


PAKS Usługi BHP i PPOŻ
Paweł Ksit
os. Wichrowe Wzgórze 10/8
61-674 Poznań
NIP 789-150-19-01

tel. kom. +48 696972230
e-mail: pawelksit@poczta.onet.pl

**OCENA ZAGROŻENIA WYBUCEM
W PROCESIE BADANIA OGNIODPORNOŚCI
ELEKTRYCZNYCH UKŁADÓW NAPĘDOWYCH
W CENTRALNYM LABORATORIUM
AKUMULATORÓW I OGNIW INSTYTUTU METALI
NIEŻELAZNYCH ODDZIAŁ W POZNANIU**

Udział w opracowaniu	Imię i nazwisko	Podpis
Opracowanie	Inspektor ochrony ppoż, inż. Paweł Ksit	
Weryfikacja	Rzecznik ds. zabezpieczeń ppoż. Stefan Korbacz	

Spis treści

I. WSTĘP.....	3
I. 1. Przedmiot opracowania.....	3
I. 2. Podstawy opracowania.....	4
II. PODSTAWOWE POJĘCIA	5
III. SUBSTANCJE PALNE STOSOWANE W PROCESIE	8
IV. PROCESY TECHNOLOGICZNE - ŹRÓDŁA EMISJI PALNYCH PAR	10
V. PARAMETRY EMSIJI	10
VI. WENTYLACJA MIEJSC EMISJI PALNYCH PAR I GAZÓW	12
VII. STOPIEŃ I DYSPOZYCYJNOŚĆ WENTYLACJI	13
VIII. PRZYROST CIŚNIENIA W CZASIE WYBUCHU	14
IX. OKREŚLENIE STREF ZAGROŻENIA WYBUCHEM.....	15
X. CZYNNIKI MOGĄCE ZAINICJOWAĆ ZAPŁON	18
XI. WNIOSKI.....	19

I. WSTĘP

I. 1. Przedmiot opracowania.

Przedmiotem niniejszego opracowania jest ocena zagrożenia wybuchem związana z procesem badania ognioodporności elektrycznych układów napędowych. Proces będzie realizowany w Centralnym Laboratorium Akumulatorów i Ogniw Instytutu Metali Nieżelaznych Oddział w Poznaniu. Laboratorium mieści się w budynku „D” przy ul. Fortecznej 12 w Poznaniu (działka nr ewidencyjny 35/8).

Obowiązek wykonania oceny zagrożenia wybuchem wynika z zapisów § 37, ust. 1 Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719).

Jednym z podstawowych dokumentów wykorzystywanych w celu wyznaczenia przestrzeni (stref) zagrożenia wybuchem jest norma PN-EN 60079-10-1:2016-02 Atmosfery wybuchowe. Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni. Gazowe atmosfery wybuchowe (oryg.). Norma ta w punkcie 1 podaje sytuacje, w których nie ma ona zastosowania:

- warunki górnicze,
- przetwarzanie i wytwarzanie materiałów pirotechnicznych,
- katastrofalne awarie i rzadkie wadliwe działania,
- pomieszczenia medyczne,
- procesy z użyciem gazu w celach gotowania, ogrzewania i innych podobnych procesów,
- w zastosowaniach domowych,
- w przypadku atmosfer pyłowych.

Obecna idea jest zatem taka, że przestrzenie zagrożenia wybuchem wyznacza się dla normalnych warunków pracy oraz warunków wadliwego działania, w celach klasyfikacyjnych nie są brane pod uwagę katastrofalne awarie oraz rzadkie wadliwe działania.

Norma podaje definicje tych pojęć (punkt 3.7.3. i 3.7.4):

- rzadkie wadliwe działanie – rodzaj wadliwego działania, który może wystąpić wyłącznie w rzadkich przypadkach.

Rzadkim wadliwym działaniem w rozumieniu normy jest awaria oddzielnych i niezależnych procesów kontrolnych, które mogą być zarówno automatyczne jak i manualne, które mogą wyzwolić łańcuch zdarzeń prowadzących do znaczącego uwolnienia substancji palnych. Rzadkie wadliwe działanie obejmuje również nieoczekiwane warunki, które nie są przewidziane w założeniach projektowych, jak np. korozje prowadzące do uwolnienia substancji palnych, przy czym jeśli korozja lub podobne warunki mogą być spodziewane, nie można rozważać takich sytuacji jako rzadkie wadliwe działania.

- katastrofalna awaria – zdarzenia, które przekracza projektowe parametry procesu technologicznego i systemu kontrolnego, które skutkuje emisją substancji palnych. Katastrofalną awarią w rozumieniu normy jest np. znaczący wypadek taki jak pęknięcie zbiornika procesowego lub wielkoskalowa awaria wyposażenia, lub rurociągu taka jak całkowite uszkodzenie uszczelnienia.

W rozpatrywanym zakładzie do emisji może dojść w trakcie normalnego działania oraz w sytuacjach rzadkiego wadliwego działania (np. wylanie benzyny z panwi). Stanów rzadkiego wadliwego działania nie brano pod uwagę w ocenie zagrożenia wybuchem.

I. 2. Podstawy opracowania.

Podstawą niniejszego opracowania są następujące dokumenty:

- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719);
- 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. Nr 0, poz. 817)
- 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 (Dz. U. Nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami);

- Regulamin nr 100 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) – Jednolite przepisy dotyczące homologacji pojazdów w zakresie szczególnych wymagań dotyczących elektrycznego układu napędowego [2015/505]
- PN-EN 1127-1:2011. Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Część 1. Pojęcia podstawowe i metodyka (oryg.);
- PN-EN 60079-10-1:2016-02 Atmosfery wybuchowe. Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni. Gazowe atmosfery wybuchowe (oryg.);
- PN-EN 60079-20-1:2010 Atmosfery wybuchowe. Część 20-1. Właściwości materiałowe dotyczące klasyfikacji gazów i par. Metodyka badań i dane tabelaryczne.
- PN-E-05204:1994 Ochrona przed elektrycznością statyczną. Ochrona obiektów, instalacji i urządzeń. Wymagania.
- Projekt budowlany obiektu.
- Karta charakterystyki substancji i mieszanin niebezpiecznych. Benzyna Bezołowiowa. PKN ORLEN S.A.
- Informacje udzielone przez inwestora na temat technologii,

II. PODSTAWOWE POJĘCIA

W niniejszym opracowaniu zawarto pojęcia o następującym znaczeniu:

- **Atmosfera wybuchowa** – mieszanina substancji palnych w postaci par, gazów lub pyłów z powietrzem w warunkach atmosferycznych, w której po zapaleniu spalanie rozprzestrzenia się na całą niespaloną mieszaninę;
- **Mieszanina wybuchowa** – mieszanina par palnych cieczy, gazów lub pyłów z powietrzem, która pod wpływem czynnika inicjującego jej zapłon (np.: iskry, łuku elektrycznego, temperatury samozapłonu) wybucha, czyli ulega gwałtownemu spalaniu połączonemu z dużym wzrostem ciśnienia;
- **Zagrożenie wybuchem** – możliwość tworzenia przez palne gazy, pary palnych cieczy, pyły lub włókna palnych ciał stałych w różnych warunkach mieszanin z powietrzem, które pod wpływem czynnika inicjującego zapłon (iskra, łuk elektryczny lub przekroczenie temperatury samozapłonu) wybuchają, czyli ulegają gwałtownemu spalaniu połączonemu ze wzrostem ciśnienia;

- **Strefa zagrożenia wybuchem** – przestrzeń, w której może występować mieszanina substancji palnych z powietrzem lub innymi gazami utleniającymi, o stężeniu zawartym pomiędzy dolną i górną granicą wybuchowości.

Wyróżnia się następujące strefy zagrożenia wybuchem dotyczące mieszanin gazów lub par substancji palnych z powietrzem:

- **Strefa 0** – przestrzeń, w której mieszanina wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych, w postaci gazu, pary albo mgły z powietrzem występuje stale, w długim czasie lub często (wewnątrz rurociągów, aparatów, zbiorników).
- **Strefa 1** – przestrzeń, w której mieszanina wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych w postaci gazu, pary albo mgły z powietrzem może występować w normalnych warunkach pracy (w trakcie normalnego działania).
- **Strefa 2** - przestrzeń, w której mieszanina wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych w postaci gazu, pary albo mgły z powietrzem nie występuje w trakcie normalnego działania, a w przypadku wystąpienia trwa przez krótki okres.
- **Przestrzeń niezagrożona wybuchem** – przestrzeń, w której nie przewiduje się występowania mieszaniny wybuchowej w ilościach wymagających specjalnych środków zapobiegawczych, dotyczących konstrukcji, instalowania i stosowania urządzeń.
- **Pomieszczenie zagrożone wybuchem** – pomieszczenie, w którym może wytworzyć się mieszanina wybuchowa, powstała z wydzielającej się takiej ilości palnych gazów, par, mgieł i pyłów, której wybuch mógłby spowodować przyrost ciśnienia w tym pomieszczeniu przekraczający 5 kPa.
- **Ocena zagrożenia wybuchem pomieszczeń oraz przestrzeni zewnętrznych** – wskazanie pomieszczeń zagrożonych wybuchem, a także wyznaczenie w pomieszczeniach i przestrzeniach zewnętrznych odpowiednich stref zagrożenia wybuchem oraz wskazanie czynników mogących w nich zainicjować zapłon, przy czym należy wyznaczyć strefę zagrożenia wybuchem w pomieszczeniu, jeśli może w nim wystąpić mieszanina wybuchowa o objętości co najmniej 0,01 m³ w zwartej przestrzeni.

- **Źródło emisji** – punkt lub miejsce, z którego mogą się uwalniać do otoczenia palne gazy, pary, ciecze lub pyły, tak że może się utworzyć gazowa lub pyłowa mieszanina wybuchowa. Wyróżnia się następujące stopnie emisji:
 - stopień emisji ciągłej – emisja, która występuje stale lub której występowania można się spodziewać w długich okresach,
 - pierwszy stopień emisji – emisja, której występowania podczas normalnej pracy można spodziewać się okresowo lub okazjonalnie;
 - drugi stopień emisji – emisja, której występowania w warunkach normalnej pracy nie można się spodziewać, a jeśli pojawi się ona rzeczywiście, to tylko rzadko i tylko na krótkie okresy.
- **Dolna granica wybuchowości (DWG)** – najniższe stężenie paliwa w mieszaninie palnej, poniżej którego nie jest możliwy zapłon mieszaniny pod wpływem czynnika inicjującego i dalsze samoczynne rozprzestrzenianie się płomienia w określonych warunkach badania.
- **Górna granica wybuchowości** – najwyższe stężenie paliwa w mieszaninie palnej, powyżej którego nie jest możliwy zapłon mieszaniny pod wpływem czynnika inicjującego i dalsze samoczynne rozprzestrzenianie się płomienia w określonych warunkach badania.
- **Temperatura zapłonu** – najniższa temperatura cieczy palnej, przy której tworzy się nad jej powierzchnią mieszanina par z powietrzem o określonym stężeniu, zdolna zapalić się od bodźca energetycznego w określonych warunkach badania.
- **Temperatura samozapłonu** – najniższa temperatura, przy której następuje zapalenie się substancji palnej w wyniku zetknięcia z gorącą powierzchnią lub wskutek oddziaływania cieplnego tej powierzchni (bez udziału zewnętrznego płomienia lub iskry).
- **Stopień wentylacji:**
 - wysoki – jest w stanie zredukować stężenie przy źródle emisji niemal natychmiast, dając w wyniku stężenie poniżej dolnej granicy wybuchowości,
 - średni – jest w stanie wpływać na stężenie, czego rezultatem jest sytuacja stabilna, w której stężenie poza granicami strefy, w czasie trwania emisji, jest poniżej dolnej granicy wybuchowości i atmosfera wybuchowa nie zalega w nadmiarze po zakończeniu emisji,

- niski– nie jest w stanie wpływać na stężenie, w czasie trwania emisji i/lub nie może zabezpieczyć przed zbytnim zaleganiem atmosfery palnej po zakończeniu emisji.
- **Dyspozycyjność wentylacji:**
 - dobra– wentylacja prawie zawsze.
 - dostateczna – wentylacja w czasie normalnej pracy. Przerwy są dopuszczalne pod warunkiem ich rzadkiego występowania i w krótkich okresach.
 - zła– wentylacja, która nie spełnia wymagań nawet dyspozycyjności średniej, jednak nie występują długotrwałe przerwy w jej działaniu.

III. SUBSTANCJE PALNE STOSOWANE W PROCESIE

W procesie stosowana będzie benzyna silnikowa.

W tabeli nr 1 przedstawiono dane identyfikacyjne oraz klasyfikację tej mieszaniny.

Tabela 1. Dane identyfikacyjne oraz klasyfikacja benzyny silnikowej.

L.p.	Substancja	Nr WE	Nr CAS	Klasyfikacja
				Rozporządzenie (WE) Nr 1272/2008 [CLP]
1.	Benzyna; Niskowrząca benzyna - niespecyfikowana	289-220-8	86290-81-5	Flam. Liq. 1 H224 Asp. Tox. 1 H304 Skin Irrit. 2 H315 STOT SE 3; H336 Muta. 1B H340 Carc. 1B H350 Repr. 2 H361fd Aquatic Chronic 2; H411
Pełny tekst zwrotów H: H224 Skrajnie łatwopalna ciecz i pary H304 Połknięcie i dostanie się przez drogi oddechowe może grozić śmiercią H315 Działa drażniąco na skórę H336 Może wywoływać uczucie senności lub zawroty głowy H340 Może powodować wady genetyczne H350 Może powodować raka H361fd Podejrzewa się, że działa szkodliwie na płodność i na dziecko w łonie matki H411 Działa toksycznie na organizmy wodne, powodując długotrwałe skutki.				

W tabeli nr 2 przedstawiono właściwości benzyny istotne ze względu na zagrożenie wybuchowe.

Tabela 2. Właściwości benzyny.

L.p.	Cecha	Wartość
1.	Nr CAS	86290-81-5
2.	Temperatura topnienia [°C]	Poniżej -50
3.	Temperatura wrzenia [°C]	35÷205
4.	Temperatura zapłonu [°C]	-45
5.	Temperatura samozapłonu [°C]	300
6.	Klasa temperaturowa	T3
7.	Granice wybuchowości w powietrzu [% obj.]	
	- dolna:	0,76
	- górna:	7,6
8.	Grupa wybuchowości	IIA
9.	Maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu w mieszaninie z powietrzem [kPa]	bd
10	Minimalna energia zapłonu [mJ]	0,8
11.	Współczynniki równania Antoine`a	
	A	5,14÷5
	B	695÷665
	C	223÷222
12.	Gęstość cieczy w temp. 15°C [g/cm ³]:	0,720÷0,775
13.	Gęstość par względem powietrza	3,8
14.	Średnia masa cząsteczkowa [g/mol]	95÷98

IV. PROCESY TECHNOLOGICZNE - ŹRÓDŁA EMISJI PALNYCH PAR

Proces technologiczny polegał będzie na próbach ogniowych, którym będą poddawane elektryczne układy napędowe. Źródłem ognia będzie panew o maksymalnej powierzchni 2,5 m² wypełniona paliwem (benzyną) nalaną z kanistrów (maksymalnie 20 litrów). Przed rozpoczęciem nalewania paliwa panew będzie przykryta, pozostawiony zostanie otwór służący do wlewania benzyny. Niezwłocznie po zdjęciu pokrywy benzyna zostanie zapalona za pomocą zdalnego układu iskrowego, uruchamianego z poza pomieszczenia. W momencie zapalenia paliwa panew będzie znajdowała się około 3 m od badanego urządzenia. Po 60 s wstępnego ogrzewania panew będzie umieszczona pod urządzeniem położonym na ruszcie. W przypadku braku możliwości bezpiecznego przemieszczenia panwi z uwagi na jej wielkość badane urządzenie będzie przesuwane nad panew. Badane urządzenie będzie poddawane działaniu ognia przez 70 s. Po tym czasie pomiędzy panwią i płonącym urządzeniem umieszczany będzie ekran z ogniotrwałych perforowanych cegieł. Czas oddziaływania ognia w tej fazie wniesie 60 s. Po zakończeniu badania pozostałości benzyny będą zlewane do zbiornika i przekazywane do utylizacji, przy czym generalnie ilość benzyny będzie dobrana tak, żeby uległa ona wypaleniu w trakcie badania. Benzyna nie będzie magazynowana w pomieszczeniu, będzie kupowana w odpowiednich ilościach przed każdym zleceniem. Emisja par możliwa jest w następujących przypadkach:

- emisja z panwi w trakcie nalewania paliwa (przed zapaleniem) – pierwszy stopień emisji,

V. PARAMETRY EMSIJI

Wielkość emisji obliczono dla procesu parowania benzyny z panwi o maksymalnej powierzchni 2,5 m². Przyjęto, że w celu uzupełnienia paliwa pozostawiony zostanie otwór o wymiarach 0,1 x 2 m (0,2 m²)

Wielkość emisji w kg obliczono na podstawie wzoru określonego w Rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719):

$$m_{max} = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} [kg]$$

gdzie:

F – powierzchnia parowania cieczy [m²]

τ - czas parowania [s] – odniesiono do 1 s

K – współczynnik parowania – przyjęto 3,5 dla prędkości przepływu 0,3 m/s w odkrytej części panwi

M – masa molowa [mol/kg]

P_s – prężność par [Pa] obliczona ze wzoru:

$$P_s = 133 \cdot 10^{\left(A - \frac{B}{t+C_A}\right)} [Pa]$$

A, B, C_A – współczynniki Antoine`a

t – temperatura otoczenia [°C] - 25°C

Na podstawie normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 Atmosfery wybuchowe. Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni. Gazowe atmosfery wybuchowe obliczono charakterystykę emisji wykorzystaną później do określenia stopnia wentylacji:

$$\frac{W_g}{\rho_g \cdot k \cdot LFL} \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

gdzie:

W_g = m_{max} [kg/s]

k – współczynnik bezpieczeństwa, przyjęto 1

LFL – dolna granica wybuchowości [vol/vol]

ρ_g – gęstość par w temperaturze pomieszczenia – obliczona w tym przypadku z równania stanu gazu doskonałego:

$$\rho_g = \frac{p_a \cdot M}{R \cdot T_a} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

gdzie:

p_a – ciśnienie atmosferyczne 101325 Pa

M – masa molowa [g/mol]

R – uniwersalna stała gazowa 8314 J/kmol x K

T_a – temperatura otoczenie, przyjęto 298 K

Wykorzystując gęstość obliczono także strumień objętościowy emisji:

$$Q_g = \frac{m_{max}}{\rho_g} \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

W obliczeniach przyjmowano średnie arytmetyczne wartości z podanych przedziałów masy molowej oraz współczynników Antoine`a.

Obliczenia:

$$P_s = 133 \cdot 10^{\left(5,07 - \frac{680}{25+222,5}\right)} [Pa]$$

$$P_s = 27950 \text{ Pa}$$

$$m_{max} = 10^{-9} \cdot 0,2 \cdot 3,5 \cdot 1 \cdot 27950 \cdot \sqrt{96,5} \text{ [kg]}$$

$$m_{max} = 0,0002 \text{ kg}$$

$$m_{max} = 0,2 \text{ g/s}$$

$$\rho_g = \frac{101325 \cdot 96,5}{8314 \cdot 298} = 3,9 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\frac{0,0002}{3,9 \cdot 1 \cdot 0,0076} = 0,007 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

$$Q_g = \frac{0,0001}{3,9} = 0,00005 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

VI. WENTYLACJA MIEJSC EMISJI PALNYCH PAR I GAZÓW

W miejscu emisji przewidziano odciąg miejscowy o wydajności 600 m³/h wykonany w postaci ruchomego ramienia zakończonego ssawą okrągłą z kołnierzem o średnicy 0,15 m. Odciąg ten będzie umieszczany przez pracownika w pobliżu źródła emisji (wlewu paliwa do panwi) i uruchamiany przed rozpoczęciem nalewania paliwa. Zadaniem odciągu będzie ograniczenie możliwości dyspersji palnych par w obrębie pomieszczenia.

Oddalenie ssawy od miejsca emisji od 0,2 m do 1 m. Prędkość przepływu powietrza nad źródłem emisji obliczono ze wzoru¹:

$$v_x = \frac{V}{0,75 \cdot (10 \cdot x^2 + F)} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

gdzie:

v_x – prędkość w punkcie x [m/s]

V – strumień objętości przez ssawkę [m³/s]

F – pole powierzchni ssawki [m²]

x – odległość od otworu ssawki do punktu, w którym wystąpi prędkość v_x [m].

Do oceny przyjęto prędkość średnią nad miejscem emisji, obliczoną z uwzględnieniem minimalnej i maksymalnej odległości ssawy od miejsca emisji.

$$v_{xmin} = \frac{0,167}{0,75 \cdot (10 \cdot 1^2 + 0,018)} = 0,02 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$v_{xmin} = \frac{0,167}{0,75 \cdot (10 \cdot 0,2^2 + 0,018)} = 0,5 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

¹ Hendiger J., Ziętek P., Chludzińska M. 2013. Wentylacja i klimatyzacja. Materiały pomocnicze do projektowania. Venture Industries Sp. z o.o

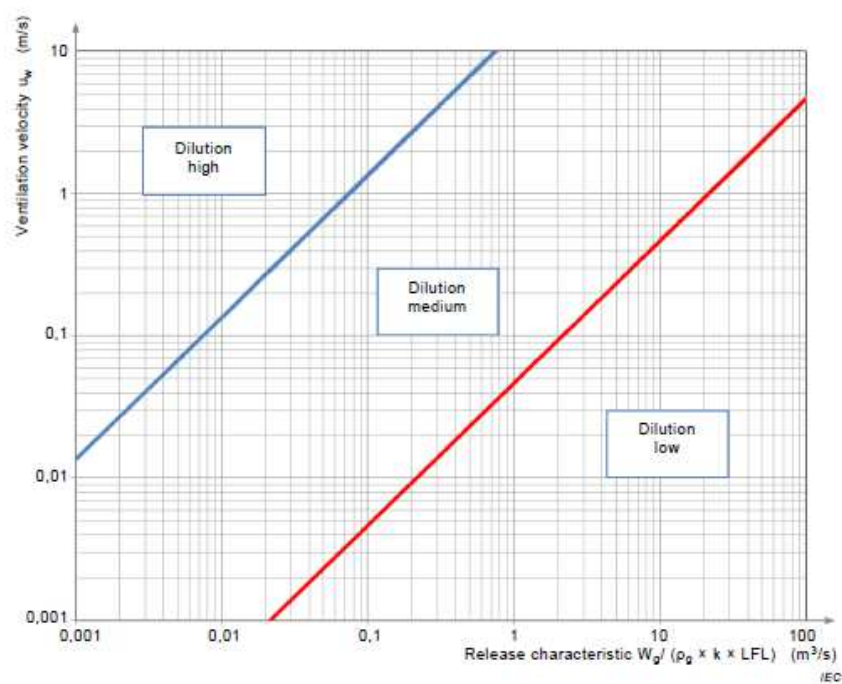
$$v_{\text{średnia}} = \frac{0,02 + 0,5}{2} = 0,26 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Pomieszczenie zostanie wyposażone także w wentylację ogólną. Przewidziano wentylator osiowy ścienny o wydajności 1500 m³/h umieszczony w ścianie w górnej części pomieszczenia. Napływ powietrza kompensacyjnego poprzez infiltrację (nieszczelności w przegrodach budowlanych).

VII. STOPIEŃ I DYSPOZYCYJNOŚĆ WENTYLACJI

W celu określenia stopnia wentylacji w trakcie emisji wykonano obliczenia zgodnie z normą PN-EN 60079-10-1:2016-02 Atmosfery wybuchowe. Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni. Gazowe atmosfery wybuchowe.

Korzystając z wykresu (wykres nr 1) zależności prędkości przepływu powietrza w miejscu emisji i charakterystyki emisji określono stopień wentylacji dla źródła emisji (wartość obliczona w poprzednim rozdziale).

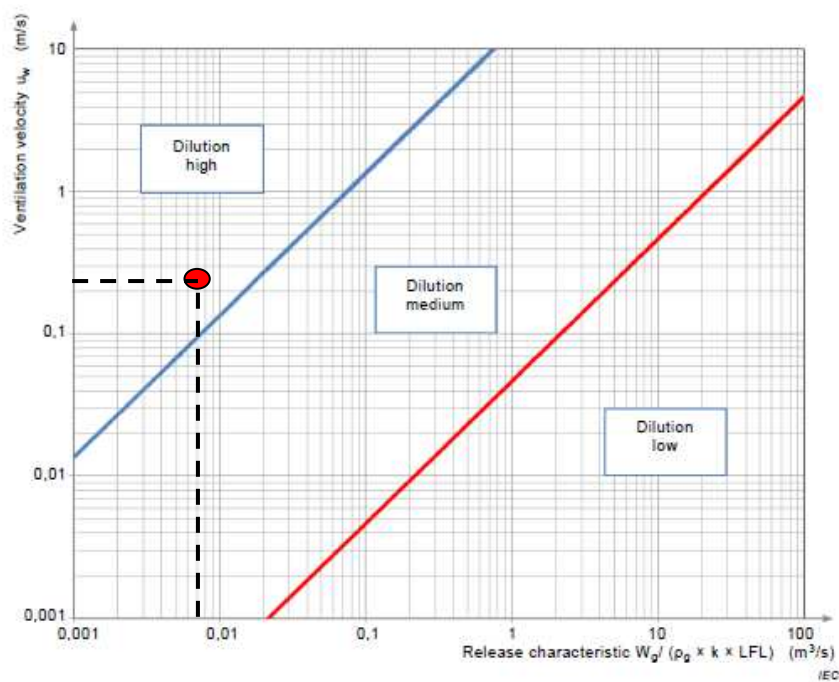


Wykres 1. Wykres do określenia stopnia wentylacji na podstawie charakterystyki emisji i prędkości przepływu powietrza.

Otwarta panew z benzyną

Charakterystyka emisji: 0,007 m³/s

Prędkość powietrza: 0,26 m/s



Stopień wentylacji wysoki. Dyspozycyjność wentylacji dobra (z uwagi na przeszkolenie pracowników)

VIII. PRZYROST CIŚNIENIA W CZASIE WYBUCHU

Obliczenia przyrostu ciśnienia dokonano na podstawie Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719) oraz zgodnie z normą PN-EN 1127-1:2011. Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Pojęcia podstawowe i metodyka.

Dla pomieszczenia przyjęto możliwy scenariusz prowadzący do wyemitowania największej masy palnych par. Nie uwzględniano wentylacji bytowej. Obliczenia wykonano przy użyciu wzoru dla par niejednorodnych:

$$\Delta P = \frac{m_{max} \cdot q_{sp} \cdot P_0 \cdot W}{V \cdot \rho_p \cdot c_p \cdot T} \quad [Pa]$$

gdzie:

m_{max} – maksymalna masa palnych par [kg]

q_{sp} - ciepło spalania, dla benzyny 47 MJ/kg = 47000000 J/kg

P_0 – ciśnienie atmosferyczne normalne równe 101 325 Pa

W – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu równy dla par 0,1

V – kubatura netto pomieszczeń [m³]

ρ_0 – gęstość powietrza w temperaturze T – przyjęto 1,2 kg/m³

c_p – ciepło właściwe powietrza równe 1,01 x 10³ J/kg x K

Maksymalną masę par obliczono przyjmując, że pracownik przy nalewaniu benzyny nie załączy wentylacji stanowiskowej oraz nie przykryje panwi. Czas parowania (do czasu zapalenia benzyny 5 minut). Wielkość emisji obliczono przyjmując wartość wskaźnika parowania K = 1,5 (nie działa wentylacja stanowiskowa).

$$m_{max} = 10^{-9} \cdot 2,5 \cdot 1,5 \cdot 300 \cdot 27950 \cdot \sqrt{96,5} = 0,5 [kg]$$

Dane wejściowe do obliczenia przyrostu ciśnienia przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Dane wejściowe do obliczeń w pomieszczeniu nastawni

L.p.	Parametr	Wartość
1.	Kubatura netto pomieszczenia [m ³]*	303,5
2.	Temperatura pomieszczenia [°C]	25
3.	Substancja uwzględniana w obliczeniach	Benzyna
4.	Ciepło spalania substancji uwzględnianej w obliczeniach [J/kg]	47000000
5.	Maksymalna masa substancji w postaci gazu lub pary w pomieszczeniu [kg]	0,3

* - przyjęto, że wyposażenie stanowi 5 % kubatury pomieszczenia

Przyrost ciśnienia:

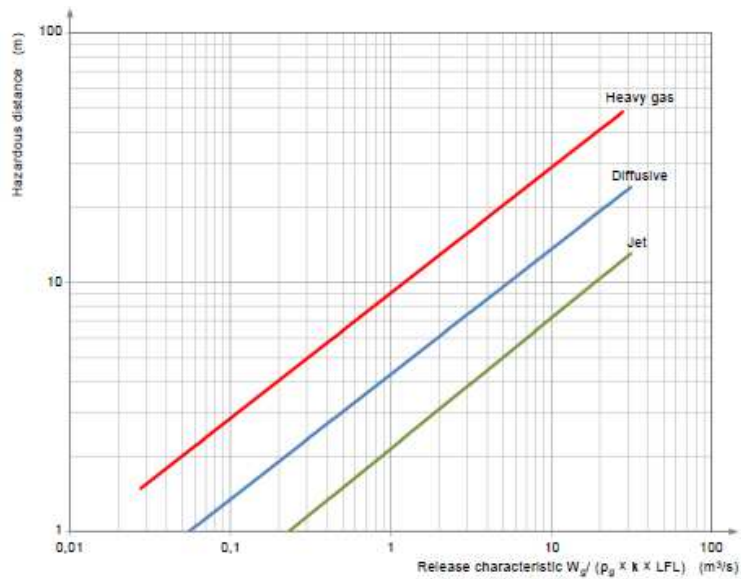
$$\Delta P = \frac{0,3 \cdot 47000000 \cdot 101325 \cdot 0,1}{303,5 \cdot 1,2 \cdot 1010 \cdot 298} = 1303 [Pa]$$

$$\Delta P < 5kPa$$

IX. OKREŚLENIE STREF ZAGROŻENIA WYBUchem

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 109, poz. 719), strefę zagrożenia wybuchem należy wyznaczyć, jeśli możliwe jest wytworzenia 0,01 m³ mieszaniny wybuchowej w zwartej przestrzeni.

Strefy zagrożenia wybuchem określono na podstawie normy PN-EN 60079-10-1:2016-02 Atmosfery wybuchowe. Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni. Gazowe atmosfery wybuchowe (oryg.). W tym przypadku wykorzystano tabelę klasyfikacji uwzględniającej stopień i dyspozycyjność wentylacji (tabela nr 4). Do oszacowania zasięgu stref posłużono się wykresem zawartym w normie:

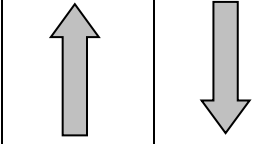


Zestawienie stref zagrożenia wybuchem z uwagi na ciecze palne przedstawiono w tabeli nr 5.

Tabela 4. Matryca służąca do określenia rodzajów stref zagrożonych wybuchem.

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	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 ³⁾
Drugi ²⁾	(Strefa 2 NE) Niezagrożona ¹⁾	(Strefa 1 NE) Niezagrożona ¹⁾	Strefa 2	Strefa 2	Strefa 2	Strefa 2	Strefa 1 i nawet Strefa 0 ³⁾
¹⁾ Strefa 0 NE, strefa 1 NE, strefa 2 NE oznacza teoretyczną strefę, która w warunkach normalnych ma pomijalnie mały zasięg ²⁾ Strefa 2 w przestrzeni wywołanej emisją o drugim stopniu może się rozszerzyć po przypisaniu jej pierwszego stopnia emisji lub emisji ciągłej, w tym przypadku należy przyjąć większą odległość ³⁾ strefa będzie strefą 0 jeśli wentylacja jest tak słaba, a emisja jest tak wielka, że w praktyce atmosfera wybuchowa istnieje ciągle (tj. zbliżając się do braku wentylacji)							
UWAGA – „+” oznacza otoczony przez							

Tabela 5. Zestawienie stref zagrożenia wybuchem

Wykaz źródeł emisji									
Pomieszczenie: Pomieszczenie badawcze									
1	2	4	5	6	7	8	9		10
Nr	Źródło emisji	Stopień emisji	Wentylacja			Rodzaj strefy 0, 1, 2	Zasięg strefy [m]		Uwagi
			Rodzaj	Stopień	Dyspozycyjność		Poziomy	Pionowy	
	Opis								
1.	Panew z benzyną	Pierwszy	ST	W	Dobra	2	Wewnątrz kanału wyciągowego wentylacji miejscowej.		Strefę wyznaczono z uwagi na zwiększenie bezpieczeństwa procesowego w stanach rzadkiego wadliwego działania.

ST – wentylacja stanowiskowa (odciąg miejscowy)

W – wysoki stopień wentylacji

X. CZYNNIKI MOGĄCE ZAINICJOWAĆ ZAPŁON

Identyfikacji źródeł zapłonu dokonano na podstawie PN-EN 1127-1:2011. Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Część 1. Pojęcia podstawowe i metodyka. W tabeli nr 6 przedstawiono potencjalne źródła zapłonu.

Tabela 6. Potencjalne źródła zapłonu.

L.p.	Rodzaj czynnika	Występowanie czynnika w zakładzie (TAK/NIE)	Źródła czynnika
1.	Gorące powierzchnie	TAK	- wprowadzenie urządzeń z gorącymi powierzchniami
2.	Płomienie i gorące gazy	NIE	-
3.	Iskry generowane mechanicznie	TAK	- urządzenia w wykonaniu standardowym - tarcie wentylatorów o obudowę
4.	Urządzenia elektryczne	TAK	- uszkodzenie ochrony przeciwybuchowej urządzeń - wprowadzenie urządzeń w wykonaniu standardowym
5.	Prądy błądzące, katodowa ochrona przed korozją	NIE	-
6.	Elektryczność statyczna	TAK	- utrata ciągłości uziemień
7.	Uderzenie pioruna	TAK	- procesy naturalne (burza)
8.	Fale elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej od 10^4 Hz do 3×10^{12} Hz	NIE	-
9.	Fale elektromagnetyczne od 3×10^{11} Hz do 3×10^{15} Hz	NIE	-
10.	Promieniowanie jonizujące	NIE	-
11.	Ultradźwięki	NIE	-
12.	Adiabatyczne sprzężenie i fale uderzeniowe	NIE	-
13.	Reakcje egzotermiczne	NIE	-

XI. WNIOSKI

Wnioski z niniejszej analizy i ogólne zalecenia przedstawiają się następująco:

1. Pomieszczenie badawcze nie kwalifikuje się do zagrożonego wybuchem.
2. W kanale wentylacji miejscowej wyznacza się strefę 2 zagrożenia wybuchem.
3. Strefę zagrożenia wybuchem należy oznakować 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) – rys. 1. Dopuszcza się pod znakiem umieszczenie innych napisów, w szczególności oznaczenia rodzaju strefy zagrożenia wybuchem (przykładowe oznaczenie dla strefy przedstawiono na rys nr 1).



4. W miejscu wlewania paliwa do panwi należy przewidzieć odciąg miejscowy z ruchomym ramieniem wyciągowym o wydajności 600 m³/h. Odciąg w wykonaniu przeciwwybuchowym (II 3G IIA T3).
5. Kanał wentylacji stanowiskowej musi być uziemiony. Należy zapewnić system uziemienia metalowej panwi w trakcie jej napełniania (np. przez system mobilnego zacisku). Wymagany opór przejścia pomiędzy metalowymi elementami urządzeń

i instalacji oraz opór w stosunku do uziomu nie powinien przekraczać wartości $R_{uzmax} = 1 \times 10^2 \Omega$ (zgodnie z PN-E-05204).

6. Obsługa stanowiska badawczego powinna zostać przeszkolona w zakresie zasad stosowania wentylacji miejscowej i systemu uziemień. Na stanowisku należy umieścić czytelne oznakowanie informujące o konieczności załączenia wentylacji przed rozpoczęciem przelewania paliwa do panwi.
7. Należy zapewnić pokrywy panwi o odpowiedniej wielkości ograniczające emisję par do pomieszczenia. W celu nalania paliwa należy zachować jak najmniejszą powierzchnię otwartej panwi. Nie należy dopuszczać do emisji paliwa z panwi, pozostawionych bez przykrycia.
8. Do zapalenia benzyny w panwi należy stosować zdalny układ elektryczny, sterowany z poza pomieszczenia prób.
9. Z uwagi na bezpieczeństwo pożarowe w promieniu 1,5 m od panwi nie należy lokalizować innych niż zapalnik urządzeń elektrycznych, otwartego ognia oraz gorących powierzchni.
10. Instalacje należy utrzymywać w dobrym stanie technicznym, a pomieszczenie wyposażać w zestaw sorbentów.
11. Niniejsza analiza musi zostać zaktualizowana w przypadku zmian procesu technologicznego oraz warunków techniczno – budowlanych.
12. Przed rozpoczęciem procesu technologicznego należy sporządzić ocenę ryzyka związanego z możliwością wystąpienia atmosfery wybuchowej oraz opracować dokument zabezpieczenia stanowisk pracy przed wybuchem, zgodnie z § 4.4 i § 7.1 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).