

**OCENA ZAGROŻENIA WYBUCEM
DLA INSTALACJI ODNAWIALNEGO ŹRÓDŁA
ENERGII, ELEKTROWNI BIOGAZOWEJ (BGS)
W MIEJSCOWOŚCI SOBUCZYNA**

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

Opracowanie:

Marianna Frydrycka
Główny Specjalista ds. bhp i ochrony ppoż.

Zatwierdził:



Robert Jóźwik
Pełnomocnik

STYCZEŃ 2020 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 gazu wysypiskowego.....	10
6. Wykaz załączników.....	20

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 Elektrowni Biogazowej (BGS) 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 gazu wysypiskowego 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 1127-1:2011 Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Pojęcia podstawowe i metodologia.
 - PN-EN 60079-10-1:2009 - 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 60079-0:2009 - wersja angielska Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Wymagania ogólne.
 - PN-EN 1127-1:2009 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 $0,01 \text{ m}^3$.

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 okazjnie.

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 wiązanych z zagrożeniem wybuchowym

5.1.1. Pomieszczenie ssawy gazowej.

Kubatura: 40 m³

Pomieszczenie ssawy gazowej (pompowni) wykonane jest w formie kontenera stalowego. Ssawa wykorzystywana jest do wywierania podciśnienia na gaz wysypiskowy płynący z pola gazowego, a następnie do przesyłu gazu płynącego do silników (do wywierania ciśnienia na ten gaz). Silnik firmy AEG wykonany jest w formie przeciwwybuchowej. Ex II 3G EEx n A II T3 IP 55. Aby osiągnąć powyższy cel, w większości zakładów instaluje się ssawę gazową 300 mbar podłączoną poprzez łożysko samonastawne do silnika trójfazowej energii elektrycznej.

Przed i za ssawą gazową zamontowane są bezpieczniki ogniowe firmy PROTEGO typ FA-E- 200 II A Cert No iBExU 01 Atex 2018 X CE 0637 Ex II G II A. Mają one zapobiegać cofnięciu się płomieni wzdłuż gazociągu głównego (bezpieczniki te mogą zostać zablokowane odpadami w gazociągu głównym). Za drugim bezpiecznikiem znajduje się punkt poboru próbek gazu.

W pomieszczeniu znajduje się oświetlenie. Oprawy oświetleniowe wykonane są w formie Ex i posiadają oznakowanie Ex II 3 DG EEx nC II T3 200°C. Przyłącza przewodów do lampy posiadają oznaczenia ZONE 1 EEx d II C. Oświetlenie uruchamiane jest za pośrednictwem przełącznika który także posiada wykonanie przeciwwybuchowe Ex II 2G Ex II 2D T 67°C, IP 66. Wyłącznik prądu posiada wykonanie EEx de II C T 6.

Za drugim tłumikiem płomieni znajduje się filtr, mający usunąć z gazu ewentualne cząstki stałe, 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 znajdują się dwa wentylatory ATAV. Jeden z nich pracuje bez przerwy. Drugi uruchamia się w razie awarii pierwszego. Wentylatory wykonane w formie przeciwwybuchowej posiadają oznakowanie Ex II 2 G C II B T 4 IP 55. Właściwości prądowe KW 0,05, Hz 50, V10% 230 V, min⁻¹ 1370, A = 0,69, cos 0,62.

Silnik ssawy posiada dodatkowe zabezpieczenia przed możliwością pojawienia się ognia na uzwojeniach. Cały strumień ciepła kierowany będzie na zewnątrz pomieszczenia.

Z pomieszczenia jeden rurociąg kieruje strumień gazu do generatora, natomiast drugi w razie potrzeby na flarę. Przed flarą znajduje się bezpiecznik ogniowy o parametrach identycznych jak opisane powyżej. Flara jak i cała instalacja doprowadzająca gaz są uziemione.

5.1.2 Pomieszczenie generatora

Kubatura: 50 m³

Elektrownia składa się z jednego generatora. Pomieszczenie silnika wyposażone jest w detektor metanu, zamontowany na stałe oraz czujniki dymu połączone z centralką alarmową. Czujnik gazu wykonany i znakowany Ex d II C class 1

Agregat prądotwórczy jest fabrycznie wyposażony w zabezpieczenia elektroenergetyczne i technologiczno-mechaniczne kontrolujące: temperaturę, ciśnienie gazu, niewłaściwą pracę pomp chłodzących, pomp doprowadzających olej do łożysk itp.

Instalacja jest wykonana w sposób uniemożliwiający uruchomienie agregatu prądotwórczego bez wcześniejszego włączenia napięcia z sieci oraz nie ma możliwości pracy wyspowej. Agregat prądotwórczy wyposażony jest w zabezpieczenie podstawowe działające na wyłącznik wyłączający jednostkę prądotwórczą z pracy.

Agregat prądotwórczy wyposażony jest w urządzenie sygnalizujące położenie oraz wyłączenie przez zabezpieczenia wyłączników MCCB (ACB1) i MC (ACB2) oraz w układ pozwalający na załączenie miejscowe lub zdalne. Sygnały wysyłane mogą być linią telefoniczną lub GSM.

W przypadku wyłączenia przez zabezpieczenia pracownik serwisu technicznego odbiera sygnał i odczytuje z komputera przyczynę wyłączenia.

Po rozpoznaniu przyczyny albo załącza zdalnie (synchronizuje) ponownie agregat prądotwórczy albo na miejscu dokonuje odpowiedniej naprawy i przeprowadza synchronizację i załączenie. Wyposażenie agregatu nie umożliwia samoczynnego ponownego załączenia.

Wyłącznik sprzęgający w polu 1 rozdzielni 20kV wyposażony jest w napęd silnikowy. Wyłącznik ten może być sterowany z miejsca lub zdalnie (przez Zakład Energetyczny). Wyłącznik ten wyposażony jest również w urządzenie wysyłające sygnał informujący o jego położeniu i wyłączeniu przez zabezpieczenia.

Ponadto w sytuacji zagrożenia można awaryjnie użyć „wyłącznika awaryjnego”.

W celu uruchomienia obwodu i zatrzymania zespołu prądotwórczego należy nacisnąć przycisk można tak postąpić jedynie w sytuacjach awaryjnych.

Jeżeli zespół prądotwórczy pracuje z pełnym obciążeniem w chwili, gdy następuje wyłączenie awaryjne, zespół wyłączy się od razu i nie będzie pracował na wolnych obrotach. Sytuacja ta może spowodować uszkodzenie uszczelki silnika oraz jego części na skutek WYŁĄCZENIA POD OBCIĄŻENIEM (przegrzanie, słabe smarowanie), zatem ten sposób postępowania powinien być stosowany wyłącznie w sytuacjach awaryjnych.

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 gazu wysypiskowego

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nr	Materiał palny		Masa cząsteczkowa kg/mol	DGW	GGW	Temperatura wrzenia °C	Gęstość względna gazu odniesiona do powietrza	Temperatura samozapłonu u °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 mogłyby spowodować wybuch instalacji gazu wysypiskowego

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 mogłyby 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 gazu wysypiskowego,

W = 0,17 – współczynnik przebiegu reakcji,

V = 40 m^3 – kubatura netto pomieszczenia,

C_{st} - objętościowe stężenie stechiometryczne dla gazu wysypiskowego

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

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 gazu wysypiskowego $= 0,25 \text{ h} = 15 \text{ min.}$

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

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

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: gaz wysypiskowy,
- 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 Ø 250 po stronie nadciśnienia ($p = 0,01$ 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:

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

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

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

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

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

gdzie:

F - powierzchnia nieszczelności = 1 mm²,

p – ciśnienie w instalacji = 0,01 MPa

δ = 2 (połączenia wewnątrz pomieszczeni

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 500kW

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 gazu wysypiskowego,

$W = 0,17$ – 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 gazu wysypiskowego

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 gazu wysypiskowego = $0,25 h = 15 min.$

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

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

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: gaz wysypiskowy,
- 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 $\varnothing 250$ 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:

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

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

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

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

W składowisku odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne zostało wywierconych na głębokości do ok. 15 m 100 studni o średnicy odwiertów $\varnothing 90$, kwatera nr I - 90 studni i kwatera nr II - 10 studni. Przewody gazowe $\varnothing 90$ mm od każdej studni zbierają się w 3 stacjach zbiorczych $\varnothing 160$, a następnie prowadzą do kolektora zbiorczego. W tym miejscu wszystkie rury zbierające gaz wysypiskowy spotykają się dla ułatwienia sterowania. Rury zbierające gaz są wyposażone w zawory sterownicze i próbkujące od strony pola gazowego. Służą one do regulacji przepływu gazu i pobierania próbek mieszanki gazu. Kolektory są podłączone do gazociągu o większej średnicy, prowadzącego do pompy gazu i zwanego gazociągiem głównym. Zazwyczaj na wylocie kolektora znajduje się zawór służący do sterowania podciśnieniem oraz zawór do pobierania próbek mieszanki gazu z kolektora.

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

Wnętrze rurociągu wymaga wyznaczenia strefy 1 zagrożenia wybuchem
(pierwszy stopień emisji)

Na zewnątrz, wokół studni istnieje możliwość pojawienia się strefy 2 zagrożenia wybuchem. Jej zasięg został obliczony poniżej:

$$q = 1500 \cdot C_d \cdot A \cdot \left(\frac{M \cdot P}{T} \right)^{0.5}$$

gdzie:

q - natężenie przepływu gazu wysypiskowego w kg/s,

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

A - powierzchnia przekroju otworu w m^2 ($1 \text{ mm}^2 = 10^{-6}$),

M - masa cząsteczkowa = 27,2 kg/kmol dla gazu wysypiskowego zawierającego 60% metanu,

P - ciśnienie gazu wyrażone w barach (5 mbar = 0,0049 bar),

T - temperatura bezwzględna gazu w K (przyjęto $10^\circ \text{C} = 283 \text{ K}$)

$$q=2,6 \times 10^{-5} \text{ [kg/s]}$$

W celu obliczenia objętościowego wypływu należy posłużyć się wzorem:

$$Q_{LG} = \frac{0,0821 \times q \times T}{M}$$

gdzie:

Q – natężenie przepływu objętości gazu wysypiskowego w m³/s,

G – natężenie przepływu masy w kg/s,

TTT – temperatura bezwzględna gazu w K,

M – masa cząsteczkowa = 27,2 kg/kmol dla gazu wysypiskowego zawierającego 60% metanu,

$$Q_{LG} = 0,08 \text{ m}^3/$$

Dla określonego nadciśnienia przewidywanego wewnątrz studzienki (5mbar) zasięg strefy drugiej będzie mniejszy niż 0,1 m od źródła. Dlatego nie ma potrzeby wyznaczania stref zagrożenia wybuchem na zewnątrz studzienki. W kolektorze zbiorczym ze względu na zamkniętą przestrzeń należy wyznaczyć strefę 2 w bezpośrednim otoczeniu połączeń kołnierзовych oraz zaworów w odległości 0,2 m od źródła emisji.

Table 7: Zone radii around wells due to failure of the Bentonite seal	
Release rate of well (m ³ /h)	Radius of zone 2 (x metres) (rounded up to 0.1m)
1	0.4
2	0.5
3	0.7
4	0.8
5	0.9
10	1.3
15	1.6
20	1.8
25	2.0
30	2.2
40	2.6
50	3.0

Tabela. Zasięg stref zagrożenia wybuchem dla możliwych rozszczelnień gazu ysypiskowego.

Na podstawie otrzymanych informacji od operatora oraz wytycznych ESA Cop 2, Edition 2, 1 July 2006 final draft v 4. zdecydowano na wyznaczenie **strefy 1 zagrożenia wybuchem zewnątrz przewodów doprowadzających gaz do instalacji spalania**. Wprawdzie sytuacja awarii przy której powstają okoliczności niewielkiego nadciśnienia i wydobywania się gazu na powierzchnie są mało prawdopodobne tym niemniej mogą zaistnieć

6. Wykaz załączników.

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

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 dostateczna 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 2	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: instalacji zbierania, przesyłania i spalania gazu składowiskowego z odzyskiem energii elektrycznej															
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	Usytuowanie	Stopień emisji ¹	Odmiesienie ²	Temperatura i ciśnienie pracy		Stan ³	Rodzaj ⁴	Stopień ⁵	Dyspozycyjność ⁵	Rodzaj strefy 0-1-2	Zasięg strefy m		Odmiesienie	Uwagi i inne odpowiednie informacje
					°C	kPa						poziomy	pionowy		
1.	Połączenia kołnierzowe	W pomieszczeniu ssawy	S	Gaz wysypisko wy	25	10	G	A	Średni (HL)	Dobra	2		0,5 m		
2.	Połączenia kołnierzowe	W pomieszczeniu generatora	S	Gaz wysypisko wy	25	10	G	A	Wysoki (HL)	Dobra	2		0,2 m		
3.	Połączenia kołnierzowe	Studzienki gazowe	S	Gaz wysypisko wy	25	0,5	G	N	Średni (MV)	Słaba	2		0,1 od poł. kołnierzowych		
4.	Przewody gazowe	Wnętrze przewodów	S	Gaz wysypisko wy	25	0,5	G	-	-	-	1		Wnętrze przewodów		
5.	Wnętrze kolektora	Kolektor zbiorczy	S	Gaz wysypisko wy	25	0,5	G	N	Średni (MV)	Słaba	2		0,2 m. od poł. Kołnierzowych i zaworów		

1) C – ciągła; P – pierwszy; S – drugi;

2) Powołano się na numer w Tablicy 1;

3) G – gaz; L – ciecz; LG – ciekły gaz; S – ciało stałe

4) N – naturalna; A – mechaniczna;

5) Patrz wcześniejsze obliczenia

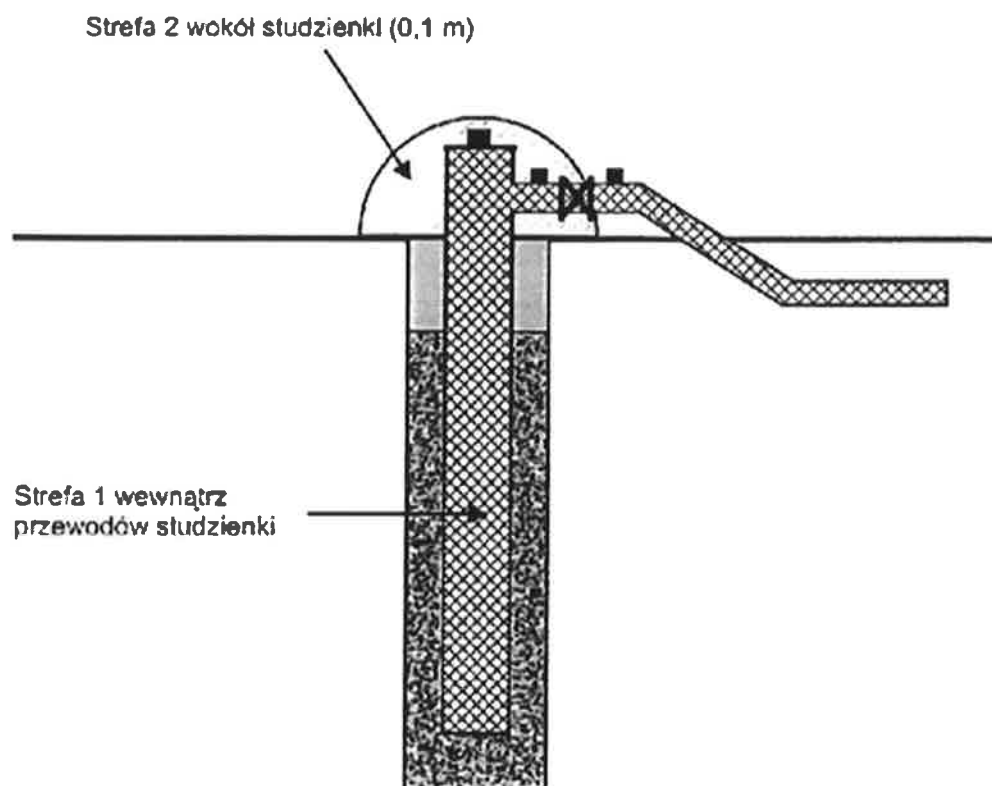
1) C – ciągła; P – pierwszy; S – drugi;

2) Powołano się na numer w Tablicy 1;

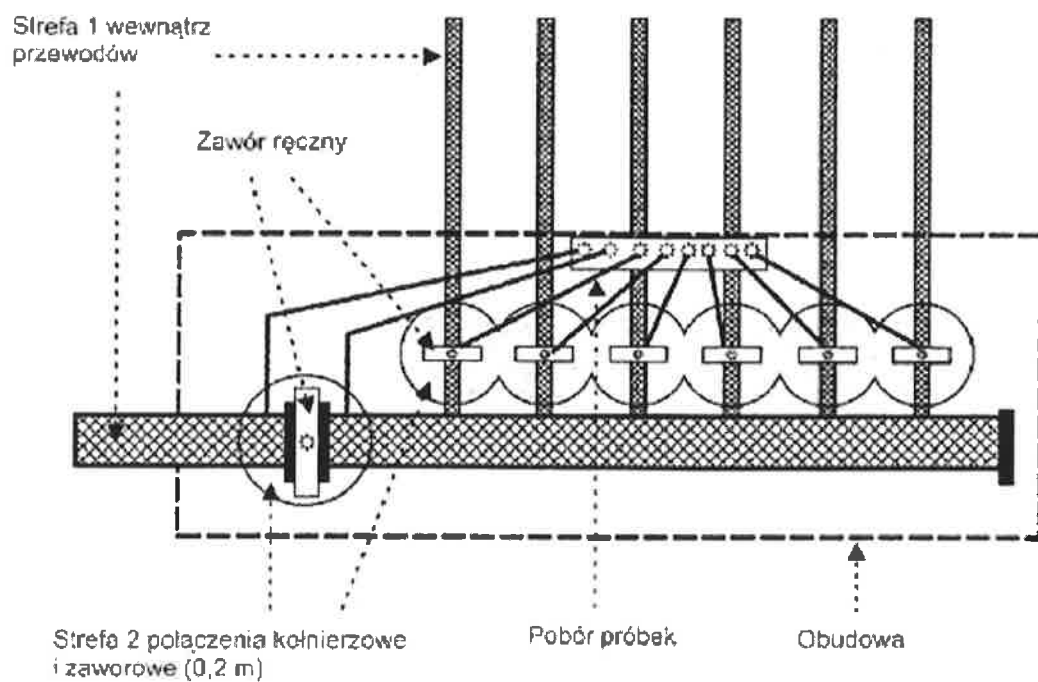
3) G – gaz; L – ciecz; LG – ciekły gaz; S – ciało stałe

4) N – naturalna; A – mechaniczna;

5) Patrz wcześniejsze obliczenia

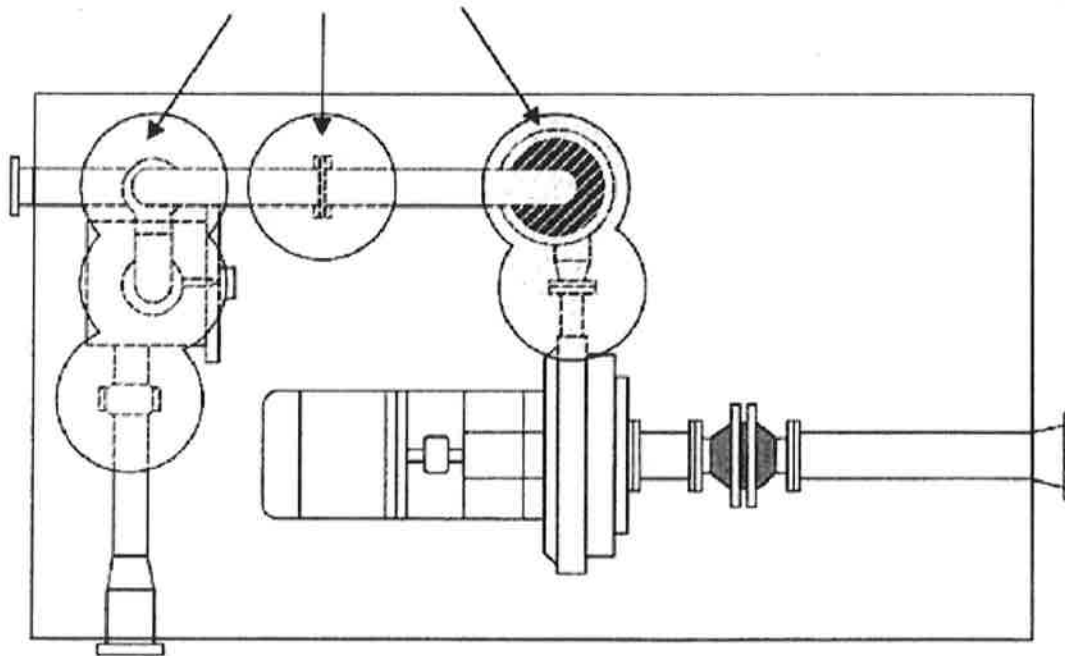


rys. 1. Studnia gazowa



rys. 2 Kolektor zbiorczy

Strefa 2 wokół zaworów i połączeń kołnierzowych (0,5 m)



Rys. 3 Pomieszczenie ssawy i generatora