

Badanie wydajności gazowej składowiska odpadów w Przemysłu

A study of gas productivity at a landfill in Przemysł

Streszczenie:

Potencjał energetyczny składowiska odpadów komunalnych w Przemysłu określono na podstawie obliczenia produktywności gazowej wykonanego w oparciu o równanie kinetyczne pierwszego rzędu wykorzystane w modelu IGNIG. Weryfikację danych z obliczeń modelowych przeprowadzono wykonując testy aktywnego odsysania gazu ze składowiska a wyniki tych badań przedstawiono w dalszej części artykułu. Na podstawie porównania obliczeń z wynikami testów określono możliwy do wykorzystania potencjał energetyczny składowiska oraz zwrócono uwagę na korzyści ekologiczne związane z prawidłowym zagospodarowaniem biogazu.

Abstract:

The energy potential of the municipal waste landfill in Przemysł was based on gas productivity calculations formulated using the first-order kinetic equation used in the IGNIG model. Verification of the model calculation data was carried out in tests while actively extracting gas from the landfill, and the results of these experiments are presented later in this article. A comparison of the calculations with the results of the tests determine the energy potential of the landfill site and the ecological benefits associated with the utilization of bio-gas.

Słowa kluczowe: biogaz, składowiska odpadów komunalnych, potencjał energetyczny

Keywords: bio-gas, municipal waste landfills, energy potential

Do prognozowania wydajności gazowej składowisk odpadów komunalnych wykorzystuje się różne modele kinetyczne rozkładu substancji organicznych. Algorytmy w nich wykorzystywane, ze względu na trudności uzyskania odpowiednich danych o składowanych odpadach, zawierają zwykle znaczną ilość założeń upraszczających. Ponieważ w wielu krajach UE wymagane jest składanie sprawozdań dotyczących niezorganizowanej emisji metanu ze składowisk, modele te wykorzystywane są również do wyliczenia emisji.

Ponieważ do chwili obecnej nie uzgodniono żadnej wspólnej metodyki prowadzenia obliczeń, wiele krajów wykorzystuje własne modele. We Francji stosowany jest model ADAME, w Wielkiej Brytanii metodę opartą na oprogramowaniu GasSim, natomiast w USA obowiązuje metoda US EPA wykorzystująca oprogramowanie LandGEM. W wielu krajach stosowana jest metoda opisana w wytycznych IPCC (Wytycznych Międzynarodowego Panelu na temat Zmian Klimatu). W przedstawionym artykule produktywność gazową składowiska w Przemysłu wyliczono modelem opracowanym w Instytucie Nafty i Gazu w Krakowie. Model IGNIG stanowi znaczne rozwinięcie

metody kinetycznej US EPA. Bazuje on na modelu kinetycznym I rzędu i uwzględnia odpady podzielone na cztery kategorie o zróżnicowanym czasie połowicznego rozpadu $t_{1/2}$, przypisując poszczególnym kategoriom odpadów organicznych (zdefiniowanych tak jak w metodzie IPCC) następujące czasy półrozpadu:

Kategoria odpadów:	Czas półrozpadu:
A – papier, tekstylia	tauA = 10 lat
B – odpady ogrodnicze, parkowe	tauB = 6 lat
C – odpady żywności, z oczyszczalni ścieków	tauC = 3 lata
D – opady drzewne i paszowe (z wyłączeniem ligniny)	tauD = 15 lat

Na podstawie wieloletnich obserwacji można stwierdzić, iż model IGNiG znacznie bliżej oddaje warunki rzeczywiste jakie panują na składowiskach, niż jest to w przypadku modelu IPCC.

Weryfikację prognozy produktywności gazowej wykonano w oparciu o własną metodykę, wykorzystując instalację badawczą wykonaną w Instytucie Nafty i Gazu w Krakowie.

Podstawowe informacje o składowisku w Przemysłu

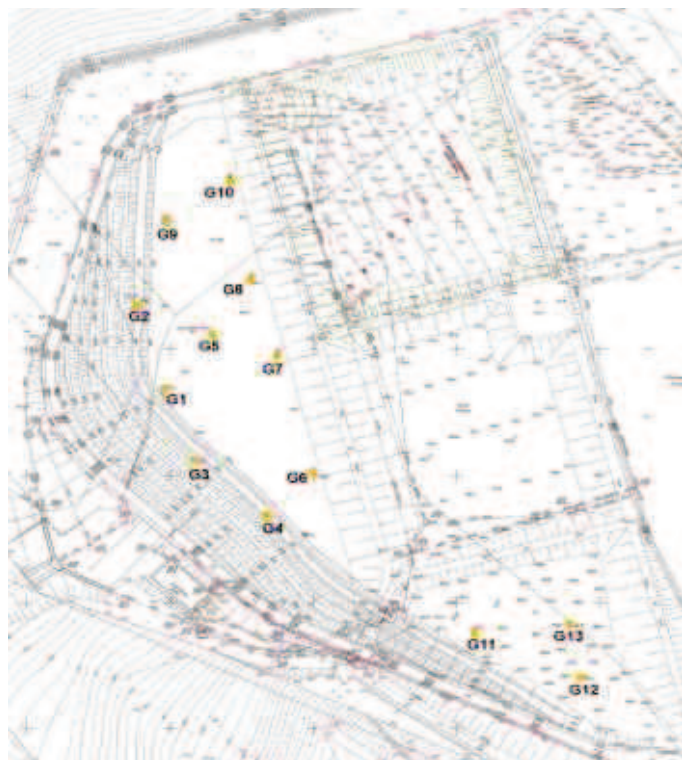
Obiekt zlokalizowany jest w Przemysłu w odległości około 2,5 km od centrum miasta. Składowisko o charakterze

✉ Mgr inż. Jerzy Dudek, Instytut Nafty i Gazu, Kraków ul. Lubicz 25A, e-mail: dudek@inig.pl.

przyskarpowym zajmuje łącznie powierzchnię 6,65 ha, z czego na chwilę obecną 2,91 ha jest zajęte przez odpady. Obszar pomiędzy ogrodzeniem a odpadami został obsadzony drzewami i krzewami w pasie od 10 do 30 metrów. Najbliższe otoczenie składowiska stanowią od strony zachodniej duże kompleksy leśne oraz mniejsze od strony północno-wschodniej tworząc naturalną strefę izolacji. Składowisko zlokalizowane jest w odległości około 500 m od granic Parku Krajobrazowego Pogórza Przemyskiego oraz Obszarów Specjalnej Ochrony Ptaków – Ostoja Pogórza Przemyskie, będącego częścią międzynarodowej sieci NATURA 2000.

Dowóz odpadów do składowiska odbywa się drogą utwardzoną. Składowisko funkcjonuje od roku 2004. Gospodarka odpadami na składowisku prowadzona jest w oparciu o uzyskane w dniu 5 listopada 2007 roku Pozwolenie Zintegrowane wydane przez Wojewodę Podkarpackiego, które ważne jest do dnia 05 listopada 2017 roku. Na składowisku składowane są wyłącznie odpady inne niż niebezpieczne. Składowisko nie posiada wydzielonej części do składowania odpadów niebezpiecznych. Odpady dopuszczone do przyjęcia składowane są w sposób nieselektywny, przy zachowaniu warunków określonych w rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 roku w sprawie rodzajów odpadów, które mogą być składowane w sposób nieselektywny (Dz. U. Nr 191, poz. 1595).

Istniejąca instalacja odgazowująca składa się z trzynastu studni gazowych, na których zainstalowano pochodnie do spalania gazu. Studnie budowano metodą podciągania, montując kolejne odcinki perforowanych rur o średnicy



Ryc. 1. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych

Ø 160 mm podczas narastania warstw składowanych odpadów. Obudowę studni stanowią rury stalowe o średnicy Ø 800 mm, zakończone szczelną pokrywą, stanowiącą zabezpieczenie przed rozprzestrzenianiem się gazu. Podczas prac związanych z przygotowaniem studni do badań zauważono uszkodzenia konstrukcji studni w postaci odchyleń od pionu, spowodowane prawdopodobnie podczas pracy kompaktora w bezpośrednim sąsiedztwie studni lub w trakcie podciągania obudowy studni.

Prognoza produktywności gazowej składowiska odpadów komunalnych w Przemyślu

Jednym ze sposobów pozwalających na określenie produkcji gazu na składowisku jest zastosowanie metody obliczeniowej. Produktywność gazową składowiska odpadów wylicza się stosując specjalnie opracowane do tego celu modele matematyczne. Dla składowiska odpadów komunalnych w Przemyślu obliczenia wykonano w oparciu o równanie kinetyczne pierwszego rzędu wykorzystane w tzw. modelu IGNIG. Model ten służy do obliczania produktywności gazowej i szacowania emisji metanu oraz ditlenku węgla ze składowisk odpadów komunalnych. Poniżej przedstawiono założenia, na których oparto obliczenia modelowe.

Założenia:

1. Strumień objętości generowanego przez składowisko gazu w rzeczywistości odpowiada strumieniowi gazu emitowanego do środowiska.
2. Obliczenia wykonywano przy założeniu stężenia metanu w gazie produkowanym przez składowisko na poziomie 50% [v/v].
3. Przyjęto następujący średni skład morfologiczny odpadów.
4. Obliczenia produktywności gazowej składowiska wykonano dla okresu 2004–2060.
5. Do obliczeń przyjęto, że rok 2030 będzie ostatnim rokiem składowania odpadów.
6. Ilość odpadów złożonych w latach 2004–2009 przyjęto według dokumentów pozyskanych z Zakładu Usług Komunalnych w Przemyślu.
7. Planowaną ilość odpadów złożoną do roku 2030 przyjęto na poziomie 750 000 Mg.
8. Założono stały wzrost ilości składowanych odpadów na poziomie 1% rocznie.

A ¹⁾	B ²⁾	C ³⁾	D ⁴⁾	E ⁵⁾
15,0 %	5,0 %	10,0 %	3,0 %	67,0 %

1) A – papier, tekstylia,

2) B – odpady z ogrodów, parków,

3) C – odpady organiczne (odpady spożywcze, odpady pochodzące z oczyszczalni ścieków),

4) D – odpady drzewne,

5) E – odpady obojętne, nieorganiczne (gruz, szkło, metale).

Dane dotyczące ilości zdeponowanych odpadów zestawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Ilość odpadów zdeponowanych w latach 2004–2030 na składowisku odpadów komunalnych w Przemysłu

Rok składowania odpadów	Masa odpadów zdeponowanych na składowisku [Mg/rok]	Rok składowania odpadów	Masa odpadów zdeponowanych na składowisku [Mg/rok]
-	[Mg/rok]	-	[Mg/rok]
2004	24334	2018	27971
2005	24577	2019	28251
2006	24823	2020	28534
2007	25072	2021	28819
2008	25322	2022	29107
2009	25575	2023	29398
2010	25831	2024	29692
2011	26090	2025	29989
2012	26350	2026	30289
2013	26614	2027	30592
2014	26880	2028	30898
2015	27149	2029	31207
2016	27420	2030	31519
2017	27695		

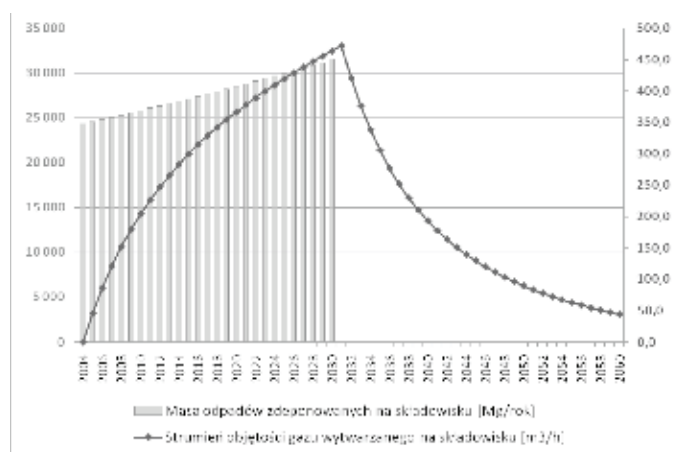
Ze względu na zmienność składu morfologicznego odpadów określono błąd obliczeń produktywności gazowej składowiska na poziomie $\pm 15\%$.

Wyniki obliczeń produktywności gazowej składowiska w Przemysłu w latach 2004–2060 zestawiono w tabeli 2 i na rysunku 2.

Tab. 2. Wyniki obliczeń produktywności gazowej składowiska odpadów komunalnych w Przemysłu w latach 2004–2060

Rok składowania odpadów	Strumień objętości gazu wytwarzanego na składowisku		Rok składowania odpadów	Strumień objętości gazu wytwarzanego na składowisku	
	[m ³ /rok]	[m ³ /h]		[m ³ /rok]	[m ³ /h]
2004	0	0,0	2033	3295751	376,2
2005	401369	45,8	2034	2963176	338,3
2006	750777	85,7	2035	2675784	305,5
2007	1057418	120,7	2036	2425860	276,9
2008	1328704	151,7	2037	2207166	252,0
2009	1570621	179,3	2038	2014648	230,0
2010	1788017	204,1	2039	1844197	210,5
2011	1984830	226,6	2040	1692464	193,2
2012	2164270	247,1	2041	1556706	177,7
2013	2328964	265,9	2042	1434668	163,8
2014	2481066	283,2	2043	1324489	151,2
2015	2622357	299,4	2044	1224626	139,8
2016	2754310	314,4	2045	1133789	129,4
2017	2878155	328,6	2046	1050900	120,0
2018	2994921	341,9	2047	975048	111,3
2019	3105477	354,5	2048	905459	103,4

2020	3210557	366,5	2049	841475	96,1
2021	3310791	377,9	2050	782528	89,3
2022	3406717	388,9	2051	728127	83,1
2023	3498802	399,4	2052	677847	77,4
2024	3587451	409,5	2053	631313	72,1
2025	3673021	419,3	2054	588199	67,1
2026	3755822	428,7	2055	548211	62,6
2027	3836134	437,9	2056	511091	58,3
2028	3914202	446,8	2057	476608	54,4
2029	3990248	455,5	2058	444553	50,7
2030	4064471	464,0	2059	414737	47,3
2031	4137052	472,3	2060	386991	44,2
2032	3683078	420,4			



- S 1 – S3 – Nowe studnie pomiarowo-eksploatacyjne;
- K 1 – K 8 – Punkty instalacji sond węglębnych;
- M 1 – M 8 – Istniejące na składowisku studnie degazacyjne;
- O 1 – O 3 – Obszary objęte pomiarami stężenia metanu w powietrzu atmosferycznym.

Ryc. 2. Wykres produktywności gazowej składowiska odpadów komunalnych w Przemysłu

W wyniku opracowanej prognozy produktywności gazowej wyliczono, że produkcja biogazu w roku 2009 na składowisku odpadów w Przemysłu była na poziomie 150–180 m³/h.

Weryfikacja prognozy produktywności gazowej składowiska odpadów komunalnych w Przemysłu

Podstawowym celem weryfikacji prognozy produktywności gazowej jest uzyskanie danych, które umożliwią określenie maksymalnej do odzyskania ilości gazu oraz stabilność jego dostaw do planowanych urządzeń wytwarzających energię. Weryfikację obliczeń wykonuje się na podstawie testów dynamicznego odbioru gazu z masy odpadów.

Składowisko odpadów komunalnych w Przemysłu posiada instalację do odbioru i utylizacji gazu. Instalacja podzielona jest na trzynaście niezależnych części, składających się ze studni podciąganej i zamontowanej na niej pochodni.

Weryfikację prognozy przeprowadzono wykonując pomiary ilości produkowanego przez składowisko biogazu. Brak możliwości połączenia we wspólny rurociąg wszystkich trzynastu instalacji spowodował, że pomiary ilości odbieranego biogazu wykonywano oddzielnie na każdej studni. Za całkowitą ilość gazu możliwą do odbioru przyjęto sumę objętości strumieni gazu pozyskaną ze wszystkich cząstkowych instalacji.

Do pomiarów mających na celu weryfikację prognozy produktywności gazowej składowiska w Przemysłu zastosowano zestaw służący do testów dynamicznego odbioru gazu, w którego skład wchodzi: wentylator, gazomierz rotacyjny o zakresie pomiarowym: 3.0 – 250.0 m³/h, gazomierz miechowy o zakresie pomiarowym: 0.01 – 16 m³/h. Urządzenia te są połączone elastycznymi przewodami o średnicy 63 mm, zbrojonymi drutem stalowym.

Analizy stężenia głównych składników gazu składowiskowego: metanu, ditlenku węgla i tlenu oraz siarkowodoru i tlenku węgla wykonywano analizatorem gazu, typ GA – 2000 firmy Geotechnical Instruments.

Zestaw do przeprowadzania weryfikacji prognozy produktywności na składowisku odpadów komunalnych przedstawiono na fotografii 1.



Fot. 1. Zestaw do testów aktywnego odgazowania na składowisku w Przemysłu

Wyniki testów aktywnego odbioru gazu prowadzonych na studniach doprowadzających gaz do pochodni zestawiono w tabeli 3.

Zasadnicze utrudnienie związane z weryfikacją prognozy stanowiła nieszczelność pionowych studni odgazowujących składowisko. Podczas pomiarów, na każdej ze studni, już przy zastosowaniu niewielkiego podciśnienia w odsysanym gazie pojawiał się tlen, którego stężenie przy stałym ciśnieniu stale wzrastało. Dlatego też nie zdecydowano się w żadnym z punktów pomiarowych na zwiększenie pod-

ciśnienia. Niemniej jednak wyniki pomiarów mogą stanowić podstawę do szacunkowego określenia strumienia objętości gazu możliwego do odebrania ze złoża odpadów komunalnych.

Na podstawie wyników pomiarów uzyskanych w warunkach statycznych oraz podczas prowadzenia testów odsysania, stwierdzono, że studnie G4 i G5 działają wadliwie i ich wydajności gazowe nie mogą być rozpatrywane przy weryfikacji prognozy produktywności składowiska.

Omówienie wyników badań i obliczeń

Wyniki pomiarów składu gazu pobieranego do analizy w punktach doprowadzenia gazu do pochodni w warunkach statycznych

Przed przystąpieniem do testów aktywnego odbioru gazu na głowicach studni wykonano pomiary składu gazu w warunkach statycznych. Wyniki analiz składu gazu pobieranego ze studni G2, G3, G6, G7, G8, G10, G11, G12 wskazują, że złoża odpadów osiągnęło fazę stabilnej metanogenezy. Zakresy głównych składników gazu zawierają się w przedziałach:

- metan w zakresie 44,1 – 62,0 % [v/v],
- ditlenek węgla w zakresie 24,4 – 33,9 % [v/v].

Gaz o takim stężeniu metanu posiada odpowiednio wartość opałową na poziomie 15,8 – 22,3 MJ/Nm³. Biogaz o takich parametrach może być wykorzystany do produkcji energii.

Zmierzony skład gazu w studniach G9 i G13 świadczy o istniejących nieszczelnościach, których podczas pomiarów nie udało się zlokalizować, natomiast studnie G4 i G5 nie nadają się do eksploatacji.

Wyniki pomiarów składu gazu pobieranego do analizy w punktach doprowadzenia gazu do pochodni podczas testów aktywnego odbioru

Podczas prowadzenia testu mierzono skład gazu i podciśnienie oraz wartość jego strumienia. Pojawiająca się obecność tlenu, którego stężenie zwiększało się wraz z upływem czasu pomiaru świadczy o zasysaniu powietrza przez nieszczelności w konstrukcji studni odgazowujących lub poprzez warstwy gruntu. Dlatego pomiary prowadzono tylko w zakresie ciśnień od -150 do -200 Pa.

Wyniki analiz składu gazu pobieranego na głowicy studni w warunkach dynamicznego odbioru gazu różnią się od wyników uzyskanych w warunkach statycznych. Średnie stężenia głównych składników gazu zarejestrowane podczas prowadzenia pomiarów oraz uzyskane wartości strumienia gazu przedstawiono w tabeli 4.

Oznaczenia punktów pomiarowych przyjęto zgodnie z rysunkiem 1.

Tab. 3. Wyniki testów dynamicznego odbioru gazu

Punkt pomiaru	Długość pomiaru [min]	Strumień objętości gazu [Nm ³ /h]	Skład pozyskanego gazu				Strumień objętości gazu po odjęciu powietrza [Nm ³ /h]	Skład pozyskanego gazu po odjęciu powietrza		
			CH ₄ [%]	CO ₂ [%]	O ₂ [%]	N ₂ [%]		CH ₄ [%]	CO ₂ [%]	N ₂ [%]
G1¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G2	15	12,4	46,6	28,3	4,8	20,3	9,6	60,2	36,6	3,2
	30	12,4	43,1	26,4	5,7	24,8	9,1	58,9	36,1	5,0
	45	12,4	39,7	24,1	7,0	29,2	8,3	59,2	36,0	4,8
	60	12,1	38,4	23,7	7,6	30,3	7,8	59,8	36,9	3,3
G3	15	8,2	45,1	23,5	5,1	26,3	6,2	59,4	30,9	9,7
	30	8,2	43,1	22,7	6,3	27,9	5,8	61,3	32,3	6,4
	45	8,2	38,4	20,4	8,0	33,2	5,1	61,6	32,7	5,6
	60	8,3	34,4	18,4	9,5	37,7	4,6	62,3	33,3	4,4
G4²⁾	15	10,0	2,8	0,6	20,4	76,2	-	-	-	-
G5³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G6	15	13,6	23,8	16,2	11,7	48,3	6,1	53,0	36,1	10,9
	30	13,9	22,4	15,7	12,1	49,8	6,0	52,1	36,5	11,4
	45	14,2	19,7	13,8	13,0	53,5	5,5	50,8	35,6	13,6
	60	15,5	18,0	12,4	13,7	55,9	5,5	50,7	35,0	14,3
G7	15	15,1	31,8	19,7	10,0	38,5	8,0	60,1	37,2	2,6
	30	15,6	31,0	18,9	10,6	39,5	7,8	61,9	37,7	0,3
	45	15,4	30,0	18,6	10,3	41,1	7,9	58,3	36,1	5,6
	60	15,5	31,6	19,4	9,8	39,2	8,3	58,7	36,0	5,3
G8	15	11,0	39,6	24,1	6,6	29,7	7,6	57,5	35,0	7,6
	30	11,2	37,5	23,1	7,2	32,2	7,4	56,7	35,0	8,3
	45	11,3	37,1	22,9	6,9	33,1	7,6	55,0	33,9	11,1
	60	11,5	36,5	22,4	7,3	33,8	7,5	55,6	34,1	10,2
	75	11,5	36,2	22,3	7,4	34,1	7,5	55,6	34,2	10,2
G9	15	12,4	17,4	20,7	14,8	47,1	5,0	43,3	51,5	5,2
	30	12,3	16,4	20,1	16,3	47,2	4,8	42,4	51,9	5,7
G10	15	7,9	45,8	31,5	1,4	21,3	7,4	49,0	33,7	17,2
	30	8,2	42,4	29,9	1,9	25,8	7,5	46,6	32,8	20,6
	45	8,2	40,0	28,7	2,7	28,6	7,2	45,8	32,9	21,3
	60	8,0	38,4	27,5	3,1	31,0	6,8	45,0	32,2	22,8
	75	8,2	37,0	26,8	3,5	32,7	6,8	44,3	32,1	23,6
G11	15	12,6	38,6	28,5	3,3	29,6	10,6	45,7	33,7	20,6
	30	12,5	35,5	26,9	4,5	33,1	9,9	45,0	34,1	20,8
	45	12,8	33,9	25,6	5,1	35,4	9,7	44,6	33,7	21,7
G12	15	13,3	41,6	30,0	3,3	25,1	11,2	49,3	35,5	15,2
	30	13,3	41,4	30,0	3,0	25,6	11,4	48,2	34,9	16,9
	45	13,2	41,4	29,7	3,2	25,7	11,2	48,7	35,0	16,3
	60	14,8	40,2	28,0	3,4	28,4	12,4	47,9	33,3	18,8
	75	14,2	37,5	27,1	4,6	30,8	11,1	47,9	34,6	17,5
G13	15	17,8	22,5	18,7	10,4	48,4	9,1	44,1	36,7	19,2
	30	19,7	17,4	14,2	12,7	55,7	7,9	43,3	35,3	21,4
	45	15,0	17,2	14,1	12,6	56,1	6,1	42,3	34,7	23,0
	60	14,4	16,0	13,1	13,0	57,9	5,6	41,3	33,8	24,9
	75	14,4	15,9	13,0	12,9	58,2	5,7	40,5	33,1	26,4

1) Brak dostępu do studni (studnia zalana),

2) Wartości nie przeliczono ze względu na możliwość wystąpienia znacznego błędu pomiarowego,

3) Ze względu na znaczną nieszczelność studni pomiaru nie wykonano.

Tab. 4. Średnie stężenia głównych składników gazu oraz uzyskane strumienie objętości

Punkt pomiaru	CH ₄ [%]	CO ₂ [%]	Strumień objętości gazu [Nm ³ /h]	Strumień objętości gazu odbieranego, po odjęciu zasysanego powietrza [m ³ /h]
G1	-	-	-	-
G2	42,0	25,6	12,3	8,7
G3	40,3	21,3	8,2	5,4
G4	2,8	0,6	10,0	
G5	-	-	-	
G6	21,0	14,5	14,3	5,8
G7	31,1	19,2	15,4	8,0
G8	37,4	23,0	11,3	7,5
G9	16,9	20,4	12,4	4,9
G10	40,7	28,9	8,1	7,1
G11	36,0	27,0	12,6	10,1
G12	40,4	29,0	13,8	11,5
G13	17,8	14,6	16,3	6,9

Tab. 5. Parametry fizykochemiczne dla średnich stężeń składników gazu otrzymanych po odliczeniu powietrza

Punkt pomiaru	CH ₄ [%]	CO ₂ [%]	O ₂ [%]	Wartość opałowa [MJ/Nm ³]	Ciepło spalania [MJ/Nm ³]	Gęstość bezwzględna [kg/Nm ³]	Gęstość względna	Liczba Wobbe'go [MJ/Nm ³]
G1	-	-	-	-	-	-	-	-
G2	59,5	36,4	4,1	21,36	23,68	1,19	0,92	24,65
G3	61,1	32,3	6,6	21,93	24,31	1,15	0,89	25,72
G6	51,7	35,8	12,6	18,54	20,55	1,23	0,95	21,05
G7	59,7	36,8	3,5	21,44	23,76	1,19	0,92	24,72
G8	56,1	34,4	9,5	20,12	22,30	1,20	0,93	23,17
G9	42,8	51,7	5,5	15,37	17,03	1,39	1,08	16,40
G10	46,1	32,7	21,1	16,55	18,35	1,24	0,96	18,74
G11	45,1	33,9	21,0	16,19	17,95	1,25	0,97	18,23
G12	48,4	34,7	16,9	17,36	19,24	1,24	0,96	19,64
G13	42,3	34,7	23,0	15,18	16,82	1,27	0,99	16,94

Ze względu na brak dostępu do studni G1 (zalanie wodą) oraz znaczne nieszczelności na studni G5 nie przeprowadzono na tych studniach testów odsysania. Stężenia głównych składników gazu uzyskane podczas testów aktywnego odsysania uzyskane na pozostałych studniach zawarte są w następujących przedziałach:

- metan w zakresie 40,5 – 62,3 % [v/v],
- ditlenek węgla w zakresie 30,9 – 37,7 % [v/v].

Na skutek nieszczelności studni odgazowujących podczas testów wraz z gazem składowiskowym zasysana była znaczna ilość powietrza. W celu uzyskania rzeczywistych parametrów składu gazu wykonano obliczenia polegające na wyeliminowaniu z mieszaniny gazowej składników powietrza: tlenu i azotu. W tabeli 5 podano parametry fizykochemiczne dla średnich stężeń składników gazu otrzymanych po odliczeniu powietrza.

Omówienie wyników prognozy produktywności gazowej składowiska oraz ich weryfikacji

Na podstawie danych o ilości odpadów zdeponowanych na składowisku w latach 2004–2009 (130 000 Mg) oraz

planowanej ilości w następnych latach (około 35 000 Mg/rok) sporządzono prognozę produktywności gazowej składowiska. W latach 2009–2010 wartość strumienia objętości produkowanego gazu mieści się w zakresie 180 – 200 Nm³/h. Przy założeniu, że składowisko będzie przyjmować odpady do roku 2030 ilość produkowanego gazu będzie sukcesywnie rosła do wartości 470 Nm³/h w roku 2031. Należy podkreślić, że całkowity wytworzony przez składowisko strumień objętości biogazu nie jest możliwy do wykorzystania. Z reguły przyjmuje się założenie, że do wytwarzania energii ze składowiska można odzyskać 50% – 60% produkowanego biogazu.

Podczas przeprowadzonych badań przy wykorzystaniu istniejących studni odgazowujących pozyskano z 10 studni około 76 m³/h gazu (po odjęciu zasysanego powietrza). Średnie wartości strumieni objętości pozyskanych z tych studni zestawiono w tabeli 4.

W tabeli 6 i na rysunku 3 przedstawiono możliwą (wg prognozy) do wykorzystania ilość gazu w latach 2004 – 2060.

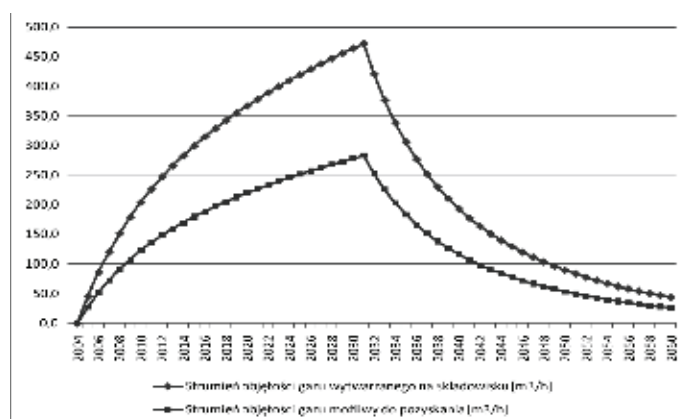
Tab. 6. Strumień objętości gazu możliwy do pozyskania przy założeniu odzysku ze składowiska 60% ilości prognozowanej na lata 2004–2060

Rok	Strumień objętości gazu do wykorzystania [Nm ³ /h]	Rok	Strumień objętości gazu do wykorzystania [Nm ³ /h]
2004	0,0	2033	225,7
2005	27,5	2034	203,0
2006	51,4	2035	183,3
2007	72,4	2036	166,2
2008	91,0	2037	151,2
2009	107,6	2038	138,0
2010	122,5	2039	126,3
2011	135,9	2040	115,9
2012	148,2	2041	106,6
2013	159,5	2042	98,3
2014	169,9	2043	90,7
2015	179,6	2044	83,9
2016	188,7	2045	77,7
2017	197,1	2046	72,0
2018	205,1	2047	66,8
2019	212,7	2048	62,0
2020	219,9	2049	57,6
2021	226,8	2050	53,6
2022	233,3	2051	49,9
2023	239,6	2052	46,4
2024	245,7	2053	43,2
2025	251,6	2054	40,3
2026	257,2	2055	37,5
2027	262,7	2056	35,0
2028	268,1	2057	32,6
2029	273,3	2058	30,4
2030	278,4	2059	28,4
2031	283,4	2060	26,5
2032	252,3		

Oszacowana na podstawie prognozy produktywności gazowej badanego składowiska ilość gazu możliwa do pozyskania w 2009 roku wynosi około 110 Nm³/h. Ilość gazu pozyskana w testach aktywnego odsysania przeprowadzonych na 10 z 13 istniejących studni wyniosła około 76 Nm³/h, co stanowi w przybliżeniu 70% ilości gazu wyliczonej z prognozy i możliwej do odzyskania ze składowiska w roku 2009 r. (Tab. 6). Zważywszy na to, że ze względu na stan techniczny nie można było przeprowadzić badań na trzech studniach, należy przypuszczać, że możliwość odbioru gazu ze składowiska na poziomie zbliżonym do prognozowanej ilości, tj. około 100-110 Nm³/h jest jak najbardziej realna.

Podsumowanie i wnioski

1. Wyniki prognozy produktywności gazowej oraz przeprowadzonych testów na składowisku odpadów komunalnych w Przemysłu stwarzają przesłanki do podjęcia prac związanych z energetycznym zagospodarowaniem gazu.
2. Wykonywane pomiary strumienia objętości gazu na istniejących studniach odgazowujących ze względu na naruszoną konstrukcję najprawdopodobniej zaniżają ilość możliwego do odzyskania gazu. Istniejący system odgazowania składowiska nie oddaje w pełni rzeczywistej produktywności gazowej złoża.
3. W przypadku podjęcia decyzji o przystąpieniu do energetycznego wykorzystania gazu składowiskowego, niezbędna jest budowa nowych studni bądź ich modernizacja.
4. Po modernizacji bądź wykonaniu nowych studni na składowisku należy ponownie wykonać pomiary wydajności gazowej instalacji odgazowującej. Na podstawie zweryfikowanych wyników można będzie dokonać doboru optymalnego sposobu energetycznego wykorzystania gazu.
5. Podjęcie decyzji o energetycznym wykorzystaniu gazu składowiskowego powinno przynieść wymierne korzyści ekonomiczne oraz przyczyni się do ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko naturalne Parku Krajobrazowego Pogórza Przemyskiego.



Ryc. 3. Strumień objętości gazu możliwy do pozyskania na składowisku odpadów komunalnych w Przemysłu