

ENERGETYCZNE WYKORZYSTANIE BIOGAZU DO PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ I CIEPŁA W SKOJARZENIU W ŚREDNIEJ WIELKOŚCI OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW.

Część 1. Analiza techniczna

Abstrakt

Przeprowadzono analizę zużycia energii elektrycznej i ciepła oraz profil produkcji biogazu otrzymanego w procesie fermentacji osadów ściekowych w oczyszczalni ścieków w Wadowicach. Na tej podstawie dobrano moduł kogeneracyjny o mocy elektrycznej 192 kW oraz 214 kW mocy cieplnej. Poziom rocznej produkcji energii z układu kogeneracyjnego wynoszący 1060 MWh energii elektrycznej i 4246 GJ ciepła jest determinowany dostępną ilością biogazu w oczyszczalni, która wynosi 547 tys. m³. Pozwoli to pokryć blisko 90% zużycia energii elektrycznej oraz 52% potrzeb cieplnych oczyszczalni.

Wprowadzenie

Działające współcześnie oczyszczalnie ścieków to swego rodzaju zakłady przemysłowe stanowiące zespoły obiektów i urządzeń służących do mechaniczno-biologicznego oczyszczenia ścieków. Oczyszczalnie ścieków realizują swoje podstawowe zadanie oczyszczania ścieków, a także przeróbki i unieszkodliwienia osadów ściekowych, wykorzystując dostarczoną z zewnątrz energię. Jest to przede wszystkim energia cieplna niezbędna do utrzymania określonej temperatury procesu fermentacji osadów ściekowych w wydzielonych komorach fermentacyjnych, ogrzewania pomieszczeń, kanałów komunikacyjnych i wentylacji oraz energia elektryczna. Zapotrzebowanie na nią wykazują m.in. sprężarki powietrza napędzane silnikami elektrycznymi, pompy służące do zwracania i transportu osadu nadmiernego oraz inne silniki elektryczne napędzające urządzenia mechaniczne. Jak w każdym zakładzie produkcyjnym, tak i w oczyszczalni ścieków, oprócz produktu, który stanowią oczyszczone ścieki, powstają również odpady. Głównym odpadem oczyszczalni ścieków są osady ściekowe. Zagospodarowanie osadów ściekowych przewiduje ich deponowanie na składowisku bądź ich kompostowanie po odwodnieniu mechanicznym, a następnie przyrodnicze wykorzystanie [5]. Jako odpad z oczyszczalni ścieków można również potraktować biogaz powstający w wyniku fermentacji osadów ściekowych, najprościej utylizowany przez spalanie na pochodni. Bardziej złożona forma zagospodarowania odpadów z oczyszczalni ścieków zakłada ich energetyczne wykorzystanie jako paliwa do produkcji ciepła lub bardziej efektywnie w układach wysokosprawnej kogeneracji do produkcji energii elektrycznej i ciepła w skojarzeniu [1, 3, 4].

Celem pracy było opracowanie koncepcji instalacji energetycznego wykorzystania biogazu powstającego w procesie fermentacji osadów do skojarzonej produkcji energii elektrycznej i cieplnej na terenie oczyszczalni ścieków w Wadowicach. Wytwarzana energia elektryczna będzie wykorzystana na potrzeby technologiczne oczyszczalni bez sprzedaży do sieci zewnętrznej. Energia cieplna wytwarzana w skojarzeniu z energią elektryczną będzie używana na potrzeby: technologiczne - podgrzewanie komór fermentacyjnych, oraz socjalne - ogrzewanie obiektów i przygotowanie ciepłej wody użytkowej.

Zakres pracy w części pierwszej obejmuje analizę bieżącego zużycia energii elektrycznej i ciepła, wielkość produkcji biogazu oraz dobór modułu kogeneracyjnego.

Charakterystyka obiektu badań

Oczyszczalnia ścieków w Wadowicach jest oczyszczalnią typu mechaniczno-biologicznego. Przyjmuje ona ścieki komunalne, czyli mieszaninę ścieków bytowych, przemysłowych i opadowych lub roztopowych, są to ścieki z miasta Wadowice oraz z części terenów wiejskich gminy Wadowice. Jest to obiekt zaprojektowany na przepustowość 8430 m³·d⁻¹ [6]. Rzeczywisty dopływ ścieków do oczyszczalni w latach 2004-2008 wahał się w przedziale 6615 m³·d⁻¹ do 6 995 m³·d⁻¹ [2]. W roku 2009 obiekt przeszedł gruntowną modernizację, w ramach której zmodernizowano m.in. budynek krat, główną pompownię ścieków, ciąg oczyszczania ścieków i przeróbki osadów, sieci technologiczne oraz obiekty gospodarki energetycznej. Ponadto na oczyszczalni wybudowano stację zlewczą ścieków dowożonych, osadniki wstępne, reaktory biologiczne, osadniki wtórne oraz obiekty gospodarki osadowej i biogazowej. Przepustowość oczyszczalni po modernizacji (rok 2010) wynosi 6992 m³·d⁻¹, co daje roczny dopływ ścieków 2553 tys. m³.

Biogaz wytwarzany w procesie fermentacji osadów ściekowych w oczyszczalni poddawany jest procesowi odwodnienia i odsiarczenia. Średnia wartość opałowa produkowanego w oczyszczalni biogazu wynosi 22,68 MJ·(m³)⁻¹, co w przeliczeniu daje 6,3 kWh·(m³)⁻¹. Profil produkcji biogazu w oczyszczalni zestawiono w tab. 1.

Tab. 1. Profil produkcji biogazu w roku 2010

Table 1. Profile of biogas production in 2010

Wyszczególnienie	Produkcja biogazu [tys.m ³ ·mc ⁻¹]	Dobowa produkcja biogazu [tys.m ³ ·d ⁻¹]	Energia chemiczna zawarta w biogazie [kW]
styczeń	32,88	1,06	278
luty	41,61	1,49	390
marzec	51,16	1,65	433
kwiecień	48,51	1,62	425
maj	37,74	1,22	319
czerwiec	40,65	1,36	356
lipiec	49,18	1,59	416
sierpień	50,88	1,64	431
wrzesień	40,30	1,34	353
październik	49,94	1,61	423
listopad	51,25	1,71	448
grudzień	53,02	1,71	449
Razem	547,12	-	3446,84

Tab. 2. Zużycie energii elektrycznej i zapotrzebowanie na moc
Table 2. Electricity consumption and demand for power

Wyszczególnienie	Zużycie energii elektrycznej [MWh · mc ⁻¹]	Dobowe zużycie energii elektrycznej [kWh · d ⁻¹]	Moc maksymalna [kW]
styczeń	80	220	117
luty	88	241	126
marzec	108	296	145
kwiecień	103	281	143
maj	80	219	107
czerwiec	95	262	133
lipiec	109	298	146
sierpień	113	309	151
wrzesień	85	233	118
październik	106	289	142
listopad	108	297	150
grudzień	112	307	151
Razem	1187	-	-

Tab. 3. Zużycie energii na potrzeby grzewcze
Table 3. Energy consumption for heating

Wyszczególnienie	Energia cieplna wytworzona w kotłowni gazowej [GJ · mc ⁻¹]	Energia cieplna zakupiona od MPEC [GJ · mc ⁻¹]	Całkowita ilość ciepła zużyta przez oczyszczalnię [GJ · mc ⁻¹]
styczeń	628,3	135,1	763,4
luty	740,9	99,7	840,6
marzec	855,3	0,5	855,8
kwiecień	694,2	0,0	694,2
maj	592,4	54,8	647,2
czerwiec	524,4	8,0	532,4
lipiec	421,0	0,0	421,0
sierpień	442,2	0,0	442,2
wrzesień	571,5	0,0	571,5
październik	749,4	0,0	749,4
listopad	778,4	0,3	778,7
grudzień	890,2	31,8	922,0
Razem	7888,1	330,2	8218,3

Według danych uzyskanych od inwestora roczna produkcja biogazu powstającego w procesie fermentacji osadów w oczyszczalni wyniosła 547 tys. m³, co oznacza, że jego energia pierwotna wynosi 3446,84 MWh.

Analiza zużycia energii elektrycznej i ciepła

Zasilanie oczyszczalni ścieków w energię elektryczną realizowane jest przez dwa niezależne przyłącza SN z sieci dystrybucyjnej ENION S.A. Do budynku technicznego energia doprowadzona jest z transformatorów TR1 o mocy 630 kVA i TR2 o mocy 400kVA do rozdzielni nn 0,4 kV. Moc zamówiona wynosi 200 kW.

Analizę zużycia energii i wykorzystania mocy zamówionej przeprowadzono na podstawie rozliczeń miesięcznych, jakie były prowadzone przez zakład z dostawcą energii elektrycznej. Wyniki analizy zestawiono w tab. 2.

W analizowanym okresie miesięczne zużycie energii waha się od 80 do 113 MWh, co daje roczne zużycie na poziomie 1187 MWh. Maksymalne zapotrzebowanie zakładu na moc elektryczną kształtuje się na poziomie 151 kW, przy średnim zapotrzebowaniu wynoszącym 136 kW.

Biogaz wytwarzany w procesie fermentacji osadów ściekowych w chwili obecnej jest wykorzystywany do spalania w kotłowni w dwóch kotłach o mocy 160 kW z palnikami przeznaczonym do spalania biogazu dla potrzeb przygotowania ciepła do celów technologicznych (podgrzewanie osadu

w wymiennikach WKF) oraz potrzeby grzewcze c.o. i przygotowania c.w.u. na cele socjalne. Kotłownia, wykorzystująca biogaz do produkcji energii cieplnej, pokrywa w okresie wiosenno-letnim w 100% zapotrzebowanie urządzeń technologicznych na ciepło. W okresie zimowym brakująca ilość ciepła pozyskiwana jest z węzła cieplnego MPEC. Zużycie energii cieplnej przez oczyszczalnię zestawiono w tab. 3.

Roczne potrzeby grzewcze oczyszczalni wynoszą 8218 GJ z czego 7888 GJ jest produkowane w kotłowni zakładowej.

Dobór modułu kogeneracyjnego

Z uwagi na to, że priorytetem dla użytkownika jest modernizacja własnej gospodarki energetycznej, której efektem będzie obniżenie wydatków ponoszonych z tytułu zakupu energii elektrycznej na potrzeby pracy oczyszczalni ścieków oraz ciepła, które zostanie wykorzystane dla celów technologicznych i bytowych (c.o. i c.w.u). Przyjęto, że cała wyprodukowana energia elektryczna i ciepła będzie wykorzystana na potrzeby Zakładu.

Na podstawie analizy zużycia energii i zapotrzebowania na moc oraz wielkości produkcji biogazu w oczyszczalni założono, że czas pracy modułu powinien wnosić 7000 godz. (praca modułu w czasie obowiązywania taryf dla szczytu porannego i wieczornego oraz reszcie doby z postojem w nocy od 24:00 do 6:00, dla maksymalizacji zysków z tytułu produkcji energii elektrycznej). Wszelkie przeglądy eksploatacyjne, wymiana elementów zużywalnych (świece zapłonowe, filtry, uszczelki itp.) oraz wymiana oleju smarującego, wykonywane będą w strefach obniżonych potrzeb energetycznych w pozostałych godzinach roku. Na tej podstawie określono energię pierwotną modułu kogeneracyjnego, która wynosi 492,4 kW. W oparciu o wcześniejsze założenia dla potrzeb analizy dobrano moduł kogeneracyjny dedykowany do spalania biogazu. Jest to moduł firmy MTU Onsite Energy typu MB3066L4, o mocy elektrycznej 192 kW, produkcji ciepła 214 kW. Zapotrzebowanie na energię pierwotną modułu wynosi 499 kW. Zużycie biogazu (dla wartości opałowej gazu wynoszącej 22,68 MJ·(m³)⁻¹) wynosi 79,2 m³·h⁻¹. Moduł pracuje w oparciu o niemiecki silnik gazowy firmy MTU, z układem turbosprężania, przeznaczony do pracy na biogazie oraz prądnicę synchroniczną, umożliwiającą pracę równoległą z siecią energetyczną. Moduł ma możliwość pracy ciągłej z obciążeniem od 50 do 100% mocy znamionowej.

Bilans energetyczny rekomendowanego systemu

Na potrzeby analizy energetycznej przyjęto następujące założenia:

- wielkość produkcji energii z układu kogeneracyjnego jest uzależniona od rzeczywistej produkcji biogazu (tab. 1),
- priorytet dla produkcji energii elektrycznej na pokrycie potrzeb oczyszczalni,
- ciepło z kogeneracji będzie wykorzystywane do celów technologicznych (podgrzewanie osadu w wymiennikach WKF) oraz potrzeby grzewcze c.o. i c.w.u.

Po uwzględnieniu powyższych założeń określono poziom produkcji energii elektrycznej i ciepła z modułu kogeneracyjnego i odniesiono go do potrzeb energetycznych oczyszczalni ścieków. Wyniki obliczeń zamieszczono w tab. 4.

Przy założonym profilu produkcji biogazu w oczyszczalni przyjęty do analizy moduł kogeneracyjny może wyprodukować rocznie 1060 MWh energii elektrycznej oraz 4246 GJ ciepła. Pozwoli to na pokrycie blisko 90% zapotrzebowania na energię elektryczną oraz 52% potrzeb cieplnych oczyszczalni. Pozostała część energii będzie dokupywana u dotychczasowych dostawców.

Tab. 4. Profil produkcji energii elektrycznej i ciepła oraz stopień pokrycia potrzeb energetycznych oczyszczalni
Table 4. Profile of electricity and heat production and the level of covering the demand for energy

Wyszczególnienie	Produkcja energii elektrycznej [MWh · mc ⁻¹]	Pokrycie zapotrzebowania na energię elektryczną [%]	Produkcja ciepła [GJ · mc ⁻¹]	Pokrycie zapotrzebowania na ciepło [%]
styczeń	70	86	279,2	37
luty	80	91	320,3	38
marzec	98	91	394,1	46
kwiecień	93	91	373,7	54
maj	72	91	290,5	45
czerwiec	78	82	313,0	59
lipiec	82	75	329,8	78
sierpień	98	87	391,7	89
wrzesień	77	91	310,3	54
październik	96	91	384,6	51
listopad	98	91	394,6	51
grudzień	116	103	464,1	50
Razem	1060	89	4246,1	52

Podsumowanie

Oczyszczalnia Ścieków w Wadowicach przyjmuje rocznie 2553 tys. m³ ścieków, z których w procesie fermentacji metanowej osadów można uzyskać 547 tys. m³ biogazu. Zużycie energii elektrycznej kształtuje się na poziomie 1187 MWh przy maksymalnym średniomiesięcznym zapotrzebowaniu na moc wynoszącym 151 kW. Roczne potrzeby grzewcze oczyszczalni wynoszą 8218 GJ z czego 7888 GJ jest produkowane w kotłowni zakładowej z kotłami gazowymi wyposażonymi w palniki

do spalania biogazu o mocy 160 kW każdy. Na podstawie analizy zużycia energii i zapotrzebowania na moc oraz wielkości produkcji biogazu w oczyszczalni dobrano moduł kogeneracyjny o mocy elektrycznej 192 kW oraz 214 kW mocy cieplnej. Układ kogeneracyjny zasilany produkowanym w oczyszczalni biogazem będzie mógł rocznie wyprodukować 1060 MWh energii elektrycznej i 4246 GJ ciepła. Praca układu kogeneracyjnego pozwoli pokryć blisko 90% zużycia energii elektrycznej oraz 52% potrzeb ciepłych oczyszczalni.

Bibliografia

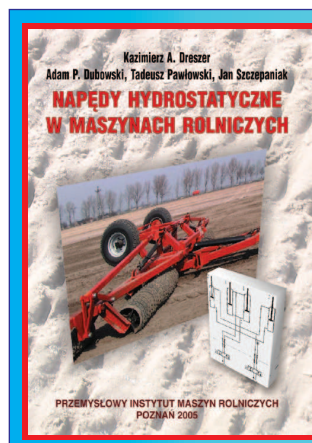
- [1] Błaszczak-Pasteczka A., Żukowski W.: Energetyczne wykorzystanie biogazu. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2007, Zeszyt 1-Ch/2007. Biblioteka Cyfrowa Politechniki Krakowskiej.
- [2] Bugajski P., Mielenz B.: Ocena pracy oczyszczalni ścieków w Wadowicach przed modernizacją. PAN Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi, Oddział w Krakowie. Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich, 2008, nr 2, s. 129-138.
- [3] Rosik-Dulewska C.: Podstawy gospodarki odpadami. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2002.
- [4] Stępiak S.: Energia oczyszczalni. EkoProfit, 2006, nr 1, s. 36-41.
- [5] Wilk J., Wolańczyk F.: Problemy energetycznego wykorzystania odpadów z oczyszczalni ścieków. Polityka Energetyczna, 2008, Tom II, Zeszyt 2, s. 139-149.
- [6] Wójtowicz G.: Ocena sprawności działania oczyszczalni ścieków w Wadowicach. Praca magisterska wykonana w Katedrze Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji Akademii Rolniczej w Krakowie maszynopis. Akademia Rolnicza, Kraków, 2007.

BIOGAS ENERGY USE FOR THE PRODUCTION OF ELECTRICITY AND HEAT IN COMBINATION IN MEDIUM SEWAGE TREATMENT PLANT.

Part 1. Technical analysis

Abstract

An analysis of electricity and heat consumption and biogas production profile obtained by the fermentation of sewage sludge in sewage treatment plant in Wadowice has been carried out. On this basis, the cogeneration unit of electrical power 192 kW and 214 kW thermal power has been chosen. The level of annual energy production from cogeneration system amounting to 1,060 MWh of electricity and 4246 GJ of heat is determined by the available quantity of biogas in the wastewater, which amounts to 547 thousand. m³. This will allow to satisfy 90% of electricity consumption and 52% of heat demand in the wastewater treatment plant.



NAPĘDY HYDROSTATYCZNE W MASZYNACH ROLNICZYCH

ISBN 83-921598-2-9

Książka adresowana jest do studentów uczelni rolniczych oraz użytkowników maszyn rolniczych. Zawiera wybrane zagadnienia z mechaniki płynów i właściwości cieczy roboczych, opis budowy oraz działania poszczególnych maszyn hydraulicznych. Ponadto przedstawia przykładowe urządzenia hydrauliczne w wybranych maszynach rolniczych, a także diagnostykę układów hydraulicznych.

Wydawca: Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych

60-963 Poznań, ul. Starołęcka 31

tel. 061 87-12-200; fax 061 879-32-62;

e-mail: office@pimr.poznan.pl; Internet: <http://www.pimr.poznan.pl>