO4,AN}	1,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	S _{PO4,AN}	1,0 mg/l
gefällter Phosphor	X _{P,Fall}	16,1 mg/l
Fällmittel: Zweiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	262,0 kg Me/d

Schlamm Trockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	TS _{AB}	5,90 kg/m ³
Gewählte Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	TS _{AB}	5,80 kg/m ³

Schlammalter und Belastungskennwerte:

Erforderliches Schlammalter	erf.t _{TS}	13,3 d
Erforderliches Volumen	V _{BB}	8347 m ³
Gewähltes Volumen	V _{BB}	8640 m ³
Vorhandenes Schlammalter	t _{TS}	13,8 d
Vorhandenes aerobes Schlammalter	t _{TS,aer.}	7,6 d
Vorhandener Prozessfaktor	PF	1,66 -

Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	Ü _{Sd,C}	2820 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	Ü _{Sd,BioP}	139 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	Ü _{Sd,F}	652 kg/d
Schlammproduktion gesamt	Ü _{Sd}	3611 kg/d

Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	OV _{d,C}	3338 kg/d
aus Nitrifikation	OV _{d,N}	2808 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	OV _{d,D}	-1578 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV _d	4569 kg/d

Belebungsbecken, Lastfall maximaler Sauerstoffbedarf:

Temperatur im Belebungsbecken T 20,0 Grad C

Stickstoffbilanz:

Zulauf: $C_{KN} + S_{NO3}$	CN	133,2 mg/l
im Schlamm gebunden	$X_{orgN,BM}$	8,4 mg/l
Ammonium im Ablauf	$S_{NH4,AN}$	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	$S_{orgN,AN}$	2,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	$S_{NO3,N}$	113,3 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	$S_{NO3,AN}$	13,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	$S_{NO3,D}$	100,3 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	V_D/V_{BB}	0,45 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	$S_{NO3,D}$	99,1 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	$S_{NO3,D}$	99,1 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	$S_{NO3,AN}$	14,1 mg/l
Minimal erforderliche Rückführung	RF	7,71 -

Phosphorelimination:

Volumen des anaeroben Mischbeckens	V_{BioP}	350 m ³
Kontaktzeit im anaeroben Mischbecken (bei Q_t , $RV=1$)	t_{BioP}	0,6 h
Phosphor im Zulauf	$C_{P,ZB}$	30,4 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	$X_{P,BM}$	5,5 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	$X_{P,BioP}$	7,7 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	$S_{PO4,AN}$	1,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	$S_{PO4,AN}$	1,0 mg/l
gefällter Phosphor	$X_{P,Fall}$	16,1 mg/l
Fällmittel: Zweiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	262,0 kg Me/d

Schlamm Trockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	TSAB	5,90 kg/m ³
Gewählte Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	TSAB	5,80 kg/m ³

Schlammalter und Belastungskennwerte:

Vorhandenes Schlammalter	tTS	14,9 d
Vorhandenes aerobes Schlammalter	$t_{TS,aer.}$	8,2 d
Vorhandener Prozessfaktor	PF	3,92 -

Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	$\bar{U}_{Sd,C}$	2576 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	$\bar{U}_{Sd,BioP}$	139 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	$\bar{U}_{Sd,F}$	654 kg/d
Schlammproduktion gesamt	$\bar{U}_{Sd}$	3369 kg/d

Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	$OV_{d,C}$	3670 kg/d
aus Nitrifikation	$OV_{d,N}$	2922 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	$OV_{d,D}$	-1725 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV_d	4868 kg/d
Stoßfaktor für C-Elimination	f_C	1,20 -
Stoßfaktor für Nitrifikation	f_N	1,60 -
Maximaler stündl. Sauerstoffverbrauch	OV_h	275,9 kg/h

Belebungsbecken, Sonderlastfall Prozess:

Temperatur im Belebungsbecken	T	15,0 Grad C
-------------------------------	---	-------------

Stickstoffbilanz:

Zulauf: $C_{KN} + S_{NO3}$	CN	109,0 mg/l
im Schlamm gebunden	$X_{orgN,BM}$	7,3 mg/l
Ammonium im Ablauf	$S_{NH4,AN}$	0,0 mg/l
organischer Stickstoff im Ablauf	$S_{orgN,AN}$	2,0 mg/l
nitrifizierter Stickstoff	$S_{NO3,N}$	92,8 mg/l
Nitrat im Ablauf (Sollwert)	$S_{NO3,AN}$	13,0 mg/l
zu denitrifizierendes Nitrat	$S_{NO3,D}$	79,8 mg/l
Gewählter Denitrifikationsanteil	V_D/V_{BB}	0,45 -
vorhandene Denitrifikationskapazität	$S_{NO3,D}$	84,1 mg/l
denitrifiziertes Nitrat	$S_{NO3,D}$	79,8 mg/l
Nitrat im Ablauf (vorhanden)	$S_{NO3,AN}$	13,0 mg/l
Minimal erforderliche Rückführung	RF	6,14 -

Phosphorelimination:

Volumen des anaeroben Mischbeckens	V_{BioP}	350 m ³
Kontaktzeit im anaeroben Mischbecken (bei Q_t , $RV=1$)	t_{BioP}	0,6 h
Phosphor im Zulauf	$C_{P,ZB}$	23,0 mg/l
Im Schlamm gebunden (normale Aufnahme)	$X_{P,BM}$	4,5 mg/l
Im Schlamm gebunden (erhöhte Aufnahme)	$X_{P,BioP}$	6,3 mg/l
Phosphor im Ablauf (vorhanden)	$S_{PO4,AN}$	1,0 mg/l
Phosphor im Ablauf (Sollwert)	$S_{PO4,AN}$	1,0 mg/l
gefällter Phosphor	$X_{P,Fäll}$	11,2 mg/l
Fällmittel: Zweiwertiges Eisen		
Fällmittelbedarf	FM	182,6 kg Me/d

Schlamm Trockensubstanz im Belebungsbecken:

Zulässige Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	TSAB	5,90 kg/m ³
Gewählte Schlamm Trockensubstanz im Ablauf BB	TSAB	5,80 kg/m ³

Schlammalter und Belastungskennwerte:

Vorhandenes Schlammalter	t_{TS}	20,4 d
Vorhandenes aerobes Schlammalter	$t_{TS,aer.}$	11,2 d
Vorhandener Prozessfaktor	PF	3,30 -

Schlammproduktion:

Schlamm aus Kohlenstoffelimination	$\bar{U}_{Sd,C}$	1870 kg/d
Schlamm aus biol. P-Elimination	$\bar{U}_{Sd,BioP}$	112 kg/d
Schlamm aus P-Fällung	$\bar{U}_{Sd,F}$	454 kg/d
Schlammproduktion gesamt	$\bar{U}_{Sd}$	2436 kg/d

Sauerstoffverbrauch:

aus Kohlenstoffelimination	$OV_{d,C}$	3115 kg/d
aus Nitrifikation	$OV_{d,N}$	2395 kg/d
aus C-Elimination durch Denitrifikation	$OV_{d,D}$	-1389 kg/d
Täglicher Sauerstoffverbrauch	OV_d	4121 kg/d
Stoßfaktor für C-Elimination	f_C	1,20 -
Stoßfaktor für Nitrifikation	f_N	1,60 -
Maximaler stündl. Sauerstoffverbrauch	OV_h	231,6 kg/h

OBLICZENIA DLA OSADNIKÓW WTÓRNYCH

Nachklärung

Beckentyp: Rundbecken

Art der Durchströmung: Übergangsbereich horiz./vertikal

Räumertyp: Schildräumer

Maßgebende Wassermenge Q_m 576 m³/h

Schlammindex, Eindickzeit, Rücklaufverhältnis:

Schlammindex, gewählt	ISV	70 l/kg
Eindickzeit des Schlammes, gewählt	tE	2,0 h
Schlammrockensubstanz an der Beckensohle	TSBS	18,0 kg/m ³
Gewähltes Verhältnis TSRS/TSBS		0,70 -
Schlammrockensubstanz im Rücklaufschlamm	TSRS	12,6 kg/m ³
Rücklaufverhältnis bei RW, gewählt	RV	0,88 -
Zulässige Schlammrockensubstanz im Zulauf	TSZN	5,90 kg/m ³
Gewählte Schlammrockensubstanz im Zulauf	TSZN	5,80 kg/m ³

Beckenoberfläche, Anzahl und Abmessungen:

Zulässige Schlammvolumenbeschickung	qSV	575 l/(m ² *h)
Zulässige Flächenbeschickung	qA	1,80 m/h
Erf. Gesamt-Beckenoberfläche	ANB	407 m ²
Anzahl der Becken	a	3
Erforderlicher Durchmesser	DNB	13,33 m
Gewählter Durchmesser	DNB	18,00 m
Durchmesser des Mittelbauwerks	DMB	2,25 m
Vorhandene Beckenoberfläche	ANB	751 m ²
Vorhandene Schlammvolumenbeschickung	qSV	311 l/(m ² *h)
Vorhandene Flächenbeschickung	qA	0,77 m/h

Beckentiefe:

Klarwasserzone	h1	1,83 m
Übergangs- und Pufferzone	h23	1,74 m
Eindick- und Räumzone	h4	0,93 m
Maßgebende Beckentiefe	hges	4,50 m

Einlaufbauwerk:

Tiefe des Einlaufs unter WSP	h _e	3,45 m
Volumen der Einlaufkammer	VE	9,0 m ³
Höhe des Einlaufschlitzes	hSE	0,50 m
Querschnittsfläche des Zulauf(düker)s	AZD	0,13 m ²
Eintrittsgeschwindigkeit in die Zulaufkammer	vZD	0,80 m/s
Aufenthaltszeit in der Zulaufkammer	tEB	90 s
In die Zulaufkammer eingetragene Leistung	PE	32 Nm/s
Turbulente Scherbeanspruchung	G	59,7 1/s
Densimetrische Froude-Zahl	FrD	0,342 -

Z powyższych obliczeń przeprowadzonych na podstawie Wytycznej DWA A131 wynika, że przy założeniu indeksu osadu ISV=70 l/kg stężenie suchej masy w komorze osadu czynnego będzie wynosić 5,8 kg sm/m³, z czego z kolei wynika, że pojemność istniejących komór osadu czynnego wynosząca w sumie 8.640 m³ jest wystarczająca. Dalszym wnioskiem z przeprowadzonych obliczeń jest fakt, że z powodu dużego stężenia suchej masy w komorach osadu czynnego dwa istniejące osadniki wtórne są niewystarczające i konieczne jest dobudowanie jednego nowego osadnika zwymiarowanego na potrzeby technologii BIOGRADEX®.

OBLICZENIA ZAPOTRZEBOWANIA NA TLEN I POWIETRZE

BELÜFTUNG:

Lastfall:		Max. OV	Mittl. OV	Min. OV
Lastfallspezifische Daten:				
Erf. Sauerstoffzufuhr unter Betriebsbed.	Alpha*SOTR	330	234	139 kg/h
Alpha-Wert	Alpha	0,60	0,60	0,60 -
Salzkonzentration	TDS	500	500	500 mg/l
Atm. Luftdruck (bezogen auf NN)	Pamb	1013	1013	1013 hPa
O2-Sättigungswert	cs	11,0	12,0	12,2 mg/l
O2-Sollwert im Betrieb	cx	2,0	2,0	2,0 mg/l
Erf. Sauerstoffzufuhr in Reinwasser	SOTR	550	390	232 kg/h

System:

Gewähltes Belüftungssystem:		Druckbelueftung		
Bezeichnung der Belüfter:		Feinblasiger Tellerbelüfter Typ A		
Einblastiefe	h _E	4,80 m		
		Maximum	Mittel	Minimum
Erf. Sauerstoffzufuhr in Reinwasser	SOTR	549,6	390,5	232,0 kg/h
Vorh. Sauerstoffzufuhr in Reinwasser	SOTR	603,9	390,5	288,0 kg/h
Vorh. Luftvolumenstrom	QL	7599	2685	3000 m ³ N/h

8.3.3 Osadnik wstępny (obiekt 302)

Osadnik wstępny ma za zadanie sedymentację ciężkiej suchej masy zawartej w ściekach. Te składniki ścieków tworzą osad wstępny, który zawiera dużo substancji organicznych, które generują największą część produkcji biogazu podczas procesu fermentacji.

Wymiarujący dopływ do OŚ Falenty	291,70	m ³ /h
Projektowany czas zatrzymania ścieków w osadniku wstępnym	30 do 45	minut
Możliwe objętości osadnika wstępnego	146 do 220	m ³ /h
Wybrana pojemność osadnika wstępnego	160	m ²
	Długość czynna	20,00 m
	Szerokość	4,00 m
	Głębokość	2,00 m
Czas zatrzymania ścieków w osadniku w odniesieniu do dopływu wymiarującego	33	minuty
prognozowany dopływ średniodobowy dla stanu prognozowanego	210,90	m ³ /h
	odpowiedni czas zatrzymania	45 minut
maksymalne hydrauliczne obciążenie powierzchni osadnika	291,70/160 =	1,8 m/h
średnie hydrauliczne obciążenie powierzchni osadnika	210,90/160 =	1,3 m/h

Osad będzie zgarniany do jednego leja osadowego. Głębokość dna leja osadowego wynosi 5,03 m, a ściany leja osadowego muszą mieć nachylenia 60 stopni. Budowlę osadnika przedstawiono na planie nr 201805.1-3-3.2 Osadnik musi być wyposażony w zgarniacz tarczowy jeżdżący na jego bocznych ścianach lub też w zgarniacz łańcuchowy poruszający się wewnątrz komory osadnika. W obu przypadkach należy przewidzieć urządzenia do zgarniania i odprowadzania osadu pływającego.

Łączna moc napędu zgarniacza i systemu usuwania osadu pływającego	2,00	kW
Pobór mocy przez napędy	1,60	kW
Dobowy czas pracy napędów	6	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną $1,6 \times 6 =$	9,60	kWh

8.3.4 Komory predenitryfikacji osadu recyrkulowanego i biologicznej defosfatacji (obiekt nr 203)

Komora predenitryfikacji osadu recyrkulowanego – komora wewnętrzna

Wymiarujący dopływ do OŚ Falenty	291,70	m ³ /h
Minimalny stopień recyrkulacji	0,88	
Minimalny dopływ osadu recyrkulowanego do komory	256,70	m ³ /h
Założony wymiarujący czas zatrzymania w komorze	50	minut
Minimalna pojemność komory predenitryfikacji $50 \times 256,70/60 =$	214	m ³
Zaprojektowana pojemność komory predenitryfikacji	221	m ³

Urządzenie mieszające	mieszadło szybkoobrotowe	
Ilość mieszadeł	1	szt.
Średnica śmigła	300	mm
Pobór mocy	1,8	kW
Dobowy czas pracy	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	43,2	kWh/d

Komora predenitryfikacji osadu recyrkulowanego jest zintegrowana w jednej cylindrycznej budowli z komorą biologicznej defosfatacji. Szczegóły tego rozwiązania pokazane są na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-2.1.

Komora biologicznej defosfatacji - komora zewnętrzna

Wymiarujący dopływ do OŚ Falenty	291,70	m ³ /h
Zalecany czas zatrzymania w komorze w odniesieniu do dopływu	1 do 1,5	h
Wybrana objętość komory biologicznej defosfatacji	352	m ³
Wybrany czas zatrzymania $352/291,70 =$	1,2	h
Urządzenie mieszające	mieszadło szybkoobrotowe	
Ilość mieszadeł	1	szt.
Średnica śmigła	300	mm
Pobór mocy	1,8	kW
Dobowy czas pracy	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	43,2	kWh/d

Komora biologicznej defosfatacji jest zintegrowana w jednej cylindrycznej budowli z komorą predenitryfikacji osadu recyrkulowanego. Szczegóły tego rozwiązania pokazane są na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-3.1 oraz na planie nr 201805.1-3-3.2. Obie komory będą wyposażone w kanał obejściowy. Obie komory będą wyposażone w pomost obsługowy, do którego będą przymocowane mieszadła.

Z komory biologicznej defosfatacji ścieki będą doprowadzone nowym kanałem grawitacyjnym lub syfonem do komory rozdziału przed istniejącymi komorami CAROUSELL (obiekt nr 15).

8.3.5 Komory osadu czynnego – obiekty nr 15 i 16

Firma Biogradex Holding Sp. z o.o. przeprowadziła wymiarowanie komór osadu czynnego zgodnie z własnymi zasadami wymiarowania, wynikającymi ze znajomości własnej opatentowanej technologii i z ponad dwudziestoletniego doświadczenia eksploatacyjnego.

Firma Biogradex gwarantuje osiągnięcie przez oczyszczalnię ścieków w Falentach wymaganego prawem efektu ekologicznego następujących założeniach.

- Istniejące komory CAROUSELL (obiekt nr 15) będą wykorzystane jako komory denitryfikacji
- Istniejące komory osadu czynnego (obiekt nr 16) będą wykorzystane jako komory nitryfikacji, przy czym komory te zostaną podzielone w sposób przedstawiony na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-3.1. Pierwsze dwie części każdego z obu ciągów technologicznych obiektu nr 16 będą mogły być wykorzystywane jako komory denitryfikacji i nitryfikacji.
- Pojemność istniejących komór obiektów nr 15 i 16 wynosząca w sumie ok. 8.640 m³ jest wystarczająca do prowadzenia procesu osadu czynnego z wykorzystaniem technologii BIOGRADEX® i osiągnięcia parametrów odpływu zgodnych z pozwoleniem wodno-prawnym.
- Założone stężenie suchej masy w komorach osadu czynnego dla perspektywicznych danych wymiarujących będzie w granicach od 4,9 do 5,0 kg s.m./m³. Jest ono mniejsze od stężenia suchej masy w komorach osadu czynnego obliczonego na podstawie Wytycznej DWA A131 o ok. 16-18%, co wynika ze specyfiki opatentowanej technologii BIOGRADEX®.
- Pomiędzy komorami nitryfikacji w obiekcie 16, a dopływem do komór denitryfikacji w obiekcie 15 konieczne jest stworzenie nowego systemu rurociągów recyrkulacji wewnętrznej wraz z odpowiednimi pompami, przystosowanego do wytworzenia maksymalnego strumienia recyrkulacji wewnętrznej wynoszącego ok. 500% wymiarującego dopływu do OŚ.
- Ścieki po przejściu przez komory osadu czynnego będą odprowadzone do komory technologii BIOGRADEX®, która będzie omówiona w następnym punkcie.

Szczegóły zaproponowanego tutaj rozwiązania pokazane są na planie sytuacyjnym nr 201805.1.-1-3.1.

8.3.6 Recyrkulacja wewnętrzna

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń założono, że maksymalny stopień recyrkulacji wyniesie 600%. Zgodnie z obliczeniami stopień recyrkulacji osadu recyrkulowanego powinien wynosić 88%. Czyli wielkością wymiarującą dla recyrkulacji wewnętrznej jest 512%

Miarodajny dopływ do OŚ Falenty		291,70	m ³ /h
Całkowity strumień recyrkulacji wewnętrznej	512% x 219,7 m ³ /h =	1.500	m ³ /h
	z tego 50%	750	m ³ /h

Ciąg istniejących komór osadu czynnego (obiekty nr 15 i 16)

Wybrana średnica rurociągu recyrkulacji wewnętrznej	DN500	
Całkowity strumień recyrkulacji	1.500	m ³ /h
Strumień recyrkulacji dla 50% ciągu	750	m ³ /h
Całkowita wysokość podnoszenia	ok. 3,0	m
Zapotrzebowanie na moc	ok. 8,2	kW
Sprawność silnika	90%	
Założony pobór mocy	9,1	kW
Zainstalowana moc napędu	15,0	kW
Czas pracy pomp	24	h/d
Ilość pomp	2	szt.
Zużycie energii elektrycznej w ciągu doby	436,8	kWh/d

Do określenia zapotrzebowania na energię skorzystano z danych odpowiednio zwymiarowanych pomp firmy KSB. Pompy firmy KSB określają minimalny wymagany standard jakościowy.

8.3.7 Dmuchawy, mieszadła i system napowietrzania

Zgodnie z danymi obliczonymi przy pomocy programu „Belebungsexpert” (patrz punkt nr 8.2.2) napowietrzanie ścieków w komorach nityfikacji osadu czynnego należy zaprojektować na następujące wartości brzegowe:

Maksymalne zapotrzebowanie na tlen wg A131		332	kgO ₂ /h
Maksymalne zapotrzebowanie na powietrze wg. A131	odpowiednio	7.600	m ³ N/h
Maksymalne zapotrzebowanie na powietrze wg. firmy Biogradex		8.820	m³N/h
Średnie zapotrzebowanie na tlen		234	kgO ₂ /h
Średnie zapotrzebowanie na powietrze	odpowiednio	2.685	m ³ N/h
Minimalne zapotrzebowanie na tlen		139	kgO ₂ /h
Minimalne zapotrzebowanie na powietrze	odpowiednio	3.000	m ³ N/h

DMUCHAWY

Proponuje się zastosowanie następujących nowych dmuchaw:

Ilość dmuchaw głównych		3	szt.
Ilość dmuchaw rezerwowych		1	szt.
Typ dmuchaw		dmuchawy śrubowe	
Założony producent dmuchaw uznawanych za referencyjne		KAESER Kompressoren	
Typ dmuchawy przyjęty do dalszych obliczeń		FBS 660 L SFC	
Maksymalna wydajność 1 dmuchawy	51 m ³ N/min	3.060	m ³ N/h
Wytwarzane ciśnienie		600	mbar
Przyjęta głębokość zanurzenia dyfuzorów			
Zakres regulacji wydajności falownikiem		15-51	m ³ N/min
Maksymalna wydajność 3 dmuchaw głównych		9.180	m ³ N/h
Moc silnika każdej dmuchawy		55,0	kW
Pobór mocy prze maksymalnej wydajności		51,0	kW

Do obliczeń średniodobowego zapotrzebowania na energię przyjęto, że średniogodzinowe zapotrzebowanie powietrza do napowietrzania wyniesie 50% zapotrzebowania maksymalnego, czyli 4.410 m³N/h.

Dobowa ilość powietrza tłoczonego przez dmuchawy	$4.410 \times 24 =$	105.840	m ³ N/d
Wymagany czas pracy dmuchaw	$105.840 / 3.060 =$	34,59	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	$34,59 \text{ h} \times 51,0 \text{ kW} =$	1.764	kWh/d

MIESZADŁA

Komora denitryfikacji – obiekt nr 15 - część okrągła o średnicy ok. 11 m

Ilość mieszadeł w komorze		1	szt.
Ilość komór		2	szt.
głębokość komór		3,00	m
Urządzenie mieszające		mieszadło szybkoobrotowe	
Ilość mieszadeł w obu komorach		1	szt.
Średnica śmigła		300	mm
Pobór mocy		1,8	kW
Dobowy czas pracy		24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną		43,2	kWh/d

Komora denitryfikacji – obiekt nr 15 - część owalna

Ilość mieszadeł w komorze	2	szt.
Ilość komór	2	szt.
głębokość komór	3,00	m
Urządzenie mieszające	mieszadło wolnoobrotowe	
Ilość mieszadeł w obu komorach	4	szt.
Średnica śmigła	1200	mm
Pobór mocy	2,5	kW
Dobowy czas pracy	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	240,0	kWh/d

Komora denitryfikacji – obiekt nr 16 - część prostokątna

Ilość mieszadeł w komorze	1	szt
Ilość komór	2	szt
głębokość komór	5,03	m
Urządzenie mieszające	mieszadło wolnoobrotowe	
Ilość mieszadeł w obu komorach	2	szt.
Średnica śmigła	1400	mm
Pobór mocy	2,0	kW
Dobowy czas pracy	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	96,0	kWh/d

Komora nirtyfikacji i denitryfikacji – obiekt nr 16 - część prostokątna

Ilość mieszadeł w komorze	1	szt.
Ilość komór	2	szt.
głębokość komór	5,03	m
Urządzenie mieszające	mieszadło wolnoobrotowe	
Ilość mieszadeł w obu komorach	2	szt.
Średnica śmigła	1400	mm
Pobór mocy	2,0	kW
Dobowy czas pracy (25% czasu w roku)	6	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	24,0	kWh/d

Suma poboru dobowego mocy przez mieszadła w komorach osadu czynnego 403,2 kWh/d

Dane dotyczące wyboru mieszadeł i mocy ich napędów ustalono na podstawie ofert budżetowych sporządzonych przez firmę KSB. Produkty tej firmy są proponowanym wyznacznikiem jakości dla wszystkich produktów alternatywnych.

SYSTEM NAWIEWIETRZANIA

Dla wszystkich komór nawiewianych wybrano drobnopęcherzykowe systemy nawiewiania dyfuzorami talerzowymi z membranami z elastomeru EPDM. Jako wyznacznik jakości systemu nawiewiania przyjęto dyfuzory dyskowe 9” Sanitaire SILVER II firmy Xylem.

System napowietrzający dla obiektu nr 16:

Sposób działania: drobnopęcherzykowe, wgłębne napowietrzanie ścieków za pomocą dyskowych dyfuzorów membranowych.

Gwarantowany maksymalny transfer tlenu

w warunkach standardowych dla jednego ciągu: $SOR_{max}=380 \text{ kgO}_2/\text{h}$

przy docelowej dostawie powietrza nie wyższej niż $Q_p=4.500 \text{ m}^3\text{N}/\text{h}$

Maksymalne ciśnienie na wejściu do nowego systemu nie wyższe niż $p=54,6 \text{ kPa}$ dla maksymalnej ilości powietrza $4.500 \text{ m}^3\text{N}/\text{h}$.

Wykorzystanie tlenu nie mniejsze niż: $SOTE=27,6\%$.

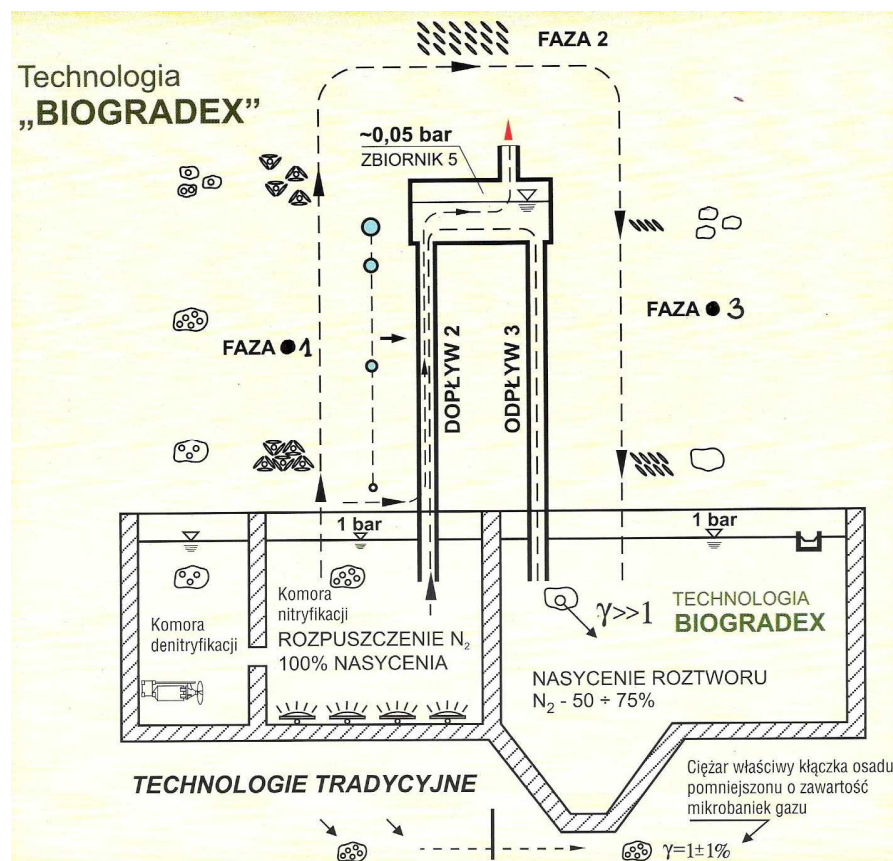
Wartość SOTE wyznaczona dla całego systemu napowietrzania podana w odniesieniu do zawartości substancji rozpuszczonych w ściekach w ilości $500 \text{ mg}/\text{l}$.

Rurociągi doprowadzające powietrze do istniejących komór napowietrzania nie będą wystarczające w przyszłości. Przewiduje się budowę nowych rurociągów doprowadzających sprężone powietrze do istniejących komór osadu czynnego. W celu regulacji dopływu powietrza do poszczególnych sekcji należy wyposażyć rurociągi rozpraszające w odpowiednio umieszczone zawory regulacyjne.

Sterowanie systemem napowietrzania musi być realizowane za pomocą odpowiednio rozmieszczonych sond tlenowych, które będą regulować moc dmuchaw i zawory regulacyjne w taki sposób, aby stężenie tlenu w komorach osadu czynnego zawsze było na tym samym zadanym poziomie.

8.3.8 Komora BIOGRADEX (obiekt nr 304) i budynek pomp próżniowych (obiekt nr 305)

Istotę procesów będących istotą technologii BIOGRADEX® pokazani na rysunku nr 23



Rysunek 23: Najważniejsze aspekty technologii BIOGRADEX®

Ścieki podnoszone są za pomocą podciśnienia wytworzonego odpowiednimi pompami do komory odgazowania o wysokości ok. 9 m. Podciśnienie powoduje uwolnienie wszystkich mikropęcherzyków gazów zawartych w osadzie, co poprawia zdecydowanie właściwości sedymentacyjne osadu. Jednocześnie na skutek działania podciśnienia następuje odessanie rozpuszczonego azotu zawartego w ściekach, co powoduje, że do osadników wtórnych dostają się ścieki, których nasycenie azotem wynosi ok. 50 do 75%, czyli następuje częściowa eliminacja azotu rozpuszczonego w ściekach i jednocześnie dalsza poprawa właściwości sedymentacyjnych osadu.

Z komór osadu czynnego nr 16 mieszanina osadu i ścieków dostaje się do pierwszej części komory BIOGRADEX, wyposażonej w szybkoobrotowe mieszadło. Następnie mieszanina dopływa pionowymi rurociągami na skutek wytworzonego pompami próżniowym podciśnienia do komory odgazowania na wysokości ok. 9 m. Wymiarowania rurociągów doprowadzających i odprowadzających mieszaninę ścieków i osadu czynnego do komory odgazowania dokonuje firma Biogradex Holding Sp. z o.o. na dalszym etapie projektowym. Dotyczy to również wielkości komory odgazowania i jej zawartości. Ta część technologii BIOGRADEX® jest objęta ochroną patentową, więc szczegóły tego rozwiązania nie będą tu przedstawione. Po przejściu komory odgazowania ścieki przepływają do drugiej, a potem do trzeciej części komory BIOGRADEX, a następnie ulegają grawitacyjnemu rozdziałowi na krawędziach przelewowych w stosunku odpowiednim do wydajności osadników.

Próżnia w komorze odgazowania jest wytwarzana przez pompy próżniowe ustawione w specjalnym budynku o powierzchni ok. 30 m² i wysokości 3 do 3,5 m. Dane dotyczące zapotrzebowania pomp próżniowych na energię elektryczną przedstawiono poniżej:

Ilość głównych pomp podciśnieniowych	1	szt.
Ilość rezerwowych pomp podciśnieniowych	1	szt.
Wytwarzane podciśnienie	-950	mbar
Moc silnika każdej pompy podciśnieniowej	5,5	kW
Pobór mocy przy maksymalnej wydajności	4,5	kW
Czas pracy pomp	24	h/d
Ilość pomp	1	szt.
Zużycie energii elektrycznej w ciągu doby	108,0	kWh/d

Mieszadło w pierwszej części komory BIOGRADEX		
Pobór mocy przy maksymalnej wydajności	1,5	kW
Czas pracy mieszadła	24	h/d
Ilość mieszadeł	1	szt.
Zużycie energii elektrycznej w ciągu doby	36,0	kWh/d

Szczegóły tego rozwiązania pokazane są na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-3.1.

8.3.9 Osadniki wtórne (obiekty 18.3, 18.4 i 306)

Istniejące osadniki wtórne są w dobrym stanie technicznym – zarówno budowle ich część budowlana, jak i wyposażenie techniczne.

Średnica każdego osadnika	D =	18,00	m
Powierzchnia każdego osadnika	A =	254	m ²
Miarodajna głębokość każdego osadnika	T =	4,58	m

Zgodnie z obliczeniami firmy Biogradex Holding Sp. z o.o. istniejące osadniki nr 18.3 i 18.4 są niewystarczające do zapewnienia bezpiecznych warunków eksploatacji w okresie perspektywicznym. Firma

Biogradex przewiduje również, że istniejące zgarniacze nie są przystosowane do prawidłowej eksploatacji w technologii BIOGRADEX® (ze względu np. na zbyt małą prędkość obrotową i wydajność zgarniania). W dalszych rozważaniach założono, że istniejące zgarniacze zostaną wymienione na nowe, co nie zamyka jednak możliwości przystosowania istniejących zgarniaczy do nowych warunków pracy, o ile okazałoby się to możliwe.

Przy zastosowaniu technologii BIOGRADEX® przewiduje się budowę nowego osadnika o średnicy 22,0 m i głębokości 5,00 m. Szczegóły jego lokalizacji pokazane są na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-3.1.

Ilość zgarniaczy	3	szt.
Łączna moc napędów zgarniaczy i systemów usuwania osadu pływającego	3,00	kW
Pobór mocy przez napędy	1,80	kW
Dobowy czas pracy napędów	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną	$1,8 \times 3 \times 24 =$	129,6 kWh

8.3.10 Chemiczna eliminacja związków fosforu

Oczyszczalnia Falenty wyposażona jest w sprawną instalację do dozowania koagulantów PIX i PAX do odpływu z istniejących komór osadu czynnego.

Niezależnie od biologicznej defosfatacji przewiduje się konieczność chemicznej eliminacji związków fosforu. Średnie zapotrzebowanie na żelazo zawarte w koagulantach wyniesie ok. 60 do 70 kg/d.

Nie jest wykluczone, że przy dobrze działającej biologicznej defosfatacji dozowanie koagulantów będzie znacznie ograniczone.

8.3.11 Pompownia osadu recykulowanego i nadmiernego (obiekt nr. 19.2)

Aktualna pompownia osadu recykulowanego i nadmiernego składa wyposażona jest w następujące pompy zatapialne:

Wyposażenie techniczne	4 pompy	firma ABS-SULZER: XFP100C-CB1.2-PE29/4-D01
	$H_{\max} = 13 \text{ m}$;	$Q_{\max} = 44 \text{ l/s}$; $P_1 = 3,4 \text{ kW}$; $P_2 = 2,95 \text{ kW}$
Wydajność hydrauliczna jednej pompy osadu recykulowanego	ok. 158	m ³ /h
Założona wydajność dwóch pomp osadu recykulowanego	$158 \text{ m}^3/\text{h} \times 1,6 =$	252 m ³ /h

Aktualnie pompownia tłoczy osad recykulowany do istniejącej komory predenitryfikacji osadu recykulowanego zlokalizowanej w KLARBLOKU, czyli w istniejącym obiekcie nr 13. Osad nadmierny tłoczony jest do obiektu nr 23, czyli do niedużego zagęszczacza grawitacyjnego służącego do zagęszczania osadu przed odwodnieniem na prasie taśmowej znajdującej się w obiekcie nr 24. Budowla pompowni osadu recykulowanego i nadmiernego jest w dobrym stanie i nie wymaga przebudowy.

Miarodajny dopływ do OŚ Falenty	291,70	m ³ /h
Niezbędny strumień osadu recykulowanego	$88\% \times 291,7 =$	257 m ³ /h
Zalecany zakres regulacji strumienia osadu recykulowanego		
	minimum: $0,60 \times 291,7 =$	175 m ³ /h
	maximum: $1,2 \times 291,7 =$	350 m ³ /h
Statyczna wysokość podnoszenia osadu recykulowanego	5,0	m
przybliżone straty na armaturach i rurociągu	ok. 5,0	m
maksymalna wysokość podnoszenia	ok. 10,0	m

Parametry istniejących pomp są prawdopodobnie wystarczające, aby spełniać powyższe warunki pracy. Autorzy niniejszego opracowania zakładają jednak, że czas technicznej żywotności zainstalowanych w 2006 roku pomp dobiega powoli końca. Dlatego proponuje się zainstalowanie w istniejącej budowlu pomp zatapialnych o następujących parametrach:

Maksymalna wysokość podnoszenia przy pracy 2 pomp	ok. 10,0	m
Wydajność hydrauliczna przy pracy 2 pomp	ok. 350	m ³ /h
Wydajność hydrauliczna 1 pompy	ok. 257	m ³ /h
Minimalna wydajność 2 pompy sterowanej przy pomocy falownika	ok. 175	m ³ /h
Ilość pomp głównych	2	szt.
Ilość pomp rezerwowych	1	szt.
Pobór mocy	ok. 9,5	kW
Nominalna moc silnika	11	kW
Założony średniogodzinny strumień osadu	257	m ³ /h
Założony dobowy czas pracy pomp osadu recyrkulowanego	24	h/d
Dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną 24 x 9,5 =	228,0	kWh/d

Osad nadmierny będzie odprowadzany do grawitacyjnego zagęszczacza osadu zlokalizowanego w przebudowanym KLARBLOKU, czyli w obiekcie nr 13. Rozdział osadu nadmiernego od osadu recyrkulowanego będzie następował w komorze rozdziału osadów (obiekt nr 307) przy pomocy przepływomierza połączonego z zasuwą regulującą przepływ. Ilość odprowadzanego osadu czynnego będzie regulowana przez pomocy pomiaru stężenia suchej masy w komorach osadu czynnego.

Pomiar strumienia osadu recyrkulowanego będzie również zlokalizowany w nowej budowlu nr 307.

8.3.12 Energochłonność wariantu SBOŚ3

Zapotrzebowanie na energię elektryczną dla omawianego wariantu biologicznego stopnia oczyszczania ścieków wynosi:

1. Zgarniacz w osadniku wstępnym		9,6	kWh/d
2. Mieszadła w obiekcie nr 203	2 x 43,2 kWh/d	86,4	kWh/d
3. Recyrkulacja wewnętrzna	wszystkie pompy	436,8	kWh/d
4. Dmuchawy	zgodnie z punktem 8.2.7	1.764,0	kWh/d
5. Mieszadła w komorach osadu czynnego	zgodnie z punktem 8.2.7	403,2	kWh/d
6. Pompy podciśnieniowe		108,0	kWh/d
7. Mieszadło w komorze BIOGRADEXU		36,0	kWh/d
8. Napędy osadników wtórnych		144,0	kWh/d
9. <u>Tłoczenie osadu recyrkulowanego i nadmiernego</u>		<u>228,0</u>	<u>kWh/d</u>
Suma		3.201,6	kWh/d
<u>inne napędy jak np. sondy, mierniki</u> ok 5 %		<u>168,4</u>	<u>kWh/d</u>
Oszacowane zużycie energii elektrycznej dla biologii wariantu SBOŚ3		3.370,0	kWh/d

Założona średniodobowa ilość ścieków w okresie perspektywicznym	6.000	m ³ /d
Jednostkowe zapotrzebowanie na energię dla wariantu SBOŚ3 3.370/6000 =	0,562	kWh/m³

8.4 Porównanie kosztów realizacji zaproponowanych wariantów modernizacji mechanicznego stopnia oczyszczania ścieków

Koszty omówionych uprzednio wariantów modernizacji mechanicznego stopnia oczyszczania ścieków oszacowane na podstawie aktualnych kosztów jednostkowych dla różnego rodzaju budowli i urządzeń.

8.4.1 Oszacowanie kosztów realizacji wariantu SBOŚ1

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy Zleceniodawca nie będzie zatrudniał Generalnego Wykonawcy, zlecenia będą udzielane wykonawcom i dostawcą poszczególnych rodzajów robót i dostaw, a koordynacją całości zajmie się zatrudnione w tym celu biuro inżynierskie.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja stopnia biologicznego OŚ Falenty - wariant SBOŚ1					
	Koszty prac budowlanych					
1	Komora predenitryfikacji osadu recykulowanego i biol. defosfatacji (101)	1200	m³	1.600,00	1.920.000,00	2.361.600,00
2	Komora rozdziału (102)	40	m³	1.800,00	72.000,00	88.600,00
3	Komora denitryfikacji (103 i 104)	6400	m³	1.200,00	7.680.000,00	9.446.400,00
4	Komora nityfikacji (105)	13400	m	900,00	12.060.000,00	14.833.800,00
5	Studzienki	3	szt.	5.000,00	15.000,00	18.500,00
6	Kanał DN500 (grawitacyjny lub syfon)	25	m	1.000,00	25.000,00	30.800,00
7	Kanał DN400 (grawitacyjny lub syfon)	240	m	800,00	192.000,00	236.200,00
8	Komora pomiaru przepływu osadu recykulowanego i nadmiernego (107)	40	m³	1.800,00	72.000,00	88.600,00
9	Rurociągi recyrkulacji wewnętrznej (Carousell) DN300	300	m	600,00	180.000,00	221.400,00
10	Rurociągi recyrkulacji wewnętrznej DN400	260	m	800,00	208.000,00	255.800,00
11	Rurociąg tłoczny DN100 osadu nadmiernego z obiektu 19.2 do obiektu 106	70	m	450,00	31.500,00	38.700,00
12	Rurociąg tłoczny DN300 osadu recykulowanego z obiektu 107 do 101	100	m	700,00	70.000,00	86.100,00
13	Rurociąg tłoczny DN150 do ścieków dowożonych z obiektu 6 do 101	25	m	500,00	12.500,00	15.400,00
14	Przebudowa istniejącej pompowni osadu recykulowanego - obiekt 19.2	1	ryczałt	40.000,00	40.000,00	49.200,00
15	Przyłączenia nowych rurociągów do istniejących budowli	1	ryczałt	35.000,00	35.000,00	43.100,00
16	Pomosty obsługowe w obiektach 101, 104 i 105	40	m	2.500,00	100.000,00	123.000,00
17	Rurociągi sprężonego powietrza DN200 do DN300	250	m	600,00	150.000,00	184.500,00
18	Budynek separatora części stałych - obiekt 108	1	szt.	50.000,00	50.000,00	61.500,00
19	Wydatki nieprzewidziane i nieuwjęte (np. roboty kablowe)	1	ryczałt	1.371.400,00	1.371.400,00	1.686.800,00
20	Koszty prac budowlanych				24.284.400,00	29.870.000,00

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
21	Koszty wyposażenia technicznego					
22	Mieszadła w obiekcie nr 101	2	szt.	17.500,00	35.000,00	43.100,00
23	Krawędzie przelewowe w komorach rozdziału 102 i 103	4	szt.	5.000,00	20.000,00	24.600,00
24	Mieszadła w obiekcie nr 104	4	szt.	45.000,00	180.000,00	221.400,00
25	Mieszadła w obiekcie 105	6	szt.	30.000,00	180.000,00	221.400,00
26	Dyfuzory, rurociągi, zawory w obiekcie 105	1	ryczałt	350.000,00	350.000,00	430.500,00
27	Pompy recyrkulacji wewnętrznej w obiekcie 105	2	szt.	32.500,00	65.000,00	80.000,00
28	Pompa zamienna do recyrkulacji wewnętrznej dla obiektu 105	1	szt.	24.000,00	24.000,00	29.500,00
29	Mieszadła w obiekcie 15, część okrągła	2	szt.	15.000,00	30.000,00	36.900,00
30	Mieszadła w obiekcie 15, część owalna	4	szt.	37.500,00	150.000,00	184.500,00
31	Mieszadła w obiekcie 16	2	szt.	40.000,00	80.000,00	98.400,00
32	Demontaż istniejących urządzeń w obiektach 15 i 16	1	ryczałt	100.000,00	100.000,00	123.000,00
33	Dyfuzory, rurociągi, zawory w obiekcie 16	1	ryczałt	250.000,00	250.000,00	307.500,00
34	Pompy recyrkulacji wewnętrznej w obiekcie 16	2	szt.	25.000,00	50.000,00	61.500,00
35	Pompa zamienna do recyrkulacji wewnętrznej dla obiektu 16	1	szt.	18.000,00	18.000,00	22.100,00
36	Pompy do osadu recyrkulowanego i nadmiernego	3	szt.	28.000,00	84.000,00	103.300,00
37	Dmuchawy sprężonego powietrza	4	szt.	225.000,00	900.000,00	1.107.000,00
38	System rurociągów i filtrów powietrza w obiekcie nr 21	1	ryczałt	100.000,00	100.000,00	123.000,00
39	System rurociągów w pompowni osadu recyrkulowanego (obiekt 17)	1	ryczałt	40.000,00	40.000,00	49.200,00
40	Zasuwy odcinające w obrębie komór biologicznego oczyszczania ścieków	1	ryczałt	150.000,00	150.000,00	184.500,00
41	Zestaw urządzeń pomiarowych dla 1 ciągu oczyszczania ścieków	4	ryczałt	200.000,00	800.000,00	984.000,00
42	Analizatory online w odpływie z OŚ	1	ryczałt	300.000,00	300.000,00	369.000,00
43	Implementacja sterowania w system SCADA	1	ryczałt	250.000,00	250.000,00	307.500,00
44	Nowe szafy elektrotechniczne	1	ryczałt	500.000,00	500.000,00	615.000,00
45	Rynny odpływowe	1	ryczałt	50.000,00	50.000,00	61.500,00
46	Wydatki nieprzewidziane i nieuwjęte	1	ryczałt	277.800,00	277.800,00	341.600,00
47	Koszty wyposażenia technicznego				4.983.800,00	6.130.000,00
48	Modernizacja stopnia biologicznego OŚ Falenty - wariant SBOŚ1				29.268.200,00	36.000.000,00

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy całość prac będzie wykonywane przez Generalnego Wykonawcę.

Koszty podane w obu tabelach ustanawiają minimalne i maksymalne granice kosztowe, przy czym koszty generowane przez zatrudnianie Generalnego Wykonawcy są generowane w aktualnych przetargach.

Realizacja przedsięwzięcia po podanych uprzednio kosztach minimalnych będzie trudna, jednakże w optymalnym przypadku, przy zastosowaniu niestandardowych metod postępowania, możliwa.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja stopnia biologicznego OŚ Falenty - wariant SBOŚ1					
	Koszty prac budowlanych					
1	Komora predenitryfikacji osadu recykulowanego i biol. defosfatacji (101)	1200	m ³	2.500,00	3.000.000,00	3.690.000,00
2	Komora rozdziału (102)	40	m ³	2.800,00	112.000,00	137.800,00
3	Komora denitryfikacji (103 i 104)	6400	m ³	1.900,00	12.160.000,00	14.956.800,00
4	Komora nitryfikacji (105)	13400	m	1.400,00	18.760.000,00	23.074.800,00
5	Studzienki	3	szt.	8.000,00	24.000,00	29.500,00
6	Kanał DN500 (grawitacyjny lub syfon)	25	m	1.600,00	40.000,00	49.200,00
7	Kanał DN400 (grawitacyjny lub syfon)	240	m	1.200,00	288.000,00	354.200,00
8	Komora pomiaru przepływu osadu recykulowanego i nadmiernego (107)	40	m ³	2.800,00	112.000,00	137.800,00
9	Rurociągi recyrkulacji wewnętrznej (Carousell) DN300	300	m	900,00	270.000,00	332.100,00
10	Rurociągi recyrkulacji wewnętrznej DN400	260	m	1.200,00	312.000,00	383.800,00
11	Rurociąg tłoczny DN100 osadu nadmiernego z obiektu 19.2 do obiektu 106	70	m	700,00	49.000,00	60.300,00
12	Rurociąg tłoczny DN300 osadu recykulowanego z obiektu 107 do 101	100	m	1.100,00	110.000,00	135.300,00
13	Rurociąg tłoczny DN150 do ścieków dowożonych z obiektu 6 do 101	25	m	800,00	20.000,00	24.600,00
14	Przebudowa istniejącej pompowni osadu recykulowanego - obiekt 19.2	1	ryczałt	64.000,00	64.000,00	78.700,00
15	Przyłączenia nowych rurociągów do istniejących budowli	1	ryczałt	56.000,00	56.000,00	68.900,00
16	Pomosty obsługowe w obiektach 101, 104 i 105	40	m	4.000,00	160.000,00	196.800,00
17	Rurociągi sprężonego powietrza DN200 do DN300	250	m	900,00	225.000,00	276.800,00
18	Budynek separatora części stałych - obiekt 108	1	szt.	80.000,00	80.000,00	98.400,00
19	Wydatki nieprzewidziane i nieuwjęte (np. roboty kablowe)	1	ryczałt	2.206.700,00	2.206.700,00	2.714.200,00
20	Koszty prac budowlanych				38.048.700,00	46.800.000,00

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
21	Koszty wyposażenia technicznego					
22	Mieszadła w obiekcie nr 101	2	szt.	33.200,00	66.400,00	81.700,00
23	Krawędzie przelewowe w komorach rozdziału 102 i 103	4	szt.	9.500,00	38.000,00	46.700,00
24	Mieszadła w obiekcie nr 104	4	szt.	85.500,00	342.000,00	420.700,00
25	Mieszadła w obiekcie 105	6	szt.	57.000,00	342.000,00	420.700,00
26	Dyfuzory, rurociągi, zawory w obiekcie 105	1	ryczałt	665.000,00	665.000,00	818.000,00
27	Pompy recyrkulacji wewnętrznej w obiekcie 105	2	szt.	61.700,00	123.400,00	151.800,00
28	Pompa zamienna do recyrkulacji wewnętrznej dla obiektu 105	1	szt.	45.600,00	45.600,00	56.100,00
29	Mieszadła w obiekcie 15, część okrągła	2	szt.	28.500,00	57.000,00	70.100,00
30	Mieszadła w obiekcie 15, część owalna	4	szt.	71.200,00	284.800,00	350.300,00
31	Mieszadła w obiekcie 16	2	szt.	76.000,00	152.000,00	187.000,00
32	Demontaż istniejących urządzeń w obiektach 15 i 16	1	ryczałt	190.000,00	190.000,00	233.700,00
33	Dyfuzory, rurociągi, zawory w obiekcie 16	1	ryczałt	475.000,00	475.000,00	584.300,00
34	Pompy recyrkulacji wewnętrznej w obiekcie 16	2	szt.	47.500,00	95.000,00	116.900,00
35	Pompa zamienna do recyrkulacji wewnętrznej dla obiektu 16	1	szt.	34.200,00	34.200,00	42.100,00
36	Pompy do osadu recyrkulowanego i nadmiernego	3	szt.	53.200,00	159.600,00	196.300,00
37	Dmuchawy sprężonego powietrza	4	szt.	427.500,00	1.710.000,00	2.103.300,00
38	System rurociągów i filtrów powietrza w obiekcie nr 21	1	ryczałt	190.000,00	190.000,00	233.700,00
39	System rurociągów w pompowni osadu recyrkulowanego (obiekt 17)	1	ryczałt	76.000,00	76.000,00	93.500,00
40	Zasuwy odcinające w obrębie komór biologicznego oczyszczania ścieków	1	ryczałt	285.000,00	285.000,00	350.600,00
41	Zestaw urządzeń pomiarowych dla 1 ciągu oczyszczania ścieków	4	ryczałt	380.000,00	1.520.000,00	1.869.600,00
42	Analizatory online w odpływie z OŚ	1	ryczałt	570.000,00	570.000,00	701.100,00
43	Implementacja sterowania w system SCADA	1	ryczałt	475.000,00	475.000,00	584.300,00
44	Nowe szafy elektrotechniczne	1	ryczałt	950.000,00	950.000,00	1.168.500,00
45	Rynny odpływowe	1	ryczałt	95.000,00	95.000,00	116.900,00
46	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte	1	ryczałt	570.800,00	570.800,00	702.100,00
47	Koszty wyposażenia technicznego				9.511.800,00	11.700.000,00
48	Koszt modernizacji pompowni "Stadionowa" w Raszynie - wariant SBOŚ1				47.560.500,00	58.500.000,00

8.4.2 Oszacowanie kosztów realizacji wariantu SBOŚ2

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy Zleceniodawca nie będzie zatrudniał Generalnego Wykonawcy, zlecenia będą udzielane wykonawcom i dostawcą poszczególnych rodzajów robót i dostaw, a koordynacją całości zajmie się zatrudnione w tym celu biuro inżynierskie.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja stopnia biologicznego OŚ Falenty - wariant SBOŚ2					
	Koszty prac budowlanych					
1	Osadnik wstępny	600	m ³	1.600,00	960.000,00	1.180.800,00
2	Komora predenitryfikacji osadu recykulowanego i biol. defosfatacji (203)	1200	m ³	1.600,00	1.920.000,00	2.361.600,00
3	Nowa komora denitryfikacji i nitryfikacji (204)	10840	m ³	900,00	9.756.000,00	11.999.900,00
4	Studzienki	1	szt.	5.000,00	5.000,00	6.200,00
6	Kanał DN500 (grawitacyjny lub syfon)	45	m	1.000,00	45.000,00	55.400,00
7	Kanał DN400 (grawitacyjny lub syfon)	260	m	800,00	208.000,00	255.800,00
8	Komora pomiaru przepływu osadu recykulowanego i nadmiernego (107)	40	m ³	1.800,00	72.000,00	88.500,00
9	Rurociągi recyrkulacji wewnętrznej (Carousell) DN400	300	m	800,00	240.000,00	295.200,00
10	Rurociągi recyrkulacji wewnętrznej DN300	150	m	600,00	90.000,00	110.700,00
11	Rurociąg tłoczny DN300 osadu recykulowanego z obiektu 205 do 203	120	m	700,00	84.000,00	103.300,00
12	Rurociąg tłoczny DN150 do ścieków dowożonych z obiektu 6 do 101	80	m	500,00	40.000,00	49.200,00
13	Przebudowa istniejącej pompowni osadu recykulowanego - obiekt 19.2	1	ryczałt	40.000,00	40.000,00	49.200,00
14	Przyłączenia nowych rurociągów do istniejących budowli	1	ryczałt	35.000,00	35.000,00	43.100,00
15	Pomosty obsługowe w obiektach 203, 204 i 16	40	m	2.500,00	100.000,00	123.000,00
16	Rurociągi sprężonego powietrza DN200 do DN300	250	m	600,00	150.000,00	184.500,00
17	Budynek separatora części stałych - obiekt 213	1	szt.	50.000,00	50.000,00	61.500,00
18	Wydatki nieprzewidziane i nieuwjęte (np. roboty kablowe)	1	ryczałt	839.100,00	839.100,00	1.032.100,00
19	Koszty prac budowlanych			,	14.634.100,00	18.000.000,00

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
20	Koszty wyposażenia technicznego					
25	Zgarniacz w osadniku wstępnym - obiekt 202	1	szt.	300.000,00	300.000,00	369.000,00
25	Mieszadła w obiekcie nr 203	2	szt.	17.500,00	35.000,00	43.100,00
26	Krawędzie przelewowe w komorze rozdziału za obiektem 203	2	szt.	5.000,00	10.000,00	12.300,00
27	Mieszadła w obiekcie nr 204	8	szt.	30.000,00	240.000,00	295.200,00
29	Dyfuzory, rurociągi, zawory w obiekcie 204	1	ryczałt	350.000,00	350.000,00	430.500,00
30	Pompy recyrkulacji wewnętrznej w obiekcie 204	2	szt.	30.000,00	60.000,00	73.800,00
31	Pompa zamienna do recyrkulacji wewnętrznej dla obiektu 204	1	szt.	20.000,00	20.000,00	24.600,00
32	Mieszadła w obiekcie 15, część okrągła	2	szt.	15.000,00	30.000,00	36.900,00
33	Mieszadła w obiekcie 15, część owalna	4	szt.	37.500,00	150.000,00	184.500,00
34	Mieszadła w obiekcie 16	4	szt.	40.000,00	160.000,00	196.800,00
35	Demontaż istniejących urządzeń w obiektach 15 i 16	1	ryczałt	100.000,00	100.000,00	123.000,00
36	Dyfuzory, rurociągi, zawory w obiekcie 16	1	ryczałt	250.000,00	250.000,00	307.500,00
37	Pompy recyrkulacji wewnętrznej w obiekcie 16	2	szt.	40.000,00	80.000,00	98.400,00
38	Pompa zamienna do recyrkulacji wewnętrznej dla obiektu 16	1	szt.	30.000,00	30.000,00	36.900,00
39	Pompy do osadu recyrkulowanego i nadmiernego	3	szt.	28.000,00	84.000,00	103.300,00
40	Dmuchawy sprężonego powietrza	4	szt.	210.000,00	840.000,00	1.033.200,00
41	System rurociągów i filtrów powietrza w obiekcie nr 21	1	ryczałt	100.000,00	100.000,00	123.000,00
42	System rurociągów w pompowni osadu recyrkulowanego (obiekt 17)	1	ryczałt	40.000,00	40.000,00	49.200,00
43	Zasuwy odcinające w obrębie komór biologicznego oczyszczania ścieków	1	ryczałt	150.000,00	150.000,00	184.500,00
44	Zestaw urządzeń pomiarowych dla 1 ciągu oczyszczania ścieków	4	ryczałt	200.000,00	800.000,00	984.000,00
45	Analizatory online w odpływie z OŚ	1	ryczałt	300.000,00	300.000,00	369.000,00
46	Implementacja sterowania w system SCADA	1	ryczałt	250.000,00	250.000,00	307.500,00
47	Nowe szafy elektrotechniczne	1	ryczałt	500.000,00	500.000,00	615.000,00
48	Rynny odpływowe	1	ryczałt	50.000,00	50.000,00	61.500,00
49	Wydatki nieprzewidziane i nieuwjęte	1	ryczałt	274.200,00	274.200,00	337.300,00
50	Koszty wyposażenia technicznego				5.203.200,00	6.400.000,00
51	Modernizacja stopnia biologicznego OŚ Falenty - wariant SBOŚ2				19.837.300,00	24.400.000,00

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy całość prac będzie wykonywane przez Generalnego Wykonawcę.

Koszty podane w obu tabelach ustanawiają minimalne i maksymalne granice kosztowe, przy czym koszty generowane przez zatrudnianie Generalnego Wykonawcy są generowane w aktualnych przetargach.

Realizacja przedsięwzięcia po podanych uprzednio kosztach minimalnych będzie trudna, jednakże w optymalnym przypadku, przy zastosowaniu niestandardowych metod postępowania, możliwa.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja stopnia biologicznego OŚ Falenty - wariant SBOŚ2					
	Koszty prac budowlanych					
1	Osadnik wstępny	600	m ³	2.600,00	1.560.000,00	1.918.800,00
2	Komora predenitryfikacji osadu recykulowanego i biol. defosfatacji (203)	1200	m ³	2.600,00	3.120.000,00	3.837.600,00
3	Nowa komora denitryfikacji i nityfikacji (204)	10840	m ³	1.400,00	15.176.000,00	18.666.500,00
4	Studzienki	1	szt.	8.200,00	8.200,00	10.100,00
6	Kanał DN500 (grawitacyjny lub syfon)	45	m	1.600,00	72.000,00	88.600,00
7	Kanał DN400 (grawitacyjny lub syfon)	260	m	1.300,00	338.000,00	415.700,00
8	Komora pomiaru przepływu osadu recykulowanego i nadmiernego (107)	40	m ³	2.900,00	116.000,00	142.600,00
9	Rurociągi recykulacji wewnętrznej (Carousell) DN400	300	m	1.300,00	390.000,00	479.700,00
10	Rurociągi recykulacji wewnętrznej DN300	150	m	900,00	135.000,00	166.100,00
11	Rurociąg tłoczny DN300 osadu recykulowanego z obiektu 205 do 203	120	m	1.100,00	132.000,00	162.400,00
12	Rurociąg tłoczny DN150 do ścieków dowożonych z obiektu 6 do 101	80	m	800,00	64.000,00	78.700,00
13	Przebudowa istniejącej pompowni osadu recykulowanego - obiekt 19.2	1	ryczałt	66.000,00	66.000,00	81.200,00
14	Przyłączenia nowych rurociągów do istniejących budowli	1	ryczałt	57.700,00	57.700,00	71.000,00
15	Pomosty obsługowe w obiektach 203, 204 i 16	40	m	4.100,00	164.000,00	201.700,00
16	Rurociągi sprężonego powietrza DN200 do DN300	250	m	900,00	225.000,00	276.800,00
17	Budynek separatora części stałych - obiekt 213	1	szt.	82.500,00	82.500,00	101.500,00
18	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte (np. roboty kablowe)	1	ryczałt	1.383.000,00	1.383.000,00	1.701.000,00
19	Koszty prac budowlanych				23.089.400,00	28.400.000,00

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
20	Koszty wyposażenia technicznego					
25	Zgarniacz w osadniku wstępnym - obiekt 202	1	szt.	570.000,00	570.000,00	701.100,00
25	Mieszadła w obiekcie nr 203	2	szt.	33.200,00	66.400,00	81.700,00
26	Krawędzie przelewowe w komorze rozdziału za obiektem 203	2	szt.	9.500,00	19.000,00	23.400,00
27	Mieszadła w obiekcie nr 204	8	szt.	57.000,00	456.000,00	560.900,00
29	Dyfuzory, rurociągi, zawory w obiekcie 204	1	ryczałt	665.000,00	665.000,00	818.000,00
30	Pompy recyrkulacji wewnętrznej w obiekcie 204	2	szt.	57.000,00	114.000,00	140.200,00
31	Pompa zamienna do recyrkulacji wewnętrznej dla obiektu 204	1	szt.	38.000,00	38.000,00	46.700,00
32	Mieszadła w obiekcie 15, część okrągła	2	szt.	28.500,00	57.000,00	70.100,00
33	Mieszadła w obiekcie 15, część owalna	4	szt.	71.200,00	284.800,00	350.300,00
34	Mieszadła w obiekcie 16	4	szt.	76.000,00	304.000,00	373.900,00
35	Demontaż istniejących urządzeń w obiektach 15 i 16	1	ryczałt	190.000,00	190.000,00	233.700,00
36	Dyfuzory, rurociągi, zawory w obiekcie 16	1	ryczałt	475.000,00	475.000,00	584.300,00
37	Pompy recyrkulacji wewnętrznej w obiekcie 16	2	szt.	76.000,00	152.000,00	187.000,00
38	Pompa zamienna do recyrkulacji wewnętrznej dla obiektu 16	1	szt.	57.000,00	57.000,00	70.100,00
39	Pompy do osadu recyrkulowanego i nadmiernego	3	szt.	53.200,00	159.600,00	196.300,00
40	Dmuchawy sprężonego powietrza	4	szt.	399.000,00	1.596.000,00	1.963.100,00
41	System rurociągów i filtrów powietrza w obiekcie nr 21	1	ryczałt	190.000,00	190.000,00	233.700,00
42	System rurociągów w pompowni osadu recyrkulowanego (obiekt 17)	1	ryczałt	76.000,00	76.000,00	93.500,00
43	Zasuwy odcinające w obrębie komór biologicznego oczyszczania ścieków	1	ryczałt	285.000,00	285.000,00	350.600,00
44	Zestaw urządzeń pomiarowych dla 1 ciągu oczyszczania ścieków	4	ryczałt	380.000,00	1.520.000,00	1.869.600,00
45	Analizatory online w odpływie z OŚ	1	ryczałt	570.000,00	570.000,00	701.100,00
46	Implementacja sterowania w system SCADA	1	ryczałt	475.000,00	475.000,00	584.300,00
47	Nowe szafy elektrotechniczne	1	ryczałt	950.000,00	950.000,00	1.168.500,00
48	Rynny odpływowe	1	ryczałt	95.000,00	95.000,00	116.900,00
49	Wydatki nieprzewidziane i nieuwjęte	1	ryczałt	553.700,00	553.700,00	681.000,00
50	Koszty wyposażenia technicznego				9.918.500,00	12.200.000,00
51	Modernizacja stopnia biologicznego OŚ Falenty - wariant SBOŚ2				33.007.900,00	40.600.000,00

8.4.3 Oszacowanie kosztów realizacji wariantu SBOŚ3

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy Zleceniodawca nie będzie zatrudniał Generalnego Wykonawcy, zlecenia będą udzielane wykonawcom i dostawcą poszczególnych rodzajów robót i dostaw, a koordynacją całości zajmie się zatrudnione w tym celu biuro inżynierskie.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja stopnia biologicznego OŚ Falenty - wariant SBOŚ3					
	Koszty prac budowlanych					
1	Osadnik wstępny	600	m ³	1.600,00	960.000,00	1.180.800,00
2	Komora predenitryfikacji osadu recykulowanego i biol. defosfatacji (203)	1200	m ³	1.600,00	1.920.000,00	2.361.600,00
3	Kanał DN500 (grawitacyjny lub syfon)	110	m	1.000,00	110.000,00	135.300,00
4	Kanał DN400 (grawitacyjny lub syfon)	140	m	800,00	112.000,00	137.800,00
5	Kanał DN250 (grawitacyjny lub syfon)	30	m	500,00	15.000,00	18.500,00
6	Komora pomiaru przepływu osadu recykulowanego i nadmiernego (107)	40	m ³	1.800,00	72.000,00	88.500,00
7	Rurociągi recykulacji wewnętrznej (Carousell) DN500	300	m	800,00	240.000,00	295.200,00
8	Rurociągi tłoczny DN300 osadu z obiektu 306 do obiektu 19.2	55	m	600,00	33.000,00	40.600,00
9	Rurociąg tłoczny DN300 osadu recykulowanego z obiektu 307 do 303	120	m	700,00	84.000,00	103.300,00
10	Rurociąg tłoczny DN150 do ścieków dowożonych z obiektu 6 do 101	75	m	500,00	37.500,00	46.100,00
11	Przebudowa istniejącej pompowni osadu recykulowanego - obiekt 19.2	1	ryczałt	40.000,00	40.000,00	49.200,00
12	Przłączenia nowych rurociągów do istniejących budowli	1	ryczałt	35.000,00	35.000,00	43.100,00
13	Pomosty obsługowe w obiektach 203, 204 i 16	40	m	2.500,00	100.000,00	123.000,00
14	Rurociągi sprężonego powietrza DN300 do DN400	100	m	800,00	80.000,00	98.400,00
15	Budynek separatora części stałych - obiekt 213	1	szt.	50.000,00	50.000,00	61.500,00
16	Komora BIOGRADEX - obiekt nr 304	400	m ³	1.600,00	640.000,00	787.200,00
17	Budynek pomp próżniowych - obiekt nr. 305	150	m ³	700,00	105.000,00	129.100,00
18	Osadnik wtórny - obiekt nr. 305	3200	m ³	1.100,00	3.520.000,00	4.329.600,00
19	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte (np. roboty kablowe)	1	ryczałt	464.400,00	464.400,00	571.200,00
20	Koszty prac budowlanych				8.617.900,00	10.600.000,00

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
21	Koszty wyposażenia technicznego					
22	Zgarniacz w osadniku wstępnym - obiekt 302	1	szt.	300.000,00	300.000,00	369.000,00
23	Mieszadła w obiekcie nr 303	2	szt.	17.500,00	35.000,00	43.100,00
24	Mieszadła w obiekcie 15, część okrągła	2	szt.	15.000,00	30.000,00	36.900,00
25	Mieszadła w obiekcie 15, część owalna	4	szt.	37.500,00	150.000,00	184.500,00
26	Mieszadła w obiekcie 16	4	szt.	40.000,00	160.000,00	196.800,00
27	Demontaż istniejących urządzeń w obiektach 15 i 16	1	ryczałt	100.000,00	100.000,00	123.000,00
28	Dyfuzory, rurociągi, zawory w obiekcie 16	1	ryczałt	550.000,00	550.000,00	676.500,00
29	Pompy recyrkulacji wewnętrznej w obiekcie 16	2	szt.	75.000,00	150.000,00	184.500,00
30	Pompa zamienna do recyrkulacji wewnętrznej dla obiektu 16	1	szt.	55.000,00	55.000,00	67.700,00
31	Pompy do osadu recyrkulowanego i nadmiernego	3	szt.	35.000,00	105.000,00	129.200,00
32	Mieszadło w komorze BIOGRADEX	1	szt.	15.000,00	15.000,00	18.500,00
33	Komora odgazowania	1	szt.	250.000,00	250.000,00	307.500,00
34	Pompy próżniowe	2	szt.	40.000,00	80.000,00	98.400,00
35	Zgarniacz w nowym osadniku wtórnym	1	szt.	450.000,00	450.000,00	553.500,00
36	Nowe zgarniacze w istniejących osadnikach	2	szt.	300.000,00	600.000,00	738.000,00
37	Dmuchawy sprężonego powietrza	4	szt.	210.000,00	840.000,00	1.033.200,00
38	System rurociągów i filtrów powietrza w obiekcie nr 21	1	ryczałt	100.000,00	100.000,00	123.000,00
39	System rurociągów w pompowni osadu recyrkulowanego (obiekt 17)	1	ryczałt	40.000,00	40.000,00	49.200,00
40	Zasuwy odcinające w obrębie komór biologicznego oczyszczania ścieków	1	ryczałt	150.000,00	150.000,00	184.500,00
41	Zestaw urządzeń pomiarowych dla 1 ciągu oczyszczania ścieków	2	ryczałt	200.000,00	400.000,00	492.000,00
42	Analizatory online w odpływie z OŚ	1	ryczałt	300.000,00	300.000,00	369.000,00
43	Implementacja sterowania w system SCADA	1	ryczałt	250.000,00	250.000,00	307.500,00
44	Nowe szafy elektrotechniczne	1	ryczałt	400.000,00	400.000,00	492.000,00
45	Rynny odpływowe (np. w nowym osadniku wtórnym)	1	ryczałt	150.000,00	150.000,00	184.500,00
46	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte	1	ryczałt	274.800,00	274.800,00	338.000,00
47	Koszty wyposażenia technicznego				5.934.800,00	7.300.000,00
48	Modernizacja stopnia biologicznego OŚ Falenty - wariant SBOŚ3				14.552.700,00	17.900.000,00

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy całość prac będzie wykonywane przez Generalnego Wykonawcę.

Koszty podane w obu tabelach ustanawiają minimalne i maksymalne granice kosztowe, przy czym koszty generowane przez zatrudnianie Generalnego Wykonawcy są generowane w aktualnych przetargach.

Realizacja przedsięwzięcia po podanych uprzednio kosztach minimalnych będzie trudna, jednakże w optymalnym przypadku, przy zastosowaniu niestandardowych metod postępowania, możliwa.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja stopnia biologicznego OŚ Falenty - wariant SBOŚ3					
	Koszty prac budowlanych					
1	Osadnik wstępny	600	m ³	2.600,00	1.560.000,00	1.918.800,00
2	Komora predenitryfikacji osadu recykulowanego i biol. defosfatacji (203)	1200	m ³	2.600,00	3.120.000,00	3.837.600,00
3	Kanał DN500 (grawitacyjny lub syfon)	110	m	1.600,00	176.000,00	216.500,00
4	Kanał DN400 (grawitacyjny lub syfon)	140	m	1.300,00	182.000,00	223.900,00
5	Kanał DN250 (grawitacyjny lub syfon)	30	m	800,00	24.000,00	29.500,00
6	Komora pomiaru przepływu osadu recykulowanego i nadmiernego (107)	40	m ³	2.900,00	116.000,00	142.600,00
7	Rurociągi recykulacji wewnętrznej (Carousell) DN500	300	m	1.300,00	390.000,00	479.700,00
8	Rurociągi tłoczny DN300 osadu z obiektu 306 do obiektu 19.2	55	m	900,00	49.500,00	60.900,00
9	Rurociąg tłoczny DN300 osadu recykulowanego z obiektu 307 do 303	120	m	1.100,00	132.000,00	162.400,00
10	Rurociąg tłoczny DN150 do ścieków dowożonych z obiektu 6 do 101	75	m	800,00	60.000,00	73.800,00
11	Przebudowa istniejącej pompowni osadu recykulowanego - obiekt 19.2	1	ryczałt	66.000,00	66.000,00	81.200,00
12	Przyłączenia nowych rurociągów do istniejących budowli	1	ryczałt	57.700,00	57.700,00	71.000,00
13	Pomosty obsługowe w obiektach 203, 204 i 16	40	m	4.100,00	164.000,00	201.700,00
14	Rurociągi sprężonego powietrza DN300 do DN400	100	m	1.300,00	130.000,00	159.900,00
15	Budynek separatora części stałych - obiekt 213	1	szt.	82.500,00	82.500,00	101.500,00
16	Komora BIOGRADEX - obiekt nr 304	400	m ³	2.600,00	1.040.000,00	1.279.200,00
17	Budynek pomp próżniowych - obiekt nr. 305	150	m ³	1.100,00	165.000,00	202.900,00
18	Osadnik wtórny - obiekt nr. 305	3200	m ³	1.800,00	5.760.000,00	7.084.800,00
19	Wydatki nieprzewidziane i nieuwjęte (np. roboty kablowe)	1	ryczałt	790.300,00	790.300,00	972.100,00
20	Koszty prac budowlanych				14.065.000,00	17.300.000,00

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
21	Koszty wyposażenia technicznego					
22	Zgarniacz w osadniku wstępnym - obiekt 302	1	szt.	570.000,00	570.000,00	701.100,00
23	Mieszadła w obiekcie nr 303	2	szt.	33.200,00	66.400,00	81.700,00
24	Mieszadła w obiekcie 15, część okrągła	2	szt.	28.500,00	57.000,00	70.100,00
25	Mieszadła w obiekcie 15, część owalna	4	szt.	71.200,00	284.800,00	350.300,00
26	Mieszadła w obiekcie 16	4	szt.	76.000,00	304.000,00	373.900,00
27	Demontaż istniejących urządzeń w obiektach 15 i 16	1	ryczałt	190.000,00	190.000,00	233.700,00
28	Dyfuzory, rurociągi, zawory w obiekcie 16	1	ryczałt	1.045.000,00	1.045.000,00	1.285.400,00
29	Pompy recyrkulacji wewnętrznej w obiekcie 16	2	szt.	142.500,00	285.000,00	350.600,00
30	Pompa zamienna do recyrkulacji wewnętrznej dla obiektu 16	1	szt.	104.500,00	104.500,00	128.500,00
31	Pompy do osadu recyrkulowanego i nadmiernego	3	szt.	66.500,00	199.500,00	245.400,00
32	Mieszadło w komorze BIOGRADEX	1	szt.	28.500,00	28.500,00	35.100,00
33	Komora odgazowania	1	szt.	475.000,00	475.000,00	584.300,00
34	Pompy próżniowe	2	szt.	76.000,00	152.000,00	187.000,00
35	Zgarniacz w nowym osadniku wtórnym	1	szt.	855.000,00	855.000,00	1.051.700,00
36	Nowe zgarniacze w istniejących osadnikach	2	szt.	570.000,00	1.140.000,00	1.402.200,00
37	Dmuchawy sprężonego powietrza	4	szt.	399.000,00	1.596.000,00	1.963.100,00
38	System rurociągów i filtrów powietrza w obiekcie nr 21	1	ryczałt	190.000,00	190.000,00	233.700,00
39	System rurociągów w pompowni osadu recyrkulowanego (obiekt 17)	1	ryczałt	76.000,00	76.000,00	93.500,00
40	Zasuwy odcinające w obrębie komór biologicznego oczyszczania ścieków	1	ryczałt	285.000,00	285.000,00	350.600,00
41	Zestaw urządzeń pomiarowych dla 1 ciągu oczyszczania ścieków	2	ryczałt	380.000,00	760.000,00	934.800,00
42	Analizatory online w odpływie z OŚ	1	ryczałt	570.000,00	570.000,00	701.100,00
43	Implementacja sterowania w system SCADA	1	ryczałt	475.000,00	475.000,00	584.300,00
44	Nowe szafy elektrotechniczne	1	ryczałt	760.000,00	760.000,00	934.800,00
45	Rynny odpływowe (np. w nowym osadniku wtórnym)	1	ryczałt	285.000,00	285.000,00	350.600,00
46	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte	1	ryczałt	546.700,00	546.700,00	672.500,00
47	Koszty wyposażenia technicznego				11.300.400,00	13.900.000,00
48	Modernizacja stopnia biologicznego OŚ Falenty - wariant SBOŚ3				25.365.400,00	31.200.000,00

8.5 Porównanie energochłonności opisanych wariantów biologicznego oczyszczania ścieków

Energochłonność przedstawionych uprzednio wariantów biologicznego oczyszczania ścieków w przeliczeniu na średniodobowy dopływ ścieków w okresie perspektywicznym ($Q = 6.000 \text{ m}^3/\text{d}$) wynosi:

Wariant SBOŚ1	0,592 kWh/m ³	107,6 %
Wariant SBOŚ2	0,550 kWh/m ³	100,0 %
Wariant SBOŚ3	0,562 kWh/m ³	102,2 %

Energochłonność wariantu SBOŚ1 jest najwyższa ze względu na brak osadnika wstępnego redukującego obciążenie ładunkami komór osadu czynnego.

Energochłonność wariantu SBOŚ3 jest nieznacznie (o 2,2%) wyższa od energochłonności wariantu SBOŚ2 ze względu na pracę pomp próżniowych i zużycie energii generowane przez zgarniacz w dodatkowym osadniku wtórnym.

8.6 Wybór wariantu rekomendowanego dla stopnia biologicznego oczyszczania ścieków

Porównanie możliwych wariantów realizacji biologicznego oczyszczania ścieków prowadzi do następujących wniosków:

- Wariant SBOŚ1 jest zdecydowanie rozwiązaniem najmniej korzystnym z trzech przedstawionych tu możliwości, zarówno pod względem energetycznym, jak i inwestycyjnym.
- Wariant SBOŚ2 jest najmniej energochłonny, ale jego koszty inwestycyjne są o ok. 32% wyższe, niż dla wariantu SBOŚ3.
- Wariant SBOŚ3 generuje najmniejsze koszty inwestycyjne, a jego energochłonność jest nieznacznie wyższa, niż dla wariantu SBOŚ2.
- Wariant SBOŚ3 jest ze wszystkich możliwości najbardziej elastyczny pod względem eksploatacyjnym. Realizacja komory BIOGRADEX z odpowiednim wyposażeniem technicznym pozwala na szybkie i bezproblemowe dostosowanie przepustowości oczyszczalni ścieków do aktualnych potrzeb bez konieczności natychmiastowej budowy trzeciego osadnika wtórnego.
- Wariant SBOŚ3 zapewnia płynne dostosowanie parametrów eksploatacyjnych do ciągłego wzrostu obciążenia oczyszczalni ścieków w ciągu założonego okresu rozwoju zlewni, czyli następnych 20 lat.

Relacje kosztów realizacji obu wariantów przedstawiono w następującej tabelce:

Opis	Wariant SBOŚ1	Wariant SBOŚ2	Wariant SBOŚ3
Koszty minimalne	36.000.000,00	24.400.000,00	17.900.000,00
Koszty maksymalne	58.500.000,00	40.600.000,00	31.200.000,00
Koszty średnie	47.250.000,00	32.500.000,00	24.550.000,00
relacja kosztów średnich	192%	132%	100%

Dalsze wnioski wynikające z porównania opisanych uprzednio wariantów wynikają z analizy efektywności finansowej i kosztowej (DGC) zamieszczonej w całości w załączniku 1 do niniejszego opracowania.

Na podstawie przeprowadzonej analizy wielokryterialnej z uwzględnieniem przyjętych kryteriów oceny danego wariantu, stwierdzono, że najbardziej efektywny kosztowo i finansowo jest Wariant SBOŚ-3. Wyniki przeprowadzonej analizy wielokryterialnej prezentuje tabela poniżej.

Lp.	Wyniki analizy wielokryterialnej Stopień biologicznego oczyszczania ścieków	Jedn.	Wariant SBOŚ-1	Wariant SBOŚ-2	Wariant SBOŚ-3
1.	Koszty inwestycyjne	TAK/NIE	NIE	NIE	TAK
2.	Koszty inwestycji odtworzeniowych (łącznie)	TAK/NIE	TAK	NIE	NIE
3.	Wartość rezydualna	TAK/NIE	TAK	NIE	NIE
4.	Koszty eksploatacyjne bez amortyzacji (średniorocznie)	TAK/NIE	NIE	NIE	TAK
5.	Wskaźnik efektywności kosztowej - DGC	TAK/NIE	NIE	NIE	TAK
6.	Wskaźnik efektywności finansowej - NPV	TAK/NIE	NIE	NIE	TAK
7.	Wskaźnik efektywności finansowej - IRR	TAK/NIE	NIE	NIE	TAK
	Punktacja (max 10 pkt.)		2	0	8

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza wielokryterialna, w skład której wchodzi:

- analiza wysokości kosztów inwestycyjnych,
- analiza kosztów inwestycji odtworzeniowych,
- analiza wartości rezydualnej,
- analiza wysokości kosztów eksploatacyjnych,
- analiza efektywności kosztowej DGC,
- analiza efektywności finansowej NPV,
- analiza efektywności finansowej IRR,

wskazuje, że **Wariant SBOŚ-3 uzyskuje największą liczbę punktów i jest rekomendowany do realizacji** z finansowego oraz kosztowego punktu widzenia, z zastrzeżeniem, że do rekomendacji wzięto pod uwagę 20-letni okres funkcjonowania.

Rekomendowany wariant charakteryzuje się:

- najniższą wartością kosztów inwestycyjnych,
- najniższymi kosztami eksploatacyjnymi bez amortyzacji (średniorocznie),
- najniższą wartością wskaźnika efektywności kosztowej DGC,
- najwyższą wartością wskaźnika efektywności finansowej NPV,
- najwyższą wartością wskaźnika efektywności finansowej IRR.

9 Gospodarka osadowa

Rozpatrzono trzy następujące różne warianty rozwiązania gospodarki osadowej:

- 1) **Wariant GO1** składa się z następujących elementów technologicznych:
 - a) Komora tlenowej stabilizacji osadu (TSO) z systemem dekantacji wód osadowych
 - b) Dmuchawy służące do napowietrzania komory TSO
 - c) Pompownia wód osadowych (do komory predenitryfikacji osadu recyrkulowanego) zintegrowania z pompownią ustabilizowanego tlenowo osadu nadmiernego do zagęszczacza grawitacyjnego.
 - d) Grawitacyjny zagęszczacz osadu zlokalizowany w przebudowanym „KLARBLOKU”.
 - e) Pompownia zagęszczonego grawitacyjnie osadu do zbiornika buforowego.
 - f) Komora homogenizacji ustabilizowanego tlenowo osadu nadmiernego zlokalizowana przed instalacją do mechanicznego odwadniania osadu.
 - g) Instalacja do mechanicznego odwadniania osadu składająca się z dwóch pras ślimakowych, pompowni zasilającej i automatycznej stacji przygotowania polielektrolitów.
 - h) Stacja higienizacji osadu wapnem palonym.
- 2) **Wariant GO2** składa się z następujących elementów technologicznych:
 - a) Pompownia osadu wstępnego w hali sitopiaskowników.
 - b) Grawitacyjny zagęszczacz osadu wstępnego.
 - c) Grawitacyjny zagęszczacz osadu nadmiernego zlokalizowany w przebudowanym „KLARBLOKU” zasilany pompownią osadu nadmiernego.
 - d) Komora homogenizacji osadów wstępnego i nadmiernego.
 - e) Dwie zamknięte komory mezofilowej fermentacji osadu wraz z budynkiem eksploatacyjnym z odpowiednim wyposażeniem (instalacja do odbioru biogazu, kotły grzewcze, wymienniki ciepła, mieszadła, pompownie osadu).
 - f) Dwie maszyny kogeneracyjne na biogaz umieszczone w osobnym budynku mieszczącym również generator awaryjny napędzany olejem napędowym, urządzenia do eliminacji siarkowodoru i siloksanów z biogazu oraz dmuchawy membranowego zbiornika buforowego na biogaz.
 - g) Membranowy zbiornik buforowy na biogaz.
 - h) Komora homogenizacji osadu ustabilizowanego beztlenowo zlokalizowana przed instalacją do mechanicznego odwadniania osadu.
 - i) Instalacja do mechanicznego odwadniania osadu składająca się z dwóch pras ślimakowych, pompowni zasilającej i automatycznej stacji przygotowania polielektrolitów.
 - j) Stacja higienizacji osadu wapnem palonym.
- 3) **Wariant GO3** składa się z następujących elementów technologicznych:
 - a) Pompownia osadu wstępnego w hali sitopiaskowników.
 - b) Grawitacyjny zagęszczacz osadu nadmiernego zlokalizowany w przebudowanym „KLARBLOKU” zasilany pompownią osadu nadmiernego.
 - c) Komora homogenizacji osadów wstępnego i nadmiernego.
 - d) Dwie wysoko obciążone zamknięte komory mezofilowej fermentacji osadu wraz z budynkiem eksploatacyjnym z odpowiednim wyposażeniem (instalacja do odbioru biogazu, kotły grzewcze, wymienniki ciepła, instalacja do mieszania komór sprężonym biogazem, pompownie osadu).
 - e) Dwie maszyny kogeneracyjne na biogaz umieszczone w osobnym budynku mieszczącym również generator awaryjny napędzany olejem napędowym, urządzenia do eliminacji siarkowodoru i siloksanów z biogazu oraz dmuchawy membranowego zbiornika buforowego na biogaz.
 - f) Membranowy zbiornik buforowy na biogaz.
 - g) Komora homogenizacji osadu ustabilizowanego beztlenowo zlokalizowana przed instalacją do mechanicznego odwadniania osadu.

- h) Instalacja do mechanicznego odwadniania osadu składająca się z dwóch pras ślimakowych, pompowni zasilającej i automatycznej stacji przygotowania polielektrolitów.
- i) Stacja higienizacji osadu wapnem palonym.

W żadnym z wariantów nie uwzględniono możliwości przyjmowania osadów obcych ze względu na fakt, że aktualnie nie ma w gminach ościennych żadnej oczyszczalni ścieków, która mogłaby te osady dostarczyć. Wymienione uprzednio warianty opisane są szczegółowo w punktach 9.1 do 9.3.

9.1 Wariant GO1 – tlenowa stabilizacja osadu

9.1.1 Ogólny opis zagospodarowania osadu zgodnie z wariantem GO1

W niniejszym wariantcie przewidziane jest wprowadzenie wydzielonego procesu stabilizacji tlenowej osadu w celu obniżenia zdolności osadów do zagniwania. Wspomniany proces będzie prowadzony w wydzielonej komorze, a jego przebieg będzie następujący:

Ze względu na brak osadników wstępnych stabilizacji będzie poddany wyłącznie osad nadmierny. Będzie on automatycznie oddzielany ze strumienia osadu recyrkulowanego (zgodnie z wymaganiami eksploatacyjnymi) i podawany nowej dwuciągowej komory stabilizacji tlenowej. Cykliczne napowietrzanie osadu spowoduje jego stabilizację, czyli doprowadzi do redukcji substancji organicznych zawartych w osadzie. Komory będą mogły być zasilane szeregowo lub równolegle (zależnie od decyzji operatora). Maszyny służące do napowietrzania dla komór TSO będą umieszczona w istniejącej hali dmuchaw.

Następnie osad kierowany będzie do wyposażonego w obrotowe zgrzebło grawitacyjnego zagęszczacza ustabilizowanego osadu nadmiernego, który będzie zlokalizowany w przebudowanej komorze istniejącego „Klarbloku”. Zagęszczony grawitacyjnie i ustabilizowany tlenowo osad nadmierny będzie podawany rurociągiem tłocznym do komory homogenizacji osadu zlokalizowanej w istniejącym zagęszczaczu grawitacyjnym w pobliżu budynków stacji odwadniania osadu. Istniejące prasa odwadniająca osad będzie zastąpiona dwoma nowymi prasami ślimakowymi pozwalającymi na uzyskanie większego stopnia odwodnienia oraz odznaczającymi się niskim zużyciem energii elektrycznej. Bezpośrednio po odwodnieniu osad będzie higienizowany wapnem palonym. Istniejący system higienizacji osadu będzie poddany gruntownej modernizacji polegającej na produkcji granulatu nawozowego. Następnie granulatu osadowo-wapienny będzie kierowany bezpośrednio do istniejącej wiaty magazynowej i na środki transportu. Szczegóły opisanego wariantu zagospodarowania osadu przedstawione są na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-1.1 i w schemacie technologicznym nr 201805.1-4-1.1.

W zależności od realnie powstającej ilości osadów i innych warunków brzegowych w przyszłości można będzie się zastanowić nad dalszą rozbudową gospodarki osadowej polegającej na budowie suszarni osadu, kompostowni lub spalarni. Pozwoli to likwidację systemu higienizacji osadu.

9.1.2 Dane wymiarujące i obliczenia technologiczne dla tlenowej stabilizacji osadu

W poniższej tabeli podano miarodajną produkcję suchej masy osadu nadmiernego dla wszystkich przypadków wymiarowania części biologicznej oczyszczalni ścieków omówionej w punkcie 8.1, czyli dla wariantu SBOŚ1.

Indeks osadu nadmiernego (l/kg)	Produkcja suchej masy dla obciążenia wymiarującego (kg s.m./d)	Produkcja suchej masy dla obciążenia średniego (kg s.m./d)
ISV120	5396	4139
ISV135	5203	3917
ISV165	5285	3963

Przyjmowanie produkcji suchej masy osadu nadmiernego dla obciążenia wymiarującego do wymiarowania tlenowej stabilizacji osadu jest celowe przede wszystkim w celu ustalenia maksymalnego zapotrzebowania na tlen, czyli w konsekwencji do określenia maksymalnej ilości powietrza napowietrzającego osad nadmierny. Objętość komór tlenowej stabilizacji osadu zwymiarowano korzystając z danych dla średniego obciążenia ładunkiem przy indeksie osadu $ISV=165 \text{ l/kg}$.

W następującej tabeli przeprowadzono obliczenia wymiarujące dla wymaganej objętości komory tlenowej stabilizacji osadu (KTSO):

Obliczenia objętości komory TSO wg wartości średnich	wartość	jednostka
Średni ładunek suchej masy w osadzie nadmiernym	3738,00	kg s.m./d
Średnie stężenie osadu nadmiernego na wlocie KTSO	0,70%	s.m.
Średnie stężenie osadu nadmiernego na wylocie KTSO	1,30%	s.m.
Przyjęto średnie stężenie osadu nadmiernego w komorze TSO	1,00%	s.m.
Dobowa objętość osadu nadmiernego $3963 / 0,01 =$	373,80	m ³ /d
Średni wiek osadu zgodnie z obliczeniami	10,00	d
Niezbędny wiek osadu do KTSO	25,00	d
Czas zatrzymania w komorze KTSO $25 - 10 =$	15,00	d
Wymagana objętość komory KTSO $15 \times 396,30 =$	5607,00	m ³
Wybrana szerokość komory KTSO	25,00	m
Wybrana głębokość komory KTSO	5,03	m
Minimalna długość komory KTSO $5944,50 / (25 \times 5,03) =$	44,59	m
Wybrana długość komory KTSO	50,00	m
Objętość KTSO przy wybranych wymiarach	6287,50	m ³
Wybrany średni czas zatrzymania osadu w KTSO	16,82	d

W dalszym ciągu przeprowadzono obliczenia ilości osadu ustabilizowanego tlenowo.

Obliczenia ilości osadu ustabilizowanego	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Zawartość suchej masy organicznej w osadzie nadmiernym	80,00%	80,00%	
Średni ładunek suchej masy organicznej w osadzie	2990,40	4341,60	kg sm.o./d
Zakładany stopień redukcji suchej masy organicznej	32,50%	32,50%	
Ładunek suchej masy organicznej w osadzie ustabilizowanym	2018,52	2930,58	kg sm.o./d
Zawartość suchej masy organicznej w osadzie ustabilizowanym	54,00%	54,00%	
Ładunek suchej masy w osadzie ustabilizowanym	2766,12	4015,98	kg s.m./d
Stężenie suchej masy w osadzie ustabilizowanym	1,00%	1,00%	s.m.
Średniodobowa objętość osadu ustabilizowanego	276,61	401,60	m ³ /d

Z powyższych obliczeń wynika, że średniodobowa ilość wód osadowych powstających na skutek redukcji związków organicznych w osadzie wynosi $373,80 - 276,6 = 97,2 \text{ m}^3/\text{d}$. Wody te będą odciągane systemem dekantacji zainstalowanym w KTSO po okresie sedymentacji osadu ustabilizowanego, podczas którego osad nie będzie napowietrzany. Maksymalna ilość wód osadowych wyniesie ok. $133 \text{ m}^3/\text{d}$. Taka maksymalna ilość wód osadowych musi być odpompowana do głównego ciągu oczyszczania ścieków w ciągu założonego czasu pracy pomp.

9.1.3 Obliczenia zapotrzebowania na tlen i wymiarowanie stacji dmuchaw TSO

Komora tlenowej stabilizacji osadu będzie wyposażona w system napowietrzania, którego wielkość i wydajność uwarunkowana jest ilością tlenu konieczną do uzyskania odpowiedniej redukcji związków organicznych zawartych w osadzie. Obliczenia przedstawione są w poniższej tabeli.

Obliczenia zapotrzebowania na tlen i powietrze	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Średni ładunek suchej masy organicznej w osadzie	2990,40	4341,60	kg sm.o./d
Ładunek suchej masy organicznej w osadzie ustabilizowanym	2018,52	2930,58	kg sm.o./d
Redukcja suchej masy organicznej	971,88	1411,02	kg/d
Przyjęty współczynnik zmniejszający α dla napowietrzania w ściekach	0,6	0,6	
OC/load	1,5	1,5	
Dobowe zapotrzebowanie na tlen	2429,7	3527,55	kg O ₂ /d
Dobowy czas pracy dmuchaw dla TSO	20,00	20,00	h/d
Godzinowe zapotrzebowanie na tlen z redukcji s.m.o.	122	177	kg O ₂ /h
Projektowania stężenie tlenu w KTSO - C _x	2,00	2,00	mg/l
Stężenie nasycenia w ściekach przy 20°C - C _s	9,00	9,00	mg/l
Wymagany współczynnik $\alpha_{OC} = C_s / (C_s - C_x)$	1,29	1,29	
Maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na tlen z redukcji s.m.o.	157,4	228,3	kg O ₂ /h
Głębokość zanurzenia dyfuzorów	4,80	4,80	m
Założona sprawność dyfuzorów	16	16	g O ₂ / (m ³ * 1 m gł)
Sprawność napowietrzania	76,80	76,80	g O ₂ / (m ³ * 4,8 m gł)
Wymagana wydajność dmuchaw	2049	2973	m ³ /h
odpowiada	2080	3018	Nm ³ /h

DMUCHAWY

Proponuje się zastosowanie dmuchaw tego samego typu i o identycznej wydajności, jak dmuchawy do napowietrzania komór osadu czynnego:

Ilość dmuchaw głównych	1	szt.
Ilość dmuchaw rezerwowych (wspólna rezerwa z napowietrzaniem osadu czynnego)	1	szt.
Typ dmuchaw	dmuchawy śrubowe	
Założony producent dmuchaw uznawanych za referencyjne	KAESER Kompressoren	
Typ dmuchawy przyjęty do dalszych obliczeń	FBS 660 L SFC	
Maksymalna wydajność 1 dmuchawy	51 m ³ N/min	3.060 m ³ N/h
Wytwarzane ciśnienie		600 mbar
Przyjęta głębokość zanurzenia dyfuzorów		
Zakres regulacji wydajności falownikiem	15-51	m ³ N/min
Maksymalna wydajność 1 dmuchawy	3.060	m ³ N/h
Moc silnika każdej dmuchawy	55,0	kW
Pobór mocy przy maksymalnej wydajności	51,0	kW

9.1.4 Wymiarowanie zagęszczacza grawitacyjnego

Przewidziano przejęcie funkcji zagęszczacza grawitacyjnego przez przebudowaną komorę „Klarblocku”. W tym celu muszą zostać wyburzone wewnętrzne ściany komory dzielące ją nad poszczególne podkomory. Jednocześnie wskazane jest odtworzenie małego leja osadowego w osi symetrii całego „Klarblocku”.

Przebudowa „Klarbloku” musi być poprzedzona analizą konstrukcyjną budowli, ponieważ na obecnym etapie projektowania nie jesteśmy w stanie stwierdzić, czy proponowana przez nas przebudowa jest możliwa. W przypadku problemów konstrukcyjnych wynikających z zaproponowanej przebudowy i połączonych z tym kosztów należy przeanalizować możliwość budowy nowego zagęszczacza o podobnej

objętości i przeznaczenia „Klarbloku” na objętość retencyjną o dowolnym przeznaczeniu. Nie zalecamy wyburzenia budowli „Klarbloku” ze względu na fakt, że każda istniejąca objętość budowli może się do czegoś przydać w momencie trudności eksploatacyjnych lub w dalszych etapach rozbudowy.

W poniższej tabeli zamieszczono parametry zagęszczacza grawitacyjnego zlokalizowanego w przebudowanym „Klarbloku”.

Wymiarowanie zagęszczacza grawitacyjnego	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Istniejąca objętość zagęszczacza grawitacyjnego	630,00	630,00	m ³
Czas zatrzymania w zagęszczaczu grawitacyjnym	2,28	1,57	d
Stężenie zagęszczonego osadu nadmiernego	3,50%	3,50%	s.m.
Dobowa ilość osadu po zagęszczaczu grawitacyjnym	79,00	115,00	m ³ /d
Dobowa ilość wody nadosadowej	197,61	286,60	m ³ /d
Dobowy czas sedimentacji	2,00	2,00	h/d
Dobowy czas dekantacji	2,00	2,00	h/d
Strumień wody nadosadowej w czasie dekantacji (2 h)	98,81	143,30	m ³ /h
odpowiednio	27,45	39,81	l/s

Zgodnie z przedstawionym obliczeniami sumaryczna wydajność pomp zainstalowanych w urządzeniach do dekantacji wód osadowych z zagęszczacza grawitacyjnego powinna wynosić nie mniej niż 40 l/s.

Ustabilizowany i zagęszczony osad będzie podawany rurociągiem tłocznym do komory homogenizacji osadu zlokalizowanej w odpowiednio przystosowanym obiekcie nr 23, będącym również zbiornikiem buforowym dla urządzeń odwadniających osad umieszczonych w obiekcie nr 24.

9.1.5 Komora homogenizacji ustabilizowanego osadu nadmiernego (obiekt nr 23)

Obiekt nr 23 został wybudowany łącznie z oczyszczalnią „Klarblok” i służył do grawitacyjnego zagęszczania osadu nadmiernego. Aktualnie komora służy jako zbiornik buforowy przez istniejącymi urządzeniami do odwadniania osadu. Zgodnie z przyjętymi założeniami obiekt nr 23 będzie nadal służył jako buforowy zbiornik osadu z nowym mieszadłem szybkoobrotowym służącym do homogenizacji osady przed jego podaniem na nowe prasy ślimakowe.

Objętość komory higienizacji wynosi ok. 160 m³, jest więc wystarczająca, aby buforować odwodniony osad przez min. 36 godzin.

9.1.6 Urządzenia do mechanicznego odwadniania osadu

Stan techniczny istniejących urządzeń do odwadniania osadu ściekowego, na które składają się prasa taśmowa, stacja polielektrolitów i pompy zasilające, jest zły. Z tego względu proponujemy wymianę wszystkich urządzeń do odwadniania osadu na nowe. Proponujemy zastosowanie pras ślimakowych charakteryzujących się stosunkowo wysokim stopniem odwodnienia przy niskich kosztach eksploatacyjnych. Są to maszyny wolnoobrotowe, bezpieczne w eksploatacji i niewymagające drogiego serwisowania, jak na przykład szybkoobrotowe wirówki. Ze względu na elastyczność eksploatacyjną proponujemy zastosowanie 2 pras ślimakowych o wydajności zapewniającej odwodnienie koniecznej ilości osadu podczas 8 godzin pracy przez 7 dni w tygodniu. W przypadku awarii jednej z maszyn podwojenie czasu pracy drugiej maszyny umożliwi odwodnienie takiej samej ilości osadu. Jako wartość wymiarującą przyjęto średnią produkcję osadu, ze względu na możliwość buforowania maksymalnych ilości osadu w zagęszczaczu grawitacyjnym i w komorze homogenizacji.

Dane wymiarujące dla nowych urządzeń odwadniających zamieszczone są w poniższej tabeli:

Wymiarowanie urządzeń do odwadniania osadu ściekowego	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Tygodniowa produkcja osadu po zagęszczaczu grawitacyjnym	553	805	m ³ /tydz.
Ilość dni pracy odwadniania osadu w tygodniu	7	7	d
Założony dobowy czas pracy maszyn odwadniających	8	8	h/d
Tygodniowy czas pracy odwadniania	56	56	h/tyg.
Strumień osadu zagęszczonego do odwodnienia	9,90	14,40	m ³ /h
Strumień suchej masy do odwodnienia	346,50	504,00	kg s.m./h
Założone stężenie suchej masy osadu	3,5%	3,5%	s.m.
Ilość maszyn odwadniających	2	2	szt.
Minimalna wydajność jednostkowa maszyny odwadniającej	173,25	252,00	kg s.m./h
Wybrana wydajność jednej maszyny odwadniającej	225,00	225,00	kg s.m./h
Założone stężenie suchej masy w osadzie odwodnionym	20%	20%	
Średniodobowa ilość osadu odwodnionego	13,83	20,13	m ³ /d
Dobowa ilość wód poosadowych	65,18	94,88	m ³ /d
Strumień wód poosadowych	8,15	11,86	m ³ /h
odpowiednio	2,26	3,29	l/s

Pompy zasilające pracy ślimakowe

Rodzaj pompy	mimośrodowo-ślimakowa		
Zalecani producenci jako wyznacznik jakości	Netzsch lub Seepex		
Wymagana wydajność hydrauliczna przy pracy 1 pompy	ok. 5	m ³ /h	
Maksymalna wydajność hydrauliczna 1 pompy	ok. 10	m ³ /h	
Minimalna wydajność 1 pompy sterowanej przy pomocy falownika	ok. 3	m ³ /h	
Ilość pomp głównych	2	szt.	
Ilość pomp rezerwowych	1	szt.	
Nominalna moc silnika	4,0	kW	
Pobór mocy	ok. 2,0	kW	
Założony średniogodzinny strumień osadu	10,5	m ³ /h	
Założony dobowy czas pracy pomp osadu recyrkulowanego	8	h/d	
Strumień suchej masy do odwodnienia	2 x 5 x 0,035 x 1000 =	350,0	kg s.m./h

Po ciśnieniowej stronie pomp przed wlotem do pras ślimakowych muszą być zainstalowane przepływomierze magnetyczno-indukcyjne regulujące obroty, a tym samym wydajność, pomp zasilających.

W niniejszym opracowaniu przewidziano zastosowanie dwóch pras ślimakowych firmy HUBER-Technology typu RoS3Q620. Maszyny te wraz z pozostałym oprzyrządowaniem są wyznacznikami jakości urządzeń służących do odwadniania osadu.

Prasy ślimakowe RoS3Q620 służą do ciągłego odwadniania osadu. Osad podawany jest pompowo do prasy, gdzie jest poddawany odwodnieniu poprzez powolne przesuwanie poprzez przenośnik ślimakowy. Urządzenie wyposażone jest w zestaw 3 sit o zmniejszającym się prześwicie połączonych kołnierzowo.

Osad transportowany jest od strefy wlotu do strefy prasowania za pomocą transportera ślimakowego o stożkowym wale i zmiennym skoku – zmniejszającym się w kierunku wylotu osadu odwodnionego. Transporter ślimakowy wyposażony jest na obwodzie w wymienne elementy z tworzywa sztucznego czyszczące wewnętrzną powierzchnię sita. Wykonanie materiałowe sita bębnowego prasy ze stali nierdzewnej 1.4307 (lub innej o takich samych lub lepszych parametrach).

Wylot osadu zaopatrzony w stożek cylindryczny o napędzie pneumatycznym pozwalający na regulację światła otworu wylotowego (możliwość regulacji docisku, a co za tym idzie stopnia odwodnienia osadu).

Króciec doprowadzenia osadu:	DN 100	
Odprowadzenie filtratu:	DN 150	
Nominalna wydajność 1 prasy ślimakowej	225	kg/h

Zrzut – odprowadzenie osadu odwodnionego rynną zrzutową

Parametry napędu:

Ilość	1	szt.
Moc	2,2	kW
Dobowy czas pracy maszyny	8	h/d
Prędkość obrotowa	0,9	min ⁻¹

Proces odwadniania i czyszczenia prasy odbywa się przy wykorzystaniu tego samego napędu:

- Podczas fazy odwadniania – napędzany jest ślimak transportujący i odwadniający osad.
- Podczas fazy płukania – napędzany jest bęben z powierzchnią filtracyjną, który ulega przepłukaniu przez nieruchome dysze. Ponadto, następuje wsteczny ruch przenośnika ślimakowego – elementy czyszczące na obwodzie ślimaka oczyszczają rewersyjnie wewnętrzną powierzchnię bębna. Podczas procesu płukania automatycznie zatrzymana jest praca pompy osadu.

Nachylenie 15° maszyny ułatwia odpływ filtratu i popłuczyn, a przez to minimalizuje efekt zasysania zwrotnego wody przez odwodniony osad.

Zużycie medium płuczącego zależy od rodzaju medium i ilości cykli płuczących. Ilość dysz 27, cykl płukania trwa 67 s. Wymagane ciśnienie medium płuczącego wynosi minimum 5 bar.

Chwilowe zapotrzebowanie na wodę:

Dla wody wodociągowej	2,24	l/s
Dla wody technologicznej	3,38	l/s

Dla jednego cyklu płuczącego na godzinę:

Dla wody wodociągowej zużycie wynosi	150	l/godz.
Dla wody technologicznej zużycie wynosi	226	l/godz.

Dla trzech cykli płuczających na godzinę:

Dla wody wodociągowej zużycie wynosi	450	l/godz.
Dla wody technologicznej zużycie wynosi	679	l/godz.

Zabezpieczenie przeciwkorozyjne:

Wszystkie elementy urządzenia mające kontakt z osadem (w tym powierzchnia filtracyjna) wykonane ze stali nierdzewnej 1.4307 lub równoważnej, wytrawianej w całości w kąpieli kwaśnej. Napęd: zabezpieczone żywicą syntetyczną RAL 5015. Inne komponenty (łożyska, rolki, węże, itp.) wykonane z materiałów odpornych na korozję.

Do eksploatacji pras ślimakowych konieczne jest zastosowanie sprężarki jako źródła sprężonego powietrza do sterowania naciskiem stożka prasującego.

Ilość sprężarek	1 główna + 1 rezerwowa	2	szt.
Producent	Kaeser lub równoważny		
Wydajność		200	l/min
Ciśnienie		10	bar
Moc napędu		1,1	kW
Dobowy czas pracy sprężarki		8	h/d

Stacja przygotowania roztworu polielektrolitu do automatycznego przygotowania roztworu flokulantu z polielektrolitu w proszku i w emulsji.

Zdolność produkcyjna	2.000 l objętość użytkowa
Koncentracja zaprawy	maks. 0,5 %

Stacja wyposażona jest w:

- Zbiornik 3-komorowy prostokątny z utwardzanego polipropylenu składający się z komór: zaprawy, dojrzewania i poboru.
- 3 króćce odbiorcze z zaworami kulowymi,
- 2 mieszadła
- Podajnik śrubowy sproszkowanego polielektrolitu z lejem wyposażonym w pokrywę, z ogrzewaniem rury dozującej,
- Instalację dozowania koncentratu emulsji do podłączenia przewodu elastycznego,
- Sondy poziome,
- Połączenie wszystkich króćców odprowadzających flokulant z komory 1, 2, 3,

Założone zużycie polielektrolitów		5,0	g/kg s.m.o.
Średniodobowa ilość suchej masy organicznej		2140	kg smo/d
Średniodobowe zużycie polielektrolitów	$0,005 \times 2140 =$	10,7	kg/d
Średnioroczne zużycie polielektrolitów	$10,7 \times 365 =$	3906	kg/a

Pompa koncentratu zasilająca stację przygotowania roztworu polielektrolitu.

Ilość pomp	1 główna	1	szt.
Producent	Netzsch lub Seepex		
Maksymalna wydajność tłoczenia		30	l/h
<u>Napęd:</u>			
Moc	P	0,37	kW
Dobowy czas pracy		8	h/d

Pompy dozowania flokulantu

Pompy mimośrodowo-ślimakowe dozowania roztworu flokulantu do osadu:

Ilość pomp	1 główna + 1 rezerwowa	2	szt.
Producent	Netzsch lub Seepex		
Maksymalna wydajność tłoczenia		200 – 1500	l/h
Medium tłoczenia:	0, 2 - 0,5 % roztwór polielektrolitu		

Napęd silnikowy z przekładnią:

Moc	P	0,55	kW
Dobowy czas pracy		8	h/d

Pompy muszą być wyposażone w regulację obrotów przetwornicą częstotliwości oraz w zabezpieczenia przed suchobiegiem i nadciśnieniem.

Do odbioru osadu odwodnionego zastosowany będzie przenośnik ślimakowy osadu odwodnionego z kompletem podpór.

Typ przenośnika	wałowy	
Długość	ok. 5,5	m
Moc silnika	3	kW
Dobowy czas pracy	8	h/d
Wykonanie stal	1.4301	
Wykładzina koryta	PE-HD	

9.1.7 Urządzenia do higienizacji osadu wapnem palonym

Oczyszczalnia ścieków w Falentach jest wyposażona w stację higienizacji osadu wapnem palonym. Instalacja składa się z silosu na wapno, urządzeń do transportu wapna i odwodnionego osadu oraz z mieszalnika, w którym wapno palone wchodzi w egzotermiczną reakcję z osadem zawierającym od 80 do 75% wody.

Istniejące urządzenia mogą być dalej eksploatowane po przystosowaniu do nowej organizacji transportu osadu.

Alternatywnie można przebudować istniejącą instalację do higienizacji osadu w celu uzyskania granulatu z osadu i wapna palonego. W tym celu konieczne jest zastosowanie odpowiedniego reaktora granulującego osad poprzedzonego mieszalnikiem wapna palonego służącym do jego rozdrobnienia i eliminacji brylowań. Dla uzyskanego granulatu osadowo-wapiennego można uzyskać w odpowiednich instytucjach certyfikat zaświadcający, że osad przetworzony w ten sposób nie jest odpadem, a nawozem do użytku w rolnictwie. Uzyskanie produktu z odpadu zdecydowanie ułatwia ostateczne zagospodarowanie osadu ściekowego pod warunkiem znalezienia odbiorców na uzyskany produkt.

Dawka wapna palonego (na podstawie danych producentów granulatorów)	1,5	kg CaO/kg s.m.
Godzinowa ilość suchej masy zawarta w osadzie	367,50	kg s.m./h
Dobowy czas pracy urządzeń odwadniających	8	h/d
Średniodobowa ilość suchej masy	8 x 367,50 =	2940 kg s.m./d
Średniodobowa ilość wapna palonego	2940 x 1,5 =	4410 kg/d
Koszt 1 kg wapna palonego	0,40	zł/kg
Średniodobowe koszty wapna palonego	4410 x 0,40 =	1764 zł/d
Średnioroczne koszty wapna palonego	1764 x 365 =	643.860 zł/a

Obliczone dane dotyczą okresu perspektywicznego. Aktualne koszty wapnowania i granulacji osadu będą oczywiście niższe. Ze względu na fakt, że koszty eksploatacyjne tej technologii zagospodarowania osadu są wprost proporcjonalne do rynkowej ceny wapna palonego, istnieje możliwość, że bardziej zaawansowane technologie zagospodarowania osadu staną się bardziej opłacalne.

W miarę rozwoju sytuacji cenowej wapna palonego i ewentualnych zmian przepisów na dalszych etapach projektowania można się zastanowić na następujących przykładowych technologiach zagospodarowania osadu:

- Solarne suszenie osadu ze wspomaganiem przy pomocy ogrzewania podłogowego i dalsza termiczna utylizacja osadu.
- Zastosowanie suszarni niskotemperaturowej z zastosowaniem pompy ciepła.
- Suszenie osadu przy zastosowaniu wody chłodniczej do odwadniania powietrza nasyconego wilgocią wody zawartej w suszonym osadzie.
- Prowadzenie pirolizy osadu i wykorzystanie gazu powstałego przy zgazowaniu osadu do jego suszenia.

9.1.8 Energochłonność i zapotrzebowanie na polielektrolit w wariancie GO1

Zapotrzebowanie na energię elektryczną dla omawianego wariantu zagospodarowania osadu przedstawiono w poniższej tabeli:

Punkt	Urządzenie	Ilość	Moc napędu (kW)	Pobór mocy (kW)	Czas pracy (h/d)	Zużycie energii (kWh/d)
9.1.3.	Dmuchawy do napowietrzania KTZO	1	55	51	20	1.020,0
9.1.2.	Pompy wód osadowych z KTZO	1	4,0	2,5	2	5,0
9.1.2.	Pompy osadu ustabilizowanego z KSTO	1	9,0	7,5	2	15,0
9.1.4.	Pompy do dekantacji wód osadowych	1	2,5	1,5	2	3,0
9.1.4.	Pompy do tłoczenia osadu do komory homogenizacji	1	2,5	1,5	2	3,0
9.1.4.	Napęd zgrzebla w zagęszczaczu grawitacyjnym	1	1,5	1,0	20	20,0
9.1.5.	Mieszadło do homogenizacji osadu	1	3,0	2,5	6	15,0
9.1.6.	Pompy zasilające maszyny odwadniające	2	4,0	2,0	8	32,0
9.1.6.	Prasy ślimakowe	2	2,2	2,0	8	16,0
9.1.6.	Sprężarki do sterowania naciskiem stożka	1	1,1	1,0	8	8,0
9.1.6.	Pompa zasilająca stację polielektrolitu	1	0,37	0,3	8	2,4
9.1.6.	Pompy dozowania roztworu	1	0,55	0,5	8	4,0
9.1.6.	Przenośnik ślimakowy	1	5,5	4,0	8	32,0
9.1.7.	Wapnowanie i granulacja osadu (wszystkie napędy)	1	20,0	15,0	8	120,0
---	Zaokrąglenie i napędy nieuwzględnione	ok. 5%			1.287,40	54,6
	Średniodobowe zużycie energii elektrycznej					1.350,00

Średniodobowa produkcja suchej masy w procesie osadu czynnego	3.963	kg s.m./d
Jednostkowe zapotrzebowanie na energię elektryczną $1.350,0 / 3.963 =$	0,341	kWh/kg s.m.
Jednostkowe zapotrzebowanie energii w odniesieniu do ilości ścieków $1.350,0 / 6.000 =$	0,225	kWh/m ³
Jednostkowe zużycie polielektrolitów do odwadniania osadu po KTZO	12	kg/t s.m.
Dobowa ilość suchej masy osadu	2,94	t
Dobowa ilość polielektrolitu $2,94 \times 12 =$	35,3	kg/d
Roczna ilość polielektrolitu $35,3 \times 365 =$	12.886	kg/a
Aktualna jednostkowa cen polielektrolitu brutto	15,50	zł/kg

9.2 Wariant GO2 – standardowa fermentacja osadu w ZKF

9.2.1 Ogólny opis zagospodarowania osadu zgodnie z wariantem GO2

W niniejszym wariancie przewidziane jest wprowadzenie wydzielonego procesu beztlenowej stabilizacji osadów w zamkniętej komorze fermentacyjnej połączonego z odzyskiem i dalszym wykorzystaniem biogazu wytworzonego w procesie fermentacji. Wspomniany proces będzie prowadzony w dwóch komorach fermentacyjnych, a jego przebieg będzie następujący:

Po wstępnym oczyszczeniu w sitopiaskownikach ścieki będą doprowadzone do osadnika wstępnego o krótkim czasie zatrzymania. W osadniku wstępnym na skutek sedymentacji będzie powstawał osad wstępny o dużej zawartości substancji organicznych. Krótki czas zatrzymania ścieków w osadniku nie pozwoli na zbyt dużą eliminację związków węgla potrzebnych w dalszych stopniach oczyszczania do prowadzenia procesu denitryfikacji. Rezultatem zastosowania osadnika wstępnego jest redukcja ładunków zanieczyszczeń zawartych w ściekach, co powoduje zmniejszenie objętości komór osadu czynnego.

Przy pomocy pomp osadowych zainstalowanych w piwnicy budynku sitopiaskownika osad będzie tłoczony do grawitacyjnego zagęszczacza osadu wstępnego. Oddzielone tam wody osadowe będą odprowadzane grawitacyjnie do głównego ciągu oczyszczania ścieków lub bezpośrednio do reaktorów biologicznych w celu uniknięcia utraty LKT. Zagęszczony osad wstępny będzie tłoczony przy pomocy uprzednio wspomnianych pomp do nowej komory homogenizacji osadu umieszczonej w pobliżu zamkniętych komór fermentacji. Układ rurociągów musi zapewniać możliwość recyrkulacji osadu przez zagęszczacz w celu wypłukania lekkich kwasów tłuszczowych (LKT). Grawitacyjny zagęszczacz osadu wstępnego musi być zhermetyzowany, a powietrze odlotowe musi być oczyszczane na odpowiednich urządzeniach.

Powstający w procesie oczyszczania ścieków osad nadmierny będzie automatycznie oddzielany ze strumienia osadu recyrkulowanego (zgodnie z wymaganiami eksploatacyjnymi). Osad nadmierny będzie tłoczony do wyposażonego w obrotowe zgrzebło zagęszczacza grawitacyjnego, który będzie zlokalizowany w przebudowanej komorze istniejącego „Klarbloku”. Zagęszczony grawitacyjnie osad nadmierny będzie transportowany rurociągiem tłocznym do nowej komory homogenizacji osadu umieszczonej w pobliżu zamkniętych komór fermentacji, tej samej, do której będzie również doprowadzany osad wstępny. Zbiornik zapewni odpowiedni czas retencji osadów, celem wyrównania obciążenia stopnia fermentacji ładunkiem osadu. Komora homogenizacji będzie wyposażona w szybkoobrotowe mieszadła homogenizujące. Ze względu na możliwość powstawania odorów konieczna będzie hermetyzacja komory i zainstalowanie urządzeń do dezodoryzacji powietrza odlotowego. Odcieki wód osadowych z zagęszczacza grawitacyjnego osadu nadmiernego będą odpływać grawitacyjnie do kanalizacji wewnętrznej oczyszczalni ścieków.

Przewiduje się budowę dwóch nowych zamkniętych komór fermentacyjnych z odzyskiem biogazu wraz z budynkiem eksploatacyjnym mieszczącym następujące urządzenia:

- Pompownię osadu podawanego na ZKF-y
- Pompownię osadu przefermentowanego
- Pompy cyrkulacyjne osadu
- Wymienniki ciepła
- Kotły grzewcze na biogaz i olej opałowy
- System rurociągów osadowych
- System rurociągów do biogazu

W oddzielnym budynku umieszczone będą urządzenia do oczyszczania biogazu z siarkowodoru i siloksanów.

W procesie jedno- lub dwustopniowej mezofilowej fermentacji metanowej znaczna część organicznych związków węgla jest mineralizowana w procesie przemiany w biogaz, co prowadzi do uzyskania osadu o znacznym stopniu stabilizacji, czyli o możliwie niskiej zawartości suchej masy organicznej. W wyniku ustabilizowania osadu możliwe jest zwiększenie efektywności odwadniania, istotne obniżenie ilości osadów kierowanych do zagospodarowania i ograniczenie uciążliwości odorowej oczyszczalni. Z doświadczeń eksploatacyjnych wynika, że osady nadmierne powstające w ciągach oczyszczania ścieków z wydłużonym wiekiem osadu i usuwaniem substancji biogennych, charakteryzują się niską zawartością suchej masy organicznej, co powoduje niską produkcję biogazu w procesie fermentacji. Dla osadu nadmiernego z oczyszczalni ścieków z usuwaniem związków biogennych intensywność produkcji biogazu zależy od wieku osadu. Dla osadu o wieku powyżej 8 dni optimum produkcji biogazu występuje pomiędzy 15 a 30 dniem procesu. Bakterie osadu czynnego są przystosowane do przetrwania również w środowisku beztlenowym, co pozwala na ich udział w procesach przemiany materii. Z doświadczeń eksploatacyjnych wynika, że dla standardowego czasu fermentacji min. 25 dni, redukcja związków organicznych z osadu nadmiernego nie

jest wysoka. Dlatego też przyjęto klasyczny układ technologiczny pozwalający na wystarczającą stabilizację osadów nadmiernych z możliwością skróceniem okresu fermentacji kwaśnej, poprzez wstępną obróbkę osadu.

Przewiduje się wykonanie dwóch termoizolowanych komór fermentacyjnych wraz z urządzeniami do ujmowania produkowanego biogazu, wyposażonych w mieszkadło oraz kompletny osprzęt. System rurociągów będzie umożliwiał równoległą i szeregową eksploatację ZKF.

Po przefermentowaniu osad spływać będzie grawitacyjnie do komory homogenizacji osadu przefermentowanego (obiekt nr 23), zlokalizowanego w rejonie stacji odwadniania osadu.

Stacja odwadniania i higienizacji osadu została opisana w opisie do wariantu GO1 w punkcie 9.1.1.

Szczegóły opisanego wariantu zagospodarowania osadu przedstawione są na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-2.1 i w schemacie technologicznym nr 201805.1-4-2.1.

W zależności od realnie powstającej ilości osadów i innych warunków brzegowych w przyszłości można będzie się zastanowić nad dalszą rozbudową gospodarki osadowej polegającej na budowie suszarni osadu, kompostowni lub spalarni. Pozwoli to likwidację systemu higienizacji osadu.

9.2.2 Dane wymiarujące i obliczenia technologiczne dla wariantu GO2

W poniższej tabeli podano miarodajną produkcję suchej masy osadu nadmiernego dla wszystkich przypadków wymiarowania części biologicznej oczyszczalni ścieków omówionej w punkcie 8.2, czyli dla wariantu SBOŚ2.

Indeks osadu nadmiernego (l/kg)	Produkcja suchej masy dla obciążenia wymiarującego (kg s.m./d)	Produkcja suchej masy dla obciążenia średniego (kg s.m./d)
ISV120	3610	2469
ISV135	3606	2434
ISV150	3622	2441
Wartości średnie	3613	2448

Ze względu na niewielkie różnice produkcji osadu nadmiernego do dalszych obliczeń przyjęto wartości średnie. Następująca tabela zawiera obliczenia ilości osadu nadmiernego powstającego w procesie osadu czynnego przed i po jego zagęszczeniu w zagęszczaczu grawitacyjnym.

Obliczenia ilości osadu nadmiernego	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Sucha masa w osadzie nadmiernym	2448	3613	kg / d
Przyjęte stężenie osadu nadmiernego	0,70%	0,70%	s.m.
Dobowa objętość osadu nadmiernego	349,71	516,10	m ³ /d
Istniejąca objętość zagęszczacza grawitacyjnego	630,00	630,00	m ³
Czas zatrzymania w zagęszczaczu grawitacyjnym	1,80	1,22	d
Stężenie zagęszczonego osadu nadmiernego	4,00%	4,00%	s.m.
Dobowa ilość zagęszczonego osadu nadmiernego	61,20	90,32	m ³ /d

W dalszej kolejności obliczono ilości osadu wstępnego przed i po jego zagęszczeniu w zagęszczaczu grawitacyjnym, a także zwymiarowano wymagana pojemność zagęszczacza.

Obliczenia ilości osadu wstępnego	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Ładunek suchej masy w dopływie do osadnika wstępnego	3533,78	5306,00	
Ładunek suchej masy w odpływie z osadnika wstępnego	1943,58	2918,30	
Sucha masa w osadzie wstępnym = redukcja s.m. w osadniku wstępnym	1590,20	2387,70	kg / d
Przyjęte stężenie osadu wstępnego	2,5%	2,5%	%s.m.
Dobowa objętość osadu wstępnego	63,60	95,50	m ³ / d
Czas zatrzymania w zagęszczaczu grawitacyjnym	1,00	1,00	d
Wymagana objętość zagęszczacza grawitacyjnego	63,60	95,50	m ³

Obliczenia ilości osadu wstępnego	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Projektowana objętość zagęszczacza grawitacyjnego	113,00	113,00	m ³
Rzeczywisty czas zatrzymania w zagęszczaczu grawitacyjnym	1,78	1,18	d
Stężenie osadu wstępnego zagęszczonego	5%	5%	%s.m.
Objętość osadu wstępnego zagęszczonego	31,80	47,80	m ³ /d

Ilości i stężenie suchej masy w osadzie mieszanym (wstępnym i nadmiernym) oraz wymiarowanie komory homogenizacji podano w następnej tabeli:

Obliczenia ilości osadu mieszanego	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Objętość osadu nadmiernego zagęszczonego	61,20	90,32	m ³ /d
Objętość osadu wstępnego zagęszczonego	31,80	47,80	m ³ /d
Objętość osadu razem	93,00	138,12	m ³ /d
Stężenie osadu zagęszczonego razem	4,34%	4,34%	s.m.
Wymagany czas zatrzymania w komorze homogenizacji	1,00	0,75	d
Wymagana objętość komory homogenizacji	93,00	103,59	m ³
Wybrana objętość komory homogenizacji (D=5m, Gł.=5 m)	98,12	98,12	m ³
Maksymalny czas zatrzymania w komorze homogenizacji	1,06	0,71	d

Stopień napełnienia komory homogenizacji osadu mieszanego będzie regulowany na podstawie bieżących danych eksploatacyjnych przez personel oczyszczalni ścieków. Ze względu na minimalną dopuszczalną warstwę cieczy nad śmigłem urządzenia mieszającego jego homogenizacji. Przy średnicy śmigła szybkoobrotowego mieszadła wynoszącej ok. 30 cm minimalna głębokość cieczy liczona od dna komory nie może być mniejsza od ok. 130 cm, co odpowiada objętości osadu wynoszącej ok. 25,5 m³.

9.2.3 Obliczenia technologiczne ZKF

W tabeli przedstawionej poniżej obliczono wymaganą i zaprojektowaną objętość zamkniętych komór fermentacyjnych dla przyjętych założeń dotyczących stężenia suchej masy organicznej w obu rodzajach osadów doprowadzanych do komór beztlenowych. Ze względu na fakt, że nie ma możliwości posłużenia się danymi pomiarowymi, posłużono się danymi literaturowymi.

Obliczenia wymaganych objętości ZKF	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Dobowa ilość suchej masy w osadzie nadmiernym	2448	3613	kg/d
Przyjęte stężenie suchej masy organicznej w osadzie nadmiernym	60%	60%	
Dobowa ilość suchej masy organicznej w osadzie nadmiernym	1469	2168	kg/d
Dobowa objętość osadu nadmiernego po zagęszczeniu	61,20	90,32	m ³ /d
Dobowa ilość suchej masy w osadzie wstępnym	1590,20	2387,70	kg/d
Przyjęte stężenie suchej masy organicznej w osadzie wstępnym	80%	80%	
Dobowa ilość suchej masy organicznej w osadzie wstępnym	1272	1910	kg/d
Dobowa objętość osadu wstępnego po zagęszczeniu	31,80	47,80	m ³ /d

Obliczenia wymaganych objętości ZKF	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Dobowy ładunek suchej masy organicznej	2741	4078	kg/d
Założone obciążenie objętości ładunkiem suchej masy organicznej	1,4	1,4	kg s.m.o/(m ³ xd)
Wymagana objętość osadu w komorach fermentacyjnych	1958	2913	m ³
Wybrana objętość czynna komór fermentacyjnych	2913	2913	
Dobowa objętość osadu mieszanego po zagęszczeniu	93	138,12	m ³ /d
Czas zatrzymania w ZKF	31,3	21,1	d
Stopień wypełnienia ZKF	85%	85%	
Wymagana objętość komór fermentacyjnych	3430	3430	m ³
Ilość komór fermentacyjnych	2	2	szt.
Wymagana objętość 1 ZKF	1715	1715	m ³
Zaprojektowana objętość 1 ZKF	1820	1820	m³
Zaprojektowana objętość czynna 1 ZKF	1547	1547	m³
Czas zatrzymania w obu ZKF	33,3	22,4	d

Objętość komór fermentacyjnych zaprojektowano konserwatywnie, co prowadzi do długich czasów zatrzymania obliczonych dla obciążenia średniego, które będzie w realnych warunkach bardziej miarodajne, niż warunki obciążeń wymiarujących. Niezależnie od tego na skutek zastosowania zagęszczaczy grawitacyjnych oraz komory homogenizacji osadu mieszanego nastąpi uśrednienie dobowych ilości osadu, a co za tym idzie „spłaszczenie” wartości maksymalnych. Wydłużenie średniego czasu zatrzymania osadu w komorach fermentacyjnych będzie sprzyjać zwiększonej produkcji biogazu, a koszty inwestycyjne generowane przez większą objętość ZKF-ów są praktycznie pomijalne. Przyjęcie nieco zmniejszonych parametrów wymiarujących tworzy rezerwę przepustowości na przyjmowanie dodatkowych substratów. W bilansie obciążenia ZKF-ów nie uwzględniono trudnej do określenia ilości tłuszczu separowanych w odtłuszczacz zintegrowany w sitopiaskownikach. Przykładową zamkniętą komorę fermentacyjną o objętości 1820 m³ przedstawiono na rysunku nr 204805.1-3-2.2.

9.2.4 Produkcja biogazu w ZKF

W następującej tabeli obliczono spodziewaną produkcję biogazu dla przyjętego perspektywicznego obciążenia oczyszczalni ścieków. Obliczenia przeprowadzono dla wartości wymiarujących oczyszczalnię ścieków oraz dla średniego jej obciążenia.

Produkcja biogazu w ZKF	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Założona redukcja suchej masy organicznej w osadzie wstępnym	65%	60%	
Założona redukcja suchej masy organicznej w osadzie nadmiernym	40%	35%	
Zredukowany ładunek suchej masy organicznej	1414,4	1904,8	kg s.m.o./d
Jednostkowa produkcja biogazu (wg. danych literaturowych i eksploatacyjnych)	1,00	0,90	m ³ /kg s.m.o.
Dobowa produkcja biogazu ze zredukowanej s.m.o.	1414,00	1714,00	Nm ³ /d
Roczna produkcja biogazu	516110,00	625610,00	Nm ³ /a
Ilość RLM w odniesieniu do ChZT	73700,00	73700,00	RLM
Jednostkowa produkcja biogazu (ChZT)	7,00	8,50	Nm ³ /(RLM _{ChZT} x a)
Ilość RLM w odniesieniu do BZT ₅	61900,00	61900,00	RLM
Jednostkowa produkcja biogazu (BZT ₅)	8,34	10,11	Nm ³ /(RLM _{BZT5} x a)

Jednostkowa produkcja biogazu dla wartości średnich wynosząca 8,34 Nm³/(RLM_{BZT5} x a) mieści się w średniej danych literaturowych mówiących, że wspomniana wartość jednostkowa powinna się zawierać w granicach od 7 do 11 Nm³/(RLM_{BZT5} x a).

9.2.5 Obliczenia energetyczne dla uzyskanego biogazu

Z uzyskanego w procesie mezofilowej fermentacji biogazu uzyskiwany jest biogaz o zawartości metanu leżącej w przeważającej większości przypadków w granicach od 60 do 70%, Zawartość energetyczna czystego metanu wynosi w przybliżeniu 10 kWh/Nm³. Do dalszych obliczeń przyjęto, że wartość energetyczna biogazy wyniesie średnio 6,4 kWh/Nm³.

Obliczenia energetyczne dla biogazu	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Zawartość energetyczna biogazu	6,4	6,4	kWh/Nm ³
Dobowa ilość energii uzyskanej ze spalania biogazu	9050	10970	kWh/d
Sprawność elektryczna zespołów kogeneracyjnych	35%	35%	
Dobowa ilość energii elektrycznej	3168	3840	kWh el./d
Sprawność termiczna zespołów kogeneracyjnych	48%	48%	
Dobowa ilość energii cieplnej	4344	5266	kWh term./d

Uzyski energii elektrycznej założono przy założeniu sprawności często spotykanych maszyn kogeneracyjnych o mocy obliczonej w następnym punkcie. Z powyższych obliczeń wynika, że przy średniodobowym obciążeniu oczyszczalni ścieków obliczonym dla okresu perspektywicznego produkcja własnej energii elektrycznej z biogazu wyniesie ok. **3.168 kWh_(el.)/d**, co przy założonym czasie eksploatacji agregatów kogeneracyjnych wynoszącym 312,5 dnia (7500 h/a) daje roczną produkcję energii elektrycznej wynoszącą 990.000 kWh/a. Średniodobowa moc cieplna dostarczana przez oba pracujące agregaty kogeneracyjne wyniesie w okresie perspektywicznym **4.344 kWh_(term.)/d**.

9.2.6 Wymiarowanie zespołów kogeneracyjnych

Założono, że zarówno w trakcie przyrostu obciążenia oczyszczalni ścieków, jak i momencie osiągnięcia obciążenia perspektywicznego posiadanie 2 agregatów kogeneracyjnych jest o wiele wygodniejsze ze względów eksploatacyjnych, niż zastosowanie 1 agregatu o większej mocy. Dlatego zaprojektowano 2 agregaty o niewielkiej mocy. W okresie początkowym wystarczy eksploatacja 1 agregatu, a drugi pełni wtedy rolę agregatu rezerwowego. Po osiągnięciu perspektywicznego obciążenia oczyszczalni ładunkami można się będzie zastanowić nad dostawieniem trzeciej maszyny jako rezerwy. Jednakże okres żywotności

technicznej maszyn kogeneracyjnych wynosi 15 lat, a przyrost obciążenia oczyszczalni jest policzony na okres 20 lat. Dlatego uważamy, że ustawienie 2 agregatów kogeneracyjnych o wybranej mocy pokryje potrzeby przetwarzania biogazu na energię na najbliższe 15 lat.

Wymiarowanie zespołów kogeneracyjnych	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Ilość zespołów kogeneracyjnych	2	2	szt.
Średniodobowy czas pracy kogeneratorów (dla średniej rocznej ilości godzin pracy 7500 h/a)	20,5	20,5	h/d
Rzeczywisty czas pracy kogeneratorów	24,0	24,0	h/d
Wymagana moc elektryczna 1 kogeneratora	66,0	80,0	kW (el.)
Wybrana moc elektryczna 1 kogeneratora	100,0	100,0	kW (el.)
Wydażność cieplna przy pracy 2 kogeneratorów przez 24 h/d	137,0	137,0	kW (term.)

Założono zainstalowanie 2 agregatów kogeneracyjnych o miarodajnej mocy elektrycznej $P_{(el.)}=100$ kW o mocy cieplnej ok. $P_{(term.)}=137$ kW. Jest moc standardowa, występująca w wielu typoszeregach producentów maszyn kogeneracyjnych. Teoretyczna rezerwa mocy elektrycznej wynosi 20%, co pozwoli na elastyczną eksploatację i zniwelowanie nierównomierności w produkcji biogazu. Całkowita moc doprowadzona do obu agregatów kogeneracyjnych w formie biogazu do każdego z agregatów nie może przekraczać $P_{(całk.)}=570$ kW.

9.2.7 Obliczenia ilości ciepła potrzebnego do utrzymania procesu fermentacji

Ilość ciepła koniecznego do utrzymania odpowiedniej temperatury w ZKF-ach wynika ze strat ciepła przez ściany zewnętrzne komór, strat ciepła rurociągów koniecznych to prawidłowej eksploatacji oraz ciepła potrzebnego do ogrzania osadów doprowadzanych do komór fermentacyjnych.

W następującej tabeli obliczono powierzchnie zewnętrzne komór fermentacyjnych:

Opis	wartość	jednostka
Średnica komory fermentacji	13,0	m
Wysokość części walcowej	11,6	m
Nachylenie stożka górnego	15	stopni
Nachylenie stożka dolnego	40	stopni
Powierzchnia wewnętrzna części walcowej	474,0	m ²
Powierzchnia wewnętrzna stożka górnego	160,0	m ²
Powierzchnia wewnętrzna stożka dolnego	206,0	m ²
Całkowita powierzchnia wewnętrzna 1 ZKF	840,0	m ²
Powierzchnia wewnętrzna 2 ZKF	1680,0	m ²

W następnej tabelce opisano założenia brzegowe dla trzech miarodajnych przypadków zapotrzebowania na ciepło, które występują w różnych porach roku.

Straty ciepła w komorach ZKF	Wartość			jednostka
	Przypadek 1	Przypadek 2	Przypadek 3	
Temperatura zewnętrzna	12	-20	20	°C
Temperatura procesu w ZKF	38	38	38	°C
Różnica temperatur dla stożka górnego i płaszcza walca	26	58	18	°C
Założona temperatura gruntu w °C	5	5	10	°C
Różnica temperatur dla stożka dolnego	7	25	10	°C
Grubość termoizolacji z wełny mineralnej (część walcowa i górny stożek)	20	20	20	cm
Grubość termoizolacji ze styroduru (stożek dolny)	10	10	10	cm
Straty ciepła przez ściany zewnętrzne ZKF przy ww. termoizolacji + oszacowane straty na rurociągach	506	875	370	kWh/d

Poniższe dwie tabele zawierają obliczenia energii cieplnej potrzebnej do ogrzania maksymalnych i średniodobowych dobowych ilości osadów dostarczanych do procesu fermentacji oraz sumaryczną ilość energii cieplnej konieczną do niezakłóconej eksploatacji procesu fermentacji mezofilowej w temperaturze 38 °C.

Ciepło potrzebne do ogrzania <u>maksymalnej (85% percentyl)</u> dobowej ilości osadu	wartość			jednostka
	Przypadek 1	Przypadek 2	Przypadek 3	
Zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie osadu dla temp. osadu	13	8	18	°C
Temperatura w ZKF	38	38	38	°C
Różnica temperatur	25	30	20	°C
ilość osadu 85% percentyl	138,12	138,12	138,12	m ³ /d
Zapotrzebowanie na ciepło potrzebne do ogrzania dobowego ładunku osadu	4220,23	5064,28	3376,19	kWh/d
Straty ciepła przez ściany zewnętrzne ZKF przy ww. termoizolacji	506,00	875,00	370,00	kWh/d
Sumaryczna ilość ciepła dla ZKF	4726,23	5939,28	3746,19	kWh/d

Ciepło potrzebne do ogrzania <u>średniodobowej</u> ilości osadu	wartość			jednostka
	Przypadek 1	Przypadek 2	Przypadek 3	
Zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie osadu dla temp. osadu	13	8	18	°C
Temperatura w ZKF	38	38	38	°C
Różnica temperatur	25	30	20	°C
Ilość osadu 85% percentyl	93,00	93,00	93,00	m ³ /d
Zapotrzebowanie na ciepło potrzebne do ogrzania dobowego ładunku osadu	2841,67	3410,00	2273,33	kWh/d
Straty ciepła przez ściany zewnętrzne ZKF przy ww. termoizolacji	506,00	875,00	370,00	kWh/d
Sumaryczna ilość ciepła dla ZKF	3347,67	4285,00	2643,33	kWh/d

Całkowita ilość ciepła wytworzona przez agregaty kogeneracyjne w przypadku wymiarującego obciążenia oczyszczalni ścieków wynosi ok. 5266 kWh/d. Z kolei ilość produkowanego ciepła dla obciążenia średniodobowego w okresie perspektywicznym wyniesie ok. 4344 kWh/d. Z powyższych tabel wynika, że dogrzewanie komór fermentacyjnych będzie konieczne w okresach silnych mrozów. W praktyce jednak będą zachodzić niezgodności maksymalnego obciążenia oczyszczalni z maksymalną produkcją biogazu. Dlatego też dogrzewanie komór fermentacyjnych przy pomocy przewidzianych kotłów grzewczych na olej

opałowy lub biogaz będzie konieczne podczas niskich temperatur atmosfery w okresie zimowym i w okresie serwisowania agregatów kogeneracyjnych.

9.2.8 Moc wymienników ciepła

W celu ogrzania osadu do temperatury procesowej wynoszącej 38° C konieczne jest zainstalowanie wymienników ciepła o odpowiedniej mocy. Obliczenia przeprowadzono wychodząc z założenia, że konieczna ilość ciepła zostanie przekazana w ciągu 16 h/d:

Obliczenia mocy wymienników ciepła	wartość	jednostka
Maksymalne zapotrzebowanie na ciepło	5939,28	kWh/d
Obliczeniowa moc wymienników ciepła przy założeniu 16 godzin pracy	371,20	kW
Projektowana ilość wymienników ciepła	2	szt.
Obliczeniowa moc jednego wymiennika ciepła	186	kW
Projektowana moc jednego wymiennika ciepła	200	kW

W nowym budynku eksploatacyjnym przy ZKF-ach należy zaprojektować 2 rurowe wymienniki ciepła woda-osad razem z systemem rurociągów cyrkulacyjnych, obejściami awaryjnymi, pompami cyrkulacyjnymi i armaturami. Wymiarowanie pomp cyrkulacyjnych będzie przeprowadzone w dalszej części niniejszego opisu.

9.2.9 Wymiarowanie kotłów opalanych biogazem i olejem opałowym

W nowym budynku eksploatacyjnym należy zaprojektować kombinowane kotły grzewcze, które będą opalane olejem opałowym lub biogazem. W razie awarii agregatów kogeneracyjnych kotły grzewcze muszą przejąć rolę dostarczyciela ciepła procesowego do ZKF-ów. Również w sytuacji braku biogazu kotły opalane wtedy olejem opałowym muszą przejąć funkcję dostarczyciela koniecznego ciepła. W sytuacji niedostatecznej ilości ciepła wytwarzanego przez agregaty kogeneracyjne kotły muszą opalane olejem opałowym muszą dostarczyć brakującą ilość ciepła.

Kotły grzewcze muszą mieć moc wystarczającą dla pokrycia maksymalnego zapotrzebowania na ciepło wynikające z prawidłowego prowadzenia procesu fermentacji oraz konieczności ogrzewania budynków eksploatacyjnych i socjalnych.

Maksymalna ilość ciepła dla procesu fermentacji osadu:	6000	kWh/d
Rezerwa mocy na ogrzewanie budynków	20%	1200 kWh/d
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	7200	kWh/d
Zakładany czas dostawy ciepła	16	h/d
Całkowita moc kotłów grzewczych	450	kW
Ilość projektowanych kotłów	2	szt.
Moc nominalna 1 kotła	450 / 2 =	225 kW

9.2.10 Awaryjny generator energii elektrycznej

Na wypadek przerw w dostawie energii elektrycznej oczyszczalnia powinna być wyposażona w awaryjny generator prądu elektrycznego. Przy wymiarowaniu awaryjnego generatora należy wyjść z założenia, że w momencie przerw w dostawach energii elektrycznej, co najmniej jeden agregat kogeneracyjny będzie mógł pracować pełną mocą.

W ramach dalszych prac projektowych należy wykonać plan eksploatacji awaryjnej, czyli określić, które z napędów znajdujących się w obrębie oczyszczalni ścieków są eksploatacyjnie absolutnie niezbędne. Taka analiza pozwoli na określenie minimalnego zapotrzebowania na moc. Różnica pomiędzy wymaganą mocą minimalną, a mocą dostarczaną przez jeden agregat kogeneracyjny będzie miarą wymaganej mocy generatora awaryjnego.

W momencie przerwy w dostawach prądu z sieci zewnętrznej urządzenia sterujące eksploatacją oczyszczalni ścieków powinny automatycznie włączyć tryb awaryjny polegający na ocenie możliwości dostawy energii elektrycznej przez agregaty kogeneracyjne, wyłączeniu zbędnych napędów i ewentualnym włączeniu agregatu awaryjnego napędzanego olejem napędowym.

9.2.11 Miarodajne strumienie biogazu

Średniodobowa produkcję biogazu obliczono w punkcie 9.2.4. Zarówno dobową, jak i godzinową produkcję biogazu ulega znacznym zmianom. W celu wymiarowania dalszych urządzeń konieczne jest maksymalnych oczekiwanych strumieni biogazu, co przedstawiono w następującej tabeli.

Miarodajne strumienie biogazu	Wartość	Jednostka
Średniodobowa produkcja biogazu	1414	Nm ³ /d
Przyjęty współczynnik nierównomierności dobowej	1,5	---
Maksymalna dobową produkcja biogazu	2121	Nm ³ /d
Przyjęty współczynnik nierównomierności godzinowej	1,25	---
Maksymalna godzinową produkcja biogazu	110	Nm ³ /h

9.2.12 Dmuchawy biogazu

W celu utrzymania całego systemu przesyłu, oczyszczania i magazynowania biogazu pod ciśnieniem należy zaprojektować w nowym budynku eksploatacyjnym dmuchawy do biogazu pozwalające na utrzymanie ciśnienia w granicach od 30 do 50 milibarów.

Należy zaprojektować 3 dmuchawy bocznokanałowe (z zabezpieczeniem przeciw eksplozji) o maksymalnej wydajności 55 Nm³/h każda.

Przyjęta moc silnika 1 dmuchawy biogazu	3,0	kW
Pobór mocy przez 1 dmuchawę biogazu	2,5	kW
Ilość dmuchaw	2 główne i 1 rezerwowa	3 szt.
Dobowy czas pracy 1 dmuchawy biogazu	24	h/d

9.2.13 Oczyszczanie biogazu z siarkowodoru

W większości przypadków biogaz pofermentacyjny może zawierać duże stężenia siarkowodoru, który powoduje szybkie niszczenie agregatów kogeneracyjnych. Stężenia siarkowodoru w dużym stopniu zależą od flokulantów używanych do chemicznej eliminacji fosforu ze ścieków. Strącanie fosforu flokulantami zawierającymi duże ilości żelaza prowadzi do znacznego zmniejszenia stężeń siarkowodoru w biogazie pofermentacyjnym. Ponieważ w projekcie biologicznej części oczyszczalni ścieków przewidziana jest biologiczna defosfatacja, dlatego też należy wyjść z założenia, że stężenia siarkowodoru w biogazie będą znaczne i mogą przekraczać nawet 2000 ppm.

W celu redukcji stężenia siarkowodoru do stężeń dopuszczalnych przez producentów agregatów kogeneracyjnych należy zaprojektować w budynku kogeneratorów urządzenie do odsiarczania biogazu o wydajności nie mniejszej niż 110 Nm³/h.

Zaproponowano suchą metodę odsiarczania biogazu, jako technologię najbardziej ekonomiczną i obsługowo optymalną. Jest to metoda odsiarczania suchego z użyciem granulatu w wydzielonej odsiarczalni. Odsiarczalnia musi być wykonana z materiałów odpornych na korozję, temperaturę oraz oddziaływanie wszystkich czynników środowiskowych (biogaz).

Ze względu na konieczność okresowej wymiany złoża suchego należy zaprojektować odpowiednie urządzenia do jego wymiany, a także zapewnić możliwość dojazdu.

Podstawowe parametry urządzenia:

- Metoda odsiarczania: sucha, złoża stałe.
- H_2S w dopływie: nie mniej niż 1500 ppm.
- H_2S w odpływie: poniżej 50 ppm, zgodnie z zaleceniami producentów kogeneratorów.
- Ilość linii: 2.
- przepływ biogazu na 1 szt.: $\geq 55 \text{ Nm}^3/\text{h}$.
- strata ciśnienia: maks. 3 mbar.
- materiał: stal kwasoodporna.
- izolacja termiczna: wełna mineralna.
- minimalna żywotność złoża: 360 dni.

Urządzenie odsiarczające powinno być zlokalizowane pomiędzy dmuchawami biogazu a zbiornikiem buforowym biogazu. Moc napędów urządzenia odsiarczającego biogaz nie przekroczy 1,5 kW.

9.2.14 Zbiornik buforowy na biogaz

Ze względu na nierównomierną produkcję biogazu w zamkniętych komorach fermentacyjnych zaprojektowano buforowy zbiornik do magazynowania biogazu zapewniający elastyczność eksploatacyjną tak produkcji biogazu, jak i eksploatacji agregatów kogeneracyjnych. Niezbędną objętość buforową zbiornika obliczono w następującej tabelce:

Zbiornik buforowy na biogaz	Wartość	Jednostka
Średniodobowa produkcja biogazu	1414	Nm^3/d
Godzinowa produkcja biogazu dla średniodobowej produkcji	58,9	Nm^3/h
Przyjęty czas retencji (dla 75% pojemności zbiornika)	6	h
Wyliczona czynna objętość zbiornika dla średniej produkcji biogazu	353,4	Nm^3
Maksymalna dobowa produkcja biogazu	2121	Nm^3/d
Godzinowa produkcja biogazu dla maksymalnej produkcji	88,4	Nm^3/h
Przyjęty czas retencji (dla 75% pojemności zbiornika)	4	h
Wyliczona czynna objętość zbiornika dla maksymalnej produkcji biogazu	353,6	Nm^3
Wyliczona całkowita objętość zbiornika	471	Nm^3
Przyjęta całkowita objętość zbiornika	500	Nm^3

Pojemność buforowego zbiornika na biogaz nie może być mniejsza niż 500 m^3 .

Zaproponowano wykonanie dwupowłokowego zbiornika membranowego z wypełnieniem przestrzeni międzymembranowej sprężonym powietrzem wytwarzanym przez odpowiednie dmuchawy umieszczone w budynku kogeneratorów.

Wyposażenie zbiornika powinno się składać z następujących elementów:

- Szafa sterowania dmuchawami powietrza i sygnalizacji stanu napełnienia zbiornika biogazu.
- System detekcji metanu w przestrzeni międzymembranowej.
- Pomiar napełnienia.
- Cieczowy bezpiecznik nadciśnieniowy.
- Dwie dmuchawy sprężonego powietrza utrzymujące odpowiednie ciśnienie w przestrzeni międzymembranowej.
- Regulacyjna przepustnica powietrza z przestrzeni międzymembranowej.

Wszelkie elementy stalowe muszą być wykonywane z kwasoodpornej stali nierdzewnej. Membrana wewnętrzna musi być wykonana z tworzywa poliestrowego oraz PVC powlekane obustronnie lakierem akrylowym.

Przyjęta moc silnika 1 dmuchawy powietrza	1,5	kW
Pobór mocy przez 1 dmuchawę powietrza	1,2	kW
Dobowy czas pracy 1 dmuchawy powietrza	24	h/d

9.2.15 Urządzenie do osuszania biogazu i filtr siloksanów

Przed podaniem biogazu na agregaty kogeneracyjne musi on być osuszony oraz poddany eliminacji siloksanów. Nominalna przepustowość obu urządzeń nie może być mniejsza od 110 Nm³/h w odniesieniu do strumienia biogazu

Oba urządzenia powinny być zlokalizowane w budynku kogeneratorów. W celu eliminacji siloksanów biogaz przepuszczany jest przez filtr z węgla aktywnego, który okresowo musi być wymieniany.

9.2.16 Pochodnia biogazu

Elementem zabezpieczającym cały system gospodarki biogazem jest pochodnia do wypalania nadmiaru biogazu lub też do wypalania biogazu o złej jakości.

Przewidziano zastosowanie pochodni z ukrytym płomieniem, wyposażonej między innymi w: przerywacz płomienia, przepustnicę ręczną, przepustnicę elektryczną (sterowaną), detektor ciśnienia, układ zapalający, układ kontroli obecności płomienia i system sterujący – kontrolny z następującymi funkcjami:

- zapalanie od sygnału z systemu AKPiA – przekroczenie progu napełnienia zbiornika biogazu + sygnał zdalny ręczny,
- zamknięcie po przekroczeniu drugiego progu oraz ręcznie zdalnie,
- odcięcie przy zbyt niskim ciśnieniu biogazu,
- alarm braku płomienia,
- automatyczne powtarzanie zapłonu,
- przekazanie stanów pracy do systemu AKPiA.

Wydajność pochodni określono w następującej tabeli:

Wymiarowanie pochodni biogazu	Wartość	Jednostka
Średniodobowa produkcja biogazu	1414,00	Nm ³ /d
Godzinowa produkcja biogazu dla średniodobowej produkcji	58,90	Nm ³ /h
Wymagana krotność	2	---
Wymagana wydajność pochodni	117,8	Nm ³ /h
Przyjęta wydajność pochodni	200	Nm ³ /h

9.2.17 Pompownie i urządzenia konieczne do eksploatacji gospodarki osadowej

Pompy osadu wstępnego w piwnicy budynku sitopiaskownika

W piwnicy budynku sitopiaskowników zaprojektowano wielofunkcyjną pompownię osadu wstępnego służącą do następujących celów:

1. Tłoczenie osadu wstępnego z lejów osadowych osadnika wstępnego do zagęszczacza grawitacyjnego osadu wstępnego.
2. Tłoczenie zagęszczonego grawitacyjnie osadu wstępnego z leja zagęszczacza do komory homogenizacji osadu przed komorami fermentacji.
3. Tłoczenie części pływających powstających na powierzchni osadnika wstępnego do komory homogenizacji osadu przed komorami fermentacji.

Przewidziano zastosowanie pomp mimośrodowo-ślimakowych, które są najlepiej przystosowane do tłoczenia mediów o wyższych stężeniach suchej masy. Jako miarodajne przyjęto stężeniem suchej masy w zagęszczonym grawitacyjnie osadzie wstępnym wynoszące maksymalnie 5% s.m.

Parametrami wymiarującymi są ilości osadów wstępnych (patrz punkt nr 9.2.2.) oraz wysokości podnoszenia dla wspomnianych warunków pracy:

Przypadek 1

Maksymalna dobową ilość osadu wstępnego	95,50	m ³ /d
Wysokość podnoszenia łącznie z oszacowanymi stratami rurowciągów tłocznych	ok. 3,0	m
Stężenie suchej masy	2,5	% s.m.
Wybrana minimalna średnica rurowciągu tłoczego	DN100	
Czas pracy w ciągu doby	4,0	h/d
Wydajność hydrauliczna pompy przy założonej wysokości tłoczenia	25,0	m ³ /h

Przypadek 2

Maksymalna dobową ilość osadu wstępnego	47,80	m ³ /d
Wysokość podnoszenia łącznie z oszacowanymi stratami rurowciągów tłocznych	ok. 5,0	m
Wybrana minimalna średnica rurowciągu tłoczego	DN100	
Czas pracy w ciągu doby	2,0	h/d
Wydajność hydrauliczna pompy przy założonej wysokości tłoczenia	25,0	m ³ /h

Przypadek 3 nie ma żadnego znaczenia dla wymiarowania pomp.

Wydajność pomp mimośrodowo ślimakowych można regulować w szerokich granicach przy pomocy falowników. Moc silnika musi być dobrana dla najbardziej niekorzystnego przypadku pracy, czyli dla tej pompowni dla przypadku 2.

Ilość zainstalowanych pomp	2 główne i 1 rezerwowa	3	szt.
Zainstalowana moc napędu		2,5	kW
Moc pobierana dla przypadku 1		ok. 1,0	kW
Moc pobierana dla przypadku 2 i 3		ok. 1,5	kW

Napęd zagęszczacza grawitacyjnego osadu wstępnego

Zgrzebło zagęszczacza grawitacyjnego osadu wstępnego będzie wyposażone w napęd z przekładnią obrotów.

Zainstalowana moc napędu zgrzebła	1,5	kW
Przyjęta moc pobierana napędu zgrzebła	0,75	kW

Pompy zagęszczanego osadu nadmiernego przy zagęszczaczu grawitacyjnym

Miarodajne ilości zagęszczanego osadu nadmiernego obliczono w punkcie 9.2.2. Zakłada się, że maksymalne stężenie suchej masy w zagęszczonym osadzie nadmiernym nie przekroczy 4% s.m. Ze względu na wyniesienie zagęszczacza osadu nadmiernego ponad teren zainstalowane pompy muszą jedynie pokonać opory własne, armatur i rurowciągu.

Maksymalna dobową ilość osadu nadmiernego	90,32	m³/d
Wysokość podnoszenia łącznie z oszacowanymi stratami rurociągów tłocznych	ok. 3,0	m
Wybrana minimalna średnica rurociągu tłoczego	DN100	
Czas pracy w ciągu doby	4,0	h/d
Wydajność hydrauliczna pompy przy założonej wysokości tłoczenia	23,0	m³/h
Ilość zainstalowanych pomp	1 główna i 1 rezerwowa	2
Zainstalowana moc napędu	2,2	kW
Moc pobierana	ok. 1,5	kW

Napęd zagęszczacza grawitacyjnego osadu nadmiernego

Zgrzebło zagęszczacza grawitacyjnego osadu nadmiernego będzie wyposażone w napęd z przekładnią obrotów.

Zainstalowana moc napędu zgrzebła	1,5	kW
Przyjęta moc pobierana napędu zgrzebła	1,0	kW

Mieszadło w komorze homogenizacji osadu

Mieszadło w komorze homogenizacji osadów musi być przystosowane do maksymalnej objętości zbiornika oraz do maksymalnego stężenia suchej masy w zagęszczonym osadzie wynoszącym maksymalnie 5% s.m.

Zainstalowana moc napędu mieszadła	3,0	kW
Przyjęta moc pobierana napędu mieszadła	2,5	kW
Przyjęty dobowy czas pracy mieszadła	6,0	h/d

Pompownia osadu po homogenizacji do ZKF-ów

Zhomogenizowany osad będzie zasysany przez pompy mimośrodowo-ślimakowe z komory homogenizacji osadu i pompowany ponad maksymalny poziom lustra osadów w zamkniętych komorach fermentacyjnych. Pompy będą umieszczone w nowym budynku eksploatacyjnym. Ze względu na wysokie stężenie suchej masy w osadzie wynoszące maksymalnie 5% s.m. zaleca się zastosowanie pomp mimośrodowo-ślimakowych. Miarodajne dobowy ilości osadu mieszanego obliczono w punkcie 9.2.2. Zakłada się, że osad będzie podawany porcjowo, 10 minut w ciągu każdej godziny podczas doby. Porejowe podawanie osadu w stałej ilości podczas całej doby zmniejsza wahania w produkcji biogazu i pozwala na mniejsze wahania temperatury w komorach fermentacji.

Maksymalna dobowy ilość osadu mieszanego	138,12	m ³ /d
Wysokość podnoszenia łącznie z oszacowanymi stratami rurociągów tłocznych	ok. 20,0	m
Wybrana minimalna średnica rurociągu tłoczego	DN100	
Czas pracy w ciągu doby	4,0	h/d
Wydajność hydrauliczna pomp przy założonej wysokości tłoczenia	35,0	m ³ /h
Ilość zainstalowanych pomp	2 główna i 1 rezerwowa	2 szt.
Wydajność 1 pompy	35 / 2 =	17,5 m ³ /h
Zainstalowana moc napędu	2,5	kW
Moc pobierana	ok. 2,0	kW

Pompy cyrkulacyjne osadu fermentowanego w ZKF

Zawartość zamkniętych komór fermentacyjnych musi być cyrkulowana w celu dodatkowego mieszania i w celu przepływu osadu przez wymienniki ciepła. Osad musi być cyrkulowany w zakresie od 200% do 350% pojemności obu komór ZKF na dobę.

Objętość czynna 1 komory ZKF	1547	m ³
Maksymalny dobowy strumień cyrkulacji osadu	1547 x 3,5 =	5415 m ³ /d
Maksymalny godzinowy strumień cyrkulacji dla 1 ZKF	230	m ³ /h
Minimalny godzinowy strumień cyrkulacji dla 1 ZKF	130	m ³ /h
Dobowy czas pracy pomp cyrkulacyjnych	24	h/d
Ilość pomp cyrkulacyjnych	2 główne i 1 rezerwowa	3 szt.
Maksymalne stężenie suchej masy w osadzie	5,0%	s.m.
Założona wysokość podnoszenia (straty na rurociągach, armaturach i wymiennikach ciepła)	ok. 6	m
Zainstalowana moc napędu	11,0	kW
Moc pobierana	ok. 8,0	kW

Mieszadła dla obu ZKF

Zawartość komór ZKF musi być mieszana odpowiednimi mieszadłami. W każdej z komór musi być zainstalowane 1 wysokosprawne mieszadło wolnoobrotowe.

Ilość mieszadeł	2	szt.
Dobowy czas pracy każdego mieszadła	24	h/d
Maksymalne stężenie suchej masy w osadzie	5,0%	s.m.
Zainstalowana moc napędu	3,0	kW
Moc pobierana	2,5	kW

Całkowita jednostkowa moc mieszania w odniesieniu do całkowitej objętości ZKF-ów powinna się zawierać w przedziale od 5 do 6 W/m³. W omawianym przypadku jednostkowa moc mieszania wynosi 5,75 W/m³.

Pompy osadu przefermentowanego

Osad przefermentowany dostaje się rurociągiem tłocznym do komory buforowej przed stacją odwadniania osadu. Biorąc pod uwagę wysoki poziom lustra osadu w komorach fermentacyjnych istnieje możliwość, że transport osadu odbędzie się bez konieczności użycia pomp, jedynie przy pomocy zaworu sterowanego przy pomocy pomiaru ilości osadów przepływających przez rurociąg ciśnieniowy. Jednakże dla bezpieczeństwa przewidziano możliwość zastosowania pomp, które przetransportują osad przefermentowany do komory buforowej przed stacją odwadniania osadu, czyli do obiektu nr 23.

Maksymalna dobową ilość osadu mieszanego	138,12	m ³ /d
Wysokość podnoszenia łącznie z oszacowanymi stratami rurociągów tłocznych	ok. 3,0	m
Wybrana minimalna średnica rurociągu tłocznego	DN100	
Czas pracy w ciągu doby	4,0	h/d
Maksymalne stężenie suchej masy w osadzie	5,0%	s.m.
Wydajność hydrauliczna pomp przy założonej wysokości tłoczenia	35,0	m ³ /h
Ilość zainstalowanych pomp	1 główna i 1 rezerwowa	2 szt.
Wydajność 1 pompy	35 / 1 =	35,0 m ³ /h
Zainstalowana moc napędu	2,0	kW
Moc pobierana	ok. 1,5	kW

Mieszadło w komorze buforowej przed stacją odwadniania osadu

Mieszadło w komorze buforowej przed stacją odwadniania osadów musi być przystosowane do maksymalnej objętości zbiornika oraz do maksymalnego stężenia suchej masy w zagęszczonym osadzie wynoszącym maksymalnie 5% s.m.

Zainstalowana moc napędu mieszadła	3,0	kW
Przyjęta moc pobierana napędu mieszadła	2,5	kW

9.2.18 Urządzenia do mechanicznego odwadniania osadu

Dla omawianego wariantu zagospodarowania osadu wybrano takie same maszyny odwadniające, jak dla wariantu GO1. Jako wartość wymiarującą przyjęto średnią produkcję osadu przefermentowanego.

Dane wymiarujące dla nowych urządzeń odwadniających zamieszczone są w poniższej tabeli:

Wymiarowanie urządzeń do odwadniania osadu ściekowego	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Dobowa ilość osadu przefermentowanego	93,00	138,12	m ³ /d
Ilość dni pracy odwadniania osadu w tygodniu	7	7	d
Tygodniowa produkcja osadu po fermentacji	651,00	966,84	m ³ /tydz.
Założony dobowy czas pracy maszyn odwadniających	8	8	h/d
Tygodniowy czas pracy odwadniania	56	56	h/tyg.
Strumień osadu zagęszczonego do odwodnienia	11,63	17,27	m ³ /h
Strumień suchej masy do odwodnienia	328,12	512,11	kg s.m./h
Stężenie suchej masy w osadzie przefermentowanym	2,82%	2,97%	s.m.
Ilość maszyn odwadniających	2	2	szt.
Minimalna wydajność jednostkowa maszyny odwadniającej	164,06	256,05	kg s.m./h
Wybrana wydajność jednej maszyny odwadniającej	225,00	225,00	kg s.m./h
Założone stężenie suchej masy w osadzie odwodnionym	22%	22%	
Średniodobowa produkcja osadu odwodnionego	11,93	18,62	m ³ /d
Dobowa ilość wód poosadowych	81,07	119,50	m ³ /d
Strumień wód poosadowych	10,13	14,94	m ³ /h
odpowiednio	2,82	4,15	l/s

Pompy zasilające pracy ślimakowe

Rodzaj pompy	mimośrodowo-ślimakowa		
Zaleceni producenci jako wyznacznik jakości	Netzsch lub Seepex		
Wymagana wydajność hydrauliczna przy pracy 1 pompy	ok. 6	m ³ /h	
Maksymalna wydajność hydrauliczna 1 pompy	ok. 10	m ³ /h	
Minimalna wydajność 1 pompy sterowanej przy pomocy falownika	ok. 3	m ³ /h	
Ilość pomp głównych	2	szt.	
Ilość pomp rezerwowych	1	szt.	
Nominalna moc silnika	4,0	kW	
Pobór mocy	ok. 2,0	kW	
Założony średniogodzinny strumień osadu	6,0	m ³ /h	
Założony dobowy czas pracy pomp osadu recyrkulowanego	8	h/d	
Strumień suchej masy do odwodnienia	2 x 6 x 0,0282 x 1000 =	338,40	kg s.m./h

Zaprojektowane są identyczne maszyny odwadniające, jak te opisane w punkcie nr 9.1.6, więc powtarzanie tego opisu nie jest konieczne.

9.2.19 Urządzenia do higienizacji osadu wapnem palonym

Dla omawianego tutaj wariantu gospodarki osadowej GO2 zaprojektowano identyczne urządzenia do higienizacji wapnem palonym. Przewidziane do tego celu urządzenie opisane są w punkcie 9.1.7.

Dawka wapna palonego (na podstawie danych producentów granulatorów)		1,5	kg CaO/kg s.m.
Średniogodzinowa ilość suchej masy zawarta w osadzie		328,12	kg s.m./h
Dobowy czas pracy urządzeń odwadniających		8	h/d
Średniodobowa ilość suchej masy	$8 \times 328,12 =$	2625	kg s.m./d
Średniodobowa ilość wapna palonego	$2625 \times 1,5 =$	3937,5	kg/d
Koszt 1 kg wapna palonego		0,40	zł/kg
Średniodobowe koszty wapna palonego	$3937,5 \times 0,40 =$	1575	zł/d
Średnioroczne koszty wapna palonego	$1575 \times 365 =$	574.875	zł/a

Obliczone dane dotyczą okresu perspektywicznego. Aktualne koszty wapnowania i granulacji osadu będą oczywiście niższe. Ze względu na fakt, że koszty eksploatacyjne tej technologii zagospodarowania osadu są wprost proporcjonalne do rynkowej ceny wapna palonego, istnieje możliwość, że bardziej zaawansowane technologie zagospodarowania osadu staną się bardziej opłacalne.

W miarę rozwoju sytuacji cenowej wapna palonego i ewentualnych zmian przepisów na dalszych etapach projektowania można się zastanowić na następującymi przykładowymi technologiami zagospodarowania osadu:

- Solarne suszenie osadu ze wspomaganie przy pomocy ogrzewania podłogowego i dalsza termiczna utylizacja osadu.
- Zastosowanie suszarni niskotemperaturowej z zastosowaniem pompy ciepła.
- Suszenie osadu przy zastosowaniu wody chłodniczej do odwadniania powietrza nasyconego wilgocią wody zawartej w suszonym osadzie.
- Prowadzenie pirolizy osadu i wykorzystanie gazu powstałego przy zgazowaniu osadu do jego suszenia.

9.2.20 Energochłonność i zapotrzebowanie na polielektrolit w wariacie GO2

Zapotrzebowanie na energię elektryczną dla omawianego wariantu zagospodarowania osadu przedstawiono w poniższej tabeli:

Punkt	Urządzenie	Ilość	Moc napędu (kW)	Pobór mocy (kW)	Czas pracy (h/d)	Zużycie energii (kWh/d)
9.2.5.	Odzysk energii elektrycznej z biogazu	1	---	---	---	-3.168,0
9.2.12.	Dmuchawy biogazu	2	3,0	2,5	24	120,0
9.2.13.	Odsiarczanie biogazu	1	2,0	1,5	24	32,0
9.2.14.	Dmuchawy zbiornika buforowego na biogaz	1	1,5	1,2	24	28,8
9.2.17.	Pompy do osadu wstępnego – przypadek 1	1	2,5	1,0	4	4,0
9.2.17.	Pompy do osadu wstępnego – przypadek 2 i 3	1	2,5	1,5	3	4,5
9.2.17.	Napęd zgrzebla zagęszczacza osadu wstępnego	1	1,5	0,75	24	18,0
9.2.17.	Pompy osadu nadmiernego przy zagęszczaczu	1	2,2	1,5	4	6,0
9.2.17.	Napęd zgrzebla zagęszczacza osadu nadmiernego	1	1,5	1,0	24	24,0
9.2.17.	Mieszadło w komorze homogenizacji osadu	1	3,0	2,5	6	15,0
9.2.17.	Pompownia osadu mieszanego do ZKF	2	2,5	2,0	4	16,0
9.2.17.	Pompy cyrkulacyjne osadu fermentowanego	2	11,0	8,0	24	384,0
9.2.17.	Mieszadła w ZKF	2	3,0	2,5	24	120,0
9.2.17.	Pompy osadu przefermentowanego	1	2,0	1,5	4	6,0
9.2.17.	Mieszadło w komorze buforowej – obiekt nr 23	1	3,0	2,5	6	15,0

Punkt	Urządzenie	Ilość	Moc napędu (kW)	Pobór mocy (kW)	Czas pracy (h/d)	Zużycie energii (kWh/d)
9.2.18.	Pompy zasilające maszyny odwadniające	1	5,5	3,0	8	24,0
9.2.18.	Prasy ślimakowe	2	2,2	2,0	8	32,0
9.2.18.	Sprężarki do sterowania naciskiem stożka	1	1,1	1,0	8	8,0
9.2.18.	Pompa zasilająca stację polielektrolitu	1	0,37	0,3	8	2,4
9.2.18.	Pompy dozowania roztworu	1	0,55	0,5	8	4,0
9.2.18.	Przenośnik ślimakowy	1	5,5	4,0	8	32,0
9.2.19.	Wapnowanie i granulacja osadu (wszystkie napędy)	1	20,0	15,0	8	120,0
---	Zaokrąglenie i napędy nieuwzględnione	ok. 5%			1058	55,0
	Średniodobowa nadwyżka energii elektrycznej					-2.055,00

Średniodobowa produkcja suchej masy w procesie osadu czynnego (2448+1590)=	4.038	kg s.m./d
Jednostkowe zapotrzebowanie na energię elektryczną -2.055,0 / 4.038 =	-0,509	kWh/kg s.m.
Jednostkowe zapotrzebowanie energii w odniesieniu do ilości ścieków -2.055,0 / 6.000 =	0,343	kWh/m ³
Jednostkowe zużycie polielektrolitów do odwadniania osadu po ZKF	12	kg/t sm
Dobowa ilość suchej masy osadu przefermentowanego	2,625	t/d
Dobowa ilość polielektrolitu 2,625 x 12 =	31,5	kg/d
Roczna ilość polielektrolitu 31,5 x 365 =	11.498	kg/a
Aktualna jednostkowa cen polielektrolitu brutto	15,50	zł/kg

9.3 Wariant GO3 – wysoko obciążona fermentacja osadu w ZKF

9.3.1 Ogólny opis zagospodarowania osadu zgodnie z wariantem GO3

W niniejszym wariantcie przewidziane jest wprowadzenie wydzielonego procesu beztlenowej stabilizacji osadów w wysoko obciążonej zamkniętej komorze fermentacyjnej połączonego z odzyskiem i dalszym wykorzystaniem biogazu wytworzonego w procesie fermentacji. Wspomniany proces będzie prowadzony w dwóch komorach fermentacyjnych, a jego przebieg będzie następujący:

Po wstępnym oczyszczeniu w sitopiaskowniku ścieki będą doprowadzone do osadnika wstępnego o krótkim czasie zatrzymania. W osadniku wstępnym na skutek sedymentacji będzie powstawał osad wstępny o dużej zawartości substancji organicznych. Krótki czas zatrzymania ścieków w osadniku nie pozwoli na zbyt dużą eliminację związków węgla potrzebnych w dalszych stopniach oczyszczania do prowadzenia procesu denitryfikacji. Rezultatem zastosowania osadnika wstępnego jest redukcja ładunków zanieczyszczeń zawartych w ściekach, co powoduje zmniejszenie objętości komór osadu czynnego.

W celu możliwie dobrego zagęszczenia osadu wstępnego w leju osadowym osadnika wstępnego zaleca się wykonanie możliwie głębokiego leja osadowego, który pozwoli na dobre zagęszczenie osadu na jego dnie i w ten sposób przejmie funkcję grawitacyjnego zagęszczacza osadu wstępnego. Wskazane są również możliwie długie czasy zatrzymania osadu w leju osadowym, a w konsekwencji możliwie krótkie czasy jego odprowadzania do komory homogenizacji osadu mieszanego. Przy pomocy pomp osadowych zainstalowanych w piwnicy budynku sitopiaskownika osad będzie tłoczony bezpośrednio do nowej komory homogenizacji osadu umieszczonej w pobliżu wysoko obciążonych zamkniętych komór fermentacji.

Powstający w procesie oczyszczania ścieków osad nadmierny będzie automatycznie oddzielany ze strumienia osadu recyrkulowanego (zgodnie z wymaganiami eksploatacyjnymi). Osad nadmierny będzie tłoczony do wyposażonego w obrotowe zgrzebło zagęszczacza grawitacyjnego, który będzie zlokalizowany w przebudowanej komorze istniejącego „Klarbloku”. Należy wyjść z założenia, że osad po poddaniu procesowi odgazowania w technologii BIOGRADEX® będzie się lepiej zagęszczał, niż tradycyjny osad nadmierny. Zagęszczony grawitacyjnie osad nadmierny będzie transportowany rurociągiem tłocznym do nowej komory

homogenizacji osadu umieszczonej w pobliżu zamkniętych komór fermentacji, tej samej, do której będzie również doprowadzany osad wstępny. Zbiornik zapewni odpowiedni czas retencji osadów, celem wyrównania obciążenia stopnia fermentacji ładunkiem suchej masy. Komora homogenizacji będzie wyposażona w szybkoobrotowe mieszadła homogenizujące. Ze względu na możliwość powstawania odorów konieczna będzie hermetyzacja komory i zainstalowanie urządzeń do dezodoryzacji powietrza odlotowego. Odcieki wód osadowych z zagęszcza grawitacyjnego osadu nadmiernego będą odpływać grawitacyjnie do kanalizacji wewnętrznej oczyszczalni ścieków.

Przewiduje się budowę dwóch nowych wysoko obciążonych ładunkiem suchej masy organicznej zamkniętych komór fermentacyjnych wg technologii opracowanej przez niemiecki Instytut Fraunhofera (Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik, Fraunhofer Institute for Interfacial Engineering and Biotechnology, Umwelt Biotechnologie und Bioverfahrenstechnik – UBT) połączonej z odzyskiem biogazu. Konieczna będzie również budowa budynku eksploatacyjnego mieszczącego następujące urządzenia:

- Mechaniczny zagęszczacz osadu nadmiernego
- Pompownię osadu podawanego na ZKF-y
- Pompownię osadu przefermentowanego
- Kompresory do biogazu służące do mieszania ZKF-ów biogazem
- Dmuchawy biogazu zasilające system jego dalszego zagospodarowania
- Wymienniki ciepła
- Kotły grzewcze na biogaz i olej opałowy
- System rurociągów osadowych
- System rurociągów do biogazu

W oddzielnym budynku umieszczone będą urządzenia do oczyszczania biogazu z siarkowodoru i siloksanów.

W procesie wysoko obciążonej jedno- lub dwustopniowej mezofilowej fermentacji metanowej znaczna część organicznych związków węgla jest mineralizowana w procesie przemiany w biogaz, co prowadzi do uzyskania osadu o znacznym stopniu stabilizacji, czyli o możliwie niskiej zawartości suchej masy organicznej. Wymiarujące obciążenie objętości wysoko obciążonych komór ZKF ładunkiem suchej masy organicznej wynosi $4,0 \text{ kg s.m.o.}/(\text{m}^3 \times \text{d})$, co w porównaniu do tradycyjnej technologii mezofilowej fermentacji osadu jest wartością ok. 2,67-krotnie wyższą, co prowadzi w konsekwencji do niewielkiej objętości fermentorów, wynoszącej w przybliżeniu 36% wielkości komór obliczanych metodą tradycyjną, co w znaczący sposób prowadzi do oszczędności kosztów inwestycyjnych. Skrócenie czasu fermentacji do 8 dni dla przypadku obciążenia wymiarującego nie prowadzi do zmniejszenia produkcji biogazu. Doświadczenia z ponad 15 obiektów pracujących we wspomnianej technologii dowodzą, że produkcja biogazu i stopień jego stabilizacji są nieznacznie lepsze, niż w technologii tradycyjnej. Warunkiem prawidłowego prowadzenia procesu jest możliwe duże stężenie suchej masy w osadzie, dlatego konieczne jest przewidzenie mechanicznego zagęszczania osadu nadmiernego do ok. 6 % s.m. Niezależnie od konieczności instalacji zagęszczacza mechanicznego przewiduje się również zagęszczanie grawitacyjne osadu nadmiernego w budowli „Klarbloku”, co pozwoli na redukcję zapotrzebowania na polielektrolity.

W wyniku ustabilizowania osadu możliwe jest zwiększenie efektywności odwadniania, istotne obniżenie ilości osadów kierowanych do zagospodarowania i ograniczenie uciążliwości odorowej oczyszczalni.

Przewiduje się wykonanie dwóch termoizolowanych komór fermentacyjnych wraz z urządzeniami do ujmowania produkowanego biogazu, wyposażonych w mieszadło oraz kompletny osprzęt. System rurociągów będzie umożliwiał równoległą i szeregową eksploatację ZKF.

Po przefermentowaniu osad spływać będzie grawitacyjnie do komory homogenizacji osadu przefermentowanego (obiekt nr 23), zlokalizowanego w rejonie stacji odwadniania osadu.

Stacja odwadniania i higienizacji osadu została opisana w opisie do wariantu GO1 w punkcie 9.1.1.

Szczegóły opisanego wariantu zagospodarowania osadu przedstawione są na planie sytuacyjnym nr 201805.1-1-3.1 i w schemacie technologicznym nr 201805.1-4-3.1.

W zależności od realnie powstającej ilości osadów i innych warunków brzegowych w przyszłości można będzie się zastanowić nad dalszą rozbudową gospodarki osadowej polegającej na budowie suszarni osadu, kompostowni lub spalarni. Pozwoli to likwidację systemu higienizacji osadu.

9.3.2 Dane wymiarujące i obliczenia technologiczne dla wariantu GO3

W poniższej tabeli podano miarodajną produkcję suchej masy osadu nadmiernego dla wymiarowania części biologicznej oczyszczalni ścieków omówionej w punkcie 8.3, czyli dla wariantu SBOŚ3.

Indeks osadu nadmiernego (l/kg)	Produkcja suchej masy dla obciążenia wymiarującego (kg s.m./d)	Produkcja suchej masy dla obciążenia średniego (kg s.m./d)
ISV70	3773	2882

Następująca tabela zawiera obliczenia ilości osadu nadmiernego powstającego w procesie osadu czynnego przed i po jego zagęszczeniu w obu zagęszczaczach (grawitacyjnym i mechanicznym).

Obliczenia ilości osadu nadmiernego	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Sucha masa w osadzie nadmiernym	2882	3773	kg / d
Przyjęte stężenie osadu nadmiernego	0,70%	0,70%	s.m.
Dobowa objętość osadu nadmiernego	411,71	539,00	m ³ /d
Istniejąca objętość zagęszczacza grawitacyjnego	630,00	630,00	m ³
Czas zatrzymania w zagęszczaczu grawitacyjnym	1,53	1,17	d
Stężenie zagęszczonego osadu nadmiernego	6,00%	6,00%	s.m.
Dobowa ilość zagęszczonego osadu nadmiernego	48,03	62,88	m ³ /d

W dalszej kolejności obliczono ilości osadu wstępnego po jego zagęszczeniu w głębokich lejach osadnika wstępnego.

Obliczenia ilości osadu wstępnego	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Ładunek suchej masy w dopływie do osadnika wstępnego	3533,78	5306,00	
Ładunek suchej masy w odpływie z osadnika wstępnego	1943,58	2918,30	
Sucha masa w osadzie wstępnym = redukcja s.m. w osadniku wstępnym	1590,20	2387,70	kg / d
Przyjęte stężenie osadu wstępnego	4,5%	4,5%	s.m.
Dobowa objętość osadu wstępnego	35,30	53,10	m ³ / d

Ilości i stężenie suchej masy w osadzie mieszanym (wstępnym i nadmiernym) oraz wymiarowanie komory homogenizacji podano w następującej tabeli:

Obliczenia ilości osadu mieszanego	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Objętość osadu nadmiernego zagęszczonego	48,03	62,88	m ³ /d
Objętość osadu wstępnego zagęszczonego	35,30	53,10	m ³ /d
Objętość osadu razem	83,33	115,98	m ³ /d
Stężenie osadu zagęszczonego razem	5,37%	5,31%	s.m.
Wymagany czas zatrzymania w komorze homogenizacji	1,00	0,75	d
Wymagana objętość komory homogenizacji	83,33	86,99	m ³
Wybrana objętość komory homogenizacji (D=5m, Gł.=5 m)	98,12	98,12	m ³
Maksymalny czas zatrzymania w komorze homogenizacji	1,18	0,85	d

Stopień napełnienia komory homogenizacji osadu mieszanego będzie regulowany na podstawie bieżących danych eksploatacyjnych przez personel oczyszczalni ścieków. Ze względu na minimalną dopuszczalną warstwę cieczy nad śmigłem urządzenia mieszającego jego homogenizacji. Przy średnicy śmigła szybkoobrotowego mieszadła wynoszącej ok. 30 cm minimalna głębokość cieczy liczona od dna komory nie może być mniejsza od ok. 130 cm, co odpowiada objętości osadu wynoszącej ok. 25,5 m³.

9.3.3 Obliczenia technologiczne ZKF

W tabeli przedstawionej poniżej obliczono wymaganą i zaprojektowaną objętość zamkniętych komór fermentacyjnych dla przyjętych założeń dotyczących stężenia suchej masy organicznej w obu rodzajach osadów doprowadzanych do komór beztlenowych. Ze względu na fakt, że nie ma możliwości posłużenia się danymi pomiarowymi, posłużono się danymi literaturowymi, które ustalono w porozumieniu z Instytutem Fraunhofera.

Obliczenia wymaganych objętości ZKF	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Dobowa ilość suchej masy w osadzie nadmiernym	2882	3773	kg/d
Przyjęte stężenie suchej masy organicznej w osadzie nadmiernym	65%	65%	
Dobowa ilość suchej masy organicznej w osadzie nadmiernym	1873	2452	kg/d
Dobowa objętość osadu nadmiernego po zagęszczeniu	48,03	62,88	m ³ /d
Dobowa ilość suchej masy w osadzie wstępnym	1590,20	2387,70	kg/d
Przyjęte stężenie suchej masy organicznej w osadzie wstępnym	80%	80%	
Dobowa ilość suchej masy organicznej w osadzie wstępnym	1272	1910	kg/d
Dobowa objętość osadu wstępnego po zagęszczeniu	35,30	53,10	m ³ /d
Dobowy ładunek suchej masy organicznej	3145	4362	kg/d
Założone obciążenie objętości ładunkiem suchej masy organicznej	4,00	4,00	kg s.m.o/(m ³ xd)
Wymagania objętość osadu w komorach fermentacyjnych	786	1091	m ³
Wybrana objętość czynna komór fermentacyjnych	1091	1091	
Dobowa objętość osadu mieszanego po zagęszczeniu	83,33	115,98	m ³ /d
Czas zatrzymania w ZKF	13,1	9,4	d
Stopień wypełnienia ZKF	85,0%	85,0%	
Wymagana objętość komór fermentacyjnych	1280	1280	m ³
Ilość komór fermentacyjnych	2	2	szt.
Wymagana objętość 1 ZKF	640	640	m ³
Zaprojektowana objętość 1 ZKF	655	655	m ³
Zaprojektowana objętość czynna 1 ZKF	563	563	m ³
Czas zatrzymania w obu ZKF	13,51	9,71	d
Rzeczywiste obciążenie objętości suchą masą organiczną	2,8	3,9	kg s.m.o/(m ³ xd)

Wartości wymiarujące wysoko obciążone komory ZKF zaznaczono na czerwono.

Objętość komór fermentacyjnych zaprojektowano konserwatywnie, co prowadzi do powstania rezerw w czasie występowania obciążeń średnich. W bilansie obciążenia wysoko obciążonych komór ZKF nie uwzględniono trudnej do określenia ilości tłuszczu separowanych w odtłuszczacz zintegrowanym w sitopiaskownikach. Przykładowe wysoko obciążone zamknięte komory fermentacyjne o sumarycznej objętości całkowitej wynoszącej 1310 m³ przedstawiono na rysunku nr 204805.1-3-3.3.

Należy zaznaczyć, że do mieszania wysoko obciążonych komór ZKF służy biogaz wdmuchiwany pod ciśnieniem do centralnej rury znajdującej się w osi symetrii fermentora. W ten sposób wytwarzany jest intensywny prąd mieszania działający na zasadzie podobnej do pompy mamutowej.

9.3.4 Produkcja biogazu w ZKF

W następującej tabeli obliczono spodziewaną produkcję biogazu dla przyjętego perspektywicznego obciążenia oczyszczalni ścieków. Obliczenia przeprowadzono dla wartości wymiarujących oczyszczalnię ścieków oraz dla średniego jej obciążenia.

Produkcja biogazu w ZKF	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Założona redukcja suchej masy organicznej w osadzie wstępnym	65,0%	65,0%	
Założona redukcja suchej masy organicznej w osadzie nadmiernym	40,0%	40,0%	
Zredukowany ładunek suchej masy organicznej	1576	2222,3	kg s.m.o./d
Jednostkowa produkcja biogazu (wg. danych literaturowych i eksploatacyjnych)	1,00	0,90	m ³ /kg s.m.o.
Dobowa produkcja biogazu ze zredukowanej s.m.o.	1576,00	2000,00	Nm ³ /d
Roczna produkcja biogazu	575240,00	730000,00	Nm ³ /a
Ilość RLM w odniesieniu do ChZT	73700,00	73700,00	RLM
Jednostkowa produkcja biogazu (ChZT)	7,80	9,90	Nm ³ /(RLM _{ChZT} x a)
Ilość RLM w odniesieniu do BZT ₅	61900,00	61900,00	RLM
Jednostkowa produkcja biogazu (BZT ₅)	9,29	11,79	Nm ³ /(RLM _{BZT5} x a)

Jednostkowa produkcja biogazu dla wartości średnich wynosząca 9,29 Nm³/(RLM_{BZT5} x a) mieści się w średniej danych literaturowych mówiących, że wspomniana wartość jednostkowa powinna się zawierać w granicach od 7 do 11 Nm³/(RLM_{BZT5} x a).

9.3.5 Obliczenia energetyczne dla uzyskanego biogazu

Z uzyskanego w procesie mezofilowej fermentacji biogazu uzyskiwany jest biogaz o zawartości metanu leżącej w przeważającej większości przypadków w granicach od 60 do 70%, Zawartość energetyczna czystego metanu wynosi w przybliżeniu 10 kWh/Nm³. Do dalszych obliczeń przyjęto, że wartość energetyczna biogazy wyniesie średnio 6,4 kWh/Nm³.

Obliczenia energetyczne dla biogazu	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Zawartość energetyczna biogazu	6,4	6,4	kWh/Nm ³
Dobowa ilość energii uzyskanej ze spalania biogazu	10086	12800	kWh/d
Sprawność elektryczna zespołów kogeneracyjnych	35%	35%	
Dobowa ilość energii elektrycznej	3530	4480	kWh el./d
Sprawność termiczna zespołów kogeneracyjnych	48%	48%	
Dobowa ilość energii cieplnej	4841	6144	kWh term./d

Uzyski energii elektrycznej założono przy założeniu sprawności często spotykanych maszyn kogeneracyjnych o mocy obliczonej w następnym punkcie. Z powyższych obliczeń wynika, że przy średniodobowym obciążeniu oczyszczalni ścieków obliczonym dla okresu perspektywicznego produkcja własnej energii elektrycznej z biogazu wyniesie ok. **3.530 kWh_{el}/d**, co przy założonym czasie eksploatacji agregatów kogeneracyjnych wynoszącym 312,5 dnia (7500 h/a) daje roczną produkcję energii elektrycznej wynoszącą 1.100.000 kWh/a. Średniodobowa moc cieplna dostarczana przez oba pracujące agregaty kogeneracyjne wyniesie w okresie perspektywicznym **4.841 kWh_{term}/d**.

9.3.6 Wymiarowanie zespołów kogeneracyjnych

Założono, że zarówno w trakcie przyrostu obciążenia oczyszczalni ścieków, jak i momencie osiągnięcia obciążenia perspektywnego posiadanie 2 agregatów kogeneracyjnych jest o wiele wygodniejsze ze względów eksploatacyjnych, niż zastosowanie 1 agregatu o większej mocy. Dlatego zaprojektowano 2 agregaty o niewielkiej mocy. W okresie początkowym wystarczy eksploatacja 1 agregatu, a drugi pełni wtedy rolę agregatu rezerwowego. Po osiągnięciu perspektywnego obciążenia oczyszczalni ładunkami można się będzie zastanowić nad dostawieniem trzeciej maszyny jako rezerwy. Jednakże okres żywotności technicznej maszyn kogeneracyjnych wynosi 15 lat, a przyrost obciążenia oczyszczalni jest policzony na okres 20 lat. Dlatego uważamy, że ustawienie 2 agregatów kogeneracyjnych o wybranej mocy pokryje potrzeby przetwarzania biogazu na energię na najbliższe 15 lat.

Wymiarowanie zespołów kogeneracyjnych	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Ilość zespołów kogeneracyjnych	2	2	szt.
Średniodobowy czas pracy kogeneratorów (dla średniej rocznej ilości godzin pracy 7500 h/a)	20,5	20,5	h/d
Rzeczywisty czas pracy kogeneratorów	24,0	24,0	h/d
Wymagana moc elektryczna 1 kogeneratorsa	74,0	93,0	kW (el.)
Wybrana moc elektryczna 1 kogeneratorsa	100,0	100,0	kW (el.)
Wydażność cieplna przy pracy 2 kogeneratorów przez 24 h/d	137,0	137,0	kW (term.)

Założono zainstalowanie 2 agregatów kogeneracyjnych o miarodajnej mocy elektrycznej $P_{(el.)}=100$ kW o mocy cieplnej ok. $P_{(term.)}=137$ kW. Jest moc standardowa, występująca w wielu typoszeregach producentów maszyn kogeneracyjnych. Teoretyczna rezerwa mocy elektrycznej wynosi 20%, co pozwoli na elastyczną eksploatację i zniwelowanie nierównomierności w produkcji biogazu. Całkowita moc doprowadzona do obu agregatów kogeneracyjnych w formie biogazu do każdego z agregatów nie może przekraczać $P_{(całk.)}=570$ kW.

9.3.7 Obliczenia ilości ciepła potrzebnego do utrzymania procesu fermentacji

Ilość ciepła koniecznego do utrzymania odpowiedniej temperatury w ZKF-ach wynika ze strat ciepła przez ściany zewnętrzne komór, strat ciepła rurociągów koniecznych to prawidłowej eksploatacji oraz ciepła potrzebnego do ogrzania osadów doprowadzanych do komór fermentacyjnych.

W następującej tabeli obliczono powierzchnie zewnętrzne komór fermentacyjnych:

Opis	wartość	jednostka
Średnica komory fermentacji	7,5	m
Wysokość części walcowej	14,5	m
Nachylenie stożka górnego	15	stopni
Nachylenie stożka dolnego	0	stopni
Powierzchnia wewnętrzna części walcowej	342	m ²
Powierzchnia wewnętrzna stożka górnego	50	m ²
Powierzchnia wewnętrzna stożka dolnego	48	m ²
Całkowita powierzchnia wewnętrzna 1 ZKF	440	m ²
Powierzchnia wewnętrzna 2 ZKF	880	m ²

W następnej tabelce opisano założenia brzegowe dla trzech miarodajnych przypadków zapotrzebowania na ciepło, które występują w różnych porach roku.

Straty ciepła w komorach ZKF	Wartość			jednostka
	Przypadek 1	Przypadek 2	Przypadek 3	
Temperatura zewnętrzna	12	-20	20	°C
Temperatura procesu w ZKF	38	38	38	°C
Różnica temperatur dla stożka górnego i płaszcza walca	26	58	18	°C
Założona temperatura gruntu w °C	5	5	10	°C
Różnica temperatur dla stożka dolnego	7	25	10	°C
Grubość termoizolacji z wełny mineralnej (część walcowa i górny stożek)	20	20	20	cm
Grubość termoizolacji ze styroduru (stożek dolny)	10	10	10	cm
Straty ciepła przez ściany zewnętrzne ZKF przy ww. termoizolacji + oszacowane straty na rurociągach	250	486	182	kWh/d

Poniższe dwie tabele zawierają obliczenia energii cieplnej potrzebnej do ogrzania maksymalnych i średniodobowych dobowych ilości osadów dostarczanych do procesu fermentacji oraz sumaryczną ilość energii cieplnej konieczną do niezakłóconej eksploatacji procesu fermentacji mezofilowej w temperaturze 38 °C.

Ciepło potrzebne do ogrzania <u>maksymalnej (85% percentyl)</u> dobowej ilości osadu	wartość			jednostka
	Przypadek 1	Przypadek 2	Przypadek 3	
Zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie osadu dla temp. osadu	13	8	18	°C
Temperatura w ZKF	38	38	38	°C
Różnica temperatur	25	30	20	°C
ilość osadu 85% percentyl	115,98	115,98	115,98	m ³ /d
Zapotrzebowanie na ciepło potrzebne do ogrzania dobowego ładunku osadu	3543,94	4252,72	2835,15	kWh/d
Straty ciepła przez ściany zewnętrzne ZKF przy ww. termoizolacji	250,00	486,00	182,00	kWh/d
Sumaryczna ilość ciepła dla ZKF	3793,94	4738,72	3017,15	kWh/d

Ciepło potrzebne do ogrzania <u>średniodobowej</u> ilości osadu	wartość			jednostka
	Przypadek 1	Przypadek 2	Przypadek 3	
Zapotrzebowanie ciepła na ogrzanie osadu dla temp. osadu	13	8	18	°C
Temperatura w ZKF	38	38	38	°C
Różnica temperatur	25	30	20	°C
Ilość osadu 85% percentyl	83,33	83,33	83,33	m ³ /d
Zapotrzebowanie na ciepło potrzebne do ogrzania dobowego ładunku osadu	2546,30	3055,56	2037,04	kWh/d
Straty ciepła przez ściany zewnętrzne ZKF przy ww. termoizolacji	250,00	486,00	182,00	kWh/d
Sumaryczna ilość ciepła dla ZKF	2796,30	3541,56	2219,04	kWh/d

Całkowita ilość ciepła wytworzona przez agregaty kogeneracyjne w przypadku wymiarującego obciążenia oczyszczalni ścieków wynosi ok. 6144 kWh_(term.)/d. Z kolei ilość produkowanego ciepła dla obciążenia średniodobowego w okresie perspektywicznym wyniesie ok. 4841 kWh_(term.)/d. Z powyższych tabel wynika ciepło generowane przez agregaty kogeneracyjne zawsze będzie wystarczające do ogrzewania wysoko

obciążonych komór ZKF. W praktyce jednak będą zachodzić niezgodności maksymalnego obciążenia oczyszczalni z maksymalną produkcją biogazu. Dlatego też dogrzewanie komór fermentacyjnych przy pomocy przewidzianych kotłów grzewczych na olej opałowy lub biogaz będzie konieczne podczas niskich temperatur atmosfery w okresie zimowym i w okresie serwisowania lub awarii agregatów kogeneracyjnych.

9.3.8 Moc wymienników ciepła

W celu ogrzania osadu do temperatury procesowej wynoszącej 38° C konieczne jest zainstalowanie wymienników ciepła o odpowiedniej mocy. Obliczenia przeprowadzono wychodząc z założenia, że konieczna ilość ciepła zostanie przekazana w ciągu 16 h/d:

Obliczenia mocy wymienników ciepła	wartość	jednostka
Maksymalne zapotrzebowanie na ciepło	4738,72	kWh/d
Obliczeniowa moc wymienników ciepła przy założeniu 16 godzin pracy	296,17	kW
Projektowana ilość wymienników ciepła	2	szt.
Obliczeniowa moc jednego wymiennika ciepła	148	kW
Projektowana moc jednego wymiennika ciepła	180	kW

W nowym budynku eksploatacyjnym przy ZKF-ach należy zaprojektować 2 rurowe wymienniki ciepła woda-osad razem z systemem rurociągów cyrkulacyjnych, obejściami awaryjnymi, pompami cyrkulacyjnymi i armaturami. Wymiarowanie pomp cyrkulacyjnych będzie przeprowadzone w dalszej części niniejszego opisu. Możliwe jest również zaprojektowanie dwóch dodatkowych niskotemperaturowych wymienników ciepła, z których jeden odbiera ciepło z osadu przefermentowanego, a drugi przekazuje je osadowi podawanemu do komór fermentacyjnych. Jest to możliwość zredukowania zapotrzebowania ilości ciepła koniecznego do ogrzania fermentorów, co może korzystnie wpłynąć na bilans ciepła w okresie zimy.

9.3.9 Wymiarowanie kotłów opalanych biogazem i olejem opałowym

W nowym budynku eksploatacyjnym należy zaprojektować kombinowane kotły grzewcze, które będą opalane olejem opałowym lub biogazem. W razie awarii agregatów kogeneracyjnych kotły grzewcze muszą przejąć rolę dostarczyciela ciepła procesowego do ZKF-ów. Również w sytuacji braku biogazu kotły opalane wtedy olejem opałowym muszą przejąć funkcję dostarczyciela koniecznego ciepła. W sytuacji niedostatecznej ilości ciepła wytwarzanego przez agregaty kogeneracyjne kotły muszą opalane olejem opałowym muszą dostarczyć brakującą ilość ciepła.

Kotły grzewcze muszą mieć moc wystarczającą dla pokrycia maksymalnego zapotrzebowania na ciepło wynikające z prawidłowego prowadzenia procesu fermentacji oraz konieczności ogrzewania budynków eksploatacyjnych i socjalnych.

Maksymalna ilość ciepła dla procesu fermentacji osadu:	5000	kWh/d
Rezerwa mocy na ogrzewanie budynków	20%	1000 kWh/d
Sumaryczne zapotrzebowanie na ciepło	6000	kWh/d
Zakładany czas dostawy ciepła	16	h/d
Całkowita moc kotłów grzewczych	380	kW
Ilość projektowanych kotłów	2	szt.
Moc nominalna 1 kotła	380 / 2 =	190 kW

9.3.10 Awaryjny generator energii elektrycznej

Na wypadek przerw w dostawie energii elektrycznej oczyszczalnia powinna być wyposażona w awaryjny generator prądu elektrycznego. Przy wymiarowaniu awaryjnego generatora należy wyjść z założenia, że w momencie przerw w dostawach energii elektrycznej, co najmniej jeden agregat kogeneracyjny będzie mógł pracować pełną mocą.

W ramach dalszych prac projektowych należy wykonać plan eksploatacji awaryjnej, czyli określić, które z napędów znajdujących się w obrębie oczyszczalni ścieków są eksploatacyjnie absolutnie niezbędne. Taka analiza pozwoli na określenie minimalnego zapotrzebowania na moc. Różnica pomiędzy wymaganą mocą minimalną, a mocą dostarczaną przez jeden agregat kogeneracyjny będzie miarą wymaganej mocy generatora awaryjnego.

W momencie przerwy w dostawach prądu z sieci zewnętrznej urządzenia sterujące eksploatacją oczyszczalni ścieków powinny automatycznie włączyć tryb awaryjny polegający na ocenie możliwości dostawy energii elektrycznej przez agregaty kogeneracyjne, wyłączeniu zbędnych napędów i ewentualnym włączeniu agregatu awaryjnego napędzanego olejem napędowym.

9.3.11 Miarodajne strumienie biogazu

Średniodobowa produkcję biogazu obliczono w punkcie 9.3.4. Zarówno dobową, jak i godzinową produkcja biogazu ulega znacznym zmianom. W celu wymiarowania dalszych urządzeń konieczne jest maksymalnych oczekiwanych strumieni biogazu, co przedstawiono w następującej tabeli.

Miarodajne strumienie biogazu	Wartość	Jednostka
Średniodobowa produkcja biogazu	1576	Nm ³ /d
Przyjęty współczynnik nierównomierności dobowej	1,5	---
Maksymalna dobową produkcja biogazu	2364	Nm ³ /d
Przyjęty współczynnik nierównomierności godzinowej	1,25	---
Maksymalna godzinowa produkcja biogazu	123,00	Nm ³ /h

9.3.12 Kompresory do mieszania komór ZKF biogazem

Mieszanie wysoko obciążonych komór ZKF realizowane jest przy pomocy sprężonego biogazu. Z tego względu przewiduje się zainstalowanie w budynku eksploatacyjnym odpowiednio zwymiarowanych kompresorów biogazu i wyposażenie komór w ruszty do iniekcji sprężonego biogazu umieszczone pod wewnętrznymi rurami centralnymi o średnicy 3,5 m (patrz rysunek nr 201805.1-3-3.3). Biogaz będzie zasysany w górnej części komory ponad lustrem osadu i wprowadzany pod ciśnieniem pod rura centralną.

Ilość kompresorów biogazu dla 1 komory ZKF	1	szt.
Maksymalna wydajność 1 kompresora biogazu	250	Nm ³ /h
Średniodobowa wydajności 1 kompresora biogazu	150	Nm ³ /h
Ciśnienie tłoczenia biogazu	min. 1,5	bar
Ilość kompresorów biogazu	2 główne + 1 rezerwowa	3 szt.
Producent referencyjny	Firma Gardner-Denver	
Referencyjny typ kompresora biogazu	DLR 300	
Czas pracy kompresorów	24	h/d
Zainstalowana moc napędu 1 kompresora	15,0	kW
Maksymalny pobór mocy przez napęd 1 kompresora	11,0	kW
Przyjęta średnia moc pobierana przez napęd 1 kompresora	6,0	kW
Jednostkowa moc mieszania biogazem	2x6x1000/1310 =	9,15>8 kW/m ³

9.3.13 Dmuchawy biogazu

W celu utrzymania całego systemu przesyłu, oczyszczania i magazynowania biogazu pod ciśnieniem należy zaprojektować w nowym budynku eksploatacyjnym dmuchawy do biogazu pozwalające na utrzymanie ciśnienia w granicach od 30 do 50 milibarów.

Należy zaprojektować 3 dmuchawy bocznokanałowe (z zabezpieczeniem przeciw eksplozji) o maksymalnej wydajności 65 Nm³/h każda.

Przyjęta moc silnika 1 dmuchawy biogazu	3,0	kW
Pobór mocy przez 1 dmuchawę biogazu	2,75	kW
Ilość dmuchaw	2 główne i 1 rezerwowa	3 szt.
Dobowy czas pracy 1 dmuchawy biogazu	24	h/d

9.3.14 Oczyszczanie biogazu z siarkowodoru

W większości przypadków biogaz pofermentacyjny może zawierać duże stężenia siarkowodoru, który powoduje szybkie niszczenie agregatów kogeneracyjnych. Stężenia siarkowodoru w dużym stopniu zależą od flokulantów używanych do chemicznej eliminacji fosforu ze ścieków. Strącanie fosforu flokulantami zawierającymi duże ilości żelaza prowadzi do znacznego zmniejszenia stężeń siarkowodoru w biogazie pofermentacyjnym. Ponieważ w projekcie biologicznej części oczyszczalni ścieków przewidziana jest biologiczna defosfatacja, dlatego też należy wyjść z założenia, że stężenia siarkowodoru w biogazie będą znaczne i mogą przekraczać nawet 2000 ppm.

W celu redukcji stężenia siarkowodoru do stężeń dopuszczalnych przez producentów agregatów kogeneracyjnych należy zaprojektować w budynku kogeneratorów urządzenie do odsiarczania biogazu o wydajności nie mniejszej niż 110 Nm³/h.

Zaproponowano suchą metodę odsiarczania biogazu, jako technologię najbardziej ekonomiczną i obsługowo optymalną. Jest to metoda odsiarczania suchego z użyciem granulatu w wydzielonej odsiarczalni. Odsiarczalnia musi być wykonana z materiałów odpornych na korozję, temperaturę oraz oddziaływanie wszystkich czynników środowiskowych (biogaz).

Ze względu na konieczność okresowej wymiany złoża suchego należy zaprojektować odpowiednie urządzenia do jego wymiany, a także zapewnić możliwość dojazdu.

Podstawowe parametry urządzenia:

- Metoda odsiarczania: sucha, złożo stałe.
- H₂S w dopływie: nie mniej niż 1500 ppm.
- H₂S w odpływie: poniżej 50 ppm, zgodnie z zaleceniami producentów kogeneratorów.
- Ilość linii: 2.
- przepływ biogazu na 1 szt.: ≥ 55 Nm³/h.
- strata ciśnienia: maks. 3 mbar.
- materiał: stal kwasoodporna.
- izolacja termiczna: wełna mineralna.
- minimalna żywotność złoża: 360 dni.

Urządzenie odsiarczające powinno być zlokalizowane pomiędzy dmuchawami biogazu a zbiornikiem buforowym biogazu.

Moc napędów urządzenia odsiarczającego biogaz nie przekroczy 1,5 kW.

9.3.15 Zbiornik buforowy na biogaz

Ze względu na nierównomierną produkcję biogazu w zamkniętych komorach fermentacyjnych zaprojektowano buforowy zbiornik do magazynowania biogazu zapewniający elastyczność eksploatacyjną tak produkcji biogazu, jak i eksploatacji agregatów kogeneracyjnych. Niezbędną objętość buforową zbiornika obliczono w następującej tabelce:

Zbiornik buforowy na biogaz	Wartość	Jednostka
Średniodobowa produkcja biogazu	1576	Nm ³ /d
Godzinowa produkcja biogazu dla średniodobowej produkcji	65,7	Nm ³ /h
Przyjęty czas retencji (dla 75% pojemności zbiornika)	6	h
Wyliczona czynna objętość zbiornika dla średniej produkcji biogazu	394,2	Nm ³
Maksymalna dobową produkcja biogazu	2364	Nm ³ /d
Godzinowa produkcja biogazu dla maksymalnej produkcji	98,5	Nm ³ /h
Przyjęty czas retencji (dla 75% pojemności zbiornika)	4	h
Wyliczona czynna objętość zbiornika dla maksymalnej produkcji biogazu	394	Nm ³
Wyliczona całkowita objętość zbiornika	525	Nm ³
Przyjęta całkowita objętość zbiornika	550	Nm ³

Pojemność buforowego zbiornika na biogaz nie może być mniejsza niż 550 m³.

Zaproponowano wykonanie dwupowłokowego zbiornika membranowego z wypełnieniem przestrzeni międzymembranowej sprężonym powietrzem wytwarzanym przez odpowiednie dmuchawy umieszczone w budynku kogeneratorów.

Wyposażenie zbiornika powinno się składać z następujących elementów:

- Szafa sterowania dmuchawami powietrza i sygnalizacji stanu napełnienia zbiornika biogazu.
- System detekcji metanu w przestrzeni międzymembranowej.
- Pomiar napełnienia.
- Cieczowy bezpiecznik nadciśnieniowy.
- Dwie dmuchawy sprężonego powietrza utrzymujące odpowiednie ciśnienie w przestrzeni międzymembranowej.
- Regulacyjna przepustnica powietrza z przestrzeni międzymembranowej.

Wszelkie elementy stalowe muszą być wykonywane z kwasoodpornej stali nierdzewnej. Membrana wewnętrzna musi być wykonana z tworzywa poliestrowego oraz PVC powlekanego obustronnie lakierem akrylowym.

Przyjęta moc silnika 1 dmuchawy powietrza	1,5	kW
Pobór mocy przez 1 dmuchawę powietrza	1,2	kW
Dobowy czas pracy 1 dmuchawy powietrza	24	h/d

9.3.16 Urządzenie do osuszania biogazu i filtr siloksanów

Przed podaniem biogazu na agregaty kogeneracyjne musi on być osuszony oraz poddany eliminacji siloksanów. Nominalna przepustowość obu urządzeń nie może być mniejsza od 110 Nm³/h w odniesieniu do strumienia biogazu

Oba urządzenia powinny być zlokalizowane w budynku kogeneratorów. W celu eliminacji siloksanów biogaz przepuszczany jest przez filtr z węgla aktywnego, który okresowo musi być wymieniany.

9.3.17 Pochodnia biogazu

Elementem zabezpieczającym cały system gospodarki biogazem jest pochodnia do wypalania nadmiaru biogazu lub też do wypalania biogazu o złej jakości.

Przewidziano zastosowanie pochodni z ukrytym płomieniem, wyposażonej między innymi w: przerywacz płomienia, przepustnicę ręczną, przepustnicę elektryczną (sterowaną), detektor ciśnienia, układ zapalający, układ kontroli obecności płomienia i system sterujący – kontrolny z następującymi funkcjami:

- zapalanie od sygnału z systemu AKPiA – przekroczenie progu napełnienia zbiornika biogazu + sygnał zdalny ręczny,
- zamknięcie po przekroczeniu drugiego progu oraz ręcznie zdalnie,
- odcięcie przy zbyt niskim ciśnieniu biogazu,

- alarm braku płomienia,
- automatyczne powtarzanie zapłonu,
- przekazanie stanów pracy do systemu AKPiA.

Wydajność pochodni określono w następującej tabeli:

Wymiarowanie pochodni biogazu	Wartość	Jednostka
Średniodobowa produkcja biogazu	1576,00	Nm ³ /d
Godzinowa produkcja biogazu dla średniodobowej produkcji	65,70	Nm ³ /h
Wymagana krotność	2	---
Wymagana wydajność pochodni	131,4	Nm ³ /h
Przyjęta wydajność pochodni	200	Nm ³ /h

9.3.18 Pompownie i urządzenia konieczne do eksploatacji gospodarki osadowej

Pompy osadu wstępnego w piwnicy budynku sitopiaskownika

W piwnicy budynku sitopiaskowników zaprojektowano wielofunkcyjną pompownię osadu wstępnego służącą do następujących celów:

1. Tłoczenie osadu wstępnego z leków osadowych osadnika wstępnego do komory homogenizacji osadu przed komorami fermentacji.
2. Tłoczenie części pływających powstających na powierzchni osadnika wstępnego do komory homogenizacji osadu przed komorami fermentacji.

Przewidziano zastosowanie pomp mimośrodowo-ślimakowych, które są najlepiej przystosowane do tłoczenia mediów o wyższych stężeniach suchej masy. Jako miarodajne przyjęto stężeniem suchej masy w zagęszczonym grawitacyjnie osadzie wstępnym wynoszące maksymalnie 5% s.m.

Parametrami wymiarującymi są ilości osadów wstępnych (patrz punkt nr 9.2.2.) oraz wysokości podnoszenia dla wspomnianych warunków pracy:

Przypadek 1

Maksymalna dobową ilość osadu wstępnego	53,10	m ³ /d
Wysokość podnoszenia łącznie z oszacowanymi stratami rurociągów tłocznych	ok. 5,0	m
Wybrana minimalna średnica rurociągu tłoczego	DN100	
Czas pracy w ciągu doby	2,0	h/d
Wydajność hydrauliczna pompy przy założonej wysokości tłoczenia	30,0	m ³ /h

Przypadek 2 nie ma żadnego znaczenia dla wymiarowanie pomp.

Wydajność pomp mimośrodowo ślimakowych można regulować w szerokich granicach przy pomocy falowników. Moc silnika musi być dobrana dla najbardziej niekorzystnego przypadku pracy, czyli dla tej pompowni dla przypadku 2.

Ilość zainstalowanych pomp	1 główne i 1 rezerwowa	3	szt.
Zainstalowana moc napędu		2,5	kW
Moc pobierana dla przypadku 1 i 2		ok. 1,75	kW

Pompy zagęszczanego osadu nadmiernego przy zagęszczaczu grawitacyjnym

Zakłada się, że maksymalne stężenie suchej masy w zagęszczonym osadzie nadmiernym nie przekroczy 4% s.m. Osad musi być pompowany bezpośrednio na urządzenie do mechanicznego zagęszczania osadu zlokalizowany w nowym budynku eksploatacyjnym. Ze względu na wyniesienie zagęszczacza osadu nadmiernego ponad teren zainstalowane pompy muszą jedynie pokonać opory własne, armatur i rurociągu.

Maksymalna ilość suchej masy w osadzie nadmiernym	3773	kg s.m./d
Przyjęty stopień zagęszczenia po zagęszczeniu grawitacyjnym	4,0%	s.m.
Maksymalna dobową ilość osadu nadmiernego	94,33	m ³ /d
Wysokość podnoszenia łącznie z oszacowanymi stratami rurociągów tłocznych	ok. 3,0	m
Wybrana minimalna średnica rurociągu tłoczego	DN100	
Czas pracy w ciągu doby	10,0	h/d
Wydajność hydrauliczna pompy przy założonej wysokości tłoczenia	10,0	m ³ /h
Ilość zainstalowanych pomp	1 główna i 1 rezerwowa	2 szt.
Zainstalowana moc napędu	1,5	kW
Moc pobierana	ok. 1,0	kW

Napęd zagęszczacza grawitacyjnego osadu nadmiernego

Zgrzebło zagęszczacza grawitacyjnego osadu nadmiernego będzie wyposażone w napęd z przekładnią obrotów.

Dobowy czas pracy napędu zgrzebła	24	h/d
Zainstalowana moc napędu zgrzebła	1,5	kW
Przyjęta moc pobierana napędu zgrzebła	1,0	kW

Urządzenie do mechanicznego zagęszczania osadu

Ze względu na konieczność możliwie dużego stężenia suchej masy w osadzie podawanym na wysoko obciążone komory ZKF zaprojektowano urządzenie do zagęszczania osadu nadmiernego, które zlokalizowano w nowym budynku eksploatacyjnym.

Dobowa ilość osadu po zagęszczeniu grawitacyjnym ze stężeniem suchej masy = 4%	94,33	m ³ /d
Przyjęty stopień zagęszczenia po zagęszczeniu mechanicznym	6,0%	s.m.
Maksymalna dobową ilość osadu nadmiernego ze stężeniem suchej masy = 6%	62,88	m ³ /d
Ilość wód osadowych po zagęszczeniu mechanicznym $90,33 - 62,88 =$	27,45	m ³ /d
Wydajność zagęszczacza mechanicznego przy 4% s.m. w dopływie	10,00	m ³ /d
Czas pracy zagęszczacza mechanicznego	10	h/d
Sumaryczna moc zainstalowana łącznie ze stacją polielektrolitów etc.	2,5	kW
Sumaryczna moc pobierana	2,0	kW

Jako urządzenie referencyjne wybrano zagęszczacz talerzowy RoS2S BG 2 firmy Huber Technology z Berching w Niemczech. Całość urządzenia składa się z następujących elementów:

- Stacja przygotowania polielektrolitu trzykomorowa pojemność 1000 z pompą koncentratu,
- Pompa roztworu polielektrolitu
- Przepływomierze roztworu polielektrolitu i osadu
- Mieszacz statyczny roztworu polielektrolitu z osadem i reaktor flokulacji
- Pompa wód osadowych
- Zagęszczacz osadu RoS2S BG 2
- Zbiornik osadu zagęszczanego
- Pompa osadu zagęszczanego tłoczącej zagęszczony osad do komory homogenizacji
- Szafka sterownicza

Na dalszych etapach projektowych można zrezygnować z zagęszczacza grawitacyjnego i stosować wyłącznie zagęszczacz mechaniczny. Będzie to jednak wymagać większych ilości polielektrolitu i zastosowania 2 maszyn na wypadek awarii jednej z nich.

Uważamy, że przyjęte rozwiązanie z zastosowaniem zagęszczacza grawitacyjnego pozwala na bardziej swobodną eksploatację, ponieważ w razie awarii jednego z zagęszczaczy, drugi w każdym wypadku spełni większość wymagań zastosowania wysoko obciążonego procesu fermentacji osadów w ZKF.

Mieszadło w komorze homogenizacji osadu

Mieszadło w komorze homogenizacji osadów musi być przystosowane do maksymalnej objętości zbiornika oraz do maksymalnego stężenia suchej masy w zagęszczonym osadzie wynoszącym maksymalnie 5% s.m.

Zainstalowana moc napędu mieszadła	3,0	kW
Przyjęta moc pobierana napędu mieszadła	2,5	kW
Przyjęty dobowy czas pracy mieszadła	6,0	h/d

Pompownia osadu po homogenizacji do ZKF-ów

Zhomogenizowany osad będzie zasysany przez pompy mimośrodowo-ślimakowe z komory homogenizacji osadu i pompowany ponad maksymalny poziom lustra osadów w zamkniętych komorach fermentacyjnych. Pompy wraz z **maceratorem** umieszczonym na rurociągu zasilającym będą umieszczone w nowym budynku eksploatacyjnym. Ze względu na wysokie stężenie suchej masy w osadzie wynoszące maksymalnie 5% s.m. zaleca się zastosowanie pomp mimośrodowo-ślimakowych. Miarodajne dobowy ilości osadu mieszanego obliczono w punkcie 9.2.2. Zakłada się, że osad będzie podawany porcjowo, 10 minut w ciągu każdej godziny podczas doby. Porcjowe podawanie osadu w stałej ilości podczas całej doby zmniejsza wahania w produkcji biogazu i pozwala na mniejsze wahania temperatury w komorach fermentacji.

Maksymalna dobowy ilość osadu mieszanego	115,98	m ³ /d
Wysokość podnoszenia łącznie z oszacowanymi stratami rurociągów tłocznych	ok. 20,0	m
Czas pracy w ciągu doby	4,0	h/d
Wydajność hydrauliczna pomp przy założonej wysokości tłoczenia	30,0	m ³ /h
Ilość zainstalowanych pomp	2 główna i 1 rezerwowa	2 szt.
Wydajność 1 pompy	30 / 2 =	15,0 m ³ /h
Zainstalowana moc napędu	2,5	kW
Moc pobierana	ok. 1,75	kW

Pompy cyrkulacyjne osadu fermentowanego w ZKF

Zawartość zamkniętych komór fermentacyjnych musi być cyrkulowana w celu dodatkowego mieszania i w celu przepływu osadu przez wymienniki ciepła. Osad musi być cyrkulowany w zakresie od 100% do 150% pojemności obu komór ZKF na dobę.

Objętość czynna 1 komory ZKF	563	m ³
Maksymalny dobowy strumień cyrkulacji osadu	563 x 1,5 =	844,5 m ³ /d
Maksymalny godzinowy strumień cyrkulacji dla 1 ZKF	35	m ³ /h
Minimalny godzinowy strumień cyrkulacji dla 1 ZKF	23,5	m ³ /h
Dobowy czas pracy pomp cyrkulacyjnych	24	h/d
Ilość pomp cyrkulacyjnych	2 główne i 1 rezerwowa	3 szt.
Maksymalne stężenie suchej masy w osadzie	5,0%	s.m.
Założona wysokość podnoszenia (straty na rurociągach, armaturach i wymiennikach ciepła)	ok. 6	m
Zainstalowana moc napędu	4,0	kW
Moc pobierana	ok. 2,0 do 2,5	kW

Pompy osadu przefermentowanego

Osad przefermentowany dostaje się rurociągiem tłocznym do komory buforowej przed stacją odwadniania osadu. Biorąc pod uwagę wysoki poziom lustra osadu w komorach fermentacyjnych istnieje możliwość, że transport osadu odbędzie się bez konieczności użycia pomp, jedynie przy pomocy zaworu sterowanego przy pomocy pomiaru ilości osadów przepływających przez rurociąg ciśnieniowy. Jednakże dla bezpieczeństwa przewidziano możliwość zastosowania pomp, które przetransportują osad przefermentowany do komory buforowej przed stacją odwadniania osadu, czyli do obiektu nr 23.

Maksymalna dobową ilość osadu mieszanego	115,95	m ³ /d
Wysokość podnoszenia łącznie z oszacowanymi stratami rurociągów tłocznych	ok. 3,0	m
Wybrana minimalna średnica rurociągu tłocznego	DN100	
Czas pracy w ciągu doby	4,0	h/d
Maksymalne stężenie suchej masy w osadzie	5,0%	s.m.
Wydajność hydrauliczna pomp przy założonej wysokości tłoczenia	30,0	m ³ /h
Ilość zainstalowanych pomp	1 główna i 1 rezerwowa	2 szt.
Wydajność 1 pompy	30 / 1 =	30,0 m ³ /h
Zainstalowana moc napędu	2,0	kW
Moc pobierana	ok. 1,25	kW

Mieszadło w komorze buforowej przed stacją odwadniania osadu

Mieszadło w komorze buforowej przed stacją odwadniania osadów musi być przystosowane do maksymalnej objętości zbiornika oraz do maksymalnego stężenia suchej masy w zagęszczonym osadzie wynoszącym maksymalnie 5% s.m.

Zainstalowana moc napędu mieszadła	3,0	kW
Przyjęta moc pobierana napędu mieszadła	2,5	kW

9.3.19 Urządzenia do mechanicznego odwadniania osadu

Dla omawianego wariantu zagospodarowania osadu wybrano takie same maszyny odwadniające, jak dla wariantu GO1. Jako wartość wymiarującą przyjęto średnią produkcję osadu przefermentowanego.

Dane wymiarujące dla nowych urządzeń odwadniających zamieszczone są w poniższej tabeli:

Wymiarowanie urządzeń do odwadniania osadu ściekowego	wart. średnie	85% percentyl	jednostka
Dobowa ilość osadu przefermentowanego	83,33	115,98	m ³ /d
Ilość dni pracy odwadniania osadu w tygodniu	7	7	d
Tygodniowa produkcja osadu po fermentacji	583,31	811,86	m ³ /tydz.
Założony dobowy czas pracy maszyn odwadniających	8	8	h/d
Tygodniowy czas pracy odwadniania	56	56	h/tyg.
Strumień osadu zagęszczonego do odwodnienia	10,42	14,50	m ³ /h
Strumień suchej masy do odwodnienia	362,14	492,37	kg s.m./h
Stężenie suchej masy w osadzie przefermentowanym	3,48%	3,40%	s.m.
Ilość maszyn odwadniających	2	2	szt.
Minimalna wydajność jednostkowa maszyny odwadniającej	181,07	246,19	kg s.m./h
Wybrana wydajność jednej maszyny odwadniającej	225,00	225,00	kg s.m./h
Założone stężenie suchej masy w osadzie odwodnionym	26%	26%	
Średniodobowa produkcja osadu odwodnionego	11,14	15,15	m ³ /d
Dobowa ilość wód poosadowych	72,19	100,83	m ³ /d
Strumień wód poosadowych	9,02	12,60	m ³ /h
odpowiednio	2,51	3,50	l/s

Pompy zasilające pracy ślimakowe

Rodzaj pompy	mimośrodowo-ślimakowa		
Zalecani producenci jako wyznacznik jakości	Netzsch lub Seepex		
Wymagana wydajność hydrauliczna przy pracy 1 pompy	ok. 5,5	m ³ /h	
Maksymalna wydajność hydrauliczna 1 pompy	ok. 10	m ³ /h	
Minimalna wydajność 1 pompy sterowanej przy pomocy falownika	ok. 3	m ³ /h	
Ilość pomp głównych	2	szt.	
Ilość pomp rezerwowych	1	szt.	
Nominalna moc silnika	4,0	kW	
Pobór mocy	ok. 1,75	kW	
Założony średniogodzinny strumień osadu	5,5	m ³ /h	
Założony dobowy czas pracy pomp osadu	8	h/d	
Strumień suchej masy do odwodnienia	$2 \times 5,5 \times 0,0348 \times 1000 =$	382,80	kg s.m./h

Zaprojektowane są identyczne maszyny odwadniające, jak te opisane w punkcie nr 9.1.6, więc powtarzanie tego opisu nie jest konieczne.

9.3.20 Urządzenia do higienizacji osadu wapnem palonym

Dla omawianego tutaj wariantu gospodarki osadowej GO2 zaprojektowano identyczne urządzenia do higienizacji wapnem palonym. Przewidziane do tego celu urządzenie opisane są w punkcie 9.1.7.

Dawka wapna palonego (na podstawie danych producentów granulatorów)	1,5	kg CaO/kg s.m.
Średniogodzinowa ilość suchej masy zawarta w osadzie	328,12	kg s.m./h
Dobowy czas pracy urządzeń odwadniających	8	h/d
Średniodobowa ilość suchej masy	$8 \times 362 =$	2896 kg s.m./d
Średniodobowa ilość wapna palonego	$2896 \times 1,5 =$	4344,0 kg/d
Koszt 1 kg wapna palonego	0,40	zł/kg
Średniodobowe koszty wapna palonego	$4344,0 \times 0,40 =$	1738 zł/d
Średnioroczne koszty wapna palonego	$1738 \times 365 =$	634.370 zł/a

Obliczone dane dotyczą okresu perspektywicznego. Aktualne koszty wapnowania i granulacji osadu będą oczywiście niższe. Ze względu na fakt, że koszty eksploatacyjne tej technologii zagospodarowania osadu są wprost proporcjonalne do rynkowej ceny wapna palonego, istnieje możliwość, że bardziej zaawansowane technologie zagospodarowania osadu staną się bardziej opłacalne.

W miarę rozwoju sytuacji cenowej wapna palonego i ewentualnych zmian przepisów na dalszych etapach projektowania można się zastanowić na następującymi przykładowymi technologiami zagospodarowania osadu:

- Solarne suszenie osadu ze wspomaganiem przy pomocy ogrzewania podłogowego i dalsza termiczna utylizacja osadu.
- Zastosowanie suszarni niskotemperaturowej z zastosowaniem pompy ciepła.
- Suszenie osadu przy zastosowaniu wody chłodniczej do odwadniania powietrza nasyconego wilgocią wody zawartej w suszonym osadzie.
- Prowadzenie pirolizy osadu i wykorzystanie gazu powstałego przy zgazowaniu osadu do jego suszenia.

9.3.21 Energochłonność i zapotrzebowanie na polielektrolit w wariantcie GO3

Zapotrzebowanie na energię elektryczną dla omawianego wariantu zagospodarowania osadu przedstawiono w poniższej tabeli:

Punkt	Urządzenie	Ilość	Moc napędu (kW)	Pobór mocy (kW)	Czas pracy (h/d)	Zużycie energii (kWh/d)
9.3.5.	Odzysk energii elektrycznej z biogazu	1	---	---	---	-3.530,0
9.3.12.	Kompresory do mieszania komór biogazem	2	15,0	6,0	24	288,0
9.3.13.	Dmuchawy biogazu	2	3,0	2,75	24	132,0
9.3.14.	Odsiarczanie biogazu	1	2,0	1,5	24	32,0
9.2.15.	Dmuchawy zbiornika buforowego na biogaz	1	1,5	1,2	24	28,8
9.3.18.	Pompy do osadu wstępnego	1	2,5	1,75	2	3,5
9.3.18.	Pompy osadu nadmiernego przy zagęszczaczu	1	2,2	1,5	4	6,0
9.3.18.	Napęd zgrzebla zagęszczacza osadu nadmiernego	1	1,5	1,0	24	24,0
9.3.18.	Urządzenie do mechanicznego zagęszczania osadu	1	2,5	2,0	10	20,0
9.3.18.	Mieszadło w komorze homogenizacji osadu	1	3,0	2,5	6	15,0
9.3.18.	Pompownia osadu mieszanego do ZKF	2	2,5	1,75	4	14,0
9.3.18.	Pompy cyrkulacyjne osadu fermentowanego	2	4,0	2,50	24	120,0
9.3.18.	Pompy osadu przefermentowanego	1	2,0	1,25	4	5,0
9.3.18.	Mieszadło w komorze buforowej – obiekt nr 23	1	3,0	2,5	6	15,0
9.3.19.	Pompy zasilające maszyny odwadniające	2	4,0	1,75	8	28,0
9.3.19.	Prasy ślimakowe	2	2,2	2,0	8	16,0
9.3.19.	Sprężarki do sterowania naciskiem stożka	1	1,1	1,0	8	8,0
9.3.19.	Pompa zasilająca stację polielektrolitu	1	0,37	0,3	8	2,4
9.3.19.	Pompy dozowania roztworu	1	0,55	0,5	8	4,0
9.3.19.	Przenośnik ślimakowy	1	5,5	4,0	8	32,0
9.3.20.	Wapnowanie i granulacja osadu (wszystkie napędy)	1	20,0	15,0	8	120,0
---	Zaokrąglenie i napędy nieuwzględnione	ok. 5%			913,70	51,3
	Średniodobowa nadwyżka energii elektrycznej					-2.565,00

Średniodobowa produkcja suchej masy w procesie osadu czynnego (2882+1590)= 4.472 kg s.m./d
 Jednostkowe zapotrzebowanie na energię elektryczną -2.565,0 / 4.472 = -0,554 kWh/kg s.m.
 Jednostkowe zapotrzebowanie energii w odniesieniu do ilości ścieków -2.565,0 / 6.000 = 0,428 kWh/m³

Jednostkowe zużycie polielektrolitów do zagęszczania osadu nadmiernego 4 kg/t sm
 Dobowa ilość suchej masy osadu nadmiernego 2,882 t/d
 Dobowa ilość polielektrolitu 1 2,882 x 4 = 11,5 kg/d
 Roczna ilość polielektrolitu 1 11,5 x 365 = 4.198 kg/a
 Aktualna jednostkowa cen polielektrolitu brutto 11,00 zł/kg

Jednostkowe zużycie polielektrolitów do odwadniania osadu po ZKF 12 kg/t sm
 Dobowa ilość suchej masy osadu przefermentowanego 2,896 t/d
 Dobowa ilość polielektrolitu 2 2,896 x 12 = 34,8 kg/d
 Roczna ilość polielektrolitu 2 34,8 x 365 = 12.702 kg/a
 Aktualna jednostkowa cen polielektrolitu brutto 15,50 zł/kg

9.4 Porównanie kosztów realizacji zaproponowanych wariantów modernizacji gospodarki osadowej

Koszty omówionych uprzednio wariantów modernizacji gospodarki osadowej oszacowane na podstawie aktualnych kosztów jednostkowych dla różnego rodzaju budowli i urządzeń.

9.4.1 Oszacowanie kosztów realizacji wariantu GO1

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu zagospodarowania osadów w przypadku, gdy Zleceniodawca nie będzie zatrudniał Generalnego Wykonawcy, zlecenia będą udzielane wykonawcom i dostawcą poszczególnych rodzajów robót i dostaw, a koordynacją całości zajmie się zatrudnione w tym celu biuro inżynierskie.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja gospodarki osadowej OŚ Falenty - wariant GO1					
	Koszty prac budowlanych					
1	Rurociąg tłoczny osadu nadmiernego z obiektu 19.2 do 106	70	m	450,00	31.500,00	38.700,00
3	Komora tlenowej stabilizacji osadu	8800	m³	1.000,00	8.800.000,00	10.824.000,00
4	Rurociąg tłoczny wód osadowych z KTSO	200	m	450,00	90.000,00	110.700,00
5	Rurociąg tłoczny ustabilizowanego osadu nadmiernego do 107	200	m	450,00	90.000,00	110.700,00
6	Przebudowa "KLARBLOKU"	1	ryczałt	1.000.000,00	1.000.000,00	1.230.000,00
7	Rurociąg tłoczny DN100 do komory buforowej osadu	20	m	450,00	9.000,00	11.100,00
8	Przebudowa budynku odwadniania osadu (obiekt nr 24)	1	ryczałt	200.000,00	200.000,00	246.000,00
9	Przylaczenia nowych rurociągów do istniejących budowli	1	ryczałt	30.000,00	30.000,00	36.900,00
10	Rurociągi sprężonego powietrza DN200 do DN300	300	m	600,00	180.000,00	221.400,00
11	Wydatki nieprzewidziane i nieuwjęte (np. roboty kablowe)	1	ryczałt	667.100,00	667.100,00	820.500,00
12	Koszty prac budowlanych				11.097.600,00	13.650.000,00
13	Koszty wyposażenia technicznego					
14	Dmuchawy sprężonego powietrza dla KTSO	1	szt.	225.000,00	225.000,00	276.800,00
15	Dyfuzory, rurociągi, zawory w obiekcie 106	1	ryczałt	250.000,00	250.000,00	307.500,00
16	Mieszadła w obiekcie nr 106	8	szt.	30.000,00	240.000,00	295.200,00
17	Dekantery w obiekcie nr 106	8	szt.	40.000,00	320.000,00	393.600,00
18	Dyfuzory, rurociągi, zawory w obiekcie 106	1	ryczałt	250.000,00	250.000,00	307.500,00
19	Pompownia w obiekcie nr 106	3	szt.	50.000,00	150.000,00	184.500,00
20	Zgrzebło w zagęszczaczu osadu nadmiernego (KLARBLOK)	1	szt.	200.000,00	200.000,00	246.000,00
21	Dekanter wód osadowych w zagęszczaczu osadu nadmiernego	1	szt.	50.000,00	50.000,00	61.500,00
22	Pompa zagęszczanego osadu nadmiernego do komory homogenizacji	2	szt.	50.000,00	100.000,00	123.000,00
23	Mieszadło w kom. homogenizacji przed odwadnianiem osadu	1	szt.	30.000,00	30.000,00	36.900,00
24	Stacja odwadniania osadu z pompownią zasilającą	1	ryczałt	1.500.000,00	1.500.000,00	1.845.000,00
25	Stacja higienizacji osadu	1	ryczałt	350.000,00	350.000,00	430.500,00
26	Zestaw urządzeń pomiarowych	1	ryczałt	300.000,00	300.000,00	369.000,00
27	Implementacja sterowania w system SCADA	1	ryczałt	250.000,00	250.000,00	307.500,00
28	Nowe szafy elektrotechniczne	1	ryczałt	350.000,00	350.000,00	430.500,00
29	Wydatki nieprzewidziane i nieuwjęte	1	ryczałt	475.600,00	597.600,00	735.000,00
30	Koszty wyposażenia technicznego				5.162.600,00	6.350.000,00
31	Modernizacja gospodarki osadowej OŚ Falenty - wariant GO1				16.260.200,00	20.000.000,00

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy całość prac będzie wykonywane przez Generalnego Wykonawcę.

Koszty podane w obu tabelach ustanawiają minimalne i maksymalne granice kosztowe, przy czym koszty generowane przez zatrudnianie Generalnego Wykonawcy są generowane w aktualnych przetargach.

Realizacja przedsięwzięcia po podanych uprzednio kosztach minimalnych będzie trudna, jednakże w optymalnym przypadku, przy zastosowaniu niestandardowych metod postępowania, możliwa.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja gospodarki osadowej OŚ Falenty - wariant GO1					
	Koszty prac budowlanych					
1	Rurociąg tłoczny DN100 osadu nadmiernego z obiektu 19.2 do obiektu 106	70	m	740,00	51.800,00	63.700,00
3	Komora tlenowej stabilizacji osadu	8800	m³	1.650,00	14.520.000,00	17.859.600,00
4	Rurociąg tłoczny DN100 wód osadowych z KTSO	200	m	740,00	148.000,00	182.000,00
5	Rurociąg tłoczny DN100 ustabilizowanego osadu nadmiernego do 107	200	m	740,00	148.000,00	182.000,00
6	Przebudowa "KLARBLOKU"	1	ryczałt	1.650.000,00	1.650.000,00	2.029.500,00
7	Rurociąg tłoczny DN100 do komory buforowej osadu	20	m	740,00	14.800,00	18.200,00
8	Przebudowa budynku odwadniania osadu (obiekt nr 24)	1	ryczałt	330.000,00	330.000,00	405.900,00
9	Przłączenia nowych rurociągów do istniejących budowli	1	ryczałt	49.500,00	49.500,00	60.900,00
10	Rurociągi sprężonego powietrza DN200 do DN300	300	m	990,00	297.000,00	365.300,00
11	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte (np. roboty kablowe)	1	ryczałt	880.400,00	880.400,00	1.082.900,00
12	Koszty prac budowlanych				18.089.500,00	22.250.000,00
13	Koszty wyposażenia technicznego					
14	Dmuchawy sprężonego powietrza dla KTSO	1	szt.	427.500,00	427.500,00	525.800,00
15	Dyfuzory, rurociągi, zawory w obiekcie 106	1	ryczałt	475.000,00	475.000,00	584.300,00
16	Mieszadła w obiekcie nr 106	8	szt.	57.000,00	456.000,00	560.900,00
17	Dekantery w obiekcie nr 106	8	szt.	76.000,00	608.000,00	747.800,00
18	Dyfuzory, rurociągi, zawory w obiekcie 106	1	ryczałt	475.000,00	475.000,00	584.300,00
19	Pompownia w obiekcie nr 106	3	szt.	95.000,00	285.000,00	350.600,00
20	Zgrzebło w zagęszczaczu osadu nadmiernego (KLARBLOK)	1	szt.	380.000,00	380.000,00	467.400,00
21	Dekanter wód osadowych w zagęszczaczu osadu nadmiernego	1	szt.	95.000,00	95.000,00	116.900,00
22	Pompa osadu zagęszczonego do komory homogenizacji	2	szt.	95.000,00	190.000,00	233.700,00
23	Mieszadło w komorze homogenizacji	1	szt.	57.000,00	57.000,00	70.100,00
24	Stacja odwadniania osadu z pompownią zasilającą	1	ryczałt	2.850.000,00	2.850.000,00	3.505.500,00
25	Stacja higienizacji osadu	1	ryczałt	665.000,00	665.000,00	818.000,00
26	Zestaw urządzeń pomiarowych	1	ryczałt	570.000,00	570.000,00	701.100,00
27	Implementacja sterowania w system SCADA	1	ryczałt	475.000,00	475.000,00	584.300,00
28	Nowe szafy elektrotechniczne	1	ryczałt	665.000,00	665.000,00	818.000,00
29	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte	1	ryczałt	554.000,00	554.000,00	681.300,00
30	Koszty wyposażenia technicznego				9.227.500,00	11.350.000,00
31	Modernizacja gospodarki osadowej OŚ Falenty - wariant GO1				27.317.000,00	33.600.000,00

9.4.2 Oszacowanie kosztów realizacji wariantu GO2

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu zagospodarowania osadów w przypadku, gdy Zleceniodawca nie będzie zatrudniał Generalnego Wykonawcy, zlecenia będą udzielane wykonawcom i dostawcą poszczególnych rodzajów robót i dostaw, a koordynacją całości zajmie się zatrudnione w tym celu biuro inżynierskie.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja gospodarki osadowej OŚ Falenty - wariant GO2					
	Koszty prac budowlanych					
1	Zagęszczacz grawitacyjny osadu wstępnego	140	m ³	2.000,00	280.000,00	344.400,00
2	Stacja pomp pod halą sitopiaskowników	130	m ³	2.000,00	260.000,00	319.800,00
3	Rurociągi osadowe przy obiektach nr 201, 202 i 206	70	m	450,00	31.500,00	38.700,00
4	Rurociąg tłoczny zagęszczonego osadu wstępnego do obiektu nr 212	200	m	450,00	90.000,00	110.700,00
6	Rurociąg tłoczny części pływających z odfłuszcza do obiektu nr 212	200	m	450,00	90.000,00	110.700,00
7	Przebudowa KLARBLOKU	1	ryczałt	1.000.000,00	1.000.000,00	1.230.000,00
8	Rurociąg tłoczny zagęszczonego osadu nadmiernego do obiektu nr 212	170	m	450,00	76.500,00	94.000,00
9	Rurociąg tłoczny części pływających pomiędzy obiektami nr 28 i nr 212	150	m	450,00	67.500,00	83.000,00
10	Budynek eksploatacyjny fermentacji osadu	1600	m ³	600,00	960.000,00	1.180.800,00
11	Komory fermentacyjne łącznie z rurociągami i schodami	3640	m	1.500,00	5.460.000,00	6.715.800,00
12	Rurociąg tłoczny osadu przefermentowanego do komory nr 23	1	ryczałt	200.000,00	200.000,00	246.000,00
13	Przebudowa budynku odwadniania osadu (obiekt nr 24)	1	ryczałt	40.000,00	40.000,00	49.200,00
14	Przyłączenia nowych rurociągów do istniejących budowli	1	ryczałt	35.000,00	35.000,00	43.100,00
15	Pomosty obsługowe w obiektach 206 i 212	15	m	2.500,00	37.500,00	46.100,00
16	Rurociągi biogazu	110	m	300,00	33.000,00	40.600,00
17	Rurociągi centralnego ogrzewania	250	m	600,00	150.000,00	184.500,00
18	Budynek kogeneratorów (obiekt nr 209)	600	m ³	700,00	420.000,00	516.600,00
19	Komora homogenizacji osadów (obiekt nr 212)	130	m ³	2.000,00	260.000,00	319.800,00
20	Przelew bezpieczeństwa z ZKF	80	m	500,00	40.000,00	49.200,00
21	Płyta fundamentowa pod zbiornikiem biogazu	65	m ³	600,00	39.000,00	48.000,00
22	Wydatki nieprzewidziane i nieuwjęte (np. roboty kablowe)	1	ryczałt	674.000,00	674.000,00	829.000,00
23	Koszty prac budowlanych				10.244.000,00	12.600.000,00

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
24	Koszty wyposażenia technicznego					
25	Zgrzebló w zagęszczaczu osadu wstępnego (obiekt nr 206)	1	szt.	150.000,00	150.000,00	184.500,00
26	Pompy osadowe w hali sitopiaskownika z systemem rurociągów	3	szt.	50.000,00	150.000,00	184.500,00
27	Zgrzebló w zagęszczaczu osadu nadmiernego (KLARBLOK)	1	szt.	200.000,00	200.000,00	246.000,00
28	Dekanter wód osadowych w zagęszczaczu osadu nadmiernego	1	szt.	50.000,00	50.000,00	61.500,00
29	Pompa zagęszczonego osadu nadmiernego do komory homogenizacji	2	szt.	50.000,00	100.000,00	123.000,00
30	Nowe pompy części pływających w komorze nr 28	2	szt.	30.000,00	60.000,00	73.800,00
31	Mieszadło w komorze homogenizacji osadu (obiekt nr 212)	1	szt.	20.000,00	20.000,00	24.600,00
32	Pompy zasilające komory ZKF z systemem rurociągów	3	szt.	60.000,00	180.000,00	221.400,00
33	Pompy cyrkulacyjne ZKF z systemem rurociągów	3	szt.	90.000,00	270.000,00	332.100,00
34	Mieszadła w komorach ZKF	2	szt.	100.000,00	200.000,00	246.000,00
35	Pompy osadu przefermentowanego z systemem rurociągów	2	szt.	75.000,00	150.000,00	184.500,00
36	Wymienniki ciepła	2	szt.	250.000,00	500.000,00	615.000,00
37	Kotły na biogaz i olej opałowy z systemem rurociągów	2	szt.	100.000,00	200.000,00	246.000,00
38	Kogeneratory o mocy 100 kW(el)	2	szt.	550.000,00	1.100.000,00	1.353.000,00
39	Generator awaryjny	1	szt.	100.000,00	100.000,00	123.000,00
40	Dmuchawy biogazu z systemem rurociągów	2	szt.	25.000,00	50.000,00	61.500,00
41	System odsiarczania biogazu z systemem rurociągów	1	ryczałt	130.000,00	130.000,00	159.900,00
42	System osuszania biogazu	1	ryczałt	100.000,00	100.000,00	123.000,00
43	Eliminacja siloksanów	1	ryczałt	50.000,00	50.000,00	61.500,00
44	Membranowy zbiornik na biogaz 500 m3	1	ryczałt	250.000,00	250.000,00	307.500,00
45	Węzeł wentylatorowy dla membranowego zbiornika biogazu	1	ryczałt	180.000,00	180.000,00	221.400,00
46	Pochodnia	1	ryczałt	100.000,00	100.000,00	123.000,00
47	System osuszania biogazu w sieci rurociągów	1	ryczałt	80.000,00	80.000,00	98.400,00
48	Mieszadło w komorze homogenizacji przed odwadnianiem osadu	1	szt.	30.000,00	30.000,00	36.900,00
49	Stacja odwadniania osadu z pompownią zasilającą	1	ryczałt	1.500.000,00	1.500.000,00	1.845.000,00
50	Stacja higienizacji osadu	1	ryczałt	350.000,00	350.000,00	430.500,00
51	Zestaw urządzeń pomiarowych	1	ryczałt	600.000,00	600.000,00	738.000,00
52	Implementacja sterowania w system SCADA	1	ryczałt	450.000,00	450.000,00	553.500,00
53	Nowe szafy elektrotechniczne	1	ryczałt	750.000,00	750.000,00	922.500,00
54	Wydatki nieprzewidziane i nieuwjęte	1	ryczałt	689.900,00	689.900,00	848.500,00
55	Koszty wyposażenia technicznego				8.739.900,00	10.750.000,00
56	Modernizacja gospodarki osadowej OŚ Falenty - wariant GO2				18.983.900,00	23.350.000,00

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy całość prac będzie wykonywane przez Generalnego Wykonawcę.

Koszty podane w obu tabelach ustanawiają minimalne i maksymalne granice kosztowe, przy czym koszty generowane przez zatrudnianie Generalnego Wykonawcy są generowane w aktualnych przetargach.

Realizacja przedsięwzięcia po podanych uprzednio kosztach minimalnych będzie trudna, jednakże w optymalnym przypadku, przy zastosowaniu niestandardowych metod postępowania, możliwa.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja gospodarki osadowej OŚ Falenty - wariant GO2					
	Koszty prac budowlanych					
1	Zagęszczacz grawitacyjny osadu wstępnego	140	m ³	3.200,00	448.000,00	551.000,00
2	Stacja pomp pod halą sitopiaskowników	130	m ³	3.200,00	416.000,00	511.700,00
3	Rurociągi osadowe przy obiektach nr 201, 202 i 206	70	m	720,00	50.400,00	62.000,00
4	Rurociąg tłoczny zagęszczonego osadu wstępnego do obiektu nr 212	200	m	720,00	144.000,00	177.100,00
6	Rurociąg tłoczny części pływających z odtłuszczacza do obiektu nr 212	200	m	720,00	144.000,00	177.100,00
7	Przebudowa KLARBLOKU	1	ryczałt	1.600.000,00	1.600.000,00	1.968.000,00
8	Rurociąg tłoczny zagęszczonego osadu nadmiernego do obiektu nr 212	170	m	720,00	122.400,00	150.500,00
9	Rurociąg tłoczny części pływających pomiędzy obiektami nr 28 i nr 212	150	m	720,00	108.000,00	132.800,00
10	Budynek eksploatacyjny fermentacji osadu	1600	m ³	960,00	1.536.000,00	1.889.300,00
11	Komory fermentacyjne łącznie z rurociągami	3640	m	2.400,00	8.736.000,00	10.745.300,00
12	Rurociąg tłoczny osadu przefermentowanego do komory nr 23	1	ryczałt	320.000,00	320.000,00	393.600,00
13	Przebudowa budynku odwadniania osadu (obiekt nr 24)	1	ryczałt	64.000,00	64.000,00	78.700,00
14	Przyłączenia nowych rurociągów do istniejących budowli	1	ryczałt	56.000,00	56.000,00	68.900,00
15	Pomosty obsługowe w obiektach 206 i 212	15	m	4.000,00	60.000,00	73.800,00
16	Rurociągi biogazu	110	m	480,00	52.800,00	64.900,00
17	Rurociągi centralnego ogrzewania	250	m	960,00	240.000,00	295.200,00
18	Budynek kogeneratorów (obiekt nr 209)	600	m ³	1.120,00	672.000,00	826.600,00
19	Komora homogenizacji osadów (obiekt nr 212)	130	m ³	3.200,00	416.000,00	511.700,00
20	Przelew bezpieczeństwa z ZKF	80	m	800,00	64.000,00	78.700,00
21	Płyta fundamentowa pod zbiornikiem biogazu	65	m ³	960,00	62.400,00	76.800,00
22	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte (np. roboty kablowe)	1	ryczałt	785.600,00	785.600,00	966.300,00
23	Koszty prac budowlanych				16.097.600,00	19.800.000,00

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
24	Koszty wyposażenia technicznego					
25	Zgrzebló w zagęszczaczu osadu wstępnego (obiekt nr 206)	1	szt.	285.000,00	285.000,00	350.600,00
26	Pompy osadowe w hali sitopiaskownika z systemem rurociągów	3	szt.	95.000,00	285.000,00	350.600,00
27	Zgrzebló w zagęszczaczu osadu nadmiernego (KLARBLOK)	1	szt.	380.000,00	380.000,00	467.400,00
28	Dekanter wód osadowych w zagęszczaczu osadu nadmiernego	1	szt.	95.000,00	95.000,00	116.900,00
29	Pompa zagęszczonego osadu nadmiernego do komory homogenizacji	2	szt.	95.000,00	190.000,00	233.700,00
30	Nowe pompy części pływających w komorze nr 28	2	szt.	57.000,00	114.000,00	140.200,00
31	Mieszadło w komorze homogenizacji osadu (obiekt nr 212)	1	szt.	38.000,00	38.000,00	46.700,00
32	Pompy zasilające komory ZKF z systemem rurociągów	3	szt.	114.000,00	342.000,00	420.700,00
33	Pompy cyrkulacyjne ZKF z systemem rurociągów	3	szt.	171.000,00	513.000,00	631.000,00
34	Mieszadła w komorach ZKF	2	szt.	190.000,00	380.000,00	467.400,00
35	Pompy osadu przefermentowanego z systemem rurociągów	2	szt.	142.500,00	285.000,00	350.600,00
36	Wymienniki ciepła	2	szt.	475.000,00	950.000,00	1.168.500,00
37	Kotły na biogaz i olej opałowy z systemem rurociągów	2	szt.	190.000,00	380.000,00	467.400,00
38	Kogeneratory o mocy 100 kW(el)	2	szt.	1.045.000,00	2.090.000,00	2.570.700,00
39	Generator awaryjny	1	szt.	190.000,00	190.000,00	233.700,00
40	Dmuchawy biogazu z systemem rurociągów	2	szt.	47.500,00	95.000,00	116.900,00
41	System odsiarczania biogazu z systemem rurociągów	1	ryczałt	247.000,00	247.000,00	303.800,00
42	System osuszania biogazu	1	ryczałt	190.000,00	190.000,00	233.700,00
43	Eliminacja siloksanów	1	ryczałt	95.000,00	95.000,00	116.900,00
44	Membranowy zbiornik na biogaz 500 m3	1	ryczałt	475.000,00	475.000,00	584.300,00
45	Węzeł wentylatorowy dla membranowego zbiornika biogazu	1	ryczałt	342.000,00	342.000,00	420.700,00
46	Pochodnia	1	ryczałt	190.000,00	190.000,00	233.700,00
47	System osuszania biogazu w sieci rurociągów	1	ryczałt	152.000,00	152.000,00	187.000,00
48	Mieszadło w komorze homogenizacji przed odwadnianiem osadu	1	szt.	57.000,00	57.000,00	70.100,00
49	Stacja odwadniania osadu z pompownią zasilającą	1	ryczałt	2.850.000,00	2.850.000,00	3.505.500,00
50	Stacja higienizacji osadu	1	ryczałt	665.000,00	665.000,00	818.000,00
51	Zestaw urządzeń pomiarowych	1	ryczałt	1.140.000,00	1.140.000,00	1.402.200,00
52	Implementacja sterowania w system SCADA	1	ryczałt	855.000,00	855.000,00	1.051.700,00
53	Nowe szafy elektrotechniczne	1	ryczałt	1.425.000,00	1.425.000,00	1.752.800,00
54	Wydatki nieprzewidziane i nieuwjęte	1	ryczałt	722.600,00	722.600,00	888.800,00
55	Koszty wyposażenia technicznego				16.017.600,00	19.702.200,00
56	Modernizacja gospodarki osadowej OŚ Falenty - wariant GO2				32.115.200,00	39.502.200,00

9.4.3 Oszacowanie kosztów realizacji wariantu GO3

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu zagospodarowania osadów w przypadku, gdy Zleceniodawca nie będzie zatrudniał Generalnego Wykonawcy, zlecenia będą udzielane wykonawcom i dostawcą poszczególnych rodzajów robót i dostaw, a koordynacją całości zajmie się zatrudnione w tym celu biuro inżynierskie.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja gospodarki osadowej OŚ Falenty - wariant GO3					
	Koszty prac budowlanych					
1	Stacja pomp pod halą sitopiaskowników	130	m ³	2.000,00	260.000,00	319.800,00
2	Rurociągi osadowe przy obiektach nr 301 i 302	30	m	450,00	13.500,00	16.600,00
3	Rurociąg tłoczny zagęszczanego osadu wstępnego do obiektu nr 310	60	m	450,00	27.000,00	33.200,00
4	Rurociąg tłoczny części pływających z odtłuszczacza do obiektu nr 310	80	m	450,00	36.000,00	44.300,00
5	Przebudowa KLARBLOKU	1	ryczałt	1.000.000,00	1.000.000,00	1.230.000,00
6	Rurociąg tłoczny zagęszczanego osadu nadmiernego do obiektu nr 308	100	m	450,00	45.000,00	55.300,00
7	Rurociąg tłoczny od zagęszczacza mechanicznego do obiektu nr 310	50	m	600,00	30.000,00	36.900,00
8	Rurociąg tłoczny osadu po homogenizacji do maceratora w 308	30	m	450,00	13.500,00	16.600,00
9	Rurociąg tłoczny części pływających pomiędzy obiektami nr 28 i nr 310	100	m	450,00	45.000,00	55.400,00
10	Rurociąg tłoczny DN150 do ścieków dowożonych z obiektu 6 do 101	75	m	500,00	37.500,00	46.100,00
11	Budynek eksploatacyjny fermentacji osadu	2000	m ³	600,00	1.200.000,00	1.476.000,00
12	Komory fermentacyjne łącznie z rurociągami i schodami	1310	m ³	1.800,00	2.358.000,00	2.900.300,00
13	Pomosty obsługowe w obiektach 310	10	m	2.500,00	25.000,00	30.800,00
14	Rurociągi biogazu	150	m	300,00	45.000,00	55.400,00
15	Rurociągi centralnego ogrzewania	100	m	600,00	60.000,00	73.800,00
16	Budynek kogeneratorów (obiekt nr 3111)	600	m ³	600,00	360.000,00	442.800,00
17	Komora homogenizacji osadów (obiekt nr 10)	130	m ³	2.000,00	260.000,00	319.800,00
18	Przelew wód osadowych z komory nr 310 i przelew bezpieczeństwa ZKF	60	m	500,00	30.000,00	36.900,00
19	Rurociąg tłoczny wód osadowych z mechanicznego zagęszczania osadu	60	m	450,00	27.000,00	33.200,00
20	Płyta fundamentowa pod zbiornikiem biogazu	65	m ³	600,00	39.000,00	47.900,00
21	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte (np. roboty kablowe)	1	ryczałt	348.800,00	348.800,00	428.900,00
22	Koszty prac budowlanych				6.260.300,00	7.700.000,00

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
21	Koszty wyposażenia technicznego					
22	Pompy osadowe w hali sitopiaskownika z systemem rurociągów	2	szt.	50.000,00	100.000,00	123.000,00
23	Zgrzebło w zagęszczaczu osadu nadmiernego (KLARBLOK)	1	szt.	200.000,00	200.000,00	246.000,00
24	Dekanter wód osadowych w zagęszczaczu osadu nadmiernego	1	szt.	50.000,00	50.000,00	61.500,00
25	Pompa zagęszczonego osadu nadmiernego do obiektu nr 308	2	szt.	50.000,00	100.000,00	123.000,00
26	Nowe pompy części pływających w komorze nr 28	2	szt.	30.000,00	60.000,00	73.800,00
27	Mieszadło w komorze homogenizacji osadu (obiekt nr 310)	1	szt.	20.000,00	20.000,00	24.600,00
28	Macerator osadu przed pompownią zasilania ZKF	1	szt.	100.000,00	100.000,00	123.000,00
29	Mechaniczny zagęszczacz osadu w obiekcie nr 308 z peryferiami	1	ryczałt	450.000,00	450.000,00	553.500,00
30	Pompy zasilające komory ZKF z systemem rurociągów	3	szt.	60.000,00	180.000,00	221.400,00
31	Sprężarki do biogazu z rurociągami (mieszanie ZKF)	3	szt.	90.000,00	270.000,00	332.100,00
32	Mieszadło w komorze BIOGRADEX	1	szt.	15.000,00	15.000,00	18.500,00
33	Pompy osadu przefermentowanego z systemem rurociągów	2	szt.	75.000,00	150.000,00	184.500,00
34	Wymienniki ciepła	2	szt.	250.000,00	500.000,00	615.000,00
35	Kotły na biogaz i olej opałowy z systemem rurociągów	2	szt.	100.000,00	200.000,00	246.000,00
36	Kogeneratory o mocy 100 kW(el)	2	szt.	550.000,00	1.100.000,00	1.353.000,00
37	Generator awaryjny	1	szt.	100.000,00	100.000,00	123.000,00
38	Dmuchawy biogazu z systemem rurociągów	2	szt.	25.000,00	50.000,00	61.500,00
39	System odsiarczania biogazu z systemem rurociągów	1	ryczałt	130.000,00	130.000,00	159.900,00
40	System osuszania biogazu	1	ryczałt	100.000,00	100.000,00	123.000,00
41	Eliminacja siloksanów	1	ryczałt	50.000,00	50.000,00	61.500,00
42	Membranowy zbiornik na biogaz 550 m3	1	ryczałt	300.000,00	300.000,00	369.000,00
43	Węzeł wentylatorowy dla membranowego zbiornika biogazu	1	ryczałt	180.000,00	180.000,00	221.400,00
44	Pochodnia	1	ryczałt	100.000,00	100.000,00	123.000,00
45	System osuszania biogazu w sieci rurociągów	1	ryczałt	80.000,00	80.000,00	98.400,00
46	Mieszadło w komorze homogenizacji przed odwadnianiem osadu	1	szt.	30.000,00	30.000,00	36.900,00
47	Stacja odwadniania osadu z pompownią zasilającą	1	ryczałt	1.500.000,00	1.500.000,00	1.845.000,00
48	Stacja higienizacji osadu	1	ryczałt	350.000,00	350.000,00	430.500,00
49	Zestaw urządzeń pomiarowych	1	ryczałt	750.000,00	750.000,00	922.500,00
50	Implementacja sterowania w system SCADA	1	ryczałt	750.000,00	750.000,00	922.500,00
51	Nowe szafy elektrotechniczne	1	ryczałt	400.000,00	400.000,00	492.000,00
52	Rynny odpływowe (np. w nowym osadniku wtórnym)	1	ryczałt	150.000,00	150.000,00	184.500,00
53	Oplaty za wpracowanie wysoko obciążonej fermentacji osadu (Fraunhofer)	1	ryczałt	600.000,00	600.000,00	738.000,00
54	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte	1	ryczałt	478.500,00	478.500,00	588.500,00
55	Koszty wyposażenia technicznego				9.593.500,00	11.800.000,00
56	Modernizacja gospodarki osadowej OŚ Falenty - wariant GO3				15.853.800,00	19.500.000,00

W poniższej tabeli zamieszczamy oszacowanie kosztów tego wariantu stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w przypadku, gdy całość prac będzie wykonywane przez Generalnego Wykonawcę.

Koszty podane w obu tabelach ustanawiają minimalne i maksymalne granice kosztowe, przy czym koszty generowane przez zatrudnianie Generalnego Wykonawcy są generowane w aktualnych przetargach.

Realizacja przedsięwzięcia po podanych uprzednio kosztach minimalnych będzie trudna, jednakże w optymalnym przypadku, przy zastosowaniu niestandardowych metod postępowania, możliwa.

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
	Modernizacja gospodarki osadowej OŚ Falenty - wariant GO3					
	Koszty prac budowlanych					
1	Stacja pomp pod halą sitopiaskowników	130	m ³	3.200,00	416.000,00	511.700,00
2	Rurociągi osadowe przy obiektach nr 301 i 302	30	m	720,00	21.600,00	26.600,00
3	Rurociąg tłoczny zagęszczonego osadu wstępnego do obiektu nr 310	60	m	720,00	43.200,00	53.100,00
4	Rurociąg tłoczny części pływających z odtłuszczacza do obiektu nr 310	80	m	720,00	57.600,00	70.800,00
5	Przebudowa KLARBLOKU	1	ryczałt	1.600.000,00	1.600.000,00	1.968.000,00
6	Rurociąg tłoczny zagęszczonego osadu nadmiernego do obiektu nr 308	100	m	720,00	72.000,00	88.500,00
7	Rurociąg tłoczny od zagęszczacza mechanicznego do obiektu nr 310	50	m	960,00	48.000,00	59.000,00
8	Rurociąg tłoczny osadu po homogenizacji do maceratora w 308	30	m	720,00	21.600,00	26.600,00
9	Rurociąg tłoczny części pływających pomiędzy obiektami nr 28 i nr 310	100	m	720,00	72.000,00	88.600,00
10	Rurociąg tłoczny DN150 do ścieków dowożonych z obiektu 6 do 101	75	m	800,00	60.000,00	73.800,00
11	Budynek eksploatacyjny fermentacji osadu	2000	m ³	960,00	1.920.000,00	2.361.600,00
12	Komory fermentacyjne łącznie z rurociągami i schodami	1310	m ³	2.880,00	3.772.800,00	4.640.500,00
13	Pomosty obsługowe w obiektach 310	10	m	4.000,00	40.000,00	49.200,00
14	Rurociągi biogazu	150	m	480,00	72.000,00	88.600,00
15	Rurociągi centralnego ogrzewania	100	m	960,00	96.000,00	118.100,00
16	Budynek kogeneratorów (obiekt nr 3111)	600	m ³	960,00	576.000,00	708.500,00
17	Komora homogenizacji osadów (obiekt nr 10)	130	m ³	3.200,00	416.000,00	511.600,00
18	Przelew wód osadowych z komory nr 310 i przelew bezpieczeństwa ZKF	60	m	800,00	48.000,00	59.000,00
19	Rurociąg tłoczny wód osadowych z mechanicznego zagęszczania osadu	60	m	720,00	43.200,00	53.100,00
20	Płyta fundamentowa pod zbiornikiem biogazu	65	m ³	960,00	62.400,00	76.700,00
21	Wydatki nieprzewidziane i nieuwjęte (np. roboty kablowe)	1	ryczałt	541.900,00	541.900,00	666.500,00
22	Koszty prac budowlanych				10.000.300,00	12.300.000,00

Lp	Opis	ilość	jednostka	cena jednostkowa zł (netto)	Koszty	
					koszt zł netto	koszt zł brutto
21	Koszty wyposażenia technicznego					
22	Pompy osadowe w hali sitopiaskownika z systemem rurociągów	2	szt.	95.000,00	190.000,00	233.700,00
23	Zgrzebło w zagęszczaczu osadu nadmiernego (KLARBLOK)	1	szt.	380.000,00	380.000,00	467.400,00
24	Dekanter wód osadowych w zagęszczaczu osadu nadmiernego	1	szt.	95.000,00	95.000,00	116.900,00
25	Pompa zagęszczonego osadu nadmiernego do obiektu nr 308	2	szt.	95.000,00	190.000,00	233.700,00
26	Nowe pompy części pływających w komorze nr 28	2	szt.	57.000,00	114.000,00	140.200,00
27	Mieszadło w komorze homogenizacji osadu (obiekt nr 310)	1	szt.	38.000,00	38.000,00	46.700,00
28	Macerator osadu przed pompownią zasilania ZKF	1	szt.	190.000,00	190.000,00	233.700,00
29	Mechaniczny zagęszczacz osadu w obiekcie nr 308 z peryferiami	1	ryczałt	855.000,00	855.000,00	1.051.700,00
30	Pompy zasilające komory ZKF z systemem rurociągów	3	szt.	114.000,00	342.000,00	420.700,00
31	Sprężarki do biogazu z rurociągami (mieszanie ZKF)	3	szt.	171.000,00	513.000,00	631.000,00
32	Mieszadło w komorze BIOGRADEX	1	szt.	28.500,00	28.500,00	35.100,00
33	Pompy osadu przefermentowanego z systemem rurociągów	2	szt.	142.500,00	285.000,00	350.600,00
34	Wymienniki ciepła	2	szt.	475.000,00	950.000,00	1.168.500,00
35	Kotły na biogaz i olej opałowy z systemem rurociągów	2	szt.	190.000,00	380.000,00	467.400,00
36	Kogeneratory o mocy 100 kW(el)	2	szt.	1.045.000,00	2.090.000,00	2.570.700,00
37	Generator awaryjny	1	szt.	190.000,00	190.000,00	233.700,00
38	Dmuchawy biogazu z systemem rurociągów	2	szt.	47.500,00	95.000,00	116.900,00
39	System odsiarczania biogazu z systemem rurociągów	1	ryczałt	247.000,00	247.000,00	303.800,00
40	System osuszania biogazu	1	ryczałt	190.000,00	190.000,00	233.700,00
41	Eliminacja siloksanów	1	ryczałt	95.000,00	95.000,00	116.900,00
42	Membranowy zbiornik na biogaz 550 m3	1	ryczałt	570.000,00	570.000,00	701.100,00
43	Węzeł wentylatorowy dla membranowego zbiornika biogazu	1	ryczałt	342.000,00	342.000,00	420.700,00
44	Pochodnia	1	ryczałt	190.000,00	190.000,00	233.700,00
45	System osuszania biogazu w sieci rurociągów	1	ryczałt	152.000,00	152.000,00	187.000,00
46	Mieszadło w komorze homogenizacji przed odwadnianiem osadu	1	szt.	57.000,00	57.000,00	70.100,00
47	Stacja odwadniania osadu z pompownią zasilającą	1	ryczałt	2.850.000,00	2.850.000,00	3.505.500,00
48	Stacja higienizacji osadu	1	ryczałt	665.000,00	665.000,00	818.000,00
49	Zestaw urządzeń pomiarowych	1	ryczałt	1.425.000,00	1.425.000,00	1.752.800,00
50	Implementacja sterowania w system SCADA	1	ryczałt	1.425.000,00	1.425.000,00	1.752.800,00
51	Nowe szafy elektrotechniczne	1	ryczałt	760.000,00	760.000,00	934.800,00
52	Rynny odpływowe (np. w nowym osadniku wtórnym)	1	ryczałt	285.000,00	285.000,00	350.600,00
53	Oplaty za wpracowanie wysoko obciążonej fermentacji osadu (Fraunhofer)	1	ryczałt	660.000,00	660.000,00	811.800,00
54	Wydatki nieprzewidziane i nieujęte	1	ryczałt	884.600,00	884.600,00	1.088.100,00
55	Koszty wyposażenia technicznego				17.723.100,00	21.800.000,00
56	Modernizacja gospodarki osadowej OŚ Falenty - wariant GO3				27.723.400,00	34.100.000,00

9.5 Porównanie energochłonności i zapotrzebowania na materiały eksploatacyjne opisanych wariantów zagospodarowania osadów ściekowych.

Energochłonność i zapotrzebowanie na materiały eksploatacyjne przedstawionych uprzednio wariantów zagospodarowania osadów ściekowych w przeliczeniu na średniodobowy dopływ ścieków w okresie perspektywicznym ($Q = 6.000 \text{ m}^3/\text{d}$) wynosi:

Opis	Wariant GO1	Wariant GO2	Wariant GO3
Średniodobowy dopływ ścieków w (m^3/d)	6000	6000	6000
Oszacowane dobowe zużycie energii w (kWh/d)	1350	-2055	-2565
Energia w $\text{kWh}/(\text{m}^3 \text{ ścieków} \times \text{d})$	0,225	-0,343	-0,428
Dobowe zużycie polielektrolitu 1 w (kg/d)	0,000	0,000	11,500
Polielektrolit 1 w $\text{g}/(\text{m}^3 \text{ ścieków} \times \text{d})$	0,000	0,000	1,917
Dobowe zużycie polielektrolitu 2 w (kg/d)	35,300	31,500	34,800
Polielektrolit 2 w $\text{g}/(\text{m}^3 \text{ ścieków} \times \text{d})$	5,883	5,250	5,800
Dobowe zużycie wapna palonego w (kg/d)	4410	3937,5	4344
Wapno palone w $\text{kg}/(\text{m}^3 \text{ ścieków} \times \text{d})$	0,735	0,656	0,724
Średniodobowa ilość odwodnionego osadu w (m^3/d)	13,830	11,930	11,140
Jednostkowa produkcja osadu odwodnionego w $\text{m}^3/(\text{m}^3 \text{ ścieków} \times \text{d})$	0,00231	0,00199	0,00186
Założona ilość dni w roku z dogrzewaniem ZKF	0	30	30
Średniodobowa ilość ciepła z 1 kogeneratora (kWh/d)	0	2172	2420
Średniodobowe zapotrzebowanie na ciepło (kWh/d)	0	3425	2852
Średniodobowa ilość ciepła z oleju opałowego (kWh/d)	0	1253	432
Założona sprawność kotłów	0	85%	85%
Ilość energii na wejściu do kotłów	0	1474	508
Wartość opałowa oleju opałowego (kWh/l)	0	10	10
Średniodobowe zużycie oleju opałowego (l/d)	0	147	51
Średnioroczne zużycie oleju opałowego (l/a)	0	4410	1530
Jednostkowe zużycie oleju opałowego ($\text{l oleju}/(\text{m}^3 \text{ ścieków} \times \text{d})$)	0	0,0245	0,0085

Energochłonność wariantu GO1 jest najwyższa ze względu na konieczność nakładów energetycznych na ustabilizowanie osadu i brak odzysku energii z biogazu. W pozostałych dwóch wariantach generowany jest odzysk energii z biogazu, który będzie poprawiał bilans energetyczny pozostałych części oczyszczalni ścieków.

Najmniejsze zużycie polielektrolitów koniecznych do odwadniania osadu oraz wykazuje wariant GO2. Zapotrzebowanie na wapno palone jest w wariantcie GO2 również najmniejsze.

Dobra odwadnialność osadu ściekowego w wariantcie GO3 pozwala na maksymalną redukcję produkcji osadu ściekowego przed higienizacją.

9.6 Wybór wariantu rekomendowanego dla zagospodarowania osadów ściekowych

Porównanie możliwych wariantów realizacji zagospodarowania osadów ściekowych prowadzi do następujących wniosków:

- Wariant GO1 jest pod względem energochłonności zdecydowanie niekorzystnym rozwiązaniem problemu zagospodarowania osadu ze względu na ujemny bilans energetyczny.
- Wariant GO2 i GO3 wykazują dodatnie bilansy energetyczne, co pozwala na oszczędność kosztów energii elektrycznej zużywanej przez całą oczyszczalnię ścieków.
- Bilans energetyczny wariantu GO3 jest o **ok. 25% korzystniejszy** niż w wariantcie GO2. Ze względu na mniejsze nakłady energetyczne potrzebne do mieszania komór ZKF.
- W wariantcie GO2 ciepło wytworzone w procesie spalania biogazu będzie przede wszystkim wykorzystywane do ogrzewania ZKF-ów. W okresie letnim dostępne będą nadwyżki energii cieplnej, natomiast w okresie zimowym konieczne będzie dogrzewanie ZKF-ów, co będzie generować koszty związane z zakupem oleju opałowego. Dalsze deficyty ciepła mogą wystąpić w momencie awarii agregatów kogeneracyjnych, złej jakości biogazu itp.
- W wariantcie GO3 ciepło wytworzone w procesie spalania biogazu będzie przede wszystkim wykorzystywane do ogrzewania ZKF-ów. W okresie letnim dostępne będą nadwyżki energii cieplnej. Dogrzewanie ZKF-ów w okresie zimowym nie będzie konieczne. Deficyty ciepła mogą wystąpić w momencie awarii agregatów kogeneracyjnych, złej jakości biogazu itp.
- Najmniejsze zużycie polielektrolitów używanych do zagęszczania i odwadniania osadu stwierdzono w wariantcie GO2. Największe zużycie polielektrolitów występuje w wariantcie GO3 ze względu na konieczność możliwie dobrego zagęszczenia osadu nadmiernego.
- Najmniejsze zużycie wapna palonego służącego do higienizacji osadu obliczono dla wariantu GO2.
- Ze względu na dobrą odwadnialność osadu po procesie wysoko obciążonej fermentacji w ZKF (z powodu wysokiego stopnia redukcji suchej masy organicznej) najmniejszą ilość osadu odwodnionego obliczono dla wariantu GO3.
- Z przybliżonych obliczeń zapotrzebowania na olej opałowy wynika, że wariant GO3 jest o wiele bardziej korzystny niż wariant GO2. Ze względu na fakt, że zapotrzebowanie na ciepło w wariantcie GO3 jest o wiele mniejsze, niż w wariantcie GO2 należy wyjść z założenia, że dogrzewanie olejem opałowym przy zastosowaniu wariantu GO3 będzie konieczne tylko w wyjątkowych przypadkach. W wariantcie GO1 nie ma zapotrzebowania na ciepło konieczne do prowadzenia procesów.
- Średnie koszty inwestycyjne wariantów GO1 und GO3 są identyczne. Wariant GO2 jest droższy od pozostałych o ok. 17%.
- W aspekcie rozwoju zlewni w ciągu 20-to letniego okresu perspektywicznego najbardziej elastyczny jest wariant GO3.
- W porównaniu wariantów rozwiązania gospodarki osadowej z odzyskiem energii z biogazu wariant GO3 ma przewagę nad wariantem GO2 pod względem elastyczności, energochłonności i kosztów inwestycyjnych.
- Kofermentacja innych energowydajnych substratów dla wariantów GO2 i GO3 jest możliwa, o ile znajdzie się długoterminowego dostawcę cosubstratów o stałym składzie dostarczanych regularnie w stałych ilościach. Możliwość dodawania cosubstratów powinna być uwzględniona przy wymiarowaniu komór ZKF. Oczywiście można wykorzystać istniejące rezerwy obciążenia. Przy doborze cosubstratów należy rozważyć ich możliwe negatywne oddziaływania na główny ciąg oczyszczania ścieków. Nie zaleca się kofermentacji odpadów organicznych z PSZOK ze względu na duże trudności eksploatacyjne.

Relacje kosztów realizacji obu wariantów przedstawiono w następującej tabelce:

Opis	Wariant GO1	Wariant GO2	Wariant GO3
Koszty minimalne (brutto)	20.000.000,00	23.350.000,00	19.500.000,00
Koszty maksymalne (brutto)	33.600.000,00	39.600.000,00	34.100.000,00
Koszty średnie (brutto)	26.800.000,00	31.475.000,00	26.800.000,00
Relacja kosztów średnich	100,00%	117,44%	100,00%

Dalsze wnioski wynikające z porównania opisanych uprzednio wariantów wynikają z analizy efektywności finansowej i kosztowej (DGC) zamieszczonej w całości w załączniku 1 do niniejszego opracowania.

Na podstawie przeprowadzonej analizy wielokryterialnej z uwzględnieniem przyjętych kryteriów oceny danego wariantu, stwierdzono, że najbardziej efektywny kosztowo i finansowo jest Wariant GO3. Wyniki przeprowadzonej analizy wielokryterialnej prezentuje tabela poniżej.

Lp.	Wyniki analizy wielokryterialnej Gospodarka osadowa	Jedn.	Wariant GO-1	Wariant GO-2	Wariant GO-3
1.	Koszty inwestycyjne	TAK/NIE	TAK	NIE	NIE
2.	Koszty inwestycji odtworzeniowych (łącznie)	TAK/NIE	TAK	NIE	NIE
3.	Wartość rezydualna	TAK/NIE	NIE	NIE	TAK
4.	Koszty eksploatacyjne bez amortyzacji (średniorocznie)	TAK/NIE	NIE	NIE	TAK
5.	Wskaźnik efektywności kosztowej - DGC	TAK/NIE	TAK	NIE	NIE
6.	Wskaźnik efektywności finansowej - NPV	TAK/NIE	NIE	NIE	TAK
7.	Wskaźnik efektywności finansowej - IRR	TAK/NIE	NIE	NIE	TAK
	Punktacja (max 10 pkt.)		5	0	5

Podsumowanie

Przeprowadzona analiza wielokryterialna, w skład której wchodzi:

- analiza wysokości kosztów inwestycyjnych,
- analiza kosztów inwestycji odtworzeniowych,
- analiza wartości rezydualnej,
- analiza wysokości kosztów eksploatacyjnych,
- analiza efektywności kosztowej DGC,
- analiza efektywności finansowej NPV,
- analiza efektywności finansowej IRR,

wskazuje, że Wariant GO3 oraz Wariant GO1 uzyskują największą liczbę punktów, jednakże **Wariant GO3 jest rekomendowany do realizacji** z finansowego oraz kosztowego punktu widzenia, z zastrzeżeniem, że do rekomendacji wzięto pod uwagę 20-to letni okres funkcjonowania. O wyborze zadecydowała niższa wartość średniorocznych kosztów eksploatacyjnych.

Rekomendowany wariant charakteryzuje się:

- najwyższą wartością rezydualną,
- najniższymi kosztami eksploatacyjnymi bez amortyzacji (średniorocznie),
- najwyższą wartością wskaźnika efektywności finansowej NPV,
- najwyższą wartością wskaźnika efektywności finansowej IRR.

10 Możliwości dalszego zagospodarowania osadu ściekowego

Po wszystkich trzech wariantach stabilizacji osadu ściekowego zaproponowano taki sam sposób ich dalszego zagospodarowania:

- Odwodnienie osadu na wysokosprawnych, wolnoobrotowych i ekonomicznych prasach ślimakowych
- Higienizacja osadu wapnem palonym
- Granulacja osadu wapnem palonym z możliwością przekwalifikowania odpadu, jakim jest osad ściekowy, na produkt do polepszania właściwości gleby, po uzyskaniu odpowiednich certyfikatów.

W aktualnej sytuacji prawnej i przy prognozowanej wielkości oczyszczalni ścieków nie zachodzi potrzeba jeszcze bardziej zaawansowanej przeróbki osadu. Może to jednak ulec zmianie w momencie, gdy jakiegokolwiek rolnicze zagospodarowanie osadu zostanie zakazane np. ze względu na fakt namnażania zanieczyszczeń antropogennych w glebach.

Możliwe są następujące technologie dalszego zagospodarowania osadu ściekowego:

- Suszenie osadu i jego spalanie w piecach przemysłowych (np. elektrociepłowniach).
- Suszenie osadu ciepłem spalania i jego spalanie w monospalarniach w obrębie oczyszczalni ścieków
- Suszenie osadu przy pomocy gazu uzyskanego podczas jego pirolizy

Do suszenia osadu można zastosować następujące technologie:

- Suszarnie solarne bez dodatkowego źródła ciepła brak energii obcej
- Suszarnie solarne ze wspomaganie dodatkowym źródłem ciepła energia obca zależna od pogody
- Niskotemperaturowe suszarnie taśmowe energia obca ok. 750 kWh/kg H₂O↑
- Średnotemperaturowe suszarnie taśmowe energia obca ok. 800 kWh/kg H₂O↑
- Suszarnie kondensacyjne energia obca ok. 333 kWh/kg H₂O↑

W polskich warunkach klimatycznych suszarnie solarne bez dodatkowego źródła ciepła nie są godne polecenia.

Suszarnie solarne ze wspomaganie dodatkowym źródłem ciepła wymagają dużych powierzchni zabudowy, są odor- i pylogenne. Niezależnie od tego sprawność suszenia osadu jest wystarczająca pod warunkiem wystarczających ilości ciepła obcego w miesiącach o niewielkim nasłonecznieniu i zastosowaniu wysokosprawnych przekładarek osadu.

Zarówno nisko- jak i średnotemperaturowe suszarnie ścieków (przeważnie taśmowe) spełniają podawane przez producentów założenia eksploatacyjne, charakteryzują się jedna ponad dwukrotnie większym zapotrzebowaniem na energię, niż suszarnie kondensacyjne.

Dla wartości obliczonych w wariantcie GO3:

Średniodobowa ilość osadu przefermentowanego	83,33	m ³ /d
Stężenie suchej masy w osadzie przefermentowanym	3,48%	
Założone stężenie suchej masy w osadzie odwodnionym	26%	
Średniodobowa ilość osadu odwodnionego	11,15	m ³ /d
Założone stężenie suchej masy w osadzie wysuszonym	80%	
Średniodobowa ilość osadu odwodnionego	3,62	m ³ /d
Średniodobowa ilość odparowanej wody	11,15 – 3,62 =	7,53 m ³ /d

Tygodniowa ilość odparowanej wody	$7,53 \times 7 =$	52,71	m ³ /tydz
Czas pracy suszarni w tygodniu	$7 \times 8 \text{ h/d}$	56	h/tydz
Niezbędna wydajność suszarni	$52,71 / 56 =$	0,94	m ³ /h
	odpowiada	0,94	Mg/h
Czas pracy nieprzerwanej eksploatacji	$7 \times 24 \text{ h/d} =$	168	h/tydz
Niezbędna wydajność suszarni	$52,71 / 168 =$	0,314	m ³ /h
	odpowiada	0,314	Mg/h
Godzinowe zużycie energii elektrycznej	$0,94 \times 333 \text{ kWh} =$	313	kWh
Dobowe zużycie energii elektrycznej	$8 \text{ h/d} \times 313 \text{ kWh} =$	2.504	kWh/d

Przy założeniu pracy suszarni przez 56 h/tydz. nominalna jej wydajność w przeliczeniu na dobę musiałaby wynieść ok. 24 Mg H₂O↑/dobę.

Przy założeniu pracy suszarni przez 168 h/tydz. nominalna jej wydajność w przeliczeniu na dobę musiałaby wynieść ok. 8 Mg H₂O↑/dobę.

Ogromną zaletą suszarni kondensacyjnych jest minimalizacja emisji ze względu na fakt, że powietrze używane do suszenia prowadzone jest w obiegu zamkniętym.

Jeżeli w przyszłości konieczne będzie suszenie osadu, to zalecamy kondensacyjne suszarnie szwajcarskiej firmy WATROPUR Unterseen/Interlaken, suszarnie WATROMAT®, typ 9000B (24 h/d) lub 24000B (8 h/d). Przedstawicielem tej firmy w Polsce jest firma Techfinn z Branina.

Dalszym etapem zagospodarowania osadu jest jego spalanie. Naszym zdaniem budowa monospalarni osadu dla oczyszczalni ścieków w Falentach nie wchodzi ze względów lokalizacyjnych i finansowych. Według naszych informacji podobna instalacja monospalarni kosztuje ok. 13.200.000 zł (brutto), przy czym podana cena nie zawiera budynków niezbędnych do ustawienia odpowiednich urządzeń.

Jednakże interesującym kompleksowym problemu utylizacji osadu ściekowego jest jego zgazowanie, czyli piroliza. Aktualnie w miejscowości Vechta w Niemczech pracuje urządzenie pilotowe do pirolizy osadu, którego technologia wygląda następująco:

- Odwodniony osad jest mieszany z osadem wysuszonym w celu uniknięcia fazy kleistej i wprowadzany do suszarni bębnowej osadu, ogrzewanej gazem wytworzonym w procesie pirolizy wysuszonego osadu
- Wysuszony osad poddawany jest procesowi zgazowania (pirolizy), a gaz z procesu pirolizy używany jest jako źródło ciepła dla suszarki bębnowej.
- Ciągłość procesu podtrzymywana jest gazem propan-butan w celu wyrównania wahań zawartości energetycznej osadu.
- Produktem końcowym jest suchy, pylasty produkt zawierający dużo fosforanów nadających się do produkcji nawozów. Ten fakt jest szczególnie istotny w aspekcie braku rezerw fosforu na świecie, co będzie z całą pewnością prowadzić do konieczności odzysku fosforu ze ścieków.

Całość urządzenia do pirolizy osadu mieści się w dwóch 40-stopowych standardowych kontenerach, co pozwala na jego bezproblemowe umieszczenie w bezpośredniej bliskości miejsca odbioru odwodnionego osadu. Przybliżony koszt kontenerowej stacji pirolizy wynosi ok. 10.000.000 zł (brutto).

11 Budowle towarzyszące

Niniejsze opracowanie podzielono na koncepcje modernizacji poszczególnych stopni oczyszczania ścieków i zagospodarowania osadu:

- Modernizacja mechanicznego stopnia oczyszczania ścieków (2 warianty).
- Modernizacja biologicznego stopnia oczyszczania ścieków (3 warianty).
- Modernizacji sposobu zagospodarowania osadów (3 warianty).

Większość tych wariantów może (przynajmniej teoretycznie) występować w różnych konfiguracjach. W załączonych planach sytuacyjnych zaproponowano lokalizację nowych obiektów oczyszczalni ścieków i zaznaczono możliwe rozwiązania komunikacyjne.

Jednakże decyzja dotycząca ostatecznej lokalizacji nowych obiektów oczyszczalni ścieków i dróg wewnętrznych będzie podjęta na dalszych etapach projektowania. Żeby nie zakłócać porównania poszczególnych wariantów pod względem kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych proponujemy przyjęcie dla każdego wariantu jednakowej ryczałtowej kwoty pieniędzy, które w każdym z wariantów trzeba będzie przewidzieć na następujące cele:

1. Drogi i chodniki.
2. Różnego rodzaju przebudowy stanu istniejącego.
3. Nowe trasy kabli i kable.
4. Rozbudowa i modernizacja automatyki procesowej.
5. Zagospodarowanie terenów zielonych.
6. Ogrodzenie i bramy.
7. Kontrola dostępu do obiektu.
8. Polepszenie stanu drogi dojazdowej.

Proponujemy, żeby dla każdego z opisanych wariantów przyjąć kwotę **8.000.000 zł brutto** na realizację wspomnianych zadań inwestycyjnych.

12 Wybór wariantu rekomendowanego

W niniejszym opracowaniu rozpatrzono rozwiązania wariantowe dla pompowni bezpośrednio zasilających oczyszczalnię ścieków i dla poszczególnych stopni oczyszczania.

Pompownia „Stadionowa”

Rozpatrzono 3 warianty: z pompami zatapialnymi (Stad1), z pompami suchostojącymi (Stad2) i w formie tłoczni (Stad3).

Pompownia „Falenty”

Rozpatrzono 2 warianty: eksploatacja istniejącej pompowni z pompami zatapialnymi, poprzedzonej kratą kosztową (FA1) lub budowa nowej pompowni z ślimakowymi pompami Archimedesesa (FA2).

Stopień mechanicznego oczyszczania ścieków

Rozpatrzono 2 warianty: budowę nowej hali sitopiaskowników dla 2 równoległych urządzeń, przy czym zakłada się wykorzystanie nowszego z istniejących sitopiaskowników, kasację starszego z istniejących sitopiaskowników i kupno jednego nowego urządzenia (SMOŚ1) lub budowę nowej hali sitopiaskowników dla jednego nowego urządzenia o dużej wydajności (SMOŚ2).

Stopień biologicznego oczyszczania ścieków

Rozpatrzono 3 warianty, wszystkie z wykorzystaniem istniejących komór osadu czynnego i komory „Carousell”: komory osadu czynnego bez zastosowania osadnika wstępnego obciążone całością ładunków zanieczyszczeń z odpływu sitopiaskowników, wymiarowanie wg. nowej Wytycznej DWA A131 (SBOŚ1), osadnik wstępny i komory osadu czynnego obciążone ładunkami zanieczyszczeń po ich redukcji w osadniku wstępnym, wymiarowanie wg. nowej Wytycznej DWA A131 (SBOŚ2), osadnik wstępny i komory osadu czynnego w istniejących budowlach z zastosowaniem technologii Biogradex® oraz budowa nowego osadnika końcowego, wymiarowanie zgodnie z wymaganiami technologii Biogradex® potwierdzone obliczeniami wg. nowej Wytycznej DWA A131 (SBOŚ3).

Gospodarka osadowa (stabilizacja i zagospodarowanie)

Rozpatrzono 3 warianty stabilizacji osadu: tlenową stabilizację osadu (GO1), tradycyjną mezofilową fermentację osadu w ZKF (GO2) i wysoko obciążoną mezofilową fermentację osadu w ZKF (GO3). Sposób zagospodarowania osadu jest dla wszystkich wariantów jednakowy.

Zbiórce wyniki analizy kosztowej i finansowej dla wszystkich rozpatrywanych wariantów są zobrazowane w następującej tabeli

Lp.	Analiza wariantowa	Jednostka	Ilość punktów	Rekomendacja finansowa	Rekomendacja techniczna
Modernizacja pompowni ścieków "Stadionowa" (STAD)					
1.	Wyniki analizy wielokryterialnej dla Wariantu STAD-1	pkt.	3	NIE	NIE
2.	Wyniki analizy wielokryterialnej dla Wariantu STAD-2	pkt.	6	TAK	TAK
3.	Wyniki analizy wielokryterialnej dla Wariantu STAD-3	pkt.	1	NIE	NIE
Modernizacja pompowni ścieków "Falenty" (FA)					
1.	Wyniki analizy wielokryterialnej dla Wariantu FA-1	pkt.	4,5	NIE	NIE
2.	Wyniki analizy wielokryterialnej dla Wariantu FA-2	pkt.	5,5	TAK	TAK
Modernizacja ciągu ściekowego oczyszczalni – oczyszczanie mechaniczne (SMOŚ)					
1.	Wyniki analizy wielokryterialnej dla Wariantu SMOŚ-1	pkt.	3	NIE	NIE
2.	Wyniki analizy wielokryterialnej dla Wariantu SMOŚ-2	pkt.	7	TAK	TAK
Modernizacja ciągu ściekowego oczyszczalni – oczyszczanie biologiczne (SBOŚ)					
1.	Wyniki analizy wielokryterialnej dla Wariantu SBOŚ-1	pkt.	2	NIE	NIE
2.	Wyniki analizy wielokryterialnej dla Wariantu SBOŚ-2	pkt.	0	NIE	NIE
3.	Wyniki analizy wielokryterialnej dla Wariantu SBOŚ-3	pkt.	8	TAK	TAK
Koncepcja stabilizacji i zagospodarowania osadów ściekowych (GO)					
1.	Wyniki analizy wielokryterialnej dla Wariantu GO-1	pkt.	5	NIE	NIE
2.	Wyniki analizy wielokryterialnej dla Wariantu GO-2	pkt.	0	NIE	NIE
3.	Wyniki analizy wielokryterialnej dla Wariantu GO-3	pkt.	5	TAK	TAK

Z powyższej tabeli wynika następująca konfiguracja pompowni i oczyszczalni ścieków składająca się z poszczególnych wariantów rekomendowanych

Pompownia „Stadionowa”	zastosowanie pomp suchostojących (Stad2)
Pompownia „Falenty”	budowa nowej pompowni z zastosowaniem ślimakowych pomp Archimedeasa (FA2)
Stopień mechanicznego oczyszczania ścieków	budowa nowej hali sitopiaskowników z jednym nowym sitopiaskownikiem o dużej przepustowości (SMOŚ2)
Stopień biologicznego oczyszczania ścieków	przebudowa istniejących komór osadu czynnego łącznie z komorą „Carousell”, zastosowanie technologii Biogradex® i budowa trzeciego osadnika końcowego (SBOŚ3)
Gospodarka osadowa	budowa wysoko obciążonej mezofilowej fermentacji osadu w komorach ZKF i odzysk energii z biogazu (GO3)

Porównanie różnych wariantów i wyniki wszystkich przeprowadzonych obliczeń i analiz doprowadziły do znalezienia optymalnego rozwiązania obu pompowni i wszystkich stopni oczyszczalni. W poniższej tabeli przedstawiono najbardziej istotne zalety rekomendowanych rozwiązań.

Element	Wariant	Opis
Pompownia „Stadionowa”	Stad2	Wygodna obsługa, naprawy i serwisowanie pomp suchostojących
Pompownia „Falenty”	FA2	Płynne dostosowywanie się pomp do strumienia dopływu, dobra sprawność, długa żywotność techniczna, niezawodność
Stopień mechanicznego oczyszczania ścieków	SMOŚ2	Niskie koszty serwisowania, celowy nadmiar przepustowości pozwalający na sprawne usuwanie części długowłóknistych
Stopień biologicznego oczyszczania ścieków	SBOŚ3	Objętość istniejących komór osadu czynnego jest wystarczająca, zastosowanie technologii Biogradex® pozwala na elastyczne dostosowanie eksploatacji biologicznego stopnia oczyszczalni ścieków do wzrastającego obciążenia ładunkami.
Gospodarka osadowa	GO3	Zastosowanie wysoko obciążonej mezofilowej fermentacji osadu w ZKF pozwala na wydatne oszczędności w kosztach budowy i na elastyczne dostosowanie obciążenia komór ZKF do wzrastającego obciążenia.

13 Podział zadań inwestycyjnych na etapy

Oprócz przebudowy pompowni „Falenty” wszystkie elementy wariantu rekomendowanego opisane w poprzednim punkcie są prawie jednakowo ważne. W sumie pompownia Falenty jest jedynym elementem wariantu rekomendowanego, który może zostać wykonany w terminie późniejszym lub wcale. Jest to możliwe ze względu na fakt, że istniejąca pompownia „Falenty” nie sprawia większych kłopotów i może być nadal eksploatowana, choć jest to rozwiązanie mniej korzystne od budowy nowej pompowni ze ślimakowymi pompami Archimedeasa.

Ze względów eksploatacyjnych proponujemy przyjęcie następującej hierarchii zadań:

Etap 1	Przebudowa stopnia biologicznego oczyszczania ścieków łącznie z budową osadnika wstępnego i kanału obejściowego. Ze względu na brak możliwości zagospodarowania osadu wstępnego po jego wykonaniu osadnik wstępny będzie wyłączony z eksploatacji (SBOŚ3).
Etap 2	Przebudowa stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków (SMOŚ2)
Etap 3	Przebudowa pompowni „Stadionowa” (Stad2)
Etap 4	Przebudowa systemu stabilizacji i zagospodarowania osadu ściekowego i włączenie osadnika wstępnego do eksploatacji (GO3)
Etap 5	Przebudowa pompowni „Falenty”

Taka kolejność modernizacji oczyszczalni ścieków Falenty pozwoli na minimalizację zakłóceń w eksploatacji w okresie przebudowy.

Należy zauważyć następujące zależności pomiędzy poszczególnymi etapami realizacji:

1. Najważniejsza jest realizacja modernizacji stopnia biologicznego oczyszczania ścieków (SBOŚ3), ponieważ ta część oczyszczalni ścieków generuje najwięcej problemów eksploatacyjnych. Zaplanowana modernizacja stopnia biologicznego oczyszczania ścieków przewiduje budowę osadnika wstępnego w celu redukcji obciążenia komór osadu czynnego ładunkami zanieczyszczeń. Jednakże eksploatacja osadnika wstępnego generuje powstawanie osadu wstępnego, którego dalsze zagospodarowanie możliwe jest dopiero w momencie realizacji beztlenowej stabilizacji osadów w zamkniętych komorach fermentacji (ZKF). Po modernizacji stopnia biologicznego oczyszczania ścieków w pełnym zakresie nie będzie można włączyć osadnika wstępnego do eksploatacji.
2. Zastosowanie technologii Biogradex® do biologicznego stopnia oczyszczania ścieków pozwala na jego prawidłową eksploatację dla aktualnego obciążenia oczyszczalni ścieków ładunkami bez konieczności użytkowania osadnika wstępnego. W miarę zwiększania się obciążenia oczyszczalni ładunkami wraz z rozwojem zlewni włączenie osadnika wstępnego do eksploatacji będzie konieczne. Jednakże ogromną zaletą technologii Biogradex® jest fakt, że jej zastosowanie pozwoli na opóźnienie realizacji zagospodarowania osadu (GO3) w czasie o kilka lat. Aktualnie nikt nie jest w stanie przewidzieć jak długo technologia Biogradex® poradzi sobie z rosnącym obciążeniem oczyszczalni ścieków Falenty bez konieczności eksploatacji osadnika wstępnego. Przypuszczamy, że okres ten wyniesie od 3 do 5 lat.
3. Po modernizacji stopnia biologicznego oczyszczania ścieków (SBOŚ3) w opisanym zakresie konieczna będzie praktycznie jednoczesna modernizacja pompowni ścieków „Stadionowa” (Stad2) i stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków (SMOŚ2). Z punktu widzenia eksploatacji realizacja obu wymienionych zadań jest prawie tak samo ważna, jak modernizacja stopnia biologicznego oczyszczania ścieków. Realizacja tych dwóch zadań w ciągu jednego roku pozwoli na „uspokojenie” i optymalizację pracy głównej „osi” oczyszczania ścieków. Zastosowanie technologii Biogradex® pozwala na spokojne ich wykonanie. Należy również zauważyć, że pompownia osadu wstępnego przewidziana jest w hali sitopiaskownika, czyli jej realizacja jest niezbędna przed uruchomieniem osadnika wstępnego.
4. Realizacja modernizacji pompowni „Stadionowa”, stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków i stopnia biologicznego oczyszczania ścieków pozwoli na optymalną pracę oczyszczalni w czasie realizacji modernizacji gospodarki osadowej (GO3). Po wybudowaniu nowego ciągu gospodarki osadowej możliwe będzie włączenie osadnika wstępnego do eksploatacji w czasie, kiedy wzrost obciążenia oczyszczalni ścieków będzie tego wymagał, czyli po okresie realizacji ok. 5 lat od teraz.
5. Modernizacja pompowni „Falenty” (FA2) może być przeprowadzona w dowolnym momencie prac modernizacyjnych lub na ich zakończenie. Istniejąca pompownia „Falenty” nie sprawia aktualnie większych kłopotów eksploatacyjnych, co pozwala na przesunięcie tego zadania inwestycyjnego w czasie.

14 Pomiary i automatyzacja

Każdy z elementów wariantowej koncepcji modernizacji oczyszczalni ścieków w Falentach będzie wyposażony w urządzenia pozwalające na jego automatyczną lub półautomatyczną eksploatację. Wszystkie informacje eksploatacyjne będą przekazywane do centrali zarządzania, która z jednej strony będzie wizualizować zachodzące procesy i stany eksploatacyjne, a z drugiej z jej poziomu będzie można zarządzać większością procesów zachodzących na oczyszczalni ścieków.

Zaleca się podzielenie oczyszczalni ścieków na odcinki procesowe zarządzane własnymi mikroprocesorami. Mikroprocesory wspomnianych odcinków muszą przekazywać wszystkie konieczne dane do jednostki centralnej, która musi prowadzić ich archiwizację. Zaproponowane rozwiązanie pozwala na prowadzenie eksploatacji oczyszczalni ścieków w sytuacji, jeżeli jeden z mikroprocesorów lub też jednostka centralna uległy awarii. W przypadku, gdy wszystkie procesy zarządzane są z jednostki centralnej, jej awaria prowadzi do ogromnych utrudnień eksploatacyjnych, ponieważ wszystkie zaprogramowane rutyny przestają funkcjonować.

W przyszłym projekcie automatyzacji i sterowania należy przestrzegać zasady, żeby obok pracy automatycznej maszyn i urządzeń zapewnić możliwość ich ręcznej eksploatacji. Niedopuszczalna jest sytuacja wyłącznie automatycznego prowadzenia procesów.

Dla pompowni ścieków zaleca się stosowanie następujących zasad:

- włączanie i wyłączanie pomp przy pomocy pomiaru spiętrzenia w studni zlewnej
- w zależności od stopnia zanieczyszczenia medium substancjami stałymi pomiar spiętrzenia może być realizowany sondą hydrostatyczną lub sondą ultradźwiękową.
- w celu zapobieżenia suchobiegowi pomp należy przewidzieć niezawodne pływakowe wyłączniki MIN-MIN wyłączające pompy w przypadku awarii pomiaru spiętrzenia.
- w celu niedopuszczenia do przelania się studni zlewnej lub dowolnej komory napełnianej przez pompy należy przewidzieć niezawodne pływakowe wyłączniki MAX-MAX generujący sygnały alarmowe lub wyłączające pompy napełniające.

Zasada ogólna: niezawodne pływakowe wyłączniki (lub włączniki) MAX-MAX lub MIN-MIN należy stosować wszędzie tam, gdzie nie może być przekroczony minimalny lub maksymalny stopień napełnienia dowolnej komory.

Dalszą zasadą ogólną jest wyposażenie wszystkich strumieni tłocznych w mierniki przepływu. Wszystkie pomiary przepływu muszą być archiwizowane, gdyż stanowią one podstawę do analizy pracy oczyszczalni i dają wartościowe informacje o strumieniach masowych.

Oczyszczalnia ścieków wyposażona jest w przepływomierze zlokalizowane w dopływie do jej biologicznej części. W ramach modernizacji obiektu pomiar ten zostanie zlikwidowany. Dlatego też konieczne jest zainstalowanie dokładnego przepływomierza w odpływie z sitopiaskownika oraz króćca umożliwiającego pobór prób automatycznym próbopobierakiem. Zaleca się również zainstalowanie pomiarów online ChZT i azotu amonowego, które pozwolą na szybkie rozpoznanie wysokich stężeń zanieczyszczeń w dopływie oczyszczalni ścieków.

Należy przestrzegać ogólnej zasady stosowania jak najmniejszej ilości pomiarów online. Należy instalować tylko takie urządzenia pomiarowe, które są absolutnie niezbędne do prawidłowego prowadzenia procesów. Analizatory online są bardzo kosztowne, zarówno przy zakupie, jak i w eksploatacji, natomiast realne korzyści wynikające z ich pomiarów bardzo często są niewymiernie małe.

Stopień mechanicznego oczyszczania ścieków (SMOŚ2) składający się z sitopiaskownika oraz urządzeń do płukania skratek i piasku powinien być dostarczony przez jednego producenta. System automatycznej eksploatacji wspomnianych maszyn i urządzeń musi być zaprojektowany i zrealizowany przez ich producenta przy pomocy osobnego sterownika. Ten ostatni musi być kompatybilny do innych sterowników użytkowanych na oczyszczalni ścieków Falenty. Dlatego też zaleca się narzucenie przez Zleceniodawcę jednego rodzaju sterowników (np. S7 firmy Siemens) dla całej oczyszczalni ścieków, co pozwoli uniknąć wielu niepotrzebnych problemów. Wszystkie meldunki eksploatacyjne dotyczące stopnia mechanicznego

oczyszczania ścieków muszą być przekazywane przy pomocy odpowiednich systemów do jednostki centralnej i archiwizowane.

Stopień biologicznego oczyszczania ścieków (SBOŚ3) składa się z mieszanych i napowietrzanych komór osadu czynnego, systemu podciśnieniowego odgazowania osadu czynnego Biogradex®, osadników końcowych i pompowni osadu recyrkulowanego i nadmiernego. Do prawidłowego prowadzenia technologii Biogradex® niezbędny jest pomiar stężenia tlenu we wszystkich komorach procesów biologicznych oraz pomiar podciśnienia w systemie odgazowania osadu. Zaleca się zainstalowanie okresowych pomiarów stężenia suchej masy w komorach osadu czynnego i dla osadu recyrkulowanego. W celu kontroli prawidłowości przebiegu oczyszczania ścieków zalecamy instalację ciągłego pomiaru $\text{NO}_x\text{-N}$ i $\text{NH}_4\text{-N}$ w odpływie ścieków do odbiornika.

W odpływie oczyszczonych ścieków do odbiornika niezbędne jest zainstalowanie dokładnego przepływomierza ze względu na fakt, że istniejący przepływomierz jest przestarzały i nie spełnia aktualnych wymagań dokładności pomiaru. Należy przewidzieć również stanowisko do poboru próbek ścieków oczyszczonych automatycznym próbopobierakiem.

Gospodarka osadowa (GO3) składa się z bardzo wielu elementów, które muszą ze sobą bezawaryjnie współpracować. Ogólne założenia dotyczące pompowni zostały opisane uprzednio. Urządzenia do zagęszczania i odwadniania osadu (łącznie z automatycznymi stacjami przygotowania polielektrolitów) muszą być dostarczone przez producentów łącznie z systemami ich automatycznej eksploatacji wyposażonych w osobne sterowniki. Te ostatnie muszą być kompatybilne do innych sterowników użytkowanych na oczyszczalni ścieków Falenty. Wszystkie meldunki eksploatacyjne dotyczące stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków muszą być przekazywane przy pomocy odpowiednich systemów do jednostki centralnej i archiwizowane.

Wysoko obciążone zamknięte komory fermentacyjne będą sterowane wg zaleceń posiadacza technologii, czyli Instytutu Fraunhofera w Stuttgarcie. Proces automatyzacji eksploatacji musi zostać wykonany wg zaleceń wspomnianego Instytutu podczas dalszych etapów projektowania. Jednym z najważniejszych aspektów prawidłowej eksploatacji mezofilowej fermentacji osadów ściekowych jest utrzymanie prawidłowej i stałej temperatury w komorach ZKF. Rozmieszczenie termometrów w komorach ZKF odgrywa decydującą rolę, dlatego też trzeba temu zagadnieniu poświęcić szczególną uwagę. Konieczna jest automatyzacja gospodarki ciepła pozwalająca na realizację tego celu z uwzględnieniem, że ciepło może być wytwarzane w kogeneratorach biogazu lub w kotłach na olej opałowy lub biogaz.

Zarządzanie energią wytwarzaną z biogazu wymaga automatyzacji w powiązaniu z całością gospodarki energetycznej oczyszczalni ścieków. Zaprojektowano 2 mniejsze maszyny kogeneracyjne, które pozwolą na elastyczną gospodarkę zapotrzebowaniem energii na oczyszczalni ścieków. Z obliczeń wynika, że jedna z maszyn kogeneracyjnych będzie mogła być eksploatowana całodobowo. Ponieważ jest mało prawdopodobne, że obie maszyny kogeneracyjne nie będą sprawne, należy ich eksploatację ustawić w sposób ograniczający maksymalny pobór energii elektrycznej z sieci zewnętrznej. W momencie ustalania danych do przetargu na maszyny kogeneracyjne należy podjąć decyzję, czy mają one spełniać rolę zaopatrzenia oczyszczalni ścieków w energię elektryczną w przerwach w dostawach prądu z zewnątrz. W wielu przypadkach prostszym i tańszym rozwiązaniem jest zaprojektowanie odpowiednio dużego generatora prądu napędzanego np. olejem opałowym lub paliwem diesla, który będzie dostarczał energię elektryczną niezbędną do utrzymania oczyszczalni w ruchu w czasie przerw w dostawie energii zewnętrznej. Odpowiednio skonstruowana automatyka musi powodować automatyczne włączanie się generatora prądu w momencie zaniku sieci wewnętrznej.

Skład i zanieczyszczenie biogazu produkowanego w zamkniętych komorach fermentacyjnych nie są z różnych przyczyn stałe. Maszyny kogeneracyjne pracują w pewnym zakresie składu biogazu i wyłączają się automatycznie w momencie, gdy gaz nie wykazuje odpowiedniej zawartości metanu. Jednocześnie gaz dopływający do kogeneratorów nie może zawierać dużych stężeń siarkowodoru i siloksanów. W celu eliminacji tych związków przewidziano odpowiednie urządzenia, które jednak nie muszą być eksploatowane w sytuacji, gdy biogaz nie zawiera np. siarkowodoru. Na dalszych etapach projektowania należy się zastanowić nad instalacją odpowiednich urządzeń pomiarowych.

15 Zalecenia dotyczące wymaganej jakości materiałów i urządzeń

Niniejsza koncepcja jest pierwszym i najważniejszym etapem projektowania, dlatego też w celu ochrony Zleceniodawcy przed „rozwodnieniem” niniejszego opracowania na dalszych etapach projektowania i przed zastosowaniem tańszych produktów i maszyn „równoważnych”, dla każdej części składowej wariantu rekomendowanego będą ustalone najważniejsze (nie wszystkie) standardy jakościowe, łącznie z określeniem wiodących producentów.

15.1 Pompownia „Stadionowa” – wariant Stad2

Rurociągi tłoczne i zasysające.

Wszystkie rurociągi i ich połączenia w obrębie pompowni muszą być wykonane ze stali kwasoodpornej o jakości co najmniej V4A lub lepszych. Stal nierdzewna oznaczana jako V2A (np. stal 1.4301) ulega szybko korozji np. siarkowodorowej i nie może być tu zastosowana. Te same wymagania dotyczą umocowania maceratora, o ile taki zostanie zastosowany. Rurociągi pompowni muszą być wyposażone w przyłącza płuczące składające się z króćca DN50, zaworu kulowego i łączki pasującej do szlauchów strażackich.

Armatury

Dopuszczalne jest stosowanie wyłącznie zasuw nożowych. Wyznacznikiem jakości są tutaj zasuwki nożowe firmy Erhardt należącej do koncernu Tallis. Do automatycznego otwierania i zamykania zasuw trzeba zastosować odpowiednie napędy elektryczne. Wyznacznikiem jakości są w tym przypadku napędy firmy AUMA.

Pompy

Fabrykatem wyznaczającym jakość pomp suchostojących są pompy zblokowane firmy KSB AG. Silniki pomp muszą być sterowane falownikami, przy czym do każdej pompy musi być przyporządkowany jeden falownik. Przed końcówką ssawną pompy musi być przewidziany otwór rewizyjny. Nad każdą pompą musi być przewidziany otwór montażowy umożliwiający wyciągnięcie pompy na zewnątrz. Przykrycia otworów montażowych muszą być wykonane z otwieralnych kopuł z mleczonego pleksiglasu.

Macerator

Fabrykatem wyznaczającym jakość maceratora jest firma Vogelsang, typ X-Ripper XRC z funkcją AutoReverse.

Przepływomierze

Dopuszczalne są przepływomierze magnetyczno-indukcyjne znanych firm produkujących urządzenia pomiarowe (takich jak Endres+Hauser, Krohne, Simens, Nivus). Absolutnie niezbędne jest zachowanie warunków prawidłowego pomiaru określonych przez producenta.

Szafy sterownicze

Każdy napęd musi być wyposażony w amperomierz, pokrętko ręcznego ustawiania falownika, przełącznik Automat-0-Ręczny. Całość sterowni musi być wyposażona w wyłącznik główny. Aktualne wartości przepływów mierzone przez oba przepływomierze muszą być wyświetlane na displayu umieszczonym w drzwiach szafy sterowniczej. Ośmiocyfrowe liczniki przepływu w m³ muszą być umieszczone w drzwiach szaf sterowniczych. Każdy napęd w razie awarii musi wysyłać odpowiedni meldunek.

Budowla pompowni

Budowla pompowni musi być wyposażona w wentylację grawitacyjną oraz w ogrzewanie pozwalające na utrzymanie temperatury powyżej 5°C. Otwór na schody prowadzące do pomieszczenia pomp muszą być przykryte zamykanym, deszczoszczelnym i wielosegmentowym przykryciem ze stali nierdzewnej, o jakości co najmniej 1.4301. Na zewnątrz pompowni w pobliżu studni zlewnej musi być zlokalizowany naciskowy wyłącznik awaryjny. Żelbet budowli pompowni musi być wodoszczelny.

15.2 Pompownia „Falenty” – wariant FA2

Napędy pomp ślimakowych

Ze względu na wygodne serwisowanie napędów i przekładni muszą się one znajdować w zadaszonym i ogrzewanym budynku.

Łożyska

Należy zastosować łożyska bezserwisowe, ze smarowaniem własnym na okres żywotności technicznej. Jednocześnie wiadomo jest, że najbardziej obciążone są łożyska dolne. Dlatego też należy zapewnić wygodną możliwość ich wymiany.

Pompy ślimakowe

Minimalna jakość stali, z jakiej muszą być wykonane wały i spiralne zwoje pompy to S235J.

Studnia zlewna

Konieczne jest wyposażenie studni zlewnej w system zastawek pozwalający na serwisowanie jednej z pomp i jednoczesną eksploatację drugiej. Zastawki muszą być wykonane ze stali kwasoodpornej V4A.

Szafy sterownicze

Uwagi podobne jak te, które wymieniono w punkcie 14.1.

15.3 Stopień mechanicznego oczyszczania ścieków – wariant SMOŚ2

Sitopiaskownik

Przepustowość sitopiaskownika ($Q_{\max} = 210 \text{ l/s}$) musi zostać zachowana zgodnie z koncepcją i jej uzasadnieniem. Każdy z elementów sitopiaskownika musi posiadać zintegrowaną możliwość obejścia pozwalającą na prowadzenie serwisowania i reperacji bez przerywania eksploatacji. Komora piaskownika musi być wyposażona w napowietrzanie wielkopęcherzykowe. Całe urządzenie musi być wyposażone w separator tłuszczu łącznie z ich zgarniaczem i pompą. Ze względu na możliwość występowania siarkowodoru i innych szkodliwych i korozjogennych gazów wszystkie elementy sitopiaskownika muszą być wykonane ze stali kwasoodpornej o jakości V4A lub lepszej. Ze skratek i z części mineralnych muszą być mywane substancje organiczne. Dlatego niezbędne jest wyposażenie sitopiaskownika w wysokosprawne myjki pozwalające na zmniejszenie zawartości substancji organicznych w skratkach i piasku do mniej niż 3%. Wszystkie elementy wspomnianych urządzeń też muszą być wykonane ze stali kwasoodpornych o podobnej jakości, co sitopiaskownik. W celu ograniczenia powstawania odorów skratki muszą być pakowane w rękawy foliowe, pozwalające na ich hermetyzację. Wszystkie komory sitopiaskownika muszą być zakryte. Producentem wyznaczającym standardy jakości sitopiaskownika jest firma Huber Technology z Berching w Niemczech, będąca pierwszym producentem tego rodzaju maszyn. W niniejszej koncepcji założono zastosowanie sitopiaskownika wspomnianej firmy, co zostało opisane w odnośnej części tego opracowania.

Pomosty obsługowe

Dostępność każdej maszyny i punktów serwisowania wszystkich urządzeń sitopiaskownika i myjek musi być zapewniona przy pomocy odpowiednich pomostów obsługowych spełniających wymagania bhp.

Budynek sitopiaskownika

Pozostawia się dowolność w wyborze konstrukcji hali sitopiaskownika. Hala musi spełniać następujące wymagania:

- Hak suwnicy wewnątrz hali musi być umieszczony na wysokości pozwalającej na swobodny montaż i demontaż najwyższych położonych elementów składowych sitopiaskownika.
- Nośność suwnicy musi umożliwiać montaż i demontaż najcięższego pojedynczego elementu sitopiaskownika.

- Bramy rolowane lub segmentowe muszą umożliwiać montaż i demontaż sitopiaskownika po wybudowaniu hali.
- Hala sitopiaskownika musi być wyposażona w ogrzewanie zapewniające temperaturę wnętrza nie mniejszą niż 5 °C przy każdej temperaturze zewnętrznej.
- Część hali sitopiaskownika musi być podpiwniczona w celu umieszczenia tam pomp suchostojących do osadu wstępnego. Wyjście z piwnicy pomp musi prowadzić na zewnątrz hali i nie może mieć żadnego połączenia z halą główną.
- Sterownia sitopiaskownika musi być całkowicie oddzielona od zasadniczej części hali sitopiaskownika.
- Z halą sitopiaskownika musi być zintegrowana żelbetowa, zamknięta komora rozprężna dla obu rurociągów tłocznych z pompowni „Stadionowa” i grawitacyjnego dopływu z pompowni „Falenty”. Minimalny poziom ścieków w studni rozprężnej musi być dobrany w sposób zapewniający grawitacyjny przepływ ścieków przez wszystkie pozostałe części zmodernizowanej oczyszczalni ścieków.
- Studnia rozprężna musi być hermetyczna w stosunku do głównego pomieszczenia hali sitopiaskownika. Należy zaprojektować wymuszone wietrzenie studni rozprężnej, a powietrze odlotowe oczyszczać na odpowiednim filtrze powietrza (np. na biofiltrze).
- Skratki powinny być magazynowane w kontenerze znajdującym się na szynowym wózku z napędem elektrycznym i przekręcanym pulpitem, co pozwoli na łatwy odbiór całego kontenera ze skratkami przez odpowiednie pojazdy.

15.4 Stopień biologicznego oczyszczania ścieków – wariant SBOŚ3

Osadnik wstępny

Zgarniacz osadnika wstępnego musi być wyposażony w zgarniacz denny i w zgarniacz części pływających. Wszystkie jego elementy muszą być wykonane z elementów o dużej wytrzymałości mechanicznej, które muszą być całkowicie odporne na korozję. Jeżeli zgarniacz będzie wykonany całkowicie lub częściowo ze stali, to musi ona spełniać wymagania jakościowe i antykorozyjne stali kwasoodpornej V4A (np. nr 1.4571). Aluminium i jego stopy nie sprawdzają się w silnie korozyjnym środowisku osadnika wstępnego i nie mogą być tutaj zastosowane. Osadnik wstępny musi być wyposażony w kanał obejściowy oraz system zastawek pozwalających na odpowiednie kierowanie strumieniem ścieków.

Pompy osadu wstępnego i części pływających

Do tłoczenia osadu wstępnego najlepiej nadają się wyporowe pompy mimośrodowo-ślimakowe. Producentem wyznaczającym standardy jakości tych pomp jest firma Netzsch Pumpen & Systeme z Waldkraiburga w Niemczech. Pompy do tłoczenia osadu będą umieszczone w podpiwniczonej części hali sitopiaskownika.

Mieszadła

Mieszadła zatapialne są stosowane w różnych komorach w celu utrzymania ścieków i osadu w ruchu, aby nie dopuścić do sedymentacji. Kształty komór, w których będą zastosowane mieszadła, są bardzo różne. W celu odpowiedniego doboru mieszadeł do kształtu komory i rodzaju medium muszą być stosowane programy symulacyjne (wykorzystujące metodę elementów skończonych) pozwalające na optymalizację położenia mieszadeł w danej komorze. Producentami wyznaczającymi standardy jakości mieszadeł wszelkiego typu są firmy KSB, Xylem i Sulzer. Zaleca się całościowe spojrzenie na producenta pomp wirnikowych i mieszadeł. W interesie eksploatatora jest eksploatacja na całej oczyszczalni ścieków pomp i mieszadeł jednego producenta. Zaleca się taką organizację przetargów, żeby wszystkie nowe mieszadła i pompy wirnikowe otrzymać od jednego producenta.

Pompy recyrkulacyjne

Pompy recyrkulacyjne będą dokładnie dobrane na dalszym etapie projektowania pod kątem uzyskania optymalnego rozwiązania pozwalającego na wygodne sterowanie procesem denitryfikacji. Ponieważ pompy recyrkulacyjne można zaliczyć równie dobrze do mieszadeł, jak i pomp wirnikowych, proponujemy zastosować kroki opisane w końcowej części podpunktu o mieszadłach.

System dyfuzorów napowietrzających komory osadu czynnego

Do napowietrzania ścieków należy zastosować drobnopęcherzykowe dyfuzory membranowe w kształcie talerzy lub płyt. Perforowana membrana musi spełniać co najmniej jakościowe dyfuzora **SANITAIRE GOLD** firmy Xylem. Ze uwagi na serwisowanie i czyszczenie dyfuzorów należy się zastanowić nad zastosowaniem segmentowych rusztów rozprowadzających powietrze do dyfuzorów ze stali kwasoodpornej (V4A) z możliwością ich wyjmowania przy pomocy dźwigu).

Zawory przesłonowe do sterowania strumieni powietrza

Do sterowania strumienia powietrza dopływającego do poszczególnych komór lub ich części należy zastosować zawory działające na zasadzie przesłony aparatu fotograficznego. Należy pamiętać, że efektywne sterowanie możliwe jest w sytuacji, gdy zawór sterujący jest o 1 lub 2 średnice standardowe mniejszy od przewodów zasilających.

Dmuchawy

Dmuchawy generują najwięcej kosztów energii koniecznej do prawidłowej eksploatacji oczyszczalni ścieków. Dlatego też przy doborze dmuchaw należy zwrócić szczególny dobór na ich energochłonność i elastyczność. Producentem wyznaczającym standardy jakości i optymalne parametry energetyczne jest firma Kaeser Kompressoren z Coburga w Niemczech.

Technologia Biogradex®

System komory próżniowej i rurociągów dopływowych i odpływowych musi być zrobiony ze stali szlachetnej odpowiadającej parametrom jakościowym stali V2A (np. stal nr 1.4301). Energetycznym sercem technologii Biogradex® jest zastosowanie wysokosprawnych pomp próżniowych. W celu minimalizacji kosztów energii niezbędnej do wytworzenia próżni w ciągu dalszych prac projektowych konieczne jest wybranie najmniej energochłonnych pomp próżniowych o wytwarzających podciśnienie o wymaganych parametrach.

Zgarniacze osadników końcowych

Minimalna jakość stali, z jakiej muszą być wykonane zgarniacze do wszystkich trzech osadników końcowych, to stal szlachetna V2A, materiał nr 1.4301 lub lepszy.

Rurociągi tłoczne i zasysające

Wszystkie rurociągi i ich połączenia w obrębie pompowni muszą być wykonane ze stali kwasoodpornej o jakości co najmniej V2A lub lepszych. Rurociągi pompowni muszą być wyposażone w przyłącza płuczące składające się z króćca DN50, zaworu kulowego i złączki pasującej do szlauchów strażackich.

Armatury

Dopuszczalnie jest stosowanie wyłącznie zasuw nożowych. Wyznacznikiem jakości są tutaj zasuw nożowe firmy Erhardt należącej do koncernu Tallis. Do automatycznego otwierania i zamykania zasuw trzeba zastosować odpowiednie napędy elektryczne. Wyznacznikiem jakości są w tym przypadku napędy firmy AUMA.

Pompy osadu nadmiernego i recyrkulowanego

Fabrykatem wyznaczającym jakość pomp zatapialnych są pompy firmy KSB AG. Silniki pomp muszą być sterowane falownikami, przy czym do każdej pompy musi być przyporządkowany jeden falownik.

Przepływomierze

Dopuszczalne są przepływomierze magnetyczno-indukcyjne znanych firm produkujących urządzenia pomiarowe (takich jak Endres+Hauser, Krohne, Siemens, Nivus). Absolutnie niezbędne jest zachowanie warunków prawidłowego pomiaru określonych przez producenta.

15.5 Gospodarka osadowa – wariant GO3

Mieszadła

Mieszadła zatapialne są stosowane w różnych komorach w celu utrzymania ścieków i osadu w ruchu, aby nie dopuścić do sedymentacji. Kształty komór, w których będą zastosowane mieszadła, są bardzo różne. W celu odpowiedniego doboru mieszadeł do kształtu komory i rodzaju medium muszą być stosowane programy symulacyjne (wykorzystujące metodę elementów skończonych) pozwalające na optymalizację położenia mieszadeł w danej komorze. Elementy konstrukcyjne służące do umowowania mieszadeł w komorach muszą być wykonane ze stali kwasoodpornej o jakości V4A lub lepszej. Producentami wyznaczającymi standardy jakości mieszadeł wszelkiego typu są firmy KSB, Xylem i Sulzer. Zaleca się całościowe spojrzenie na producenta pomp wirnikowych i mieszadeł. W interesie eksploatatora jest eksploatacja na całej oczyszczalni ścieków pomp i mieszadeł jednego producenta. Zaleca się taką organizację przetargów, żeby wszystkie nowe mieszadła i pompy wirnikowe otrzymać od jednego producenta.

Zgrzebła w zagęszczaczach grawitacyjnych

Wolnoobrotowe zgrzebła w zagęszczaczach grawitacyjnych muszą być w całości wykonane ze stali kwasoodpornej o jakości V4A lub lepszej.

Hermetyzacja komór osadowych

Komory zawierające nieustabilizowany osad muszą być wyposażone w szczelne przykrycia z tworzyw sztucznych. Przykrycia te muszą być odporne na działanie promieni UV i na działanie czynników atmosferycznych.

Pompy do osadów

Do tłoczenia wszelkiego rodzaju osadów zaleca się stosowanie pomp mimośrodowo-ślimakowych. Producentem wyznaczającym standardy jakości tych pomp jest firma Netzsch Pumpen & Systeme z Waldkraiburga w Niemczech.

Komory ZKF

Ze względu na stosunkowo niewielkie rozmiary i smukłość wysoko obciążonych komór ZKF zaleca się ich wykonanie ze stalowych paneli pokrytych szklivem. Nie zaleca się wykonania komór ZKF z żelbetu. Górne części komór ZKF łącznie z ich wyposażeniem muszą być wykonane ze stali kwasoodpornej o jakości V4A lub lepszej. Komory ZKF muszą być zintegrowane z nowym budynkiem eksploatacyjnym.

Kompresory do mieszania ZKF biogazem

Producentem wyznaczającym jakość i bezpieczeństwo eksploatacyjne dla kompresorów biogazu jest amerykańska firma Gardner-Denver.

Mechaniczny zagęszczacz osadu nadmiernego

Zagęszczanie grawitacyjne osadu nadmiernego nie jest wystarczające na potrzeby wysoko obciążonej fermentacji osadów ściekowych. Dlatego osad nadmierny musi być zagęszczany mechanicznie. Producentem wyznaczającym jakość mechanicznego zagęszczacza osadu nadmiernego jest firma Huber Technology z Berching (zagęszczacz talerzowy RoS2S BG 2).

Prasy ślimakowe do odwadniania osadu

Ze względu na niską enegrochłonność, niskie koszty serwisowania i prostotę eksploatacji do odwadniania osadu ściekowego zarekomendowano prasy ślimakowe. Producentem wyznaczającym jakość mechanicznego odwadniania osadu jest firma Huber Technology z Berching (prasy ślimakowe RoS3Q620).

Nowy budynek eksploatacyjny

Nowy budynek eksploatacyjny musi wygodnie pomieścić wszystkie maszyny, rurociągi i urządzenia wymagane do prawidłowej eksploatacji zamkniętych komór fermentacyjnych.

Agregaty kogeneracyjne

Przy doborze agregatów kogeneracyjnych należy zwrócić uwagę na następujące parametry maszyn:

- sprawność elektryczna – powinna wynosić więcej niż 38%
- sprawność termiczna
- koszty serwisowania, materiałów eksploatacyjnych i części zamiennych na przestrzeni 10, a lepiej 15 lat. Wspomniane koszty można określić na etapie oferty rządząc od producentów umowy serwisowej zawierającej wspomniane koszty. Należy pamiętać, że większość maszyn kogeneracyjnych wymaga regeneracji maszyny po 60.000 godzinach pracy, co musi być również ujęte we wspomnianej umowie serwisowej. Należy również pamiętać, że żywotność techniczna maszyn kogeneracyjnych wynosi ok. 15 do max. 18 lat.

Sterownia nowych napędów

W trakcie realizacji niniejszej koncepcji modernizacji oczyszczalni ścieków w Falentach konieczne będzie zastosowanie wielu nowych napędów – zarówno w gospodarce osadowej, jak i w systemie biologicznego oczyszczania ścieków). Sterownię nowych napędów proponuje się zlokalizować w nowym budynku eksploatacyjnym zlokalizowanym pomiędzy zamkniętymi komorami fermentacji.

15.6 Automatyka procesowa

W różnych miejscach oczyszczalni ścieków będą zainstalowane różnego rodzaju urządzenia pomiarowe, częściowo również urządzenia do pomiarów online. W celu optymalizacji techniki pomiarowej i zredukowania kosztów kalibracji i serwisowania zaleca się zastosowanie urządzeń jednego producenta.

Bardzo istotną kwestią projektowania urządzeń elektrycznych i automatycznych jest możliwość i odłączenia i przejścia na sterowanie ręczne. Projektowanie automatyki bez możliwości jej wyłączenia i przejścia na sterowanie ręczne jest absolutnie niedopuszczalne. Przy doborze mierników online i algorytmów automatyki należy pamiętać, że automatyka pracuje dobrze tylko w sytuacji, gdy personel oczyszczalni ścieków jest w stanie zaakceptować jej serwisowanie i zrozumieć jej funkcjonalność.

16 Koszty inwestycyjne wariantu rekomendowanego

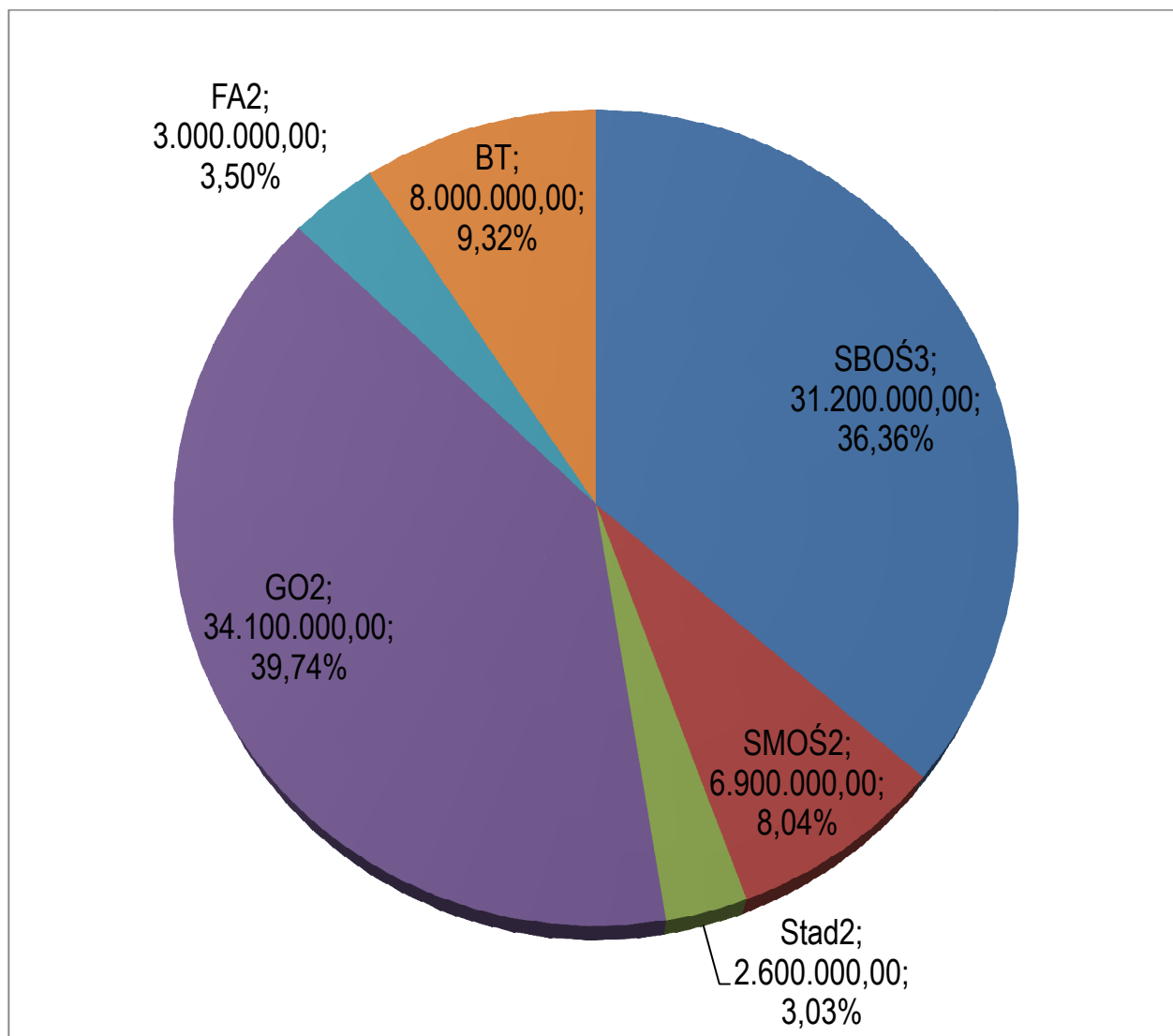
W poniższych tabelach i diagramach zestawiono maksymalne koszty inwestycyjne dla rekomendowanego wariantu modernizacji oczyszczalni ścieków w Falentach. Wszystkie inne rozważania ekonomiczne są opisane i obliczone w Załączniku 1.

W następującej tabeli podano szacunkowe koszty inwestycyjne dla rekomendowanego wariantu modernizacji oczyszczalni ścieków w Falentach:

nr	Opis	Symbol	Kwota brutto (PLN)
1	Stopień biologicznego oczyszczania ścieków	SBOŚ3	31.200.000,00
2	Stopień mechanicznego oczyszczania ścieków	SMOŚ2	6.900.000,00
3	Pompownia "Stadionowa"	Stad2	2.600.000,00
4	Gospodarka osadowa	GO2	34.100.000,00
5	Pompownia "Falenty"	FA2	3.000.000,00
6	Budowle towarzyszące	BT	8.000.000,00
	Suma kosztów inwestycyjnych wariantu rekomendowanego		85.800.000,00

Prognozowana wielkość oczyszczalni ścieków Falenty w przeliczeniu na RLM _{BZT5}	61.900	RLM
Jednostkowy koszt modernizacji OŚ Falenty	$85.800.000/61.900 =$	1.386 PLN/RLM

Następujący diagram przedstawia procentowy udział kosztów poszczególnych zadań inwestycyjnych:



Rysunek 24: Procentowe udziały kosztów inwestycyjnych w wariantie rekomendowanym

17 Podsumowanie i uwagi końcowe

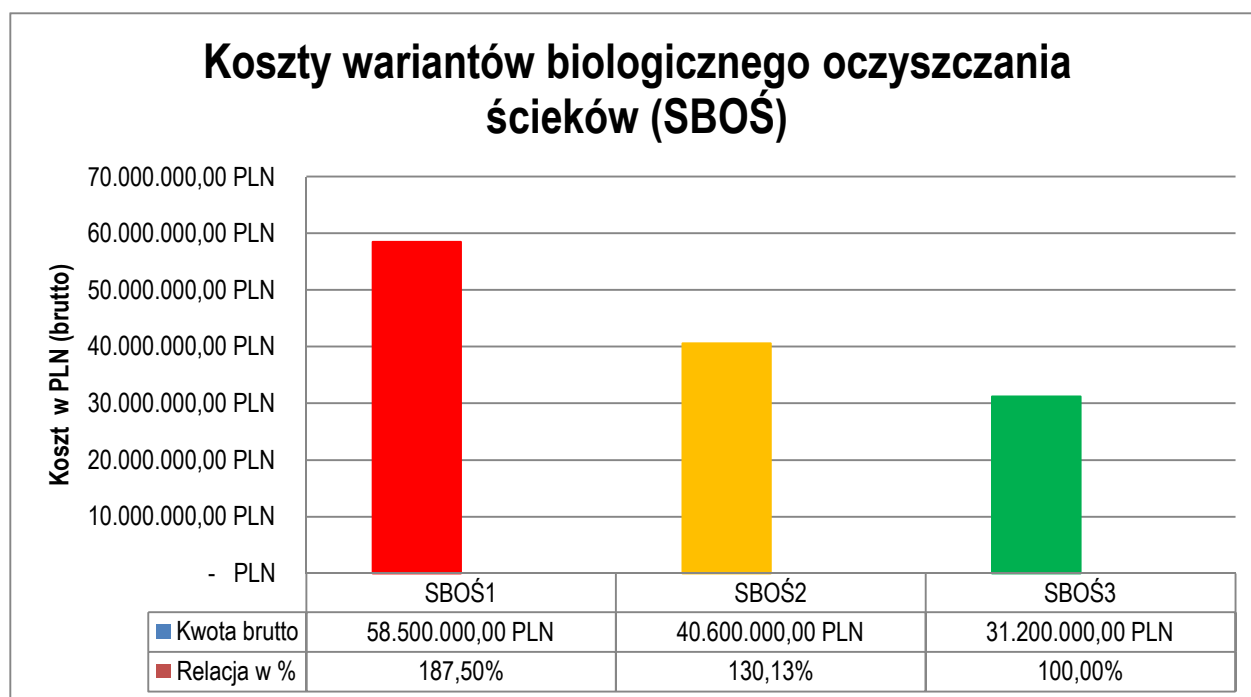
Niniejsza koncepcja modernizacji oczyszczalni ścieków w Falentach zawiera wariantowe analizy modernizacji następujących części oczyszczalni ścieków:

1. Pompowni „Stadionowa” zasilającej bezpośrednio oczyszczalnię ścieków, znajdującą się jednak poza jej obębem.
2. Pompowni „Falenty” zasilającej bezpośrednio oczyszczalnię ścieków i znajdującą się w jej obębie.
3. Stopnia mechanicznego oczyszczania ścieków.
4. Stopnia biologicznego oczyszczania ścieków.
5. Gospodarki osadowej.

Dla każdej z powyższych części przeprowadzono analizę 2 lub 3 możliwych wariantów realizacji oraz wybrano najbardziej optymalny z nich. W tym celu przeprowadzono oszacowanie kosztów inwestycyjnych, obliczono energochłonność oraz inne parametry eksploatacyjne. W dalszym ciągu przeprowadzono analizy ekonomiczno-gospodarcze pozwalające na ocenę oddziaływania projektowanej inwestycji na finanse Zleceniodawcy. Na podstawie obliczeń ekonomiczno-gospodarczych, nakładów inwestycyjnych i łatwości eksploatacji wybrano dla każdej ww części oczyszczalni ścieków wariant rekomendowany. Suma wariantów rekomendowanych dla każdej części oczyszczalni ścieków tworzy wariant rekomendowany całości modernizacji.

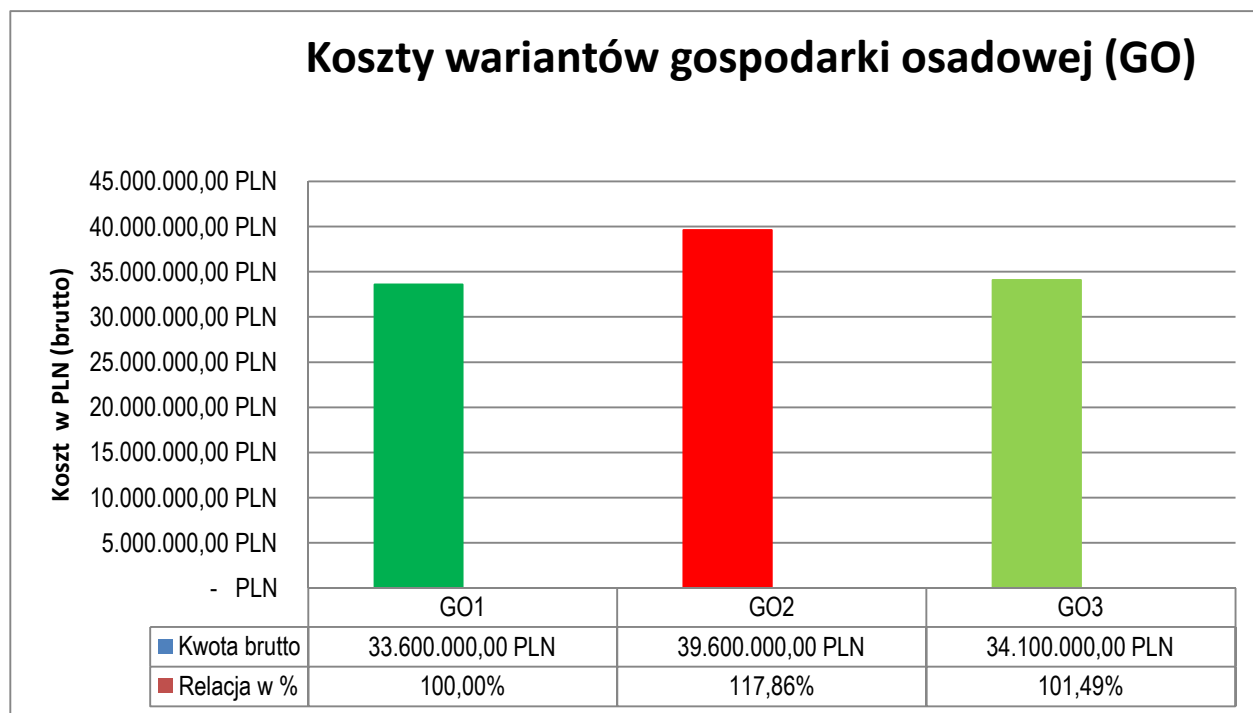
Rekomendowany wariant modernizacji oczyszczalni ścieków składa się w dużej części z rozwiązań innowacyjnych pozwalających na duże oszczędności inwestycyjne.

W przypadku stopnia biologicznego oczyszczania ścieków wariant SBOŚ1 jest o ponad 87% droższy od wariantu rekomendowanego SBOŚ3:



Rysunek 25: Porównanie kosztów inwestycyjnych dla opracowanych tutaj wariantów stopnia biologicznego oczyszczania ścieków.

W przypadku gospodarki osadowej wariant GO2 jest o ponad 16% droższy od wariantu rekomendowanego GO3:



Rysunek 26: Porównanie kosztów inwestycyjnych dla opracowanych tutaj wariantów gospodarki osadowej.

W wariantcie rekomendowanym zastosowano następujące rozwiązania innowacyjne:

- stopień biologicznego oczyszczania ścieków – zastosowanie technologii podciśnieniowego odgazowania osadu czynnego opatentowanej przez firmę Biogradex® Holding z Elbląga.
- gospodarka osadowa – zastosowanie technologii wysoko obciążonych zamkniętych komór fermentacyjnych wg metody opracowanej przez Instytut Fraunhofera w Stuttgarcie.

Obie innowacyjne technologie posiadają pozytywne referencje oraz są już na tyle wypóbowane, że wyeliminowano już błędy występujące przeważnie w początkowym okresie stosowania nowych technologii. Zastosowanie obu innowacyjnych technologii prowadzi do znacznego obniżenia kosztów inwestycyjnych przy jednoczesnym wzroście elastyczności eksploatacji oczyszczalni ścieków. Zaletą obu innowacyjnych technologii jest ich elastyczne dostosowywanie się do wzrastającego obciążenia oczyszczalni ścieków.

W niniejszym opracowaniu udokumentowano, że zastosowanie odpowiednio dobranych pomp suchostojących w pompowni „Stadionowa” jest ekonomicznie i eksploatacyjnie lepsze, niż zastosowanie pomp zatapialnych, które są wprawdzie tańsze, generują jednak wyższe koszty eksploatacyjne. Wniosek ten jest naszym zdaniem stosowalny dla większości pompowni ścieków.

Niniejsza koncepcja wykazuje również, że zastosowanie nowych ślimakowych pomp Archimedesów dla stacji pomp „Falenty” jest rozwiązaniem bardziej ekonomicznym od dalszej eksploatacji kraty koszonej i pomp zatapialnych.

W obu wspomnianych uprzednio pompowniach udokumentowano, że rozwiązania droższe inwestycyjnie prowadzą do niższych kosztów eksploatacyjnych, które dają rozwiązanie bardziej ekonomiczne w perspektywie 20 lat ich eksploatacji.

W niniejszej koncepcji położono nacisk na bilans energetyczny oczyszczalni ścieków i zaproponowano w dwóch wariantach odzysk energii przez wykorzystanie biogazu do produkcji elektryczności i ciepła. Wytworzona w kogeneratorach energia elektryczna będzie w całości zużywana na oczyszczalni ścieków w celu poprawy jej całłościowego bilansu energetycznego. Ciepło wytworzone przez kogeneratory będzie wykorzystane w większości do ogrzewania wysoko obciążonych komór fermentacyjnych. Zastosowanie odzysku energii ze ścieków za pośrednictwem biogazu jest wykorzystaniem regeneratywnego źródła energii, jakim są ścieki. Zaproponowane rozwiązanie jest dla prognozowanej wielkości oczyszczalni ścieków prawidłowe i ekonomiczne. Porównanie energochłonności zaproponowanych rozwiązań jednoznacznie pokazuje korzyści wynikające z odzysku energii.

Zgrubnie oszacowane nakłady inwestycyjne na wykonanie wszystkich etapów modernizacji oczyszczalni ścieków w Falentach wynoszą **brutto 86.000.000 zł** (koszt jednostkowy **brutto ok. 1400 zł/RLM_{BZT5}**).

Ostateczny koszt inwestycji zależy w dużym stopniu od aktualnych cen rynkowych oraz sytemu prowadzenia przetargów. Naszym zdaniem rozbić inwestycji na wiele przetargów w systemie wybuduj wg projektu Zleceniodawcy, zatrudnianie firm specjalistycznych do wyspecjalizowanych zadań częściowych oraz koordynacja całości projektu przez odpowiedzialnego inspektora nadzoru doprowadzi do znacznego obniżenia kosztów inwestycyjnych.

W niniejszym opracowaniu zawarto rezultaty długoletniego doświadczenia autora w przebudowie i modernizacji oczyszczalni ścieków, a także znajomość najnowszych technologii oczyszczania ścieków i zagospodarowania osadów ściekowych.

Autor opracowania nie czerpie żadnych korzyści materialnych wynikających z podania producentów i typów maszyn i urządzeń. Ich podanie służy wyłącznie do określenia standardów jakościowych niezbędnych do ich prawidłowego funkcjonowania.

Zmiany w niniejszej koncepcji modernizacji pompowni „Stadionowa” i oczyszczalni ścieków w Falentach dopuszczalne są wyłącznie na podstawie pisemnego porozumienia ze Zleceniodawcą i autorem niniejszej koncepcji. Niniejsze zastrzeżenie jest konieczne w celu zabezpieczenia Zleceniodawcy przed nieodpowiedzialnymi zmianami prowadzącymi do pogorszenia jakości niniejszego opracowania na dalszych etapach realizacji inwestycji.

Gröbenzell, dnia 19.04.2019 r
uzupełniono, dnia 17.08.2019 r

mgr inż. Wojciech Przywecki