

OCENA ZAGROŻENIA WYBUCHEM DLA INSTALACJI ODNAWIALNEGO ŹRÓDŁA ENERGII W MIEJSCOWOŚCI SOBUCZYNA

Neo Bio Energy
ul. F. Klimczaka 1
02-797 Warszawa

Opracowanie:

Marianna Frydrycka
Główny Specjalista ds. bhp i ochrony ppoż.


Główny Specjalista
ds. BHP i Ochrony PPoż.
Marianna Frydrycka

Zatwierdził:


Robert Józwik
Pełnomocnik

STYCZEŃ 2021 roku

SPIS TREŚCI

Spis treści

1. Wstęp.....	3
2. Cel opracowania.....	4
3. Podstawa opracowania.....	5
4. Podstawowe pojęcia.	6
5. Ocena zagrożenia wybuchem	7
5.1 Ogólna charakterystyka przestrzeni związanych z zagrożeniem wybuchowym	7
5.2 Materiały palne występujące w procesie technologicznym mające wpływ na zagrożenie wybuchem.....	9
5.3 Wyliczenia przyrostu ciśnienia w pomieszczeniu, jakie mógłby spowodować wybuch instalacji biogazu składowiskowego	10
6. Wyznaczenie stref zagrożenia wybuchem na składowisku odpadów.....	17
6.1 Metodyka oceny zagrożenia wybuchem na składowiskach odpadów	17
6.2. Wyznaczenie rozmiarów stref.....	19
7. Wykaz załączników.....	23

1. Wstęp

Obowiązek dokonania oceny zagrożenia wybuchowego wynika z § 37 Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 8 lipca 2010 r. w sprawie minimalnych wymagań, dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej (Dz. U. Nr 138, poz. 931).

Zgodnie z art. 3 i art 4 ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (tj. Dz. U. z 2002 r. Nr 147, poz.1229 z późn. zm.) osoba fizyczna, osoba prawna, organizacja lub instytucja korzystająca ze środowiska przyrodniczego, budynku, obiektu lub terenu obowiązane są zabezpieczyć użytkowane środowisko, budynek, obiekt lub teren przed zagrożeniem pożarowym lub innym miejscowym zagrożeniem oraz zapewnić osobom przebywającym w budynku, obiekcie lub na terenie bezpieczeństwo i możliwość ewakuacji. Ponadto zapewniając ochronę przeciwpożarową obiektu osoby te zobowiązane są do:

- przestrzegania przeciwpożarowych wymagań budowlanych, instalacyjnych i technologicznych,
- wyposażenia budynku w niezbędne urządzenia przeciwpożarowe i środki gaśnicze,
- przygotowania budynku do prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej,
- zapewnienie osobom przebywającym w budynku bezpieczeństwo i możliwość ewakuacji.

Zgodnie z art. 6 ust. 5 ustawy jw. rozpoczęcie eksploatacji nowej, przebudowanej lub wyremontowanej budowli, obiektu lub terenu, maszyny, urządzenia lub instalacji albo innego wyrobu może nastąpić wyłącznie, gdy:

- zostały spełnione wymagania przeciwpożarowe,
- sprzęt, urządzenia pożarnicze i ratownicze oraz środki gaśnicze zapewniają skuteczną ochronę przeciwpożarową.

Zgodnie z § 207 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2002 r. Nr 75, poz. 690 z późn. zm) budynek i urządzenia z nim związane powinny być zaprojektowane i wykonane w sposób zapewniający w razie pożaru:

- nośność konstrukcji przez czas wynikający z rozporządzenia,
- ograniczenia rozprzestrzeniania się ognia i dymu,
- ograniczenie rozprzestrzeniania się pożaru na sąsiednie budynki,
- możliwość ewakuacji ludzi,
- a także uwzględniający bezpieczeństwo ekip ratowniczych.

2. Cel opracowania

Celem niniejszego opracowania jest:

- określenie czy pomieszczenia generatora i ssawy na terenie Instalacji Odnawialnego Źródła Energii w Sobuczynie należącej do Grupy Neo Bio Energy, kwalifikują się do pomieszczeń zagrożonych wybuchem,
- określenie stref zagrożenia wybuchowego w tych pomieszczeniach.

Niniejsze opracowanie obejmuje swym zakresem wskazanie zagrożeń wybuchowych oraz wyznaczenie w pomieszczeniach stref zagrożenia wybuchem, w kontekście stosowania biogazu składowiskowego jako materiał palny. Ponadto zostaną określone warunki, przy których zostanie ograniczone ryzyko wystąpienia atmosfery wybuchowej zgodnie z

Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 8 lipca 2010 r. w sprawie minimalnych wymagań, dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej (Dz. U. Nr 138, poz. 931). Dostosowanie się właściciela i pracowników do zasad bezpieczeństwa przedstawionych w powyższym opracowaniu zminimalizuje zagrożenie wybuchowe w pomieszczeniach i na instalacji firmy Grupa Neo Bio Energy.

3. Podstawa opracowania

Podstawę do niniejszego opracowania stanowią:

1. przepisy o ochronie przeciwpożarowej oraz Polskie Normy, w tym;
 - Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. z 2010 r. Nr 109, poz. 719 ze zmianami).
 - Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 lipca 2010 r. w sprawie minimalnych wymagań, dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej (Dz. U. Nr 138, poz. 931).
 - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jednolity: Dz.U. 2019 poz. 1065).
 - Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 6 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej (Dz. U. z 2016 r. Nr 0, poz. 817).
 - PN-EN 1127-1:2019-10 - wersja angielska Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Pojęcia podstawowe i metodologia.
 - PN-EN 60079-10-1:2016-02 - wersja angielska. Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – część 10. Klasyfikacja obszarów niebezpiecznych.
 - PN-EN 60079-17:2014-05 - wersja angielska. Atmosfery wybuchowe. Część 17. Kontrola i konserwacja instalacji elektrycznych.
 - PN-EN IEC 60079-0:2018-09 - wersja angielska. Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Wymagania ogólne.
 - PN-EN 1127-1:2019-10 - wersja angielska. Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Pojęcia podstawowe i metodologia
2. ustalenia oraz informacje zebrane przez autora opracowania,

4. Podstawowe pojęcia.

Wybuch – gwałtowna reakcja utleniania lub rozkładu wywołująca wzrost ciśnienia.

Dolna granica wybuchowości (DGW) – stężenie gazu palnego lub pary palnej w powietrzu, poniżej którego atmosfera gazowa nie jest wybuchowa.

Górna granica wybuchowości (GGW) - stężenie gazu palnego lub pary palnej w powietrzu, powyżej którego atmosfera gazowa nie jest wybuchowa.

Atmosfera wybuchowa – mieszanina substancji palnych w postaci gazu lub pary z powietrzem o stężeniu pomiędzy dolną, a górną granicą wybuchowości.

Przestrzeń zagrożona wybuchem – przestrzeń, w której występuje gazowa atmosfera wybuchowa lub można spodziewać się jej wystąpienia.

Strefa zagrożenia wybuchem – wyznaczona (sklasyfikowana) przestrzeń zagrożona wybuchem o objętości co najmniej 0,01 m³.

Strefa 0 – przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych, w postaci gazu, pary albo mgły, z powietrzem występuje stale, w długim czasie lub często.

Strefa 1 - przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych, w postaci gazu, pary albo mgły, z powietrzem może czasami wystąpić w trakcie normalnej pracy.

Strefa 2 - przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych, w postaci gazu, pary albo mgły, z powietrzem nie występuje w trakcie normalnej pracy, a w przypadku wystąpienia (rzadko) trwa przez krótki okres czasu.

Pomieszczenie zagrożone wybuchem - pomieszczenie, w którym może wytworzyć się mieszanina wybuchowa, powstała z wydzielającej się takiej ilości palnych gazów, par, mgieł lub pyłów, której wybuch mógłby spowodować przyrost ciśnienia w tym pomieszczeniu przekraczający 5 kPa.

Minimalna energia zapłonu (MEZ) – najmniejsza energia, przy której następuje zapłon mieszaniny palnej w optymalnych określonych warunkach badania.

Emisja ciągła – emisja, która występuje stale lub której występowania można spodziewać się w długich okresach.

Pierwszy stopień emisji – emisja, której występowanie w warunkach normalnej pracy można spodziewać się okresowo lub okazjonalnie.

Drugi stopień emisji - emisja, której występowania w warunkach normalnej pracy nie można spodziewać się, a jeżeli pojawi się ona rzeczywiście, to tylko rzadko i tylko na krótkie okresy.

Stopień wentylacji wysoki (VH) – jest w stanie zredukować stężenie przy źródle emisji poniżej DGW niemal natychmiast.

Stopień wentylacji średni (VM) – stabilizuje stężenie – stężenie poza granicami strefy utrzymuje się podczas trwania emisji poniżej DGW i atmosfera wybuchowa nie zalega za długo po zakończeniu emisji.

Stopień wentylacji niski (VL) – nie jest w stanie kontrolować stężenia podczas emisji.

5. Ocena zagrożenia wybuchem

5.1 Ogólna charakterystyka przestrzeni związanych z zagrożeniem wybuchowym

5.1.1. Pomieszczenie ssawy gazowej.

Pomieszczenie ssawy gazowej (pompowni) wykonane jest w formie kontenera stalowego. Ssawa wykorzystywana jest do wywierania podciśnienia na biogaz składowiskowy płynący z pola gazowego, a następnie do przesyłu biogazu płynącego do silnik (do wywierania ciśnienia na ten gaz). Silnik wykonany jest w obudowie przeciwwybuchowej EX.

Jeżeli pochodnia jest włączona sterownik ssawy dobiera częstotliwość utrzymując ustaloną wartość ssania przed ssawą. Jeżeli pochodnia jest wyłączona sterownik utrzymuje ustaloną wartość ciśnienia za ssawą.

W pomieszczeniu znajduje się oświetlenie. Oprawy oświetleniowe wykonano w Ex. Oświetlenie uruchamiane jest za pośrednictwem przełącznika, który także posiada wykonanie przeciwwybuchowe. Wyłącznik prądu posiada wykonanie Ex. Za drugim bezpiecznikiem ogniowym znajduje się filtr, mający usunąć z gazu pyły (3 mikrony), zanim gaz dostanie się do silnika. Po obu stronach korpusu filtra znajdują się manometry, wskazujące opór filtra. Mała różnica odczytów obu manometrów wskazuje, że filtr jest czysty.

W pomieszczeniu znajduje się wentylator. Pochodnia jak i cała instalacja doprowadzająca gaz są uziemione

5.1.2 Pomieszczenie generatora

Generator napędzany jest silnikiem o zapłonie iskrowym na zasilanie gazem o zawartości 50 % metanu. Ilość biogazu niezbędna do utrzymania pełnego obciążenia przy powyższej zawartości metanu może przekraczać ilości minimalne dla danego typu m³/h. W idealnej sytuacji stężenie metanu powinno wynosić 40-60 %, zaś stężenie tlenu powinno być zerowe. Przed pomieszczeniem generatorów znajduje się przepustnica służąca do ręcznego odcinania dopływu biogazu do silnika.

Dodatkowy zawór gazu jest usytuowany na głównym gazociągu przy jego wejściu do kontenera mieszczącego silnik. Zawór ten służy do elektrycznego odcinania dopływu gazu do silnika. W jego wnętrzu znajdują się dwa zawory, zapewniające bezpieczne odcięcie dopływu gazu (na wypadek nieszczelności jednego z nich). W czasie pracy silnika zawór gazu jest w pełni otwarty, zaś w czasie postoju silnika zamknięty. Zawór ten otwiera się w trakcie rozruchu silnika, gdy osiągnie on odpowiednią prędkość rozruchową.

Przed wejściem do komory spalania instaluje się dwa regulatory przepływu biogazu (pracujące jako jeden zespół). Są one zamontowane na układzie gazowym i położone powyżej prądnicy. Sterują ilością gazu dopływającego do silnika. Położenie zaworów wewnątrz regulatorów kontroluje elektroniczny układ sterowniczy.

Instalację oświetleniową wykonano zachowując wymagania dla urządzeń przeznaczonych do stosowania w strefach z zagrożeniem wybuchem Ex, a cała konstrukcja kontenera jest uziemiona.

Silnik agregatu chłodzony jest glikolem. Przewody położone w celu transportowania silnikowych płynów chłodzących będą zabezpieczone rękawem stanowiącym uszczelnienie przeciwwyciekowe.

Zarówno olej czysty jak i zużyty będzie transportowany za pomocą węży zwijanych zlokalizowanych bezpośrednio przy zbiornikach. Końcówki węży wyposażone w szybkozłączki zatraskowe

Po uruchomieniu przyciski awaryjne powinny zatrzasnąć się i pozostać wciśnięte. Aby je zwolnić, należy przekręcić wyłącznik w kierunku oznaczonym na wyłączniku strzałkami oraz zresetować alarmy na panelu głównym silnika.

W pomieszczeniu silnika są zamontowane dwa wyłączniki awaryjne. Oba działają poprzez przekaźnik zatrzymania awaryjnego, zamontowany w obrębie tablicy sterowniczej.

Jeżeli poprzez naciśnięcie dowolnego wyłącznika awaryjnego zainicjowane zostanie wyłączenie, zespół prądotwórczy nie uruchomi się ponownie, gdy przycisk zostanie zwolniony. Zespół będzie wymagał sygnału uruchomienia, pochodzącego z tablicy sterowniczej lub sygnału zdalnego.

Oświetlenie posiada wykonanie Ex a cała konstrukcja kontenera jest uziemiona.

5.2 Materiały palne występujące w procesie technologicznym mające wpływ na zagrożenie wybuchem.

Skład chemiczny biogazu (wartości przybliżone)

<u>metan,</u>	CH ₄	55 -75 %
<u>dwutlenek węgla,</u>	CO ₂	25-45 %
<u>azot,</u>	N ₂	0-0,3 %
<u>wodór,</u>	H ₂	1-5 %
<u>siarkowodor,</u>	H ₂ S	0-3 %
<u>tlen,</u>	O ₂	0,1-0,5%

Instalacja spalania biogazu składowiskowego

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nr	Materiał palny		Masa cząsteczkowa	DGW	GGW	Temperatura wrzenia °C	Gęstość gazu odniesiona do powietrza	Temperatura samozapłonu °C	Grupa i klasa temperaturowa	Uwagi i inne odpowiednie informacje
	Nazwa	Skład		% obj	% obj.					
1.	Metan	CH ₄	16,04	4,4	15,4	-165	0,9	650	I, II A / T1	

5.3 Wyliczenia przyrostu ciśnienia w pomieszczeniu, jakie mógłby spowodować wybuch instalacji biogazu składowiskowego

5.3.1. Pomieszczenie ssawy

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w „Arkuszu danych klasyfikacji przestrzeni zagrożonych” – stanowiącym załącznik nr 2.

W celu oceny zagrożenia wybuchem należy dokonać wyliczenia przyrostu ciśnienia w pomieszczeniach ssawy i generatorów, jakie mógłby spowodować wybuch:

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \times \Delta P_{\max} \times W}{V \times C_{st} \times \rho} \quad [1]$$

Ilość emitowanej substancji należy obliczyć ze wzoru, zgodnie z ZN-G-8101:

$$Q = 10^{-3} \times F \times \sqrt{p_r} \quad [2]$$

gdzie:

Q – średni strumień objętości paliwa gazowego wypływający ze źródła [m^3/s],

F – powierzchnia otworu stanowiącego źródło emisji [mm^2] = 1 mm^2

p_r – nadciśnienie paliwa gazowego w miejscu źródła emisji [MPa] = 100 mbar = 0.01 MPa

$$Q = 1 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 1,2 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$\rho = d = 1,2 \text{ kg/m}^3$ - gęstość biogazu

$$m_{\max} = Q \times t = 0,108 \text{ kg}$$

zakładając że:

t = 15 min = 900 sek – czas emisji (pomieszczenie jest bezobsługowe, zmiana ilości dostarczanego gazu charakteryzowana spadkiem w wyniku wycieku, będzie zauważona poprzez spadek wydajności generatora).

Dane do wzoru [1].

$\Delta P_{\max} = 605 \text{ kPa}$ – max. przyrost ciśnienia przy mieszaniny stechiometrycznej dla metanu, głównego składnika biogazu składowiskowego,

W = 0,17 – współczynnik przebiegu reakcji,

V = 40 m^3 – kubatura netto pomieszczenia,

C_{st} - objętościowe stężenie stechiometryczne dla biogazu składowiskowego

$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \times \beta} = 0,094$$

β – stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2} = 2 \quad \text{- dla metanu.}$$

Wynik:

Przyrost ciśnienia po wypływie i opóźnionym zapłonie gazu (po stronie nadciśnienia za ssawą) wyniesie:

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \times \Delta P_{\max} \times W}{V \times C_{st} \times \rho} = 2,46 \text{ kPa}$$

W pomieszczeniu występuje wentylacja mechaniczna, dlatego przy obliczaniu ΔP uwzględniamy jej działanie i możemy zmniejszyć masę m_{\max} o k razy w zależności od liczby wymian powietrza i czasu wydzielania się par cieczy palnej.

$$k = 1 + n \times t$$

Ilość wymian powietrza obliczono ze wzoru

$$n = \frac{L}{V}$$

V – objętość pomieszczenia $m^3 = 40 \text{ m}^3$

L – objętość wymienionego powietrza w m^3/h (wydajność) $2200 \text{ m}^3/h$

$$n = \frac{2200}{60} = 36,6 = 55/h$$

n – liczba wymian powietrza zapewniana przez wentylację $36,6/h$ (biorąc pod uwagę jedynie went. Mechaniczną która pracuje bezustannie).

t – czas wydzielania się biogazu składowiskowego $= 0,25 \text{ h} = 15 \text{ min.}$

$$k = 1 + 55 \times 0,25 = 14,75 \text{ razy}$$

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \times \Delta P_{\max} \times W}{V \times C_{st} \times \rho} = 0,16 \text{ kPa}$$

Przyrost ciśnienia w przypadku wybuchu w pomieszczeniu ssawy i w pomieszczeniu generatorów w momencie rozszczelnienia i uwolnienia biogazu nie przekracza 5 kPa. W związku z powyższym żadne z pomieszczeń **nie kwalifikuje się jako zagrożone wybuchem**.

Obliczenia w celu ustalenia stopnia wentylacji

Charakterystyka emisji:

- materiał palny: biogaz składowiskowy,
- źródło emisji: biorąc pod uwagę fakt, że wszystkie źródła emisji w rozpatrywanym pomieszczeniu są stopnia drugiego – do dalszej analizy bierzemy źródło o największym strumieniu masy substancji emitowanej: połączenie kołnierzowe Ø 250 po stronie nadciśnienia ($p = 0,01 \text{ MPa}$),
- DGW: $0,032 \text{ kg/m}^3$ (4,9 % obj.), - dla metanu
- stopień emisji: drugi,
- współczynnik bezpieczeństwa $k = 0,5$
- maksymalny strumień masy substancji emitowanej $dG/dt = 1,2 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$

Charakterystyka wentylacji:

- rodzaj przestrzeni: pomieszczenie zamknięte z otworami wentylacyjnymi: dolotowymi – w dolnej części pomieszczenia; wylotowym - w bocznej ścianie pomieszczenia,
- liczba wymian powietrza $C = 55/\text{h}$, $1,52 \times 10^{-2}/\text{s}$
- współczynnik jakości $f = 2$ (dość dobry przepływ powietrza),
- temperatura otoczenia $T = 20^\circ\text{C}$ (293K)
- współczynnik temperaturowy ($T/293$): 1

Minimalny strumień przepływającego powietrza wymagany do rozrzedzenia uwalnianego materiału palnego poniżej DGW:

$$\left(\frac{dV}{dt} \right)_{\min} = \frac{(dG/dt)}{k \times DGW} \times \frac{T}{293} = 7,3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Hipotetyczna objętość atmosfery potencjalnie wybuchowej wokół źródła emisji *poza tą objętością stężenie gazu ziemnego będzie poniżej 50% DGW*:

$$V_z = \frac{f \times (dV/dt)_{\min}}{C} = 0,94 \text{ m}^3$$

Czas zalegania – czas, po którym średnie stężenie po zatrzymaniu emisji spadnie poniżej 100% DGW:

$$t = \frac{-f}{C} \ln \frac{DGW \times k}{X_0} = 0,13 \text{ h} = 7,8 \text{ min}$$

Biorąc pod uwagę to, że:

- wyliczona wartość hipotetycznej objętości atmosfery potencjalnie wybuchowej wokół źródła emisji – $0,94 \text{ m}^3$ jest bardzo mała,
- czas zalegania atmosfery wybuchowej po zatrzymaniu emisji – 7,8 min. jest krótki, co sprawia, że **stopień wentylacji jest wysoki (VH)**,

- w związku z bezustannym działaniem wentylacji mechanicznej należy uznać, że jej **dyspozycyjność jest dobra**,
- czas emisji będzie zależny od szybkości wykrycia spadku stężenia biogazu na czujnikach generatora,
- częstotliwość emisji (nieszczelność połączeń rozłączalnych na instalacji) przewiduje się jako małą – stopień emisji drugi,

Zgodnie z załącznikiem nr 1 normy PN-EN 60079-10-1, źródło emisji stopnia drugiego prowadzi przy wysokim stopniu wentylacji i dobrej dyspozycyjności do wyznaczenia STREFY 2.

Obliczenie rozmiarów strefy 2

W związku z tym, że w budynku redukcji ciśnienia gazu znajdują się:

- zawory Ø 250,
- połączenia kołnierzowe,

wokół tych połączeń i zaworów **wyznacza się STREFĘ 2 zagrożenia wybuchem** o wymiarach wyliczonych poniżej.

Rozmiary Strefy 2 wokół połączeń kołnierzowych i zaworów o ciśnieniu 0,01 MPa

$$R = 80,86(F\sqrt{p})^{0,55} = 0,5 \text{ m}$$

gdzie:

F - powierzchnia nieszczelności = 1 mm²,

p – ciśnienie w instalacji = 0,01 MPa

δ = 2 (połączenia wewnątrz pomieszczeń)

Biorąc pod uwagę małą liczbę zaworów i połączeń kołnierzowych, możliwość pojawienia się **STREFY 2 zagrożenia wybuchem jest jedynie teoretyczna i dodatkowo o niewielkim zasięgu.**

Określenie oddziaływania pomieszczenia ssawy i generatorów jako emitora na otoczenie.
Zgodnie z PN-EN-60079-10-1

Biorąc pod uwagę wyznaczenie strefy 2 zagrożenia wybuchem w niewielkiej odległości od źródeł oraz fakt, że drzwi są stale zamknięte, uszczelnione oraz posiadają samozamykacze (otwory rodzaju D) dlatego stopień emisji drzwi traktuje się jako – **BEZ EMISJI** co oznacza brak konieczności wyznaczania strefy na zewnątrz obiektu.

5.3.2. Pomieszczenie generatora

Zestawienie źródeł emisji znajduje się w „Arkuszu danych klasyfikacji przestrzeni zagrożonych” – stanowiącym załącznik nr 2.

W celu oceny zagrożenia wybuchem należy dokonać wyliczenia przyrostu ciśnienia w pomieszczeniach ssawy i generatorów, jakie mogłyby spowodować wybuch:

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \times \Delta P_{\max} \times W}{V \times C_{st} \times \rho} \quad [1]$$

Dane do wzoru [1].

$\Delta P_{\max} = 605 \text{ kPa}$ – max. przyrost ciśnienia przy mieszaniny stechiometrycznej dla metanu, głównego składnika biogazu składowiskowego,

$W = 0,17$ – współczynnik przebiegu reakcji,

$V = 50 \text{ m}^3$ – kubatura netto pomieszczenia,

$\rho = d = 1,2 \text{ kg/m}^3$ - gęstość biogazu

$m_{\max} = 0,108 \text{ kg}$ (zgodnie z obliczeniami jak dla pomieszczenia ssawy)

C_{st} - objętościowe stężenie stechiometryczne dla biogazu składowiskowego

Wynik:

Przyrost ciśnienia po wypływie i opóźnionym zapłonie gazu (po stronie nadciśnienia za ssawą) wyniesie:

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \times \Delta P_{\max} \times W}{V \times C_{st} \times \rho} = 1,96 \text{ kPa}$$

W pomieszczeniu występuje wentylacja mechaniczna, dlatego przy obliczaniu ΔP uwzględniamy jej działanie i możemy zmniejszyć masę m_{\max} o k razy w zależności od liczby wymian powietrza i czasu wydzielania się par cieczy palnej.

$$k = 1 + n \times t$$

Ilość wymian powietrza obliczono ze wzoru

$$n = \frac{L}{V}$$

V – objętość pomieszczenia $m^3 = 50 m^3$

L – objętość wymienionego powietrza dla jednego wentylatora wyciągowego o wydajności $3,5 m^3/s = 20.700 m^3/h$ każdy = w sumie $41400 m^3/h$

$$n = \frac{12600}{50} = 252/h$$

n – liczba wymian powietrza zapewniana przez wentylację 36,6/h (biorąc pod uwagę jedynie went. Mechaniczną która pracuje bezustannie).

t – czas wydzielania się biogazu składowiskowego = 0,25 h = 15 min.

$$k = 1 + 252 \times 0,25 = 64 \text{ razy}$$

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \times \Delta P_{\max} \times W}{V \times C_{st} \times \rho} = 0,03 \text{ kPa}$$

Przyrost ciśnienia w przypadku wybuchu w pomieszczeniu ssawy i w pomieszczeniu generatorów w momencie rozszczelnienia i uwolnienia biogazu nie przekracza 5 kPa. W związku z powyższym żadne z pomieszczeń **nie kwalifikuje się jako zagrożone wybuchem.**

Obliczenia w celu ustalenia stopnia wentylacji

Charakterystyka emisji:

- materiał palny: biogaz składowiskowy,
- źródło emisji: biorąc pod uwagę fakt, że wszystkie źródła emisji w rozpatrywanym pomieszczeniu są stopnia drugiego – do dalszej analizy bierzemy źródło o największym strumieniu masy substancji emitowanej: połączenie kołnierzone $\varnothing 250$ po stronie nadciśnienia ($p = 0,01 \text{ MPa}$),
- DGW: $0,032 \text{ kg/m}^3$ (4,9 % obj.), - dla metanu
- stopień emisji: drugi,
- współczynnik bezpieczeństwa $k = 0,5$
- maksymalny strumień masy substancji emitowanej $dG/dt = 1,2 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$

Charakterystyka wentylacji:

- rodzaj przestrzeni: pomieszczenie zamknięte z otworami wentylacyjnymi: dolotowymi – w dolnej części pomieszczenia; wylotowym - w bocznej ścianie pomieszczenia,
- liczba wymian powietrza $C = 252/h = 0,07/s$
- współczynnik jakości $f = 2$ (dość dobry przepływ powietrza),
- temperatura otoczenia $T = 20^\circ \text{C}$ (293K)
- współczynnik temperaturowy $(T/293)$: 1

Minimalny strumień przepływającego powietrza wymagany do rozrzedzenia uwalnianego materiału palnego poniżej DGW:

$$(dV/dt)_{\min} = \frac{(dG/dt)}{k \times DGW} \times \frac{T}{293} = 7,3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Hipotetyczna objętość atmosfery potencjalnie wybuchowej wokół źródła emisji *poza tą objętością stężenie gazu ziemnego będzie poniżej 50% DGW*:

$$V_z = \frac{f \times (dV/dt)_{\min}}{C} = 0,2 \text{ m}^3$$

Czas zalegania – czas, po którym średnie stężenie po zatrzymaniu emisji spadnie poniżej 100% DGW:

$$t = \frac{-f}{C} \ln \frac{DGW \times k}{X_0} = 0,03 \text{ h} = 1,8 \text{ min}$$

Biorąc pod uwagę to, że:

- wyliczona wartość hipotetycznej objętości atmosfery potencjalnie wybuchowej wokół źródła emisji – 0.2 m³ jest bardzo mała,
- czas zalegania atmosfery wybuchowej po zatrzymaniu emisji – 1,8 min. jest krótki, co sprawia, że **stopień wentylacji jest wysoki (VH)**,
- w związku z bezustannym działaniem wentylacji mechanicznej należy uznać, że jej **dyspozycyjność jest dobra**,
- czas emisji będzie zależny od szybkości wykrycia spadku stężenia biogazu na czujnikach generatora,
- częstotliwość emisji (nieszczelność połączeń rozłączalnych na instalacji) przewiduje się jako małą – stopień emisji drugi,

Zgodnie z załącznikiem nr 1 normy PN-EN 60079-10-1, źródło emisji stopnia drugiego prowadzi przy wysokim stopniu wentylacji i dobrej dyspozycyjności do wyznaczenia STREFY 2 o zasięgu poniżej 0,2 m.

5.4. Ocena zagrożenia wybuchem przestrzeni zewnętrznych

Instalacja odnawialnego źródła energii odzyskuje palne gazy powstające w wyniku procesów zachodzących w głębi pól składowanych odpadów. Następnie gazy te są spalane, a energia cieplna przetworzona na energię elektryczną.

W składowisku zostało wywierconych na głębokości do ok. 15 m o średnicy odwiertów \varnothing 350 i średnicy rury czerpania \varnothing 160. Przewody gazowe \varnothing 90 mm od każdej studni zbierają się w stacjach zbiorczych \varnothing 160, a następnie prowadzą do kolektora zbiorczego.

Rurami \varnothing 200 mm przy pomocy ssawy wytwarzającej podciśnienie w złożu gaz jest zasysany do zespołu urządzeń ssawy.

Na terenie składowiska istnieje możliwość uwolnienia się niewielkiej ilości biogazu składowiskowego ze studzienki jedynie w sytuacji zaistnienia awarii. Zjawiska takie będą więc mało prawdopodobne.

6. Wyznaczenie stref zagrożenia wybuchem na składowisku odpadów

6.1 Metodyka oceny zagrożenia wybuchem na składowiskach odpadów

Na składowiskach odpadów komunalnych biogaz wytwarza się naturalnie. Odpady na składowisku są mieszaniną materiałów organicznych i nieorganicznych. Technologia składowania polegająca na maszynowym zagęszczaniu i przykrywaniu odpadów stwarza warunki sprzyjające procesom rozkładu beztlenowego.

Gęstość biogazu składowiskowego jest większa niż powietrza, co powoduje, że gromadzi się on w pobliżu ziemi i w jej zagłębieniach. Zagrożenie pożarowe ze strony biogazu składowiskowego wynika z obecności palnego metanu, którego naturalne stężenie w gazie wynosi początkowo do 60%.

Podstawowym elementem przy określaniu rodzaju i zasięgu strefy jest obliczenie natężenia wypływu biogazu składowiskowego (kg/s). Przy obliczeniach natężenia wypływu biogazu składowiskowego można posłużyć się gotowymi wzorami dla wypływu gazu ziemnego.

Dla ciśnienia poniżej 850 mbar:

$$[1] \quad Q = 1500 * C_d * A * (M*P/T)^{0,5}$$

Gdzie:

Q – natężenie wypływu biogazu składowiskowego w kg/s

C_d – współczynnik wycieku przez otwór = 0,8 (0,97 dla zaworów bezpieczeństwa)

A – powierzchnia przekroju otworu w m²

M – masa cząsteczkowa (27,2 kg/kmol dla biogazu składowiskowego zawierającego 60% metanu)

P – ciśnienie gazu wyrażone w barach

T – temperatura bezwzględna w K (przyjęto 283 K)

Dla uproszczenia przyjęto, że temperatury biogazu składowiskowego wylotowego i gazu w otoczeniu wycieku są równe i wynoszą 10°C. Znając czas wydobywania się gazu, można obliczyć jego masę:

$$m_{\max} = q * t \text{ [kg]}$$

Powierzchnia przekroju przyjęta dla wycieku podczas nieszczelności kołnierza, połączeń lub zaworów wynosi 0,25 mm².

Konieczne jest przeliczenie natężenia przepływu masy obliczonej z równania [1] na objętościowe natężenie wypływu. Przeliczenie to można wykonać w oparciu o równie gazu doskonałego:

$$P * V = n * R * T$$

Gdzie:

P – ciśnienie bezwzględne gazu

V – objętość gazu

N – liczba moli

R – stała gazowa 8,314 J/kmol*K

T – temperatura

Do obliczeń przyjęto ciśnienie równe 101 325 Pa.

A więc:

$$V = n * R * T / P = m * R * T / M * P$$

$$V = m * 8314,4 * T / M * 101325$$

$$V = 0,0821 * m * T / M$$

$$m_{\max} = d * t$$

Zamiana objętości do masy:

$$Q = 0,0821 * q * T / M$$

Q – natężenie przepływu objętości biogazu składowiskowego w m³/s

q – natężenie wypływu masy w kg/s

T – temperatura

M – masa molowa

t – czas wypływu

Stała w równaniu (0,0821) jest pochodną stałych i parametrów gazu. Ponieważ w wytycznych przyjęto, że biogaz składowiskowy zawiera maksymalnie 60% metanu, to natężenie można zapisać jako:

$$[2] \quad Q_{CH_4} = 0,0493 * q * T/M$$

W obliczeniach używa się masy molowej biogazie składowiskowym. Jeżeli wynik pomnoży się przez 0,6 to otrzyma się natężenie wypływu metanu.

Dla innych procentowych zawartości metanu w gazie wysypiskowym wartość Q może być wyznaczona przy użyciu mas molowych z tabeli:

% metanu	30	40	50	60	70	80
M (kg/kmol)	35,6	32,8	30,0	27,2	24,4	21,6

Równanie promienia strefy dla wycieków zewnętrznych.

Promień strefy może być obliczony z następującego równania empirycznego:

$$[3] \quad X = (1840 * Q_{CH_4}/k * E_{\%})^{0,55}$$

Gdzie:

X - promień strefy (przyjęto kulę) w [m]

Q_{CH_4} – natężenie przepływu objętości metanu liczone z równania [2]

K – współczynnik bezpieczeństwa stosowany do DGW

0,5 dla wycieku drugiego stopnia

0,25 dla wycieku pierwszego stopnia

$E_{\%}$ - dolna granica wybuchowości (DGW) w proc.

6.2. Wyznaczenie rozmiarów stref

Promień strefy dla przeciekającej kryzy

Należy obliczyć promień strefy dla przeciekającej kryzy rurociągu zawierającego biogaz składowiskowy pod ciśnieniem 350 mbar i o temperaturze 10°C.

Korzystając z równania [1] otrzymuje się:

$$Q = 1500 * 0,8 * (0,25 * 106) * (27,2 * 0,35/283)^{0,5} = 5,51 * 10^{-5} \text{ kg/s}$$

Korzystając z równania [2]

$$QCH_4 = 0,0493 * 5,51 * 10^6 * 283/27,2 = 2,83 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Z równania [3]

$$X = (1840 * 2,83 * 10^{-5} / 0,5 * 4,4)^{0,55} = 0,127 \text{ m}$$

Po zaokrągleniu przyjmuje się **X = 0,2 m**.

Promień strefy dla studni gazowej o swobodnej wentylacji

Przyjęto, że studnia gazowa posiada swobodną wentylację

$$X = (1840 * 0,005 / 0,5 * 4,4)^{0,55} = 2,197 \text{ m}$$

Zaokrągla się do **X = 2,2 m**.

Na terenie składowiska możliwość uwolnienia się biogazu składowiskowego ze studni wierconej istnieje jedynie w razie mechanicznego uszkodzenia studni lub rur przez np. pojazd pracujący na kwaterze.

Jeśli biogaz składowiskowy jest generowany w miejscach wystawionych na działanie atmosfery to wydobywa się on na powierzchnię takiego wysypiska a następnie ulega rozproszeniu w atmosferze. Wydobywanie się biogazu nie jest jednolite. Gaz wydostaje się na powierzchnie poprzez różnego rodzaju szczeliny w podłożu, które stawiają mniejszy lub większy opór. W efekcie gaz, by wydostać się na powierzchnię musi „obrać” trasę stawiającą najmniejszy opór. Skutkiem jest nierównomierna dystrybucja biogazu z takiej powierzchni. Ten naturalny proces wydobywania się biogazu na powierzchnię odbywa się ciągle i może zakończyć się powstaniem atmosfery wybuchowej na powierzchni wysypiska. Błędne byłoby jednak wyznaczanie strefy 0 nad całą powierzchnią wysypiska. W miejscach gdzie gaz wydostaje się na otwartą przestrzeń, ryzyko wybuchu i zapłonu jest bardzo niskie. Przyjmuje się, że zasięg strefy jest pomijalnie mały i nie zaznacza się jej na rysunkach klasyfikacji obszarów. Badania pokazują, że po zastosowaniu systemu odgazowania składowiska gaz na powierzchni wysypiska pojawia się w odległości kilku centymetrów od gruntu, jednak nie zawsze osiąga stężenia DGW w związku, z czym nie jest groźny.

Wnętrze rury wymaga wyznaczenia **strefy 1 zagrożenia wybuchem**. Na zewnątrz, wokół studzienki, istnieje możliwość pojawienia się strefy 2 zagrożenia wybuchem.

Zasięg obliczony według następujących wzoru [1] wynosi:

$$q = 1,17 * 10^{-4} \text{ [kg/s]}$$

następnie ze wzoru [2] oblicza się objętościowy wypływ:

$$QLG = 1 * 10^{-4} \text{ m}^3\text{s} = 0,36 \text{ m}^3\text{/h}$$

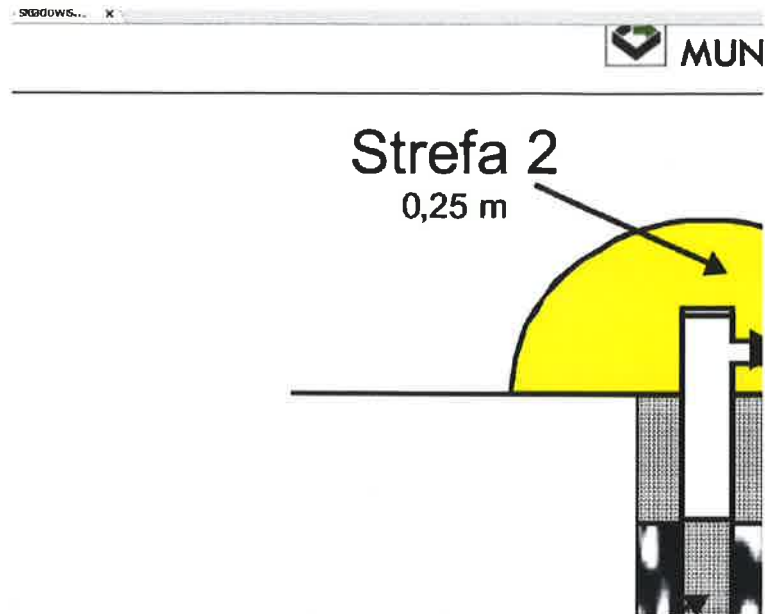
Rozmiary strefy ze wzoru [3] wynoszą:

$$X = 0,25 \text{ m}$$

Podczas podnoszenia rury osłonowej filtru żwirowego studni do odgazowania wymagającego montażu dodatkowej rury perforowanej lub podczas okresowych prac konserwacyjnych, **wyznacza się strefę zagrożenia wybuchem „1” o promieniu 5 metrów**, w której podczas przebywania kategorycznie zabrania się używania otwartego ognia. Dodatkowo podczas otwarcia studni przed przystąpieniem prac należy odczekać ok. 5 minut aby wybuchowa mieszanina metanu z tlenem, których wymieszanie wystąpi na skutek otwarcia studni zmalała do bezpiecznego (niewybuchowego) poziomu.

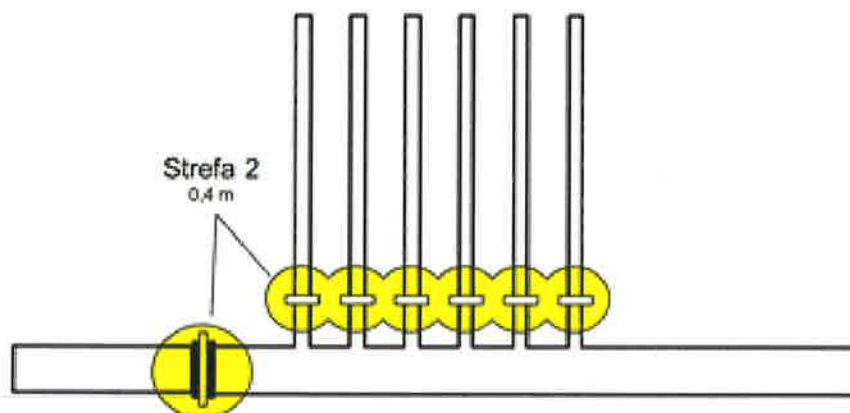
Pochodnia biogazu

posiada przerywacz płomieni, automatyczne urządzenie zapłonowe oraz dobrą wentylację naturalną – podczas pracy urządzenia strefy zagrożenia wybuchem nie wyznacza się. **W przypadku przestojów technologicznych, dla pochodni wyznacza się strefę zagrożenia wybuchowego 2 – kulistą o promieniu 8 m.**

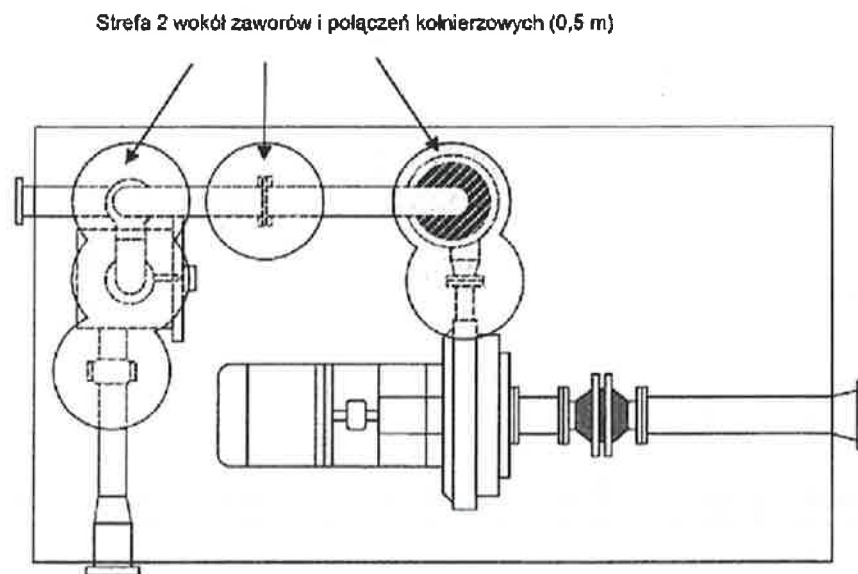


Rys. Szkic strefy zagrożenia wybuchem wokół studni gazowej

W kolektorze zbiorczym należy wyznaczyć strefę 2 zagrożenia wybuchem w bezpośrednim otoczeniu połączeń kołnierzowych oraz zaworów w odległości 0,4 m od źródła emisji.



Rys. Szkic strefy zagrożenia wybuchem w kolektorze zbiorczym



Rys. Zespół urządzeń ssawopochodni

7. Wykaz załączników.

Załącznik nr 1. Wpływ wentylacji na rodzaj strefy (zgodnie z PN-EN 60079-10)

Załącznik nr 2 Arkusza danych klasyfikacji przestrzeni zagrożonych

Załącznik nr 1. Wpływ wentylacji na rodzaj strefy (zgodnie z załącznikiem nr 1 (PN-EN 60079-10-1))

Wentylacja										
Stopień emisji	Stopień									
	wysoki						średni			Niski
	Dyspozycyjność									
	Dobra	Dostateczna	Słaba	Dobra	Dostateczna	Słaba	Dobra dostat lub słaba			
Ciągła	(Strefa 0 NE) Niezagrożona ¹⁾	(Strefa 0 NE) Strefa 2 ¹⁾	(Strefa 0 NE) strefa 1 ¹⁾	Strefa 0	Strefa 0 + Strefa 1	Strefa 0 + Strefa 1	Strefa 0			
Pierwszy	(Strefa 1 NE) Niezagrożona ¹⁾	(Strefa 1 NE) Strefa 2 ¹⁾	(Strefa 1 NE) Strefa 2 ¹⁾	Strefa 1	Strefa 1 + Strefa 2	Strefa 1 + Strefa 2	Strefa 1 lub Strefa 0 ¹⁾			
Drugi ²⁾	(Strefa 2 NE) Niezagrożona ¹⁾	(Strefa 2 NE) Niezagrożona ¹⁾	Strefa 2	Strefa 2	Strefa 2	Strefa 2	Strefa 1 i nawet strefa 0 ³⁾			
<div><div>¹⁾ Strefa 0 NE, 1 NE lub 2 NE oznacza teoretyczną strefę, która w warunkach normalnych ma pomijalnie mały zasięg;</div><div>²⁾ Strefa 2 w przestrzeni wywołanej emisją o drugim stopniu może się rozszerzyć po przypisaniu jej pierwszego stopnia lub emisji ciągłej, w tym przypadku należy przyjąć większą odległość;</div><div>³⁾ Strefa będzie strefą 0, jeżeli wentylacja jest tak słaba, a emisja jest taka, że w praktyce atmosfera wybuchowa istnieje niemal ciągle (tj. zbliżając się do warunków „brak wentylacji”).</div></div> <div>UWAGA – „+” oznacza „otoczoną przez”</div>										

Załącznik nr 1. Arkusza danych klasyfikacji przestrzeni zagrożonych

Instalacja: ODNAWIALNEGO ŹRÓDŁA ENERGII															
Obszar: Ssawa, generator, studzienki i przewody gazowe															
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13		
Źródło emisji			Materiał palny			Wentylacja		Strefa zagrożona ⁵							
Lp.	Opis	Uytuowanie	Stopień emisji ¹	Odmiesienie ²	Temperatura i ciśnienie pracy		Stan ³	Rodzaj ⁴	Stopień ⁵	Dyspozy cyjność ⁵	Rodzaj strefy 0-1-2	Zasięg strefy m		Odmiesienie	Uwagi i inne odpowiednie informacje
					°C	kPa						poziomy	pionowy		
1.	Połączenia kółnierzowe	W pomieszcze niu ssawy	S	Biogaz składowisk owy	25	10	G	A	Średni (HL)	Dobra	2	0,5 m			
2.	Połączenia kółnierzowe	W pomieszcze niu generatora	S	Biogaz składowisk owy	25	10	G	A	Wysoki (HL)	Dobra	2	0,2 m			
3.	Połączenia kółnierzowe	Studzienki gazowe	S	Biogaz składowisk owy	25	0,5	G	N	Średni (MV)	Słaba	2	0,25 od poł. kółnierzowych			
4.	Przewody gazowe	Wnętrze przewodów	S	Biogaz składowisk owy	25	0,5	G	-	-	-	1	Wnętrze przewodów			
5.	Wnętrze kolektora	Kolektor zbiorczy	S	Biogaz składowisk owy	25	0,5	G	N	Średni (MV)	Słaba	2	0,4 m. od poł. Kółnierzowych i zaworów			
<div><div><div><div><div>1)</div><div>C – ciągła; P – pierwszy; S – drugi;</div></div><div><div>2)</div><div>Powołano się na numer w Tablicy 1;</div></div><div><div>3)</div><div>G – gaz; L – ciecz; LG – ciekły gaz; S – ciało stałe</div></div><div><div>4)</div><div>N – naturalna; A – mechaniczna;</div></div><div><div>5)</div><div>Patrz wcześniejsze obliczenia</div></div></div></div></div>															

