

Samowystarczalność energetyczna Oczyszczalni Ścieków w Sławie – przesłanki realizacji projektu „Budowa kompletnego systemu energetycznego opartego o instalację agregatu kogeneracyjnego wraz z układem ZKF w ZWiK Sława Sp. z o.o.”

Zakład Wodociągów i Kanalizacji Sława Sp. z o.o. jest przedsiębiorstwem sektorowym działającym w branży wod-kan. Największym obiektem Zakładu jest Oczyszczalnia Ścieków w Sławie. Jest to nowoczesny obiekt, na którym są realizowane procesy oczyszczania ścieków komunalnych z jednoczesnym systemem transportu oczyszczonych ścieków na specjalnie do tego przygotowane poletka filtracyjne. Oczyszczalnia Ścieków w Sławie jest obiektem w części zautomatyzowanym, wyposażonym w wiele urządzeń zasilanych energią elektryczną. Aby zmniejszyć koszty zakupu energii elektrycznej, podjęto szereg działań zmierzających do ograniczenia poboru energii z sieci energetycznej.

W artykule opisano dwa projekty, które w założeniu mają zabezpieczyć Oczyszczalnię Ścieków w energię elektryczną wytwarzaną z własnych zasobów, bez konieczności jej zakupu u operatora.

Zakład Wodociągów i Kanalizacji Sława Sp. z o.o. działa jako podmiot prawa handlowego od 2013 roku. W momencie powstania wydzielonej spółki zmieniła się filozofia analizy kosztów i przychodów przedsiębiorstwa. Wyraźnie nastąpiła większa koncentracja na analizie kosztów funkcjonowania przedsiębiorstwa. Od 2013 do 2020 roku spółka podwoiła swój majątek, a w perspektywie do 2022 roku ten majątek wzrośnie 4-krotnie. Jest to wynik realizacji szeregu inwestycji infrastrukturalnych, które służyć mają poprawie komfortu życia mieszkańców gminy Sława. W ramach realizowanych projektów planuje się wybudowanie ponad 90 km sieci kanalizacyjnej i ponad 50 km sieci wodociągowej, a także wybudowanie ponad 50 przepompowni ścieków, nowej Stacji Uzdatniania Wody oraz nowej oczyszczalni ścieków. Dodatkowo spółka realizuje projekt, dzięki któremu wszyscy mieszkańcy Sławy będą wyposażeni w wodomierze z nakładką radiową do zdalnego odczytu. Jednakże kluczowymi projektami zapewniającymi samowystarczalność energetyczną jest budowa systemów pozyskiwania energii z odnawialnych źródeł energii. Pierwszym był projekt pn.: „Montaż zespołów fotowoltaicznych oraz przyłącza energetycznego do dwustronnego zasilania Zakładu Wodociągów i Kanalizacji Sława Sp. z o.o.”, natomiast kolejnym jest (obecnie na etapie ukończenia) „Budowa kompletnego systemu energetycznego opartego o instalacje agregatu kogeneracyjnego wraz z układem ZKF w Zakładzie Wodociągów i Kanalizacji Sława Sp. z o.o.”. Te dwa projekty znacznie zmieniły strukturę kosztów, stając się istotnym bonusem dla finansów spółki.

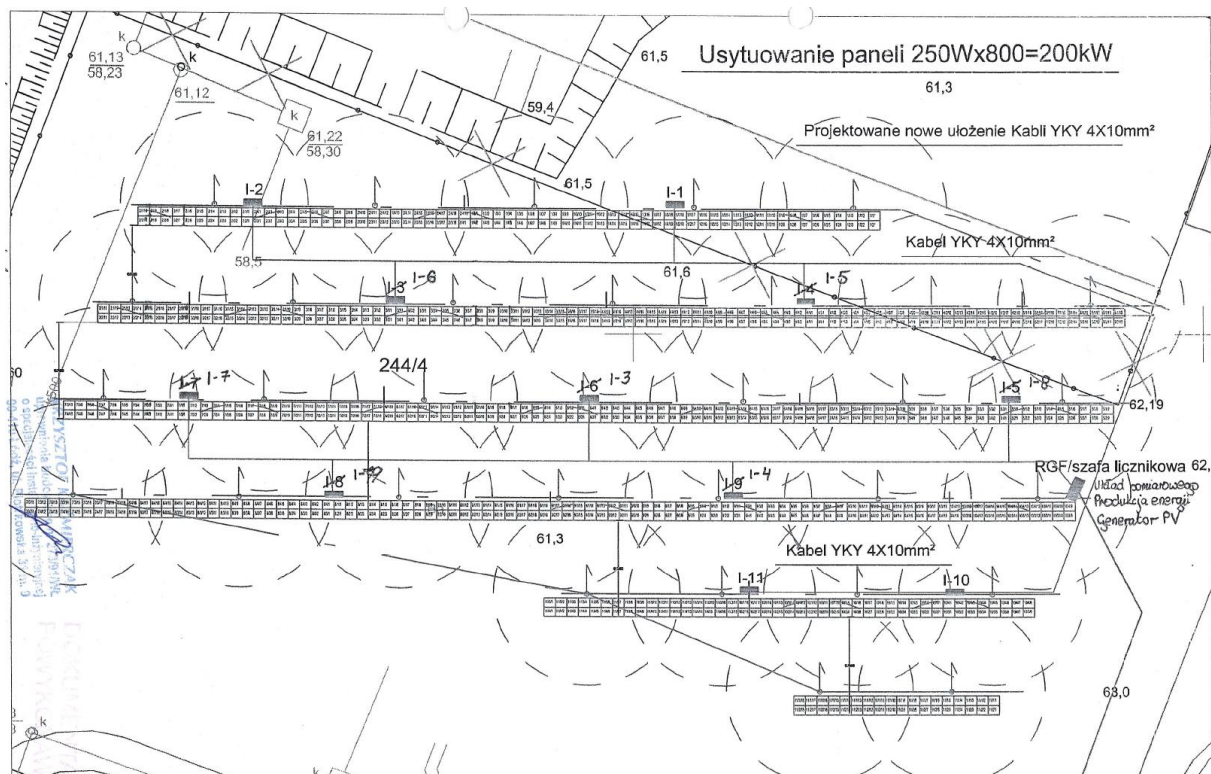
Budowa farmy fotowoltaicznej

Projekt budowy farmy fotowoltaicznej został sfinansowany w ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013, oś 3 „Jakość życia na obszarach wiejskich i różnicowanie gospodarki wiejskiej”, działania 321 „Podstawowe usługi dla gospodarki i ludności wiejskiej”. ZWiK Sława 1 lipca 2013 r. podpisał z Samorządem Województwa Lubuskiego umowę na przyznanie pomocy nr 00035-6921-UM0400046/13 na kwotę 1 238 058,00 zł, stanowiącą 75% kosztów kwalifikowanych projektu.

Projekt pod nazwą „Montaż zespołów fotowoltaicznych oraz przyłącza energetycznego do dwustronnego zasilania Zakładu Wodociągów i Kanalizacji Sława Sp. z o.o.” był realizowany od lipca 2013 r. do grudnia 2014 r.

W założeniach projektowych w wyniku realizacji inwestycji miała być osiągnięta moc energetyczna na poziomie 200 kW. Aby taki wskaźnik uzyskać, zaprojektowano 833 modułów, które miały być połączone w łańcuchy, każdy po 5-26 modułów. Dodatkowo jeden inwerter miał obsługiwać maksymalnie pięć łańcuchów. Przy tych założeniach w wyniku kalkulacji oraz możliwości terenowych przyjęto układ 10 inwerterów z czterema łańcuchami po 19 modułów oraz jeden inwerter z czterema łańcuchami po 17 modułów, tak aby łączna moc modułów podłączonych do inwertera zawierała się w granicy 1,05-1,15 mocy nominalnej inwertera i nie była niższa niż 0,9 oraz większa niż 1,2 jego mocy.

Rys. 1. Projektowany układ modułów fotowoltaiki w ZWiK Sława



Źródło: dokumentacja projektowa ZWiK Sława

Realizacja projektu inwestycyjnego przebiegła bez większych problemów technicznych. Przygotowany teren na obiekcie Oczyszczalni Ścieków został wyznaczony tak, aby układ poszczególnych paneli był w pełni odsonięty od wszelkich obiektów, które mogłyby rzucać cień. Przyjęto założenie, że panele będą przez cały rok w pełni odkryte na promienie słoneczne po to, by zoptymalizować ich efektywność.

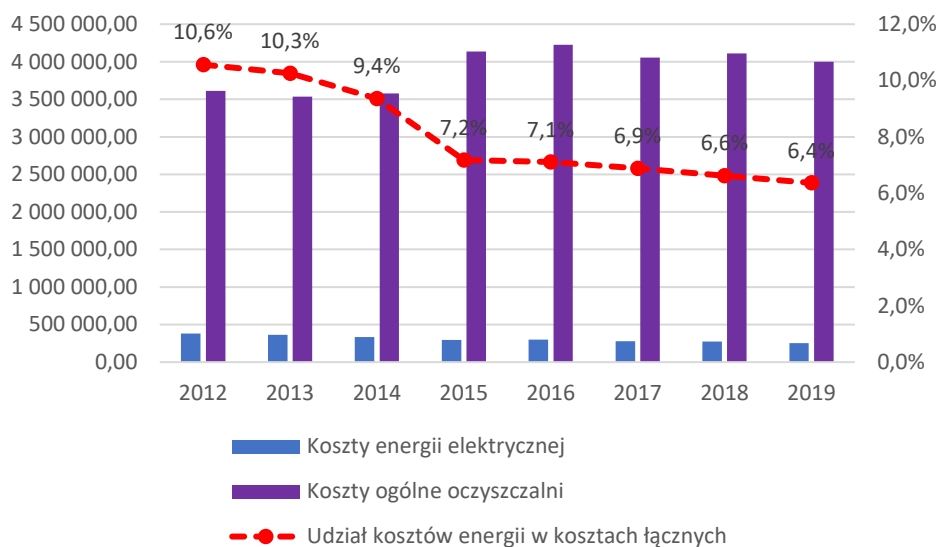
Fot. 1. Panele fotowoltaiczne na terenie ZWiK Sława



Źródło: materiały wewnętrzne ZWiK Sława

Od momentu zainstalowania paneli fotowoltaicznych oraz ich uruchomienia wyraźnie zmalało zapotrzebowanie na energię elektryczną z sieci. Między rokiem 2014 a 2015 zapotrzebowanie to spadło o 11,3%. Udział energii elektrycznej w kosztach Oczyszczalni Ścieków w 2014 roku stanowił 9,4%, a już w 2015 roku jedynie 7,1%, spadając sukcesywnie do 6,4% w 2019 roku (rys. 2). Należy wziąć pod uwagę, że w międzyczasie nastąpiła podwyżka cen energii.

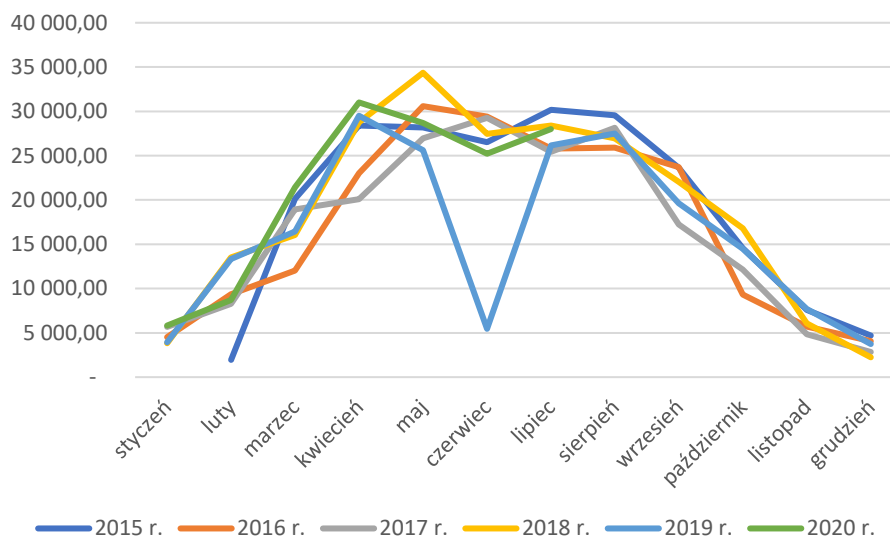
Rys. 2. Udział kosztów energii w kosztach ogółem Oczyszczalni Ścieków w Sławie



Źródło: opracowanie własne

Funkcjonowanie paneli fotowoltaicznych w Oczyszczalni Ścieków w Sławie to produkcja energii na własne potrzeby obiektu. Jak wiadomo, produkcja energii ze słońca odbywa się w okresach, kiedy jest duże nasłonecznienie. Jej rozkład jest sezonowy, z wyraźną nadwyżką w okresach letnich (rys. 3).

Rys. 3. Produkcja energii elektrycznej w poszczególnych miesiącach w latach 2014-2019 [w kWh]



Źródło: opracowanie własne

Jak można odczytać z rys. 3, gwałtowna produkcja energii następuje od kwietnia i utrzymuje się aż do września. W okresie od kwietnia do września każdego roku jest wyprodukowane średnio ok. 155 tys. kWh energii, co stanowi ¼ całej produkcji rocznej. Zakładając, że Oczyszczalnia Ścieków w Sławie ma zapotrzebowanie na energię elektryczną na poziomie ok. 1 mln kWh, okazuje się, że produkcja energii z paneli fotowoltaicznych zabezpiecza ok. 20% zapotrzebowania.

Taki wskaźnik stał się niewystraszający dla spółki. Podjęto działania zmierzające do opracowania koncepcji pozyskania energii z alternatywnych źródeł, które zapewnią energię w najbardziej niewralgicznych porach dnia i roku. Chodzi o pory nocne, w których zapotrzebowanie jest największe, oraz okres zimowy, w którym jest wzmocniona praca całego układu biologicznego oczyszczania ścieków.

Budowa kompletnego systemu energetycznego w oparciu o agregat kogeneracyjny

Pomysł, który zrodził się w spółce, nie jest rozwiązaniem unikalnym, ale z pewnością zasługuje na szczególną uwagę. Chodzi o produkcję energii elektrycznej z osadów ściekowych. Idea ta jest już szeroko upowszechniana w polskich oczyszczalniach ścieków. Niemniej jednak Oczyszczalnia Ścieków w Sławie jest stosunkowo małą jednostką, która podjęła się przygotowania koncepcji beztlenowej stabilizacji osadów za

pomocą zamkniętych komór fermentacyjnych. Z fermentacji tej następuje produkcja biogazu, który następnie jest przekształcany w energię elektryczną i energię cieplną.

Pierwszym działaniem podjętym przez spółkę w 2018 r. było zapewnienie sobie bardzo organicznych (wysokokalorycznych) osadów pochodzących z procesu podczyszczania ścieków przemysłowych zakładów przetwórstwa mięsnego. Poprzez przejęcie w zarządzanie podczyszczalni ścieków jednego z największych producentów wyrobów mięsnych w Polsce, spółka stała się „właścicielem” flotatu, który jest kluczowym substratem do produkcji biogazu. Należy zaznaczyć, że Oczyszczalnia Ścieków w Sławie jest specyficzna i nieco inna niż większość podobnych obiektów. Ponieważ na terenie gminy Sława jest zlokalizowanych kilku kluczowych producentów wyrobów mięsnych w Polsce, obciążenie oczyszczalni ładunkiem zanieczyszczeń jest zdominowanie ściekami przemysłowymi (aż 70% to zanieczyszczenia przemysłowe). To powoduje, że struktura i konsystencja ścieków, a następnie osadów ma charakter zbliżony do flotatu. Z badań struktury ścieków komunalnych oraz ścieków przemysłowych wynika, że mają one bardzo zbliżone parametry (tabela 1.). Oznacza to, że już w ściekach komunalnych jest dużo związków organicznych nadających się do produkcji biogazu.

Tab. 1. Porównanie podstawowych parametrów ścieków

Parametr	Ścieki przemysłowe, ścieki surowe, 2017-2018		Ścieki przemysłowe, ścieki podczyszczone 2017		Ścieki komunalne, surowe, 2017	
	Zakres	Średnia	Zakres	Średnia	Zakres	Średnia
Azot ogólny [g N/m ³]	88-109	98.5	28,8-77,3	51,5	47-138	107
BZT ₅ [g O ₂ /m ³]	771-939	855	151-612	353	400-1028	683
ChZT [g O ₂ /m ³]	1496-3443	2470	334-1062	642	1331-2442	1744
Fosfor ogólny [g N/m ³]	17,1-19	18	1,21-62,6	12,1	18-29	23,3
Odczyn [pH]	7,7-10	-	6,3-9	-	7,3-9,4	-
Zawiesina ogólna [g/m ³]	436-1830	1133	32,3-496	150	512-1035	745

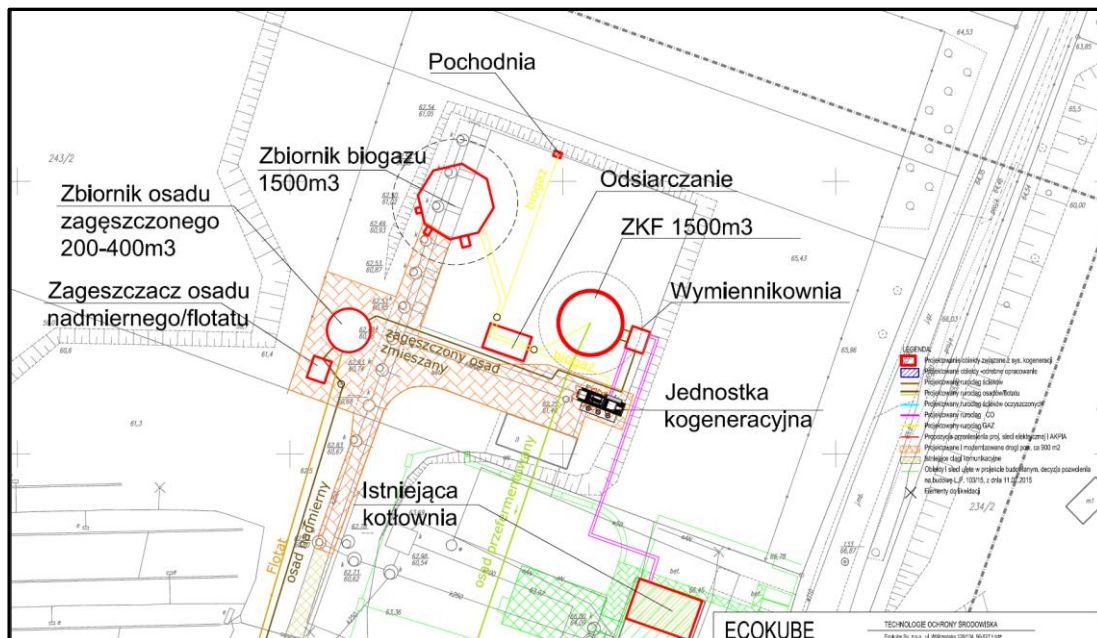
Źródło: opracowanie własne

Wstępna analiza parametrów ogólnych substratu, który miałby pojawić się w systemie fermentacyjnym, była bardzo obiecująca. Jedynym problemem do rozwiązania stał się proces łączenia flotatu z osadem nadmiernym z oczyszczalni ścieków. Dzięki starym komorom pozostałym po zlikwidowanej oczyszczalni ścieków (2008 r.) było możliwe „magazynowanie” flotatu przywiezionego taborem asenizacyjnym z podczyszczalni ścieków zakładu mięsnego. Nie był to proces magazynowania w klasycznym znaczeniu tego słowa. Był to dodatkowy proces stabilizacji tlenowej flotatu. Komora gromadzenia flotatu została wyposażona w mieszadła i system natleniania. Dzięki temu przed zmieszaniem z osadem nadmiernym otrzymał on podobną strukturę jak osad komunalny. Tak przygotowany substrat miał stać się elementem wsadu do systemu kofermentacyjnego.

Dokumentacja projektowa przygotowana na potrzeby aplikowania po środki Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Lubuskie 2020 w postaci Programu Funkcjonalno-Użytkowego stała się wystarczająca.

Program Funkcjonalno-Użytkowy obejmował wybudowanie obiektów kubaturowych: zagęszczacza osadu nadmiernego/flotatu, zbiornika osadu zagęszczonego, zbiornika ZKF oraz zbiornika biogazu, a także obiektów towarzyszących, takich jak wymiennikownia, odsiarczenie, pochodnia oraz jednostka kogeneracyjna (rys. 4).

Rys. 4. Koncepcja programowo-przestrzenna budowy kompleksowego systemu energetycznego opartego na instalacji agregatu kogeneracyjnego zasilanego biogazem wraz z układem ZKF



Źródło: Program Funkcjonalno-Użytkowy – dokumentacja wewnętrzna ZWiK Sława Sp. z o.o.

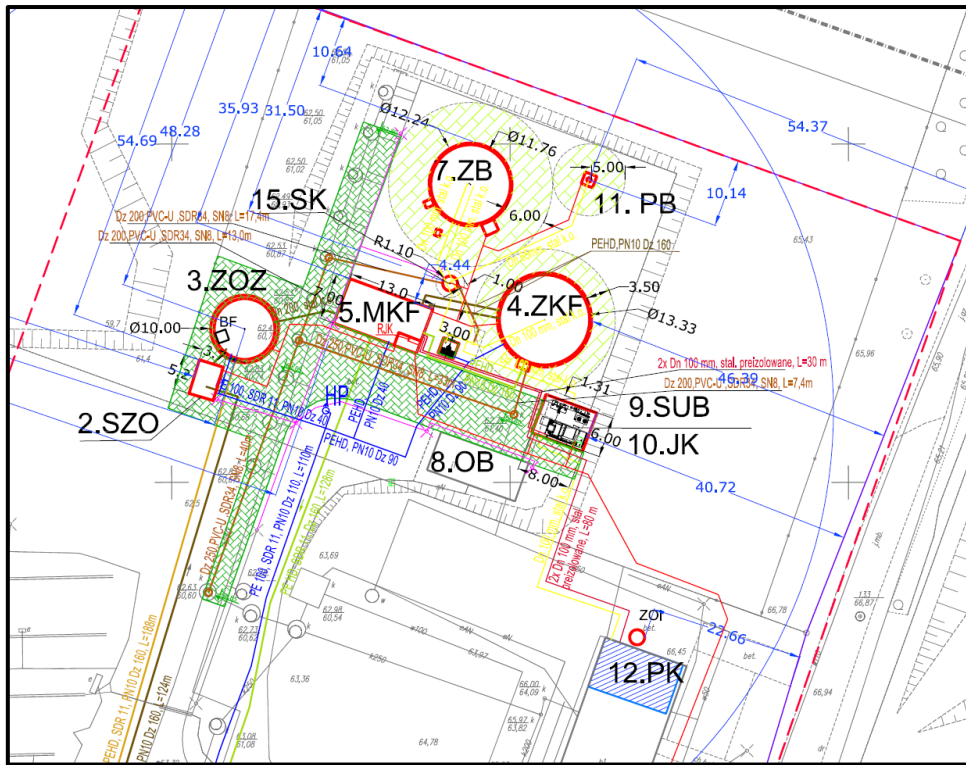
Przyjęto założenie, że dopasowanie oraz parametry techniczne poszczególnych składowych całego systemu będą dostosowane do możliwości przetworzenia całego osadu nadmiernego oczyszczalni ścieków w Sławie oraz pełnego wykorzystania flotatu jako wysoko organicznego substratu do produkcji biogazu. Sama produkcja energii elektrycznej miała być maksymalizowana tak, aby w pełni zabezpieczyła potrzeby oczyszczalni ścieków w Sławie, a nadwyżkę można było odprowadzić zwrrotnie do sieci. Podstawowe parametry wyjściowe do koncepcji przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Parametry wyjściowe do przyjętej koncepcji

Nazwa	Wartość
Osad nadmierny [kg s.m./d]	3815
Procent osadu organicznego [%]	62,7
Organiczny osad wstępny [kg s.m./d]	2391
Uwodnienie osadu nadmiernego [%]	95
Zmieszany osad [kg s.m./d]	3815
Zmieszany osad organiczny [kg s.m./d]	2391
Udział osadu organicznego [%]	62,7
Objętość osadu zmieszanego [m ³ /d]	76,3
Uwodnienie osadu zmieszanego [%]	95

Źródło: dokumenty wewnętrzne spółki

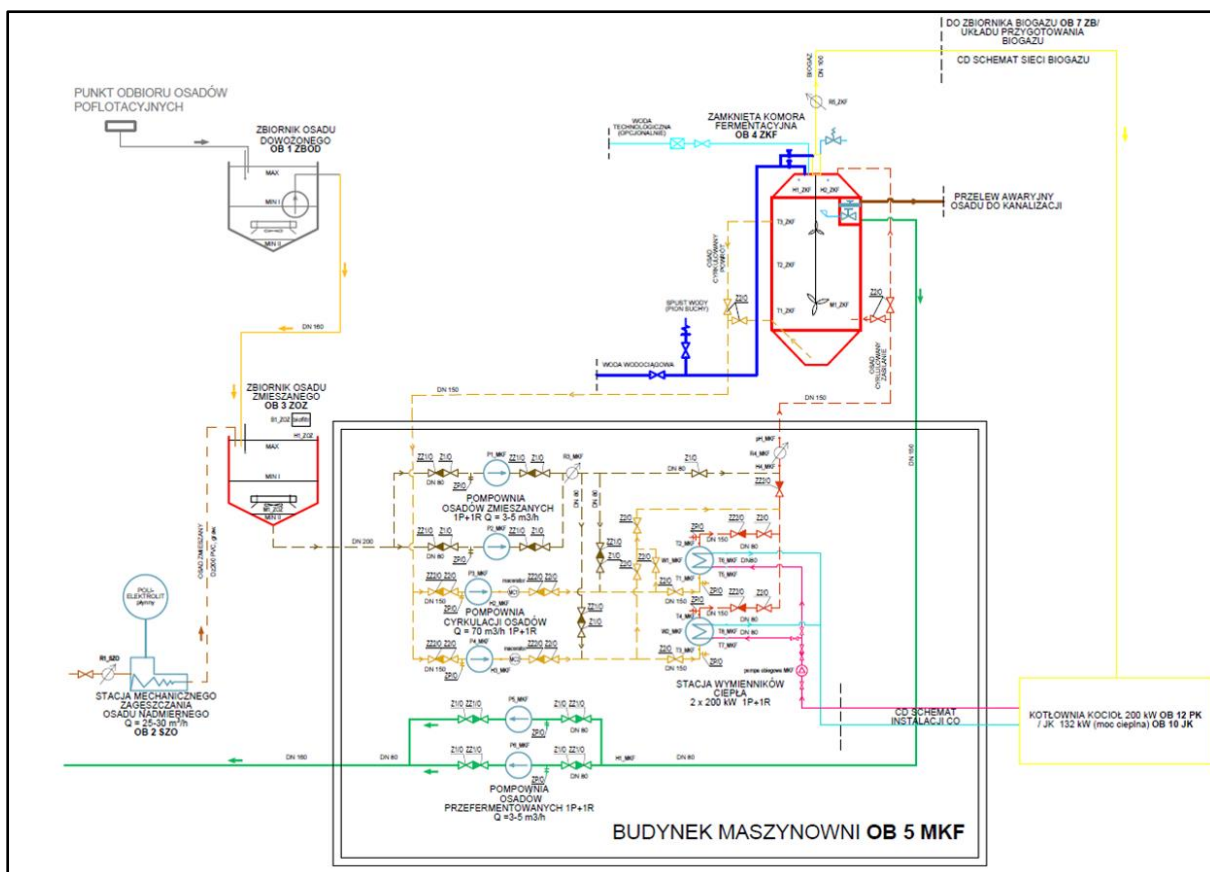
Rys. 5. Projekt budowlany „Budowa kompleksowego systemu energetycznego opartego o instalację agregatu kogeneracyjnego zasilanego biogazem wraz z układem ZKF dla ZWiK Sława Sp. z o.o.”



Źródło: materiały wewnętrzne spółki

Po uzyskaniu pozwolenia na budowę rozpoczęto roboty budowlane. Od sierpnia 2019 r. do czerwca 2020 r. wybudowano wszystkie obiekty oraz pełną infrastrukturę towarzyszącą. Osad nadmierny został przekierowany najpierw do stacji mechanicznego zagęszczania, a następnie do zbiornika osadu zmieszanego, natomiast flotat bezpośrednio do zbiornika osadu zmieszanego. Tam za pomocą mieszadeł następuje wymieszanie dwóch substratów do jednej konsystencji o założonym uwodnieniu 95%. Taki substrat zostaje przepompowany pompą osadu zmieszanego do Zamkniętej Komory Fermentacyjnej (ZKF), poprzez wymiennik ciepła w celu podgrzania go do temperatury 35-37°C i zaszczipienia osadem przefermentowanym. Obieg osadu recykulowanego w ZKF zapewniają pompy recykulacji osadu pracujące w sposób ciągły. Zamknięta komora fermentacyjna (ZKF) wyposażona jest w mocowane centralnie na szczycie zbiornika mieszadło pionowe, głowicę służącą do ujęcia biogazu, bezpiecznik cieczowy zabezpieczający komorę przed nadmiernym wzrostem nadciśnienia/podciśnienia, właz technologiczny, wzierniki służące do podglądu warunków panujących wewnątrz komory fermentacyjnej oraz system gaszenia piany zamontowany w przestrzeni gazowej komory fermentacyjnej. Schemat technologiczny obiegu osadu przedstawia rys. 6.

Rys. 6. Schemat technologiczny obiegu osadu w produkcji biogazu w Oczyszczalni Ścieków w Sławie



Źródło: dokumenty wewnętrzne spółki

Na dzień składania artykułu wszystkie procesy produkcji biogazu, a następnie energii elektrycznej i ciepłej zostały zakończone (fot. 2).

Fot. 2. Zamknięta Komora Fermentacyjna – element całego układu kogeneracyjnego



Źródło: materiały wewnętrzne spółki

W efekcie pełnego procesu technologicznego kluczowe parametry dla produkcji energii elektrycznej są zadowalające. Zgodnie z założeniami projektowymi, biogaz wytwarzany w komorach fermentacyjnych spełnia oczekiwania zapisane w projekcie dokumentacji technicznej (tab. 3).

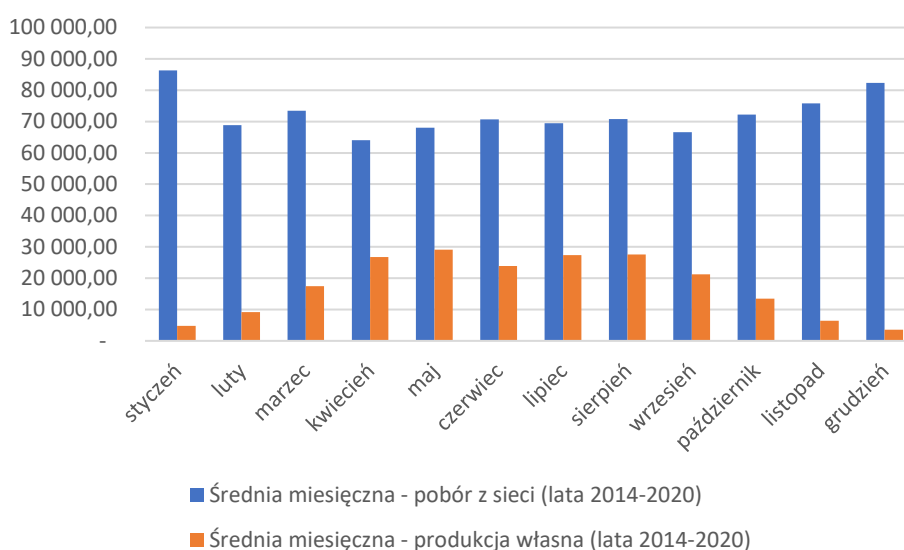
Tab. 3. Parametry technologiczne procesu fermentacji metanowej osadu – projektowane i uzyskane

Nazwa	Wartość projektowa	Wartość uzyskana
Osad zmieszany [kg s.m./d]	2569,91	2250
Uwodnienie osadu zmieszanego [%]	95	94
Zmieszany osad organiczny [kg s.m.o./d]	2056	1710
Udział osadu organicznego [%]	80	76
Objętość osadu organicznego [m ³ /d]	51,4	37,5
Temperatura fermentacji [°C]	31	35-36
Maksymalny czas fermentacji [d]	31	śr. 40
Wymagany czas fermentacji [d]	29	-
Pojemność części osadowej ZKF [m ³ /d]	1491	1491
Obciążenie ZKF s.m.o. [kg s.m./d]	1,38	1,15
Stopień redukcji s.m.o. [%]	55	82
Ładunek osadu [kg s.m./d]	1439	848
Jednostkowa produkcja gazu [dm ³ /kg s.m.o.]	537	561
Produkcja biogazu [m ³ /d]	1104	960

Źródło: materiały wewnętrzne spółki

Zapotrzebowanie energetyczne ZWiK Sława Sp. z o.o. w części oczyszczalni ścieków w Sławie to poziom ok. 1 mln kWh. Rozkład zapotrzebowania jest bardzo równomierny w roku. Średnie zapotrzebowanie waha się pomiędzy 75 tys. a 92 tys. kWh (liczone w latach 2014-2020). Jeżeli uwzględnimy produkcję energii elektrycznej z paneli fotowoltaicznych, zapotrzebowanie to staje się sezonowe.

Rys. 7. Zestawienie średnich miesięcznych poborów energii z sieci i produkcji własnej – średnia za lata 2014-2020



Źródło: opracowanie własne

Jak to zostało wcześniej wskazane, produkcja własna energii w okresach większego nasłonecznienia (pory roku między kwietniem a październikiem) to wartość pomiędzy 20 tys. a 30 tys. kWh. W latach 2014-2019 produkcja własna wahała się pomiędzy 193 tys. a 230 tys. kWh (w skali roku). Łatwo więc wyliczyć, że aktualne zapotrzebowanie energii z sieci to poziom ok. 800 tys. kWh. Średnie zapotrzebowanie miesięczne przedstawia rys. 7.

Jak można odczytać z danych przedstawionych na rys. 7, największy pobór energii z sieci występuje w miesiącach pomiędzy październikiem a marcem. W tym też okresie należałoby produkować energię z alternatywnych źródeł.

Należy również zauważyć, że produkcja energii i jej zapotrzebowanie różnie rozkłada się w trakcie dnia. Pory nocne to 100% poboru energii z sieci. Jeżeli przyjąć, że zapotrzebowanie energetyczne Oczyszczalni Ścieków w Sławie rozkłada się w ciągu doby równomiernie (z odchyleniem +/- 5%), to produkcja własna energii w

godzinach od 10.00 do 17.00 (przyjmując, że jest to 60%) zabezpiecza oczyszczalnię w 100%. W godzinach pełnego nasłonecznienia tylko grudniu i styczniu nie jest generowana nadwyżka w trakcie dnia. W pozostałych miesiącach roku w godzinach pomiędzy 10.00 a 18.00 produkcja z paneli fotowoltaicznych pokrywa pełne zapotrzebowanie na energię elektryczną Oczyszczalni Ścieków w Sławie.

Produkcja energii elektrycznej w ZWiK Sława Sp. z o.o. z osadów ściekowych została zapoczątkowana 17 września 2020 r. Zgodnie z pierwszymi wyliczeniami produkcji energii elektrycznej z osadów ściekowych, wskaźnik produkcji kształtuje się na średnim poziomie 50 kWh, liczonych w czasie 50 godzin pracy jednostki kogeneracyjnej (fot. 3).

Fot. 3. Podstawowe obiekty całego układu kogeneracyjnego



Źródło: materiały wewnętrzne spółki

Osiągnięty wskaźnik pozwala na wytworzenie ok. 400 tys. kWh w roku. Jest to wartość poniżej zakładanej, jednakże należy wziąć pod uwagę, że produkcja biogazu jest uzależniona od kilku parametrów. Jednym z nich jest ilość substratu wprowadzana do instalacji ZKF. W okresie letnim są najmniejsze ilości odprowadzanych ścieków. Oznaczać to może, że poziom produkcji biogazu, a tym samym energii elektrycznej będzie wzrastał w okresach jesienno-zimowych.

Podsumowanie

Produkcja własna energii elektrycznej stanowi ważną część w procesie zarządzania przedsiębiorstwem. Nowoczesne przedsiębiorstwa poszukują rozwiązań optymalizujących koszty swojego funkcjonowania. W przypadku zakładów wodociągowo-kanalizacyjnych sytuacja staje się bardziej skomplikowana. Z jednej strony, wykonując swoje zadania, realizują one zakres działań użyteczności publicznej (dostarczanie wody i odprowadzanie ścieków), z drugiej zaś stają się producentami energii elektrycznej wytworzonej z własnych surowców. Funkcjonowanie farm fotowoltaicznych staje się powszechne w wielu dziedzinach gospodarki, natomiast systemy kogeneracyjne to przyszłość dla wybranych branż. ZWiK Sława Sp. z o.o. wykorzystuje swoje atuty i chętnie sięga po nowoczesne rozwiązania. Świeżo oddany system kogeneracyjny, oparty na fermentacji metanowej osadów ściekowych, jest przykładem, jak można zmieniać oblicze przedsiębiorstw, które w powszechnej opinii są tylko od tzw. nieczystości, w nowoczesne przedsiębiorstwa produkcyjne.

dr Jarosław Hermaszewski

doktor nauk ekonomicznych

prezes Zarządu Spółki ZWiK Sława Sp. o.o.

adiunkt na Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Głogowie

specjalista od procesów zarządzania