

Spis treści

1.	Wstęp.....	2
1.1	Cel i podstawa wykonania prac	2
1.2	Lokalizacja i charakterystyka składowiska	2
2.	Zakres i metodyka wykonanych badań.....	3
2.1	Zakres badań	3
2.2	Metodyka	3
3.	Wizja terenowa.....	4
4.	Prezentacja wyników badań i pomiarów, analiza i interpretacja	7
5.	Model teoretyczny produkcji biogazu	16
6.	Użytkowanie kwatery składowania	19
7.	Wnioski	23

1. Wstęp

1.1 Cel i podstawa wykonania prac

Niniejsze opracowanie zostało wykonane w ramach umowy nr 306/K/2022 z dnia 23 sierpnia 2022 roku pomiędzy Miejskim Przedsiębiorstwem Oczyszczania - Łódź Sp. z o.o. a prowadzącym działalność pod nazwą K35 Usługi przyjazne środowisku Łukasz Kowalczyk.

Celem zleconych prac było wykonanie audytu systemu odgazowania składowiska balastu zlokalizowanego w Łodzi przy ul. Zamiejskiej. Zakres prac obejmował:

- sprawdzenie aktualnego stanu instalacji (stan techniczny studni gazowych i rurociągów przesyłowych, głębokości studni, drożności rurociągów),
- sporządzenie planu usprawnienia instalacji (modyfikacja tras rurociągów, poprawa głowic studni, ewentualnie lokalizacje dodatkowych odwiertów),
- sugestie dotyczące sposobu użytkowania kwatery składowania dla zwiększenia sprawności instalacji odgazowania,
- wykonanie modelu teoretycznego zasobności gazowej oraz wykonanie pomiarów na istniejącej instalacji dla weryfikacji wyliczeń teoretycznych.

1.2 Lokalizacja i charakterystyka składowiska

Składowisko balastu objęte niniejszym opracowaniem położone jest na płaskim terenie, w południowo-zachodniej części miasta, około 15 km od jego centrum, w bezpośrednim sąsiedztwie Portu Lotniczego Łódź im. Władysława Reymonta.

Składowisko składa się z jednej kwatery o powierzchni całkowitej ok. 9,3 ha. Kwatera składowania posiada system ujmowania i odprowadzania odcieków oraz instalację ujmowania i spalania gazu składowiskowego.

Składowisko wyposażone jest w podwójny system uszczelnienia dna i skarp, na który składa się warstwa gruntu mineralnego (ił beidelitowy) oraz geomembrana PEHD o grubości 2,0 mm. Geomembrana została dodatkowo zabezpieczona przed uszkodzeniem warstwą geowłókniny.

2. Zakres i metodyka wykonanych badań

2.1 Zakres badań

Pozostając w zgodzie z zapisami umowy nr 306/K/2022 z dnia 23.08.2022 roku, opisanej w punkcie 1.1 powyżej:

- wykonano pomiary składu biogazu oraz podciśnienia na każdym dostępnym punkcie pomiarowym,
- wykonano pomiary głębokości całkowitej, poziomu odcieków oraz temperatury w dostępnych studniach odgazowujących,
- określono wielkość emisji biogazu na podstawie odczytu z przepływomierza zainstalowanego w stacji kontrolno-pomiarowej.

Wszystkie uzyskane dane przedstawiono w niniejszym raporcie w formie tabel i wykresów.

2.2 Metodyka

Pomiary składu biogazu wykonywane były przy użyciu przenośnego analizatora biogazu OPTIMA 7 Biogas, wyprodukowanego przez firmę MRU Instruments Inc. Analizator dokonuje pomiaru zawartości metanu oraz dwutlenku węgla metodą absorpcji w podczerwieni, natomiast pomiar stężenia tlenu wykonywany jest metodą elektrochemiczną.

Pomiarów dokonywano poprzez podłączenie analizatora do poszczególnych króćców pomiarowych za pomocą rurki do poboru gazów. W czasie każdego pomiaru próbka biogazu była zasysana do urządzenia za pomocą wbudowanej pompki. Dla uzyskania ustabilizowanych odczytów, czas pracy pompki ustalono na 90 sekund, natomiast po każdej próbie wykonywano przedmuch urządzenia powietrzem atmosferycznym. Wyniki pomiarów zapisywano na formularzach pomiarowych a następnie archiwizowano w formie elektronicznej.

Pomiary głębokości studni i temperatury wykonano przy użyciu elektronicznego miernika poziomu wody, temperatury i przewodności Solinst Model 107. Pomiary wykonywano przy wyłączonej pochodni biogazowej, aby uniknąć zaciągania powietrza do systemu odgazowania. Na każdej ze zbadanych studni zdejmowano z głowicy dekiel zaślepiający, po czym – poprzez opuszczanie taśmy w głąb studni – dokonywano pomiarów

3. Wizja terenowa

W ramach wykonywanych prac, w dniu 14.11.2022 dokonano wizji terenowej na terenie kwatery składowiska balastu przy ul. Zamiejskiej 1.

Dokonano inspekcji wizualnej pochodni biogazowej oraz dostępnych elementów systemu odgazowania zlokalizowanego na kwaterze składowiska balastu, na który składają się głowice studni pionowych oraz rurociągi przesyłowe.

Stwierdzono, co następuje:

1. Kolektor gazowy wykonany został w roku 2018 i zlokalizowany na półce wykonanej na skarpie składowiska. Stan, w jakim obecnie znajduje się kolektor gazowy wskazuje na brak regularnych prac pielęgnacyjnych (fot. 1 poniżej). Cała czasza składowiska narażona jest na osiadanie, natomiast na zboczach może dodatkowo występować osuwanie wierzchniej warstwy ziemi, z uwagi np. na okazjonalne występowanie ulewnych opadów. Wskazane jest wykonanie prac pielęgnacyjnych wzdłuż kolektora gazowego.
2. Spośród dziewięciu przyłączy studni odciekowych, jedynie w przypadku studni oznaczonej jako SO9 zawór regulacyjny oraz króciec pomiarowy są dostępne. W przypadku pozostałych ośmiu przyłączy, wskazane jest wykonanie prac pielęgnacyjnych polegających na usunięciu roślinności oraz warstwy ziemi pokrywającej przyłącza (fot. 2 poniżej).
3. Stan głowic studni pionowych uznano za zadowalający (fot. 3 poniżej). Wskazane jest prowadzenie regularnych przeglądów stanu głowic, aby umożliwić możliwie wysoką ciągłość pozyskiwania biogazu z całego systemu odgazowania.
4. Zbadano podatność rurociągów poziomych na blokady wynikające z miejscowego nagromadzenia kondensatu i stwierdzono, że zasadniczo spadki są zachowane odpowiednio, aby unikać powstawania tzw. syfonów w rurociągach przesyłowych biogazu. Wyjątkiem jest rurociąg łączący studnie odgazowującą oznaczoną jako SG9 z kolektorem gazowym (fot. 4 poniżej). Rurociąg ułożony jest 4-5 metrów nad poziomem terenu oraz przymocowany punktowo do metalowych wsporników. Z uwagi na brak podpory na całej długości rurociągu (jedynie niewielki fragment rurociągu jest podparty poziomym wspornikiem) istnieje stosunkowo wysokie ryzyko powstania syfonów na odcinkach pomiędzy wspornikami. Jest to o tyle istotne, że wspomniany rurociąg, poza studnią SG9, prowadzi do czterech innych studni odgazowujących, oznaczonych jako SG2, SG4, SG6 oraz SG8. Wskazane jest, jako rozwiązanie minimalne, wykonanie poziomej podpory na całym odcinku, gdzie rurociąg przesyłowy jest podwieszony nad ziemią.



Fot. 1 Kolektor gazowy wzdłuż drogi technicznej



Fot. 2 Przyłącze między kolektorem a studnią odciekową

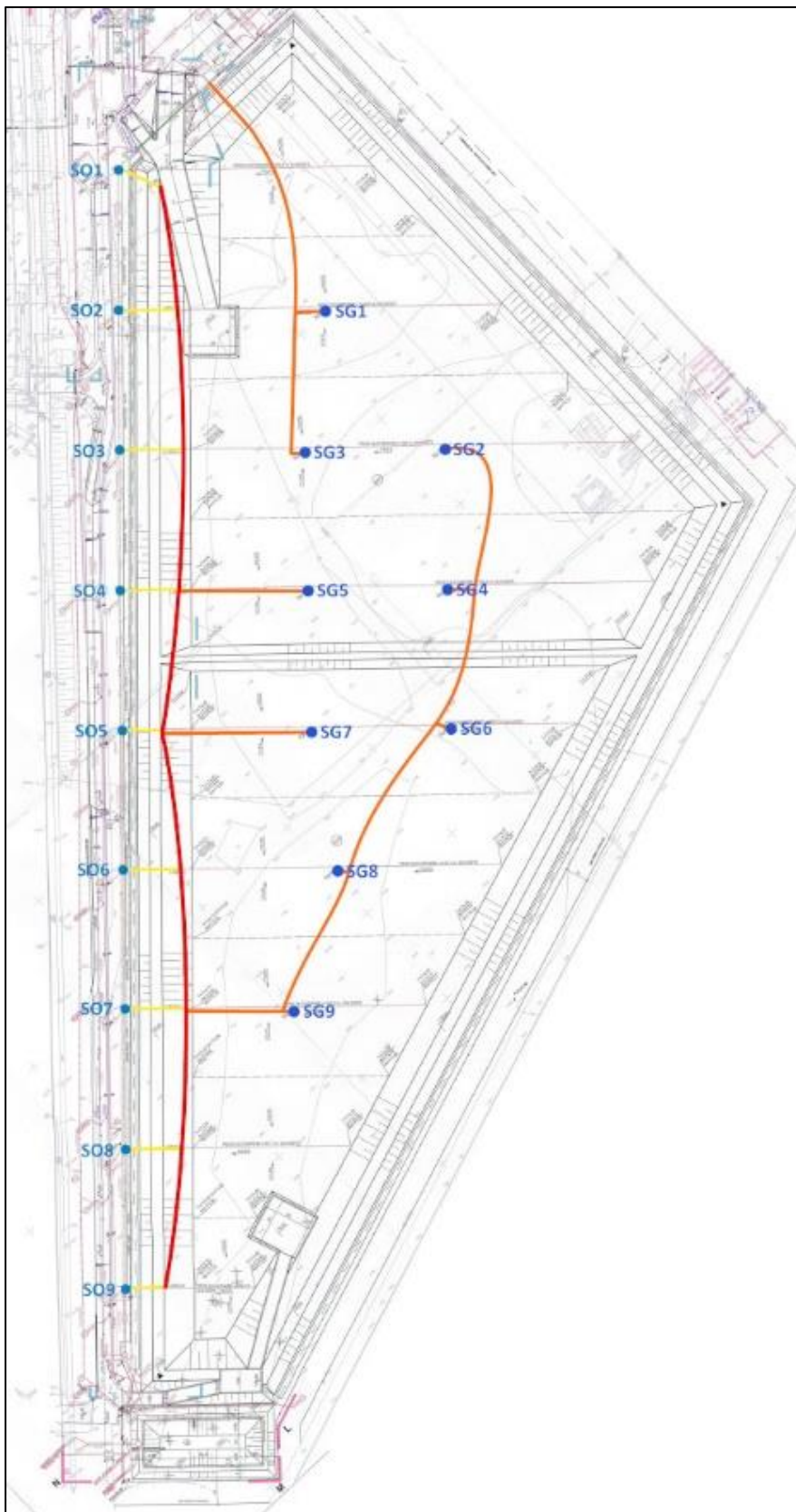


Fot. 3 Studnia pionowa



Fot. 4 Rurociąg łączący studnię SG9 z kolektorem- strzałka wskazuje podpartą część.

Poniższa mapa przedstawia aktualny przebieg rurociągów przesyłowych biogazu na terenie składowiska balastu przy ul. Zamiejskiej w Łodzi. O ile sposób podłączenia studni pionowych oznaczonych numerami SG1, SG3, SG5, SG7 oraz SG9 nie budzi większych zastrzeżeń, o tyle studnie oznaczone jako SG2, SG4, SG6 oraz SG8 mogą zostać podłączone są w sposób bardziej optymalny. Wymaga to jednak zmiany sposobu użytkowania kwatery składowania, co zostało opisane rozdziale nr 7.



Rys. 1 Mapa z zaznaczonym aktualnym przebiegiem rurociągów przesyłowych biogazu

4. Prezentacja wyników badań i pomiarów, analiza i interpretacja

Po dotarciu na składowisko zastano pochodnię uruchomioną, stwierdzono pobór biogazu z kwatery składowania na poziomie 60 m³/h (częstotliwość pracy ssawo – dmuchawy ustalono na 35 Hz). Podciśnienie mierzone przy ssawo-dmuchawie było na poziomie -0,34mb. Dokonano inspekcji wizualnej pochodni, po czym wykonano pomiary na punktach pomiarowych zlokalizowanych wzdłuż głównego kolektora oraz na głowicach studni odgazowujących, bez dokonywania zmian w ustawieniach systemu odgazowania. Uzyskane wyniki zamieszczono poniżej.

W pierwszej kolejności wykonano pomiary wzdłuż kolektora gazowego zlokalizowanego równolegle do krawędzi kwatery biegnącej z NE na SW (równolegle do drogi technicznej).

NUMER STUDNI	DATA, GODZINA	CH ₄ [%]	CO ₂ [%]	O ₂ [%]	N ₂ [%]	CIŚN. [mb]	CO [ppm]	H ₂ S [ppm]	CH ₄ /CO ₂
S01	14.11.2022 11:24	24,8	19,6	10,3	45,3	-0,22	0	7	1,27
S02	14.11.2022 11:17	35,5	28,4	7,7	28,4	-0,14	0	25	1,25
S03	14.11.2022 10:12	0,2	0,2	14	85,6	-0,02	0	4	1
S04	14.11.2022 10:19	63,2	45,1	1,1	0	-0,08	5	108	1,4
S05	14.11.2022 10:35	62,5	46,1	0,2	0	-0,06	0	76	1,36
S06	14.11.2022 10:42	59,2	47,4	0,5	0	-0,02	0	>>>>*	1,25
S07	14.11.2022 10:53	46,6	36,3	4,3	12,8	-0,05	3	78	1,28
S08	14.11.2022 10:58	46,6	37,5	4,3	11,6	-0,01	3	41	1,24
S09	14.11.2022 11:03	0,4	0,8	14,8	84	0	0	17	0,5

Tabela 1 Wyniki pomiarów składu biogazu i podciśnienia - studnie drenażu odcieków

NUMER STUDNI	DATA, GODZINA	CH ₄ [%]	CO ₂ [%]	O ₂ [%]	N ₂ [%]	CIŚN. [mb]	CO [ppm]	H ₂ S [ppm]	CH ₄ /CO ₂
SG5	14.11.2022 10:14	43,5	32,2	5,8	18,5	-0,06	11	54	1,35
SG7	14.11.2022 10:30	65,2	44,2	0,3	0	-0,1	5	205	1,48
SG9	14.11.2022 10:51	43,2	33,6	4,2	19	0	2	83	1,29

Tabela 2 Wyniki pomiarów składu biogazu i podciśnienia - studnie odgazowujące (pomiar wzdłuż kolektora)

W następnej kolejności wykonano pomiary składu biogazu i podciśnienia na studniach odgazowujących zlokalizowanych na kwaterze składowiska.

NUMER STUDNI	DATA, GODZINA	CH ₄ [%]	CO ₂ [%]	O ₂ [%]	N ₂ [%]	CIŚN. [mb]	CO [ppm]	H ₂ S [ppm]	CH ₄ /CO ₂
SG1	14.11.2022 12:03	63,4	45,5	1,1	0	2,3	0	123	1,39
SG2	14.11.2022 12:43	64,1	45,6	0,3	0	0,55	0	95	1,41
SG3	14.11.2022 12:07	64,3	44,8	0,7	0	2,78	0	120	1,44
SG4	14.11.2022 12:37	66,1	43,6	0,3	0	0,32	0	76	1,52
SG5	14.11.2022 12:11	65,2	44,4	0,2	0	0,41	1	129	1,47
SG6	14.11.2022 12:32	66,1	43,4	0,6	0	0,38	0	66	1,52
SG7	14.11.2022 12:15	65,4	44,1	0,4	0	1,76	2	178	1,48
SG8	14.11.2022 12:18	65,3	42,8	0,2	0	1,58	1	128	1,53
SG9	14.11.2022 12:25	65,9	43,7	0,3	0	-2,6	1	67	1,51

Tabela 3 Wyniki pomiarów składu biogazu i podciśnienia - studnie odgazowujące (pomiaru na głowicach)

Znak „>>>>” w kolumnie z odczytem poziomu H₂S oznacza, że wskazanie przekracza 500ppm.

W przypadku pomiaru na głowicy studni odgazowującej SG9, stwierdzono podciśnienie na poziomie -2,6mb. Nie określono jednoznacznej przyczyny pomiaru poza spodziewanym zakresem.

Z uwagi na stwierdzony brak podciśnienia na głowicach studni odgazowujących, zwiększono podciśnienie otwierając zawór główny przy ssawo-dmuchawie. Natężenie przepływu zostało tym samym zwiększone z poziomu 60 m³/h do 165 m³/h. Poniżej przedstawiono poziom podciśnienia na wybranych punktach pomiarowych przed i po zwiększeniu podciśnienia w systemie odgazowania. Każdy z punktów pomiarowych (studni) zanotował wzrost podciśnienia (ssania) – wartości zaznaczone na zielono.

OZNACZENIE PUNKTU POMIAROWEGO	CIŚNIENIE 1 [mb]	CIŚNIENIE 2 [mb]	WZROST PODCIŚNIENIA [mb]
POCHODNIA	-0,34	-6,84	6,50
S09	0,0	-0,07	0,07
S08	-0,01	-1,31	1,30
SG3	2,78	2,52	0,26
SG1	2,3	-0,85	3,15
SG2	0,55	-0,81	1,36

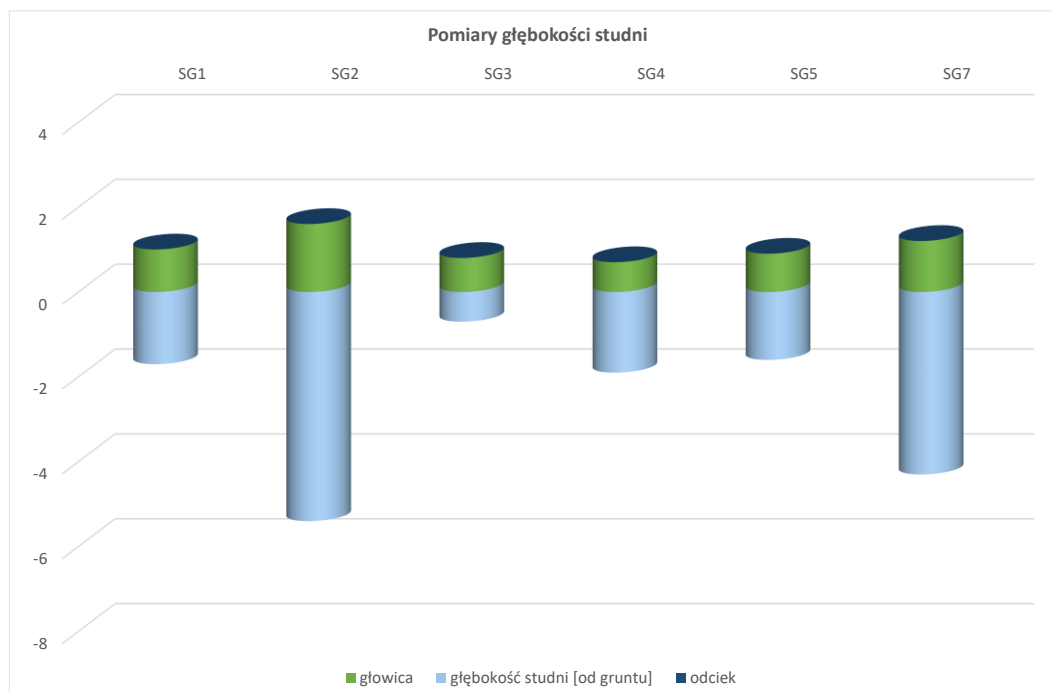
Tabela 4 Wyniki pomiarów podciśnienia po zwiększeniu natężenia przepływu i podciśnienia na ssawie

Po wykonaniu pomiarów składu biogazu i podciśnienia, wyłączono pochodnię biogazową, a następnie wykonano pomiary głębokości na dostępnych studniach odgazowujących.

NUMER STUDNI	WYSOKOŚĆ GŁOWICY [ponad gruntem]	POZIOM ODCIEKU [od gruntu]	GŁĘBOKOŚĆ STUDNI [od gruntu]	TEMPERATURA [°C]
SG1	1,0	---	-1,7	18,1
SG2	1,6	---	-5,4	30,1
SG3	0,8	---	-0,7	17,8
SG4	0,7	---	-1,9	15,2
SG5	0,9	---	-1,6	24,9
SG7	1,2	---	-4,3	19,2

Tabela 5 Wyniki pomiarów głębokości studni i temperatury

W żadnej studni nie stwierdzono odcieku. Jednocześnie tylko w przypadku jednej studni stwierdzono głębokość całkowitą większą niż 5 m poniżej aktualnej rzędnej terenu. Pozostałe studnie prezentują głębokość całkowitą w zakresie 0,7 do 4,3 m poniżej aktualnej rzędnej.



Przygotowano następujące zestawienia danych i wykresów:

- pomiar ciśnienia względnego
- pomiar stężenia metanu (CH_4),
- pomiar stężenia tlenu (O_2),
- pomiar stężenia siarkowodoru (H_2S),
- wskaźnik CH_4/CO_2 ,
- pomiar temperatury.

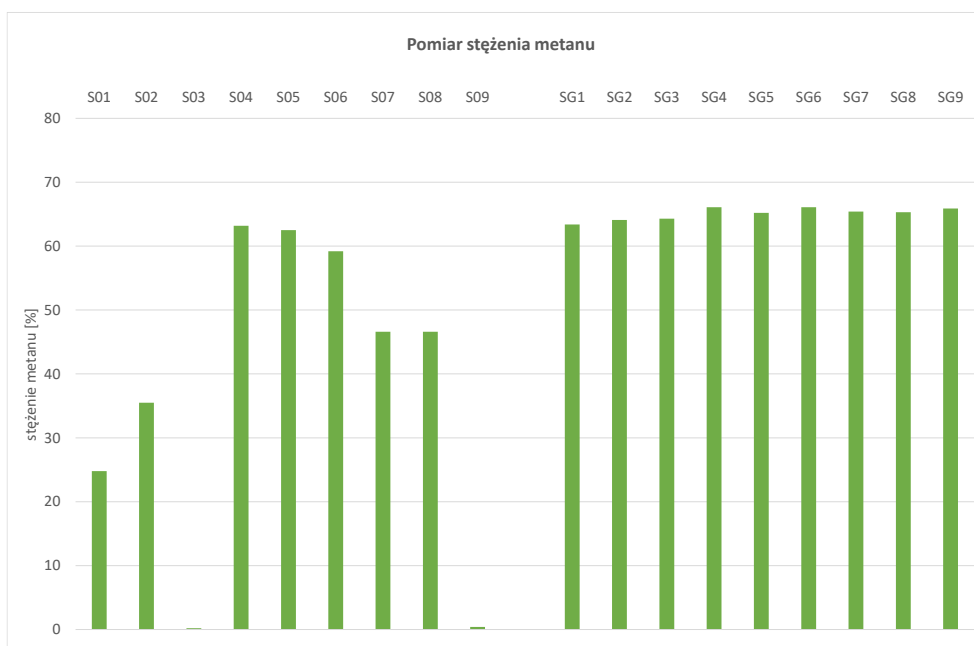
Na wspólnych wykresach przedstawiono dane dla studni odciekowych (pomiary przy kolektorze) oraz dla studni pionowych (pomiary na głowicach).



STUDNIA	CIŚNIENIE [mb]	STUDNIA	CIŚNIENIE [mb]
SO1	-0,22	SG1	2,3
SO2	-0,14	SG2	0,55
SO3	-0,02	SG3	2,78
SO4	-0,08	SG4	0,32
SO5	-0,06	SG5	0,41
SO6	-0,02	SG6	0,38
SO7	-0,05	SG7	1,76
SO8	-0,01	SG8	1,58
SO9	0	SG9	-2,6

Wnioski

Podciśnienie utrzymywane w systemie, na poziomie -0,34mb, pozwala na utrzymanie minimalnego poziomu podciśnienia na studniach odciekowych, nie pozwala jednak na uzyskanie podciśnienia na głowicach pionowych studni odgazowujących. Oznacza to, że przy rozważanym energetycznym wykorzystaniu biogazu, wskazane jest utrzymywanie w systemie wyższego podciśnienia. Pozwoli to na bardziej efektywne ujmowanie biogazu z całej instalacji odgazowania. Jak stwierdzono w czasie pomiarów, zwiększenie podciśnienia na ssawie do poziomu -6,84mb, pozwoliło na uzyskanie reakcji na wybranych studniach pionowych (wystąpienie podciśnienia lub zauważalne obniżenie nadciśnienia). Przy długotrwałym pozyskiwaniu biogazu należy doprowadzić do utrzymywania takiego poziomu podciśnienia w instalacji oraz na indywidualnych studniach biogazowych, aby w miarę możliwości zrównać poziom pozyskiwania biogazu z poziomem generowania biogazu w złożu odpadów. Dobranie odpowiedniego podciśnienia możliwe jest w sytuacji wykonywania regularnych pomiarów i regulacji w dłuższym okresie czasu niż wynika z zakresu prac objętych niniejszym opracowaniem (kilka tygodni lub, w określonych przypadkach, nawet kilka miesięcy).



STUDNIA	CH ₄ [%]	STUDNIA	CH ₄ [%]
S01	24,8	SG1	63,4
S02	35,5	SG2	64,1
S03	0,2	SG3	64,3
S04	63,2	SG4	66,1
S05	62,5	SG5	65,2
S06	59,2	SG6	66,1
S07	46,6	SG7	65,4
S08	46,6	SG8	65,3
S09	0,4	SG9	65,9

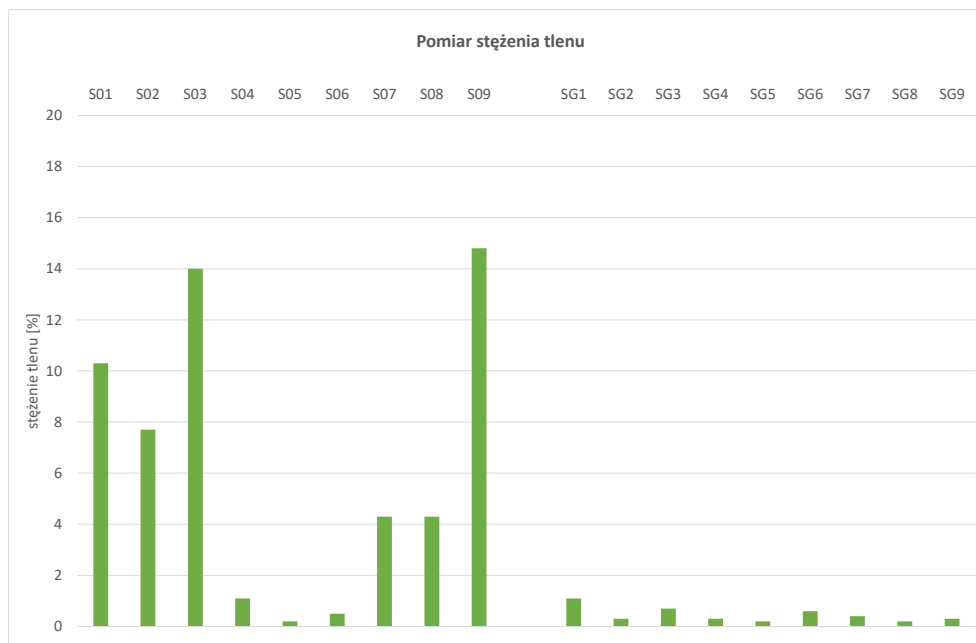
Wnioski

Na głowicach wszystkich studni pionowych stwierdzono stężenie metanu na poziomie powyżej 60%. Stężenie metanu wyższe niż 60% zazwyczaj związane jest z wystąpieniem jednej z dwóch sytuacji (często obu łącznie):

- podwyższony poziom odcieku w danej studni – rozpuszczalność CH₄ w wodzie jest niższa niż CO₂, dlatego przy wysokim poziomie odcieków może wystąpić sytuacja, kiedy odczyt CO₂ zostaje zaniżony, natomiast odczyt CH₄ – zawyżony,
- poziom pozyskiwania biogazu wyraźnie niższy niż poziom generowania biogazu w złożu odpadów.

W przypadku składowiska przy ul. Zamiejskiej możliwe jest wystąpienie obu powyższych sytuacji. Z uwagi na stwierdzone uszkodzenia / blokady studni pionowych nie ma możliwości określenia poziomu odcieków w poszczególnych studniach. Jednak występowanie nadciśnienia w studniach pionowych przy standardowym użytkowaniu instalacji wskazuje jednoznacznie na to, że poziom pozyskiwania biogazu jest wyraźnie niższy niż poziom generowania biogazu. Powoduje to nagromadzenie biogazu w złożu, co wpływa na podwyższony poziom CH₄ w uzyskiwanych odczytach.

Z kolei odczyty na studniach odciekowych mogą wskazywać na zrównoważone pozyskiwanie biogazu, tzn. poziom pozyskiwania biogazu skorelowany z poziomem produkcji biogazu. Wskazane jest wykonanie dłuższej serii pomiarowej dla studni odciekowej aby ustalić przyczynę (lub przyczyny) bardzo dużego rozrzutu wskazań zawartości metanu (od 0,2% do 63,2%). Pierwszym krokiem jest prowadzenie regularnych pomiarów i regulacji na całym systemie odgazowania, co może pozwolić na dobranie odpowiedniego poziomu pozyskiwania biogazu dla poszczególnych studni odgazowujących, a tym samym zmniejszenie rozrzutu w odczytach na studniach odciekowych.

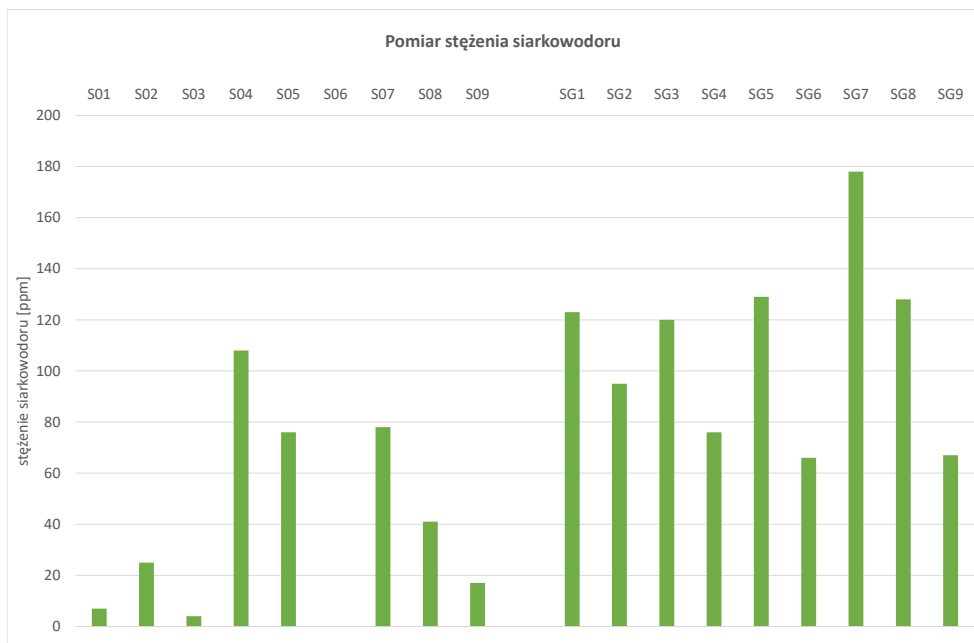


STUDNIA	O ₂ [%]	STUDNIA	O ₂ [%]
SO1	10,3	SG1	1,1
SO2	7,7	SG2	0,3
SO3	14	SG3	0,7
SO4	1,1	SG4	0,3
SO5	0,2	SG5	0,2
SO6	0,5	SG6	0,6
SO7	4,3	SG7	0,4
SO8	4,3	SG8	0,2
SO9	14,8	SG9	0,3

Wnioski

Zawartość tlenu w mieszaninie gazów jest na poziomie akceptowalnym w przypadku studni pionowych. Niska zawartość tlenu jest kolejnym wskaźnikiem sugerującym, że pozyskiwanie biogazu ze studni pionowych jest na wyrażnie niższym poziomie niż produkcja biogazu w złożu odpadów.

W przypadku studni odciekowych stwierdzono podwyższony poziom tlenu w studniach oznaczonych jako SO1, SO2, SO3 i SO9. Podobnie jak w przypadku komentarza do wykresu i tabeli dotyczących zawartości CH₄, podstawowym zaleceniem jest prowadzenie regularnych pomiarów i regulacji zaworów, aby uzyskać możliwie najlepsze parametry biogazu trafiającego do pochodni, czy – tym bardziej – do agregatu prądotwórczego, którego instalacja jest rozważana.

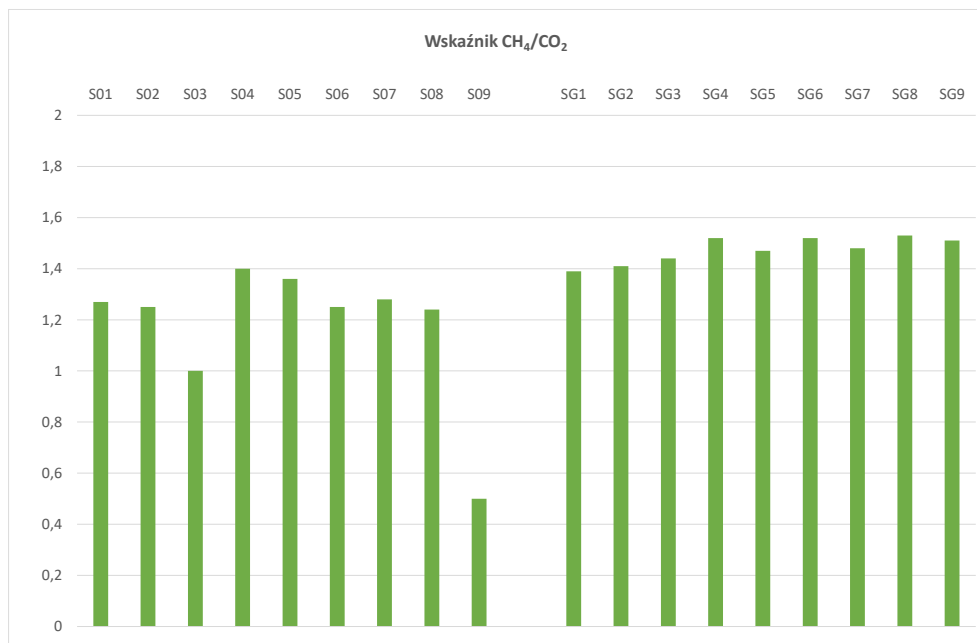


STUDNIA	H ₂ S [ppm]	STUDNIA	H ₂ S [ppm]
S01	7	SG1	123
S02	25	SG2	95
S03	4	SG3	120
S04	108	SG4	76
S05	76	SG5	129
S06	>>>>	SG6	66
S07	78	SG7	178
S08	41	SG8	128
S09	17	SG9	67

Wnioski

Poziom H₂S jest na akceptowalnym poziomie, biorąc pod uwagę planowane energetyczne wykorzystanie biogazu. Tylko w jednym przypadku (studnia S06) stwierdzono podwyższony poziom H₂S (powyżej 500ppm), co powinno być zweryfikowane w trakcie wykonywania regularnych pomiarów i regulacji.

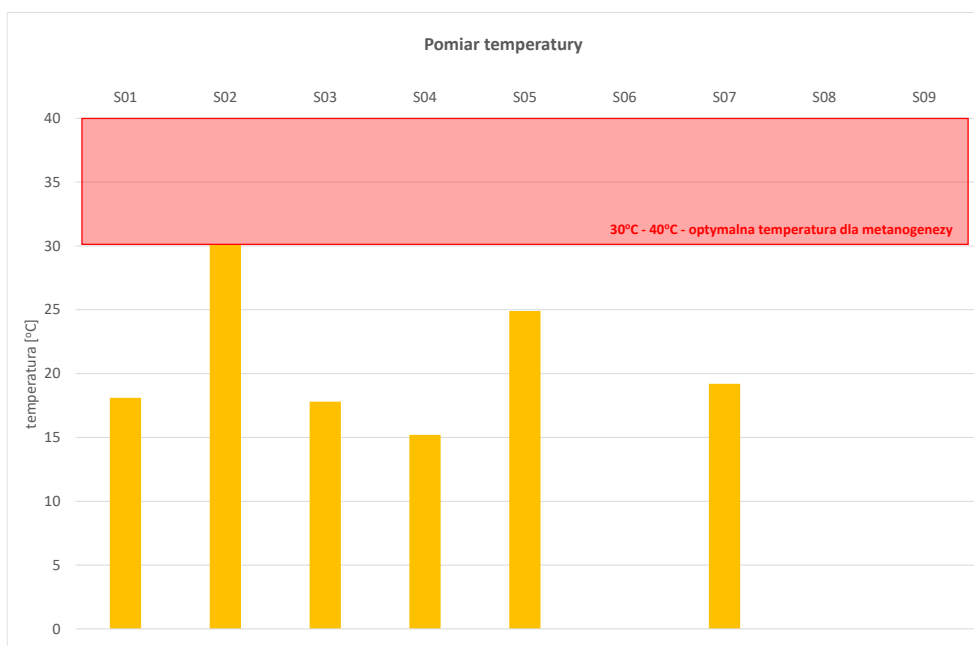
Przy wykonywaniu pomiarów przy pochodni biogazowej, najwyższa uzyskana zawartość H₂S wynosiła 150ppm, co jest wartością akceptowalną.



STUDNIA	$\text{CH}_4 / \text{CO}_2$	STUDNIA	$\text{CH}_4 / \text{CO}_2$
SO1	1,27	SG1	1,39
SO2	1,25	SG2	1,41
SO3	1	SG3	1,44
SO4	1,4	SG4	1,52
SO5	1,36	SG5	1,47
SO6	1,25	SG6	1,52
SO7	1,28	SG7	1,48
SO8	1,24	SG8	1,53
SO9	0,5	SG9	1,51

Wnioski

Stosunek stężenia metanu do dwutlenku węgla jest jednym z prostszych wskaźników, określających etap „życia” kwatery składowiska. W warunkach stabilnej metanogenezy mieści się on w zakresie 1,3 – 1,7. Wartości poniżej 1,3 mogą wskazywać na procesy utleniania metanu, fazy przejściowe (kwaso- i octogenną), a powyżej 1,7 na końcową fazę stabilnej metanogenezy lub na zawodnienie złoża. Większość pomiarów (16 z 18) wskazuje na stabilny proces metanogenezy.



STUDNIA	TEMPERATURA [°C]
SG1	18,1
SG2	30,1
SG3	17,8
SG4	15,2
SG5	24,9
SG6	---
SG7	19,2
SG8	---
SG9	---

Wnioski

W pionowych studniach odgazowujących stwierdzono temperaturę w przedziale 15,2°C do 30,1°C. Biorąc pod uwagę przedział temperatury optymalnej dla metanogenezy (30°C do 40°C), żadna ze studni nie prezentuje wskazań w optymalnym przedziale. Należy jednak wziąć pod uwagę, że – z uwagi na uszkodzenia / blokady w studniach – pomiary temperatury wykonywane były na głębokości od 0,7m do 5,4m poniżej aktualnej powierzchni terenu.

Z uwagi na konstrukcję studni oraz bezpieczeństwo wykonywanych prac, odstąpiono od wykonania pomiarów głębokości i temperatury w studniach pionowych oznaczonych jako SG6, SG8 i SG9.

5. Model teoretyczny produkcji biogazu

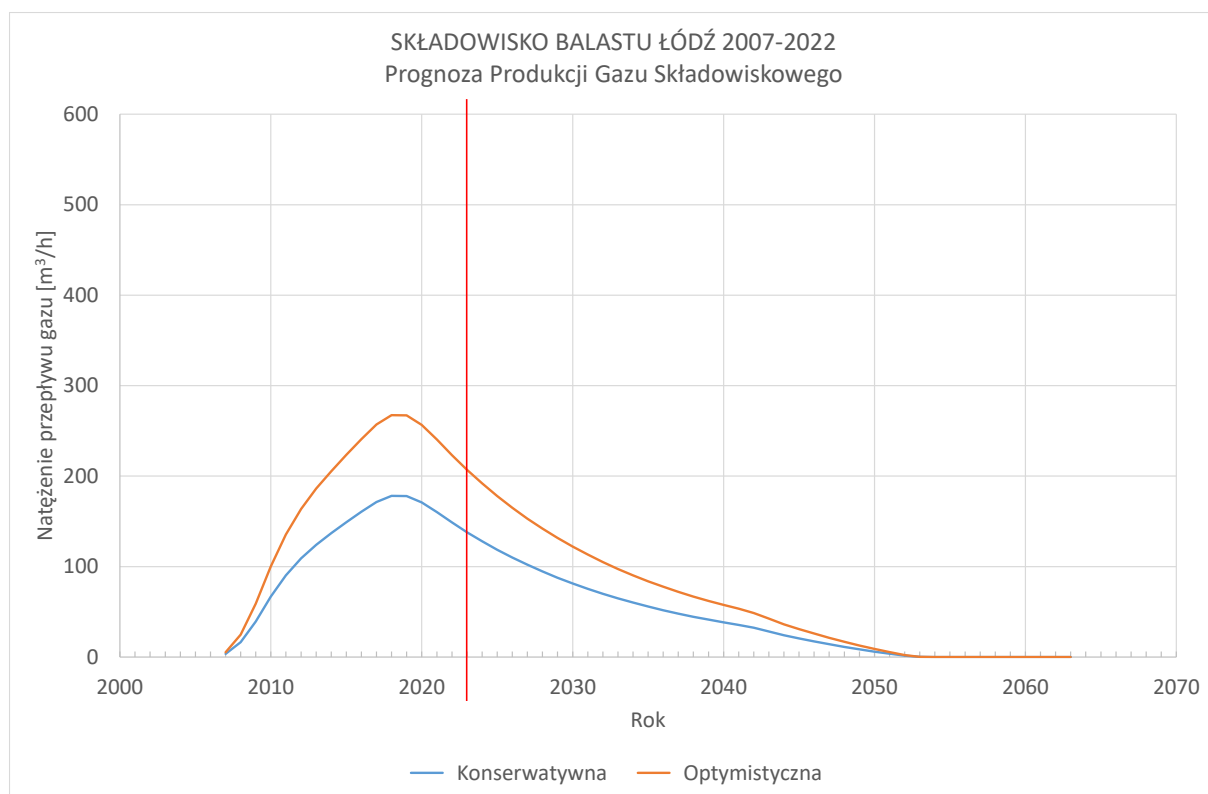
Teoretyczny potencjał gazowy składowiska daje wyjściowe pojęcie o spodziewanej ilości gazu, rozłożonej w czasie. Do opracowania prognozy produkcji biogazu składowiskowego wykorzystano udostępnione dane dotyczące ilości i morfologii zdeponowanych odpadów. Wykonano również pomiary na terenie składowiska, aby oszacować stopień wykorzystania biogazu generowanego w czasie składowiska oraz potencjał systemu odgazowania do efektywnego ujmowania biogazu. Stwierdzono, że:

- bardzo niskie podciśnienie oraz natężenie przepływu ok. trzykrotnie niższe niż spodziewany poziom produkcji wskazuje na bardzo niski stopień wykorzystania potencjału biogazowego składowiska. Użytkowanie systemu odgazowania zgodnie z opisanymi parametrami może pozwalać np. na kontrolę odorów, jednak nie jest wskazany w sytuacji, gdy planowane jest energetyczne wykorzystanie biogazu. W przypadku energetycznego wykorzystania biogazu zalecane jest, aby poziom pozyskiwania biogazu był zbliżony do poziomu produkcji.
- przy utrzymującym się bardzo niskim podciśnieniu, biogaz jest pozyskiwany przede wszystkim ze studni odciekowych, na co wskazuje niewielkie podciśnienie stwierdzone na kolektorze (od 0,0 mb do -0,22 mb) oraz nadciśnienie zmierzone na głowicach studni pionowych (wszystkie studnie poza studnią SG9). Dopiero zwiększenie podciśnienia do poziomu ok. -7mb pozwoliło uzyskać podciśnienie (lub zauważalny spadek nadciśnienia) na głowicach studni pionowych.
- wyniki pomiarów głębokości na dostępnych studniach pionowych wskazują na blokady lub uszkodzenia studni na głębokościach od 0,7m do 5,4m poniżej poziomu terenu. Z uwagi na to, że nie ma możliwości potwierdzenia stanu technicznego pionowych studni odgazowujących, nie ma również możliwości stwierdzenia, z jakiej części czaszy składowiska obecnie można efektywnie ujmować biogaz. Dla zapewnienia efektywnego ujmowania biogazu pod kątem energetycznego wykorzystania, wskazane jest wykonanie modernizacji systemu odgazowania oraz wykonanie dodatkowych studni pionowych lub studni poziomych (w zależności od ustaleń dotyczących modyfikacji sposobu użytkowania kwatery).

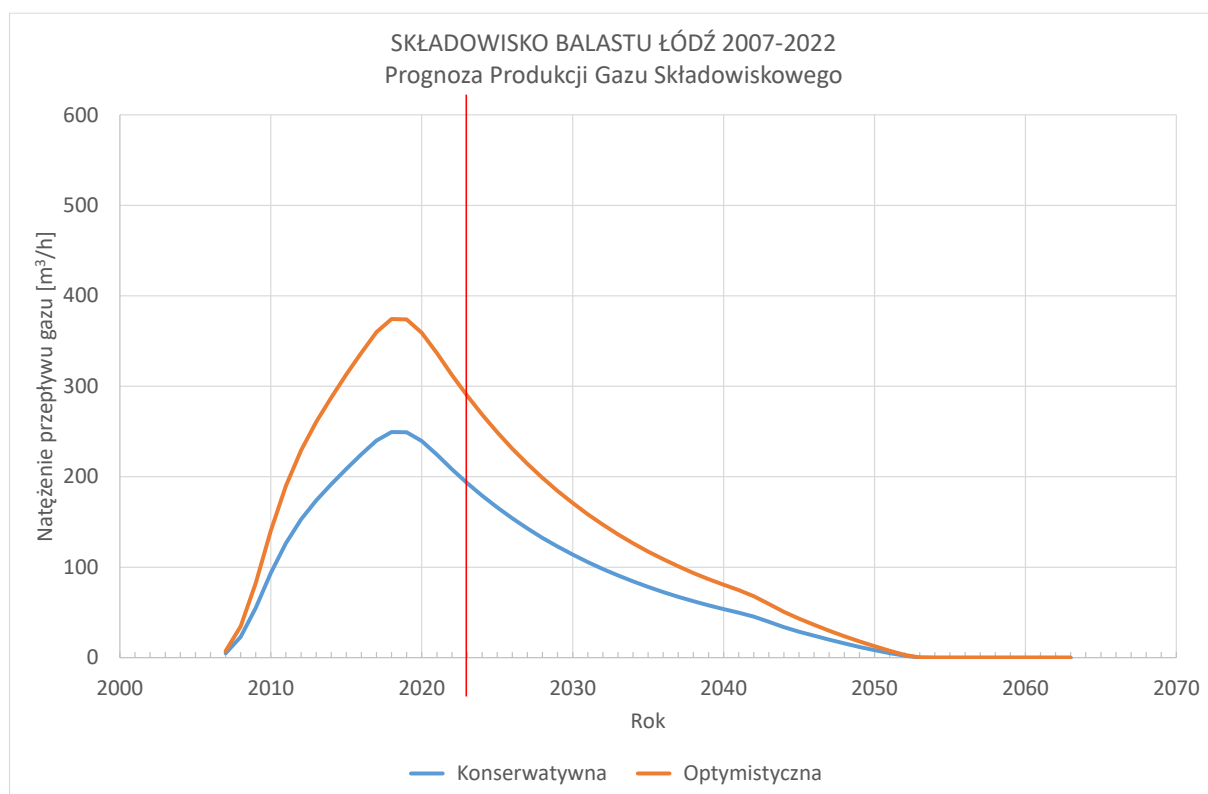
Jakiegokolwiek modelowanie teoretyczne jest zawsze procesem upraszczającym niezwykle skomplikowane procesy rozkładu zachodzące w składowanych odpadach. Każde modelowanie teoretyczne, niezależnie od stosowanego modelu, zawiera nieuniknione błędy, wynikające z niedokładności dostępnych danych i natury samego modelu. Dlatego też uzasadnione jest przedstawianie produkcji biogazu jako zakresu wartości, zawartych pomiędzy dwoma krzywymi: tzw. „konserwatywną” – zaniżoną i „optymistyczną” – zawyżoną. Krzywa „konserwatywna” używana jest zwykle do doboru urządzeń wykorzystujących energię z biogazu, a krzywa „optymistyczna” do zaprojektowania systemu odgazowania z uwzględnieniem zapasu projektowego. Do modelowania przyjęto model oparty na założeniach IPPC.

Zwykle w modelu teoretycznym przyjmuje się 75% jako maksymalnie możliwą w praktyce efektywność odzysku gazu (inaczej „sprawność systemu odgazowania”). W przypadku składowiska przy ul. Zamiejskiej w Łodzi, uwzględniając stan techniczny okrywy i systemu odgazowania, założono efektywność odzysku na poziomie 50%. Jest to oczywiście sprawność teoretyczna, a nie aktualnie osiągnięta przez system obciążony opisanymi wyżej mankamentami. Dla pełnego obrazu, poniżej przedstawiono modele teoretyczne dla dwóch wariantów:

- zakładanej obecnie 50% sprawności systemu odgazowania,
- maksymalnej przyjmowanej efektywności na poziomie 75%.



Wykres 1 Prognoza produkcji biogazu - zakładana sprawność systemu 50%

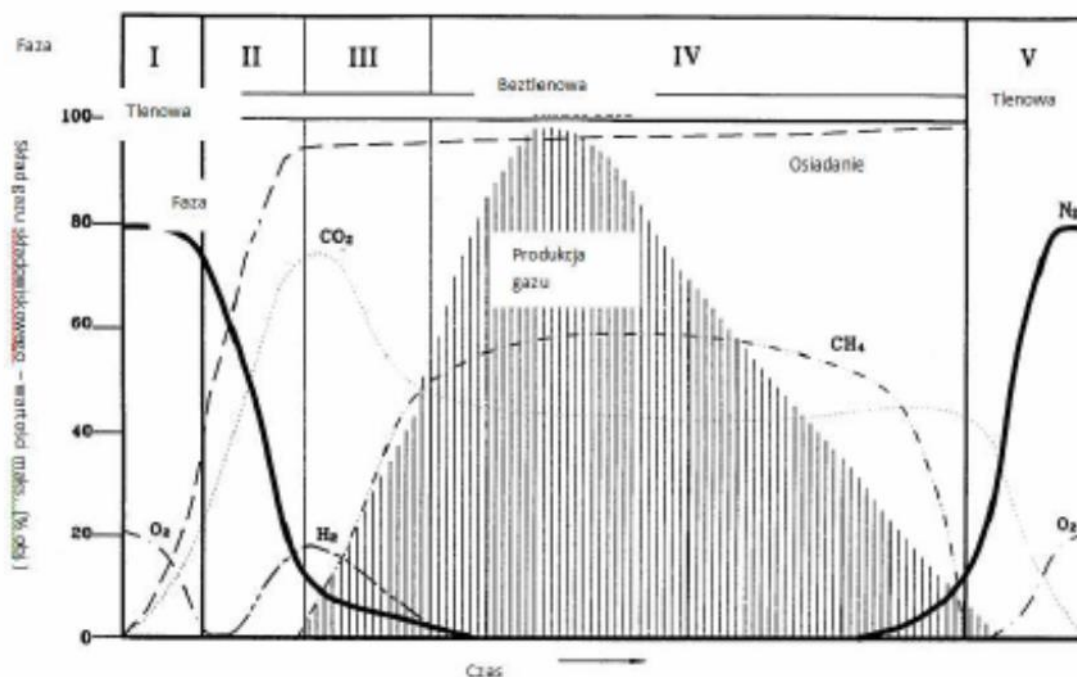


Wykres 2 Prognoza produkcji biogazu - zakładana sprawność systemu 75%

Powyższe wykresy wskazują na to, że przy utrzymaniu obecnego stanu systemu odgazowania możliwe jest uzyskiwanie między 150m³/h (wariant konserwatywny) a 200m³/h biogazu (wariant optymistyczny). Przeprowadzenie modernizacji systemu odgazowania może zwiększyć uzysk biogazu do poziomu od 200m³/h (wariant konserwatywny) do 300m³/h (wariant optymistyczny).

Wskazane jest wykonanie kalkulacji opłacalności inwestycji związanej z modernizacją instalacji odgazowania, biorąc pod uwagę możliwe korzyści wynikające ze zwiększonego poziomu pozyskiwania biogazu.

Dane wskazują jednoznacznie, że szczyt produkcji biogazu miał miejsce w latach 2018-2019, natomiast obecnie znajdujemy się w fazie spadkowej. Wskazane jest zatem, aby ewentualne energetyczne wykorzystanie biogazu zostało wdrożone bez zbędnej zwłoki, biorąc pod uwagę, że każdy kolejny rok oznacza dalsze obniżenie produkcji bieżącej biogazu (Faza IV produkcji biogazu – rysunek 1 poniżej).



Rys. 2 Poszczególne fazy produkcji biogazu na składowisku

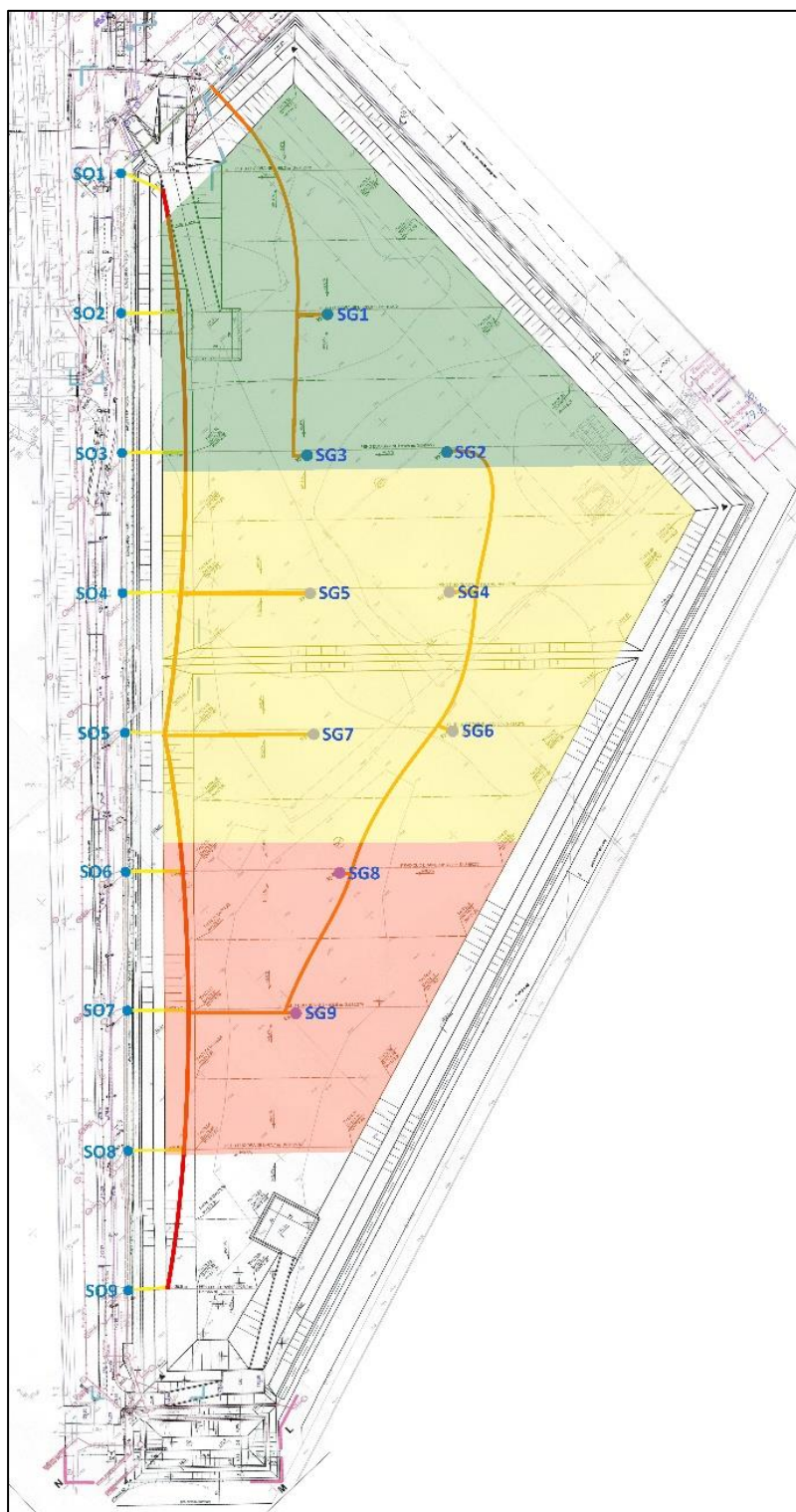
6. Użytkowanie kwatery składowania

Jeśli chodzi o sugestie dotyczące sposobu użytkowania kwatery składowania dla zwiększenia sprawności instalacji odgazowania, podstawowe zalecenie dotyczy doprowadzenia korony składowiska do wspólnej rzędnej. Na chwilę obecną jedynie teren zaznaczony na poniższej mapie kolorem zielonym jest na tyle wyrównany, że możliwe jest ewentualne wprowadzanie zmian w przebiegach rurociągów przesyłowych biogazu.

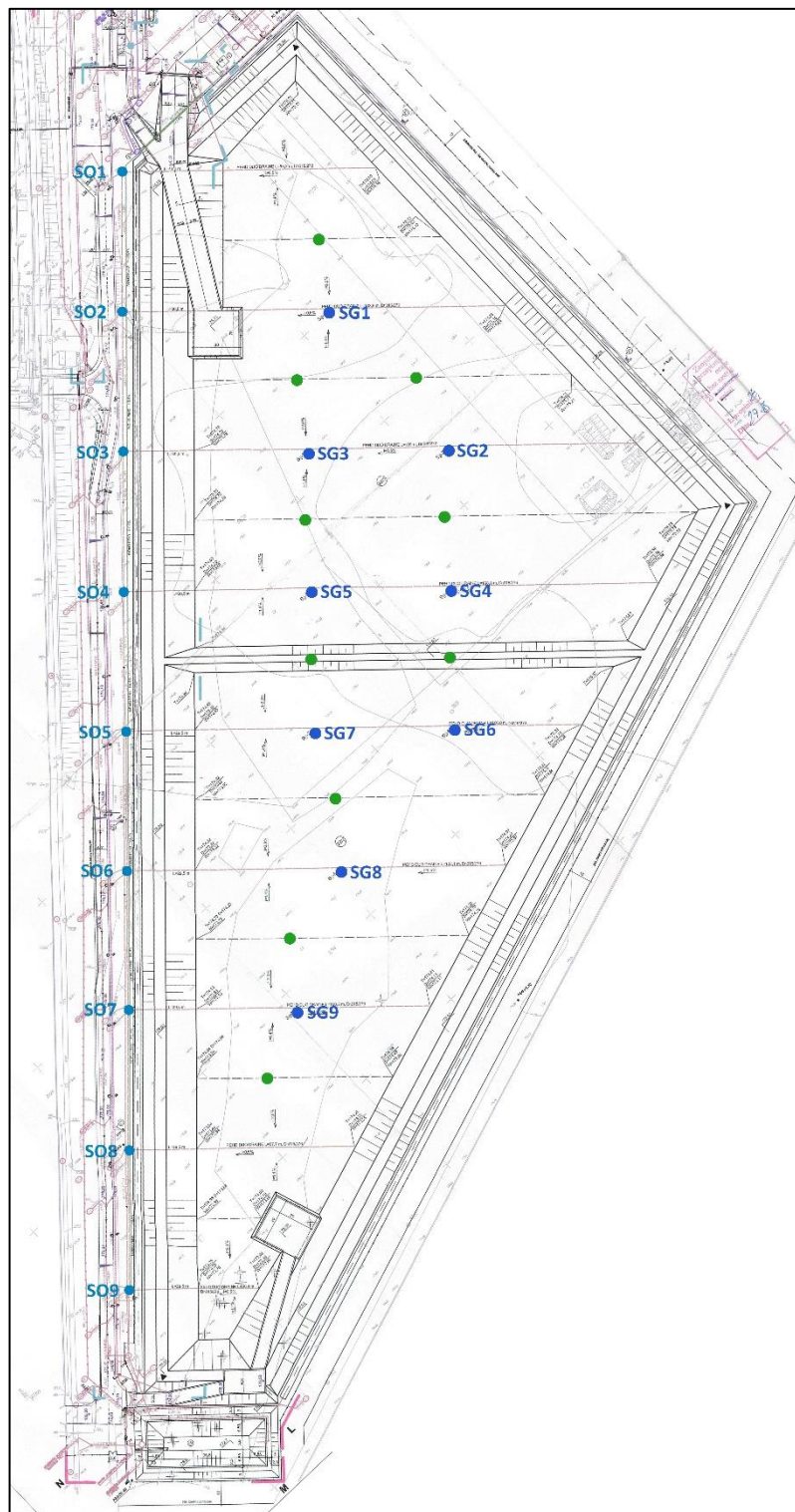
Wskazane jest, aby podzielić kwaterę składowiska na wyraźne sektory i użytkowanie w określonym przedziale czasowym prowadzić jedynie na wybranym sektorze, doprowadzając go do wcześniej założonej rzędnej. Dopiero po osiągnięciu wyznaczonej rzędnej oraz po odpowiednim wyprofilowaniu danego sektora (najwyższy punkt w środkowej części składowiska, spadki w stronę krawędzi kwatery), składowanie odpadów należy przenieść na kolejny sektor. Obecnie sektor oznaczony na poniższej mapie kolorem zielonym posiada stosunkowo równą powierzchnię. Warto zatem rozważyć wyprofilowanie tej części kwatery, tymczasowe wstrzymanie użytkowania oraz przeniesienie działań związanych ze składowaniem odpadów na centralną część kwatery (część zaznaczona kolorem żółtym na poniższej mapie). Po wypełnieniu nierówności na tej części kwatery oraz uzyskaniu rzędnej na tym samym poziomie, co w części północnej kwatery (zaznaczona na zielono), wskazane jest z kolei przeniesienie działań operacyjnych na najbardziej południową część kwatery (zaznaczono kolorem czerwonym).

Użytkowanie kwatery w opisany wyżej sposób pozwala na optymalne użytkowanie systemu odgazowania:

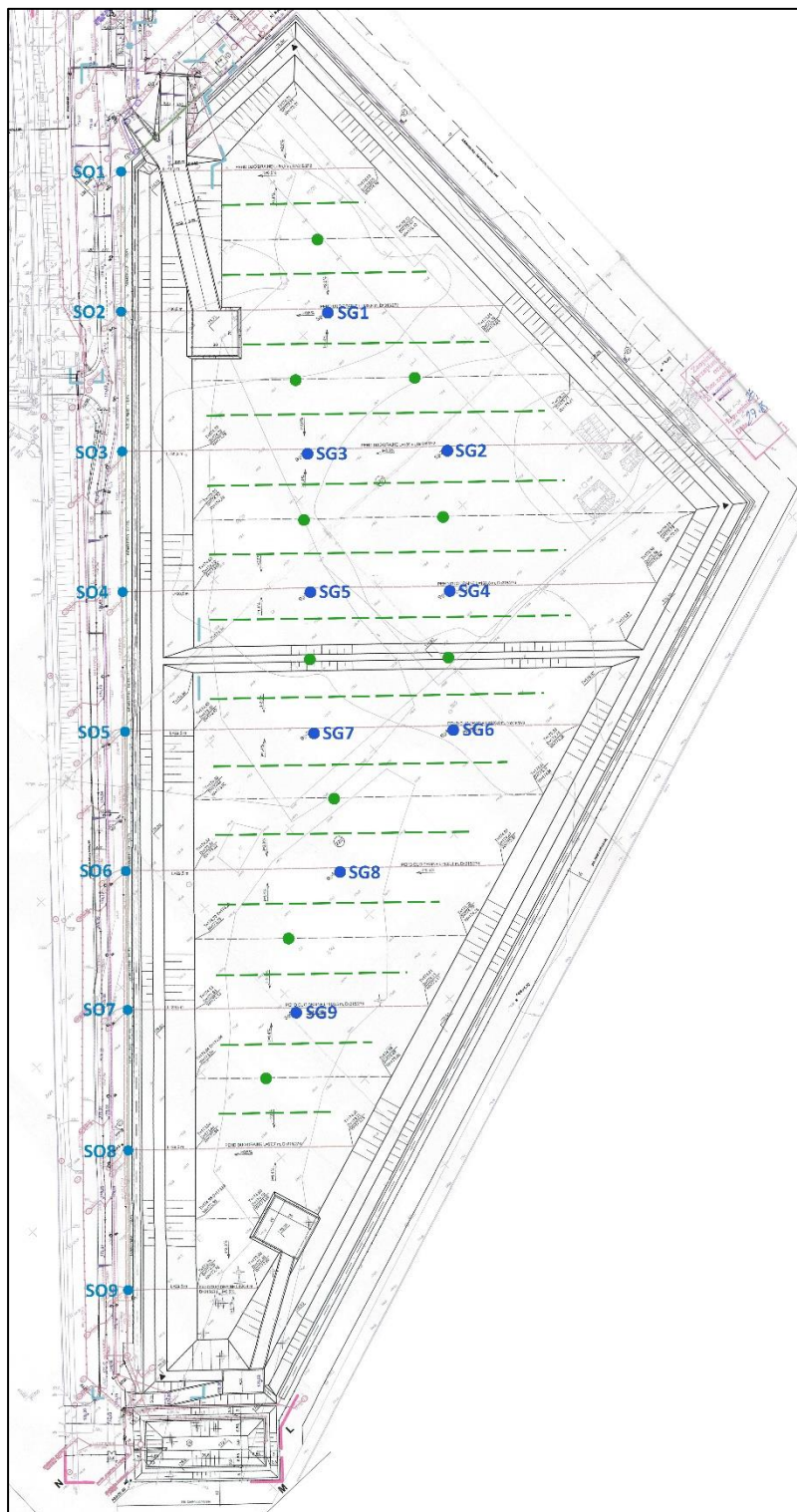
- zachowanie odpowiednich spadków,
- układanie rurociągów przesyłowych na możliwie najkrótszych odcinkach, ponieważ zredukowana zostaje potrzeba omijania nierówności terenowych. Utrzymywanie możliwie krótkich odcinków rurociągów oznacza również, że nie ma potrzeby zwiększania podciśnienia dla pozyskania biogazu ze studni, do których prowadzi kilkusetmetrowy rurociąg przesyłowy,
- możliwe jest zwiększenie efektywności ujmowania biogazu, jako że wyrównana powierzchnia kwatery pozwala na wykonanie dodatkowych odwiertów pod studnie pionowe, lub ewentualnie na ułożenie warstwy studni horyzontalnych.



Rys. 3 Kwarta składowiska - propozycja podziału na sektory



Rys. 4 Kwatera składowiska - proponowane lokalizacje odwiertów pod nowe studnie odgazowujące (zielone punkty)



Rys. 5 Kwatery składowiska - proponowane lokalizacje studni horyzontalnych (zielona linia przerywana)

7. Wnioski

Uzyskane wyniki pomiarów pozwoliły na wyprowadzenie następujących wniosków:

- pomiary podciśnienia wykonane po zwiększeniu natężenia przepływu na pochodni biogazowej (wzrost podciśnienia mierzonego przy ssawo-dmuchawie z -0,34mb do -6,84mb) wskazują na drożność rurociągów przesyłowych. Każdy z wykonanych pomiarów wykonany po zwiększeniu podciśnienia w systemie wskazuje na to, iż rurociągi przesyłowe są drożne. Również w przypadku studni SG2, która jest aktualnie podłączona w ten sposób, że biogaz pozyskiwany z wymienionej studni pokonuje odległość ponad 600 metrów od głowicy studni do pochodni biogazowej.
- pomiary głębokości studni pionowych wskazują na zablokowanie lub uszkodzenie kominów studni odgazowujących. Z uwagi na rozważaną możliwość energetycznego wykorzystania biogazu, wskazane jest wykonanie nowych odwiertów na kwaterze składowiska. Biorąc pod uwagę stosunkowo wysoką efektywność pozyskiwania biogazu z systemu drenażu odcieków, sugeruje się rozmieszczenie nowych odwiertów w taki sposób, aby zlokalizowane były pomiędzy liniami drenażu odcieków, dla zapewnienia możliwie najpełniejszego pokrycia kwatery składowiska systemem odgazowania. Proponowane lokalizacje nowych studni pionowych zamieszczono na poniższej mapie na zielono.
- wykonane próby i pomiary wskazują na to, że istniejący system odgazowania jest sprawny i w obecnym stanie technicznym i przy obecnej strukturze możliwe jest pozyskiwanie biogazu ze wszystkich studni z efektywnością ok. 165 m³/h. Wartość ta jest bliska obliczonym wartościom teoretycznym (konserwatywnym) przy sprawności systemu na poziomie 50%. Wykonanie dodatkowych studni pionowych czy poziomych zwiększyłoby sprawność systemu, co może przełożyć się na zwiększenie pozyskiwania biogazu do poziomu ok. 200 m³/h. Należy jednak brać pod uwagę fakt, że w ciągu najbliższych 10 lat produkcja metanu może zmniejszyć się od 30 do 50%, co wynika z fazy życia składowiska. Najszybszy spadek będzie się odbywał w najbliższych latach (patrz model teoretyczny).
- kwatera jest nieuszczelniona i stosowanie wysokich wartości podciśnienia w celu uzyskania wyższej sprawności systemu grozi przedostaniem się tlenu w głąb odpadów i zatrzymaniem metanogenezy lub spowodowaniem pożaru, dlatego założenie uzyskiwania biogazu w ilości ok. 165 m³/h jest bezpieczne i można przyjąć tę wartość do dalszych rozważań jego ekonomicznego wykorzystania.