


# OCENA ZAGROŻENIA WYBUCHEM

## W OBIEKCIE

### HALA PRZEGLĄDÓW TECHNICZNYCH AUTOBUSÓW WODOROWYCH

## W MIEJSKIM ZAKŁADZIE KOMUNIKACJI W PILE

	Jednostka organizacyjna	Pieczęć podpis:
Dokument opracował:	inż. Mateusz Krajewski  Inżynier Pożarnictwa nr uprawnień SGSP 9182/2014	<b>INŻYNIER POŻARNICTWA</b>  <i>inż. Mateusz Krajewski</i> <i>SGSP 9182/2014</i>
Data opracowania	06.05.2024r.	

## Spis treści

1. Wstęp .....	3
2. Cel opracowania i podstawa prawna.....	4
3. Pojęcia przyjęte w opracowaniu.....	6
4. Wykaz i charakterystyka substancji niebezpiecznych pod względem wybuchowym .....	9
5. Identyfikacja miejsc wystąpienia atmosfer wybuchowych .....	11
6. Identyfikacja efektywnych źródeł zapłonu .....	13
7. Klasyfikacja przestrzeni zagrożenia wybuchem.....	17
8. Zalecenia .....	21
9. Załączniki .....	23

# 1. Wstęp

Obowiązek dokonania oceny zagrożenia wybuchowego wynika z § 37 ust.1 Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 190, poz. 719 z późn. zm.). Zgodnie z art. 3 i art. 4 ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. z 2021 r. poz. 869 z późn.zm.) zwana dalej ustawa o ochronie przeciwpożarowej, osoba fizyczna, osoba prawna, organizacja lub instytucja korzystająca ze środowiska, budynku, obiektu lub terenu obowiązane są zabezpieczyć użytkowane środowisko, budynek, obiekt lub przed zagrożeniem pożarowym lub innym miejscowym zagrożeniem oraz zapewnić osobą przebywającym w budynku, obiekcie lub na terenie bezpieczeństwo i możliwość ewakuacji Ponadto zapewniając ochronę przeciwpożarową obiektu osoby te zobowiązane są m.in. do:

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

Zgodnie z art. 6 ust. 5 ustawy o ochronie przeciwpożarowej 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 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tj. Dz. U. z 2022 r. poz. 1225) budynek i urządzenia z nim związane powinny 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 i podstawa prawna

Celem opracowania jest ocena zagrożenia wybuchem dla projektowanej przebudowy pomieszczeń zajezdni autobusowej Miejskiego Zakładu Komunikacji Sp. z o.o. w Pile przy ul. Łączna 4. Przedmiotowe pomieszczenie jest przeznaczone na wykonywania przeglądów technicznych oraz czynności związanych z czyszczeniem autobusów zasilanych wodorem zawierająca:

- wyznaczenie w pomieszczeniach i przestrzeniach zewnętrznych stref zagrożenia wybuchem,
- wskazanie czynników mogących zainicjować zapłon,
- wskazanie sposobów zminimalizowania ryzyka zagrożenia wybuchem.

**UWAGA:** 1) *Przy dokonywaniu oceny zagrożenia wybuchem pomieszczeń należy brać pod uwagę najbardziej niekorzystną z punktu widzenia ewentualnych skutków wybuchu sytuację mogącą wytworzyć się w procesie ich eksploatacji, uwzględniając najbardziej niebezpieczny, występujący tam rodzaj substancji oraz największą jej ilość, jaka mogłaby brać udział w reakcji wybuchu. W przypadku remontu należy każdorazowo przed przestąpieniem do prac dokonać indywidualnej oceny zagrożeń, w tym pożarowo-wybuchowych! Należy przestrzegać zasad prowadzenia prac pożarowo niebezpiecznych określonych w instrukcjach.*

2) *Oceny dokonano w oparciu o założenia otrzymane od projektantów obiektu w okresie 10.04.2043r. – 30.04.2024r.*

3) *W momencie wykonywania Oceny Zagrożenia Wybuchem nie wskazano modelu autobusów ze zbiornikiem wodoru, które będą stanowiły źródło potencjalnego wycieku wodoru. Opracowanie nie uwzględnia założeń technicznych oraz wstępnej oceny stref zagrożenia wybuchem wskazanych przez producenta autobusów. Dla założeń projektowych przyjęto autobusy ze zbiornikiem do 38 kg wodoru zasilane z 4 zbiorników zlokalizowanych na dachu pojazdu o ciśnieniu roboczym 35 MPa.*

Podstawę niniejszego opracowania stanowią:

- obowiązujące akty prawne i PN, tj.:
  - Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 7 czerwca 2010r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. nr 109/2010 poz. 719 z późniejszymi zmianami);
  - Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 lipca 2010r. w sprawie minimalnych wymagań, dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy,

związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej (Dz.U.138/2010 poz. 931 z późniejszymi zmianami);

- 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. 2016 poz. 817 z późniejszymi zmianami);
  - Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie - z późniejszymi zmianami (tekst jednolity z późniejszymi zmianami);
  - PN-EN 1127-1 Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Część 1. Pojęcia podstawowe i metodyka;
  - Dyrektywa 2014/34/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej;
  - Dyrektywa 1992/92/WE (EC) Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 1999r. roku w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa (piętnasta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG);
  - PN-EN 1127-1 Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Część 1. Pojęcia podstawowe i metodyka;
  - PN-EN 60079-10-1:2009 Atmosfery wybuchowe -- Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni -- Gazowe atmosfery wybuchowe
- Materiały założeniowe i informacje otrzymane od projektantów obiektu.

### 3. Pojęcia przyjęte w opracowaniu

**substancja palna** - substancja w postaci gazu, pary, cieczy, ciała stałego lub ich mieszaniny, zdolna wchodzić w reakcje egzotermiczną z powietrzem po zapaleniu

**części i podzespoły** - rozumie się przez to wyroby istotne dla bezpiecznego funkcjonowania urządzeń i systemów ochronnych, lecz bez funkcji samodzielnych

**urządzenia** - rozumie się przez to – maszyny, sprzęt, przyrządy stałe lub ruchome, podzespoły sterujące i oprogramowanie oraz należące do ich systemy wykrywania i zapobiegania które oddzielnie lub połączone z sobą są przeznaczone do wytwarzania, przesyłania, magazynowania, pomiaru, regulacji i przetwarzania energii oraz dla przekształcania materiałów i które poprzez ich własne potencjalne źródła zapłonu, są zdolne do spowodowania wybuchu

**przegląd** - działanie służące ocenie stanu urządzeń i systemów ochronnych

**konserwacja** - zespół czynności wykonywanych w celu utrzymania lub przywrócenia takiego stanu elementu instalacji, aby spełniał on wymagania techniczne określone dla urządzeń i systemów ochronnych wybuch jest gwałtowną reakcją utleniania lub rozkładu wywołująca wzrost temperatury i/lub ciśnienia

**atmosfera wybuchowa** - mieszanina substancji palnych w postaci gazów, par, mgieł lub pyłów z powietrzem w warunkach atmosferycznych, w której po zapaleniu spalanie rozprzestrzenia się na całą nie spaloną mieszaninę

**zakres wybuchowości** - zakres wartości stężenia substancji palnej w powietrzu, w granicach którego może dojść do wybuchu

**dolna granica wybuchowości (DGW)** – dolna granica zakresu wybuchowości

**górna granica wybuchowości (GGW)** – górna granica zakresu wybuchowości

**minimalna temperatura zapłonu obłoku pyłu/gazu** - najniższa temperatura gorących powierzchni, które w kontakcie z obłokiem pyłu/gazu powodują jego zapłon w określonych warunkach badania

**normalne działanie** – gdy urządzenia, zespoły ochronne, części i podzespoły realizują przewidzianą funkcję w zakresie parametrów znamionowych. Niesprawności (uszczelnień, uwolnienia substancji w wyniku awarii), które pociągają za sobą naprawę lub wyłączenie, nie są traktowane jako część normalnego działania

**przestrzeń zagrożona wybuchem** – przestrzeń, w której zależnie od warunków lokalnych i ruchowych może wystąpić atmosfera wybuchowa

**pomieszczenie zagrożone wybuchem** – pomieszczenie, w którym może wytworzyć się mieszanina wybuchowa, powstała wydzielającej się takiej ilości palnych gazów, par lub pyłów, których wybuch mógłby spowodować przyrost ciśnienia w tym pomieszczeniu przekraczający 5 kPa (określenie przyrostu ciśnienia zgodnie z załącznikiem do Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 7 czerwca 2010r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów)

**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.

**Dyspozycyjność wentylacji dobra** - wentylacja prawie zawsze

**Dyspozycyjność wentylacji dostateczna** - wentylacja w czasie normalnej pracy. Przerwy są dopuszczalne pod warunkiem ich rzadkiego występowania i w krótkich okresach.

**Dyspozycyjność wentylacji słaba** - wentylacja która nie spełnia wymagań dotyczących wentylacji dostatecznej lub dobrej, lecz nie dopuszcza się występowania przerw o długich okresach.

**Otwory typu A** – otwarte przejścia i otwory w ścianach.

**Otwory typu B** – otwory w normalnych warunkach zamknięte.

**Otwory typu C** – otwory w normalnych warunkach zamknięte i uszczelnione.

**Otwory typu D** – otwory normalnie zamknięte z możliwością otwarcia tylko przy pomocy specjalnych środków – narzędzi.

**Klasyfikacja na strefy dla gazów/par** (wg PN-EN 1127-1 Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Pojęcia podstawowe i metodologia):

Strefy dla gazów / par

- Strefa 0: miejsce, w którym atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych, w postaci gazu, pary albo mgły z powietrzem występuje stale lub przez długie okresy lub często,
- Strefa 1: miejsce, w którym atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych, w postaci gazu, pary albo mgły, z powietrzem może czasami wystąpić w trakcie normalnego działania,
- Strefa 2: miejsce, w którym atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę substancji palnych, w postaci gazu, pary albo mgły z powietrzem nie występuje w trakcie normalnego działania, a w przypadku wystąpienia trwa krótko.

Określenie prawdopodobieństwa wystąpienia strefy

Rodzaj strefy zagrożenia wybuchem	Opis strefy	Czas trwania	Prawdopodobieństwo wystąpienia
<b>Strefa 0</b>	stale w długim czasie lub często,	stale	1
<b>Strefa 1</b>	może czasami wystąpić w trakcie normalnego działania,	do 100 godz./rok	0,01 - 0,05
<b>Strefa 2</b>	nie występuje w trakcie normalnego działania, a w przypadku wystąpienia trwa tylko przez krótki czas,	do 10 godz./rok	0,001 – 0,005



## 4. Wykaz i charakterystyka substancji niebezpiecznych pod względem wybuchowym

Zagrożenie wybuchem jest związane z materiałami i substancjami przetwarzanymi, stosowanymi lub uwalnianymi przez urządzenia, systemy ochronne, części i podzespoły. Niektóre z tych materiałów i substancji mogą ulegać procesom spalania w powietrzu. Procesom tym często towarzyszy wytwarzanie znaczących ilości ciepła i mogą one być związane ze wzrostem ciśnienia i uwolnieniem materiałów niebezpiecznych. W odróżnieniu od pożaru, wybuch zasadniczo jest samopodtrzymującym rozprzestrzenianiem się strefy reakcji (płomienia) w atmosferze wybuchowej.

Substancje palne należy brać pod uwagę jako materiały, które mogą utworzyć atmosferę wybuchową, chyba że badanie ich właściwości wykazało, że w mieszaninach z powietrzem nie są zdolne do samopodtrzymującego się rozprzestrzeniania wybuchu. To potencjalne zagrożenie związane z atmosferą wybuchową zostaje uwolnione w przypadku zapłonu przez efektywne źródło zapłonu.

Na podstawie udostępnionej dokumentacji przeprowadzono identyfikację materiałów przetwarzanych, stosowanych lub uwalnianych przez urządzenia, systemy ochronne, części i podzespoły, które w określonych warunkach mogą utworzyć atmosferę wybuchową. Potencjalne zagrożenie wybuchem w obiektach Miejskiego Zakładu Komunikacji Sp. z o.o. w Pile należy rozpatrywać w odniesieniu do zagrożeń wynikających z możliwości utworzenia gazowych atmosfer wybuchowych związanych ze stosowaniem wodoru w autobusach.

### Klasyfikacja wodoru

Gaz łatwopalny, kat. 1, H220: Skrajnie łatwopalny gaz.

Gazy pod ciśnieniem, gaz sprężony: H280: Zawiera gaz pod ciśnieniem; ogrzanie grozi wybuchem.

### Charakterystyka wodoru

Wodór sprężony H<sub>2</sub> jest gazem bezbarwnym, bez zapachu. Wodór jest gazem skrajnie łatwopalnym. Ogrzanie butli z gazem grozi wybuchem. Dlatego tak ważne jest aby przechowywać go z dala od źródeł ciepła, gorących powierzchni, źródeł iskrzenia, otwartego ognia i innych źródeł zapłonu. Należy chronić je przed światłem słonecznym i przechowywać w dobrze wentylowanym miejscu. Przechowywać z dala od gazów utleniających i innych środków utleniających. Pojemniki nie mogą być przechowywane w warunkach sprzyjających powstawaniu korozji. Przechowywane pojemniki należy okresowo sprawdzać pod względem prawidłowego stanu technicznego oraz wycieków. Kołpak ochronny lub inny osprzęt chroniący zawór pojemnika musi pozostawać na swoim miejscu. Przechowywać butle w miejscu wolnym od zagrożenia pożarowego oraz źródeł ciepła i zapłonu. Nie przechowywać razem z materiałami zapalnymi.

W przypadku pożaru uwolnionego gazu, jeżeli jest to bezpiecznie należy zahamować wyciek. Nie gasić płomieni w miejscu wycieku, ponieważ może dojść do ponownego, niekontrolowanego zapłonu wybuchowego. Z bezpiecznego miejsca kontynuować zraszanie wodą, aż pojemnik stanie się zimny. Użyć środków gaśniczych do stłumienia ognia. Usunąć źródła ognia lub pozostawić do wypalenia.

W wysokich stężeniach wodór może spowodować uduszenie. Objawy obejmują utratę zdolności ruchowych/przytomności. Ofiara może nie być świadoma, że się dusi. Zabezpieczając się izolującym aparatem oddechowym przenieść ofiarę do nieskażonego obszaru. Utrzymywać ofiarę w cieple i spokoju. Wezwać lekarza. W przypadku zaniku oddechu zastosować sztuczne oddychanie.

*Tabela 1 Właściwości fizyko-chemiczne wodoru*

Nazwa	Wodór
Gęstość względem powietrza	0,07
Temp. wrzenia [°C]	-253
Temp. zapłonu [°C]	-
Temp. samozapłonu [°C]	560
Prężność par [kPa]	165 320
Dolna granica wybuchowości [%]	4
Górna granica wybuchowości [%]	77
Grupa wybuchowości	II C
Klasa temperaturowa	T 1

## 5. Identyfikacja miejsc wystąpienia atmosfer wybuchowych

Strefa zagrożenia wybuchem w pomieszczeniach Zajezdni autobusowej w Pile została wyznaczona na podstawie § 37 ust. 4 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz U. 2010 Nr 109 poz. 719) oraz Polskich Norm.

Wykaz przestrzeni klasyfikowanych zamieszczono w tabeli 2. Kartę klasyfikacyjną zagrożenia wybuchowego, dla przestrzeni zagrożonych wybuchem zamieszczono w tabeli 3.

*Tabela 2 Identyfikacja przestrzeni klasyfikowanych*

Nr przestrzeni	Nazwa przestrzeni klasyfikowanej	Substancje palne	Rodzaj przestrzeni
1	Pomieszczenie przeglądu technicznego	Wodór	Z

**Oznaczenia rodzaju przestrzeni:** Z – zamknięte – są to przestrzenie ograniczone szczelnymi ścianami, stropami i podłogami; PZ – pół-zamknięte – są to przestrzenie ograniczone ścianami, podłogami i stropami wyposażonymi w celowo zaprojektowane otwory wentylacyjne, otwarte stale lub częściowo przysłonięte żaluzjami np.: świetliki w dachach z otworami wentylacyjnymi, ściany z otworami wzdłuż podłogi lub sufitu; PO – półotwarte – są to przestrzenie ograniczone ścianami, dachami, podłogami, nie posiadające co najmniej jednej ściany; O – otwarte – są to przestrzenie ograniczone dachem, podłogą, pozbawione ścian, ewentualnie ograniczone jedną ścianą np. ścianą przeciwpożarową.

Tabela 3 Karta klasyfikacyjna zagrożenia wybuchowego

L.P.	Przestrzeń klasyfikowana	Aparat / Operacja	Substancja	Emisja		Wentylacja			Strefa zagrożenia wybuchem		
				Źródło emisji	Stopień emisji	Rodzaj	Stopień rozrzedzenia	Dyspozycyjność	Rodzaj strefy	Obszar	Uwagi
1	Pomieszczenie przeglądu technicznego	Butle z wodorem w autobusie	Wodór	Zawór przyłączeniowy butli	Drugi	Naturalna	Średni	Dobra	2	Wewnątrz całego pomieszczenia	Wyznacza się strefę 2 zagrożenia wybuchem w całym pomieszczeniu, w którym będzie znajdować się autobus z butlami z wodorem
		Wewnętrzna instalacja przesyłania wodoru w autobusie	Wodór	Armatura instalacji i rurociągów przesyłowych wodoru	Drugi	Naturalna	Średni	Dobra	Zgodnie z instrukcją producenta autobusu zasilanego wodorem		Pozostałe strefy zagrożenia wybuchem wodoru wskazuje się zgodnie z dokumentacją techniczną autobusu zasilanego z butli z wodorem.

## 6. Identyfikacja efektywnych źródeł zapłonu

Identyfikację źródeł zapłonu wykonano wg normy PN-EN 1127-1:2019 dla 13 potencjalnych źródeł zapłonu:

- Gorące powierzchnie
- Płomienie i gorące gazy
- Iskry mechaniczne
- Urządzenia elektryczne
- Prądy błędzące
- Wyładowania elektrostatyczne:
  - koronowe
  - snopiaste
  - snopiaste ślizgowe
  - stożkowe
  - iskrowe
- Wyładowania atmosferyczne
- Fale elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej 104 – 3 x 10<sup>12</sup> Hz
- Fale elektromagnetyczne wysokiej częstotliwości od 3 x 10<sup>11</sup> Hz do 3 x 10<sup>15</sup> Hz
- Promieniowanie jonizujące
- Ultradźwięki
- Sprężanie adiabatyczne
- Reakcje egzotermiczne

W analizowanych przestrzeniach technologicznych:

- Hala przeglądów technicznych

Bezpośrednimi czynnikami mogącymi zainicjować zapłon i w konsekwencji wybuch mieszaniny wybuchowej (powstałej na skutek uwolnienia mieszaniny wybuchowej) mającymi swoje źródło wskutek rozszczelnienia się zbiornika lub instalacji wodorowej autobusu wodorowym ze zbiornikiem wodoru 38kg mogą być: iskry generowane mechanicznie i iskry elektryczne oraz wyładowania elektrostatyczne iskrowe. Ponadto źródłem zapłonu mieszaniny wybuchowej mogą być oddziaływania typowo zewnętrzne takie jak wyładowania atmosferyczne – uderzenie pioruna. Źródłem zapłonu mogą być również prądy błędzące w systemach przewodzących elektryczność. Zagrożenie wybuchem, bądź pożarem może również wynikać z używania otwartego ognia w przypadku nieprzestrzegania procedur: palenia tytoniu, używania telefonu komórkowego, stosowania w pracy narzędzi iskrzących, niewłaściwej obsługi instalacji.

W przypadku remontu oraz prac konserwacyjnych należy każdorazowo przed przystąpieniem do prac dokonać indywidualnej oceny zagrożeń, w tym pożarowowybuchowych. Przed rozpoczęciem prac należy zidentyfikować występowanie efektywnych źródeł zapłonu. Należy

przestrzegać zasad prowadzenia prac pożarowo niebezpiecznych określonych w procedurach i instrukcjach eksploatującego.

#### Płomienie i gorące gazy

Możliwe jest wystąpienie źródła zapłonu od płomieni i gorących gazów spowodowane błędem ludzkim, np. zapłon od płomienia zapalki (temperatura  $600\div 700^{\circ}\text{C}$ ), żarzącego się niedopałka papierosa (temperatura  $450\div 660^{\circ}\text{C}$ ), w przypadkach prowadzenia prac remontowych, np. zapłon od płomienia palnika gazowego spawalniczego (temperatura około  $3000^{\circ}\text{C}$ ).

#### Iskry mechaniczne

Możliwe jest wystąpienie źródła zapłonu od iskry mechanicznej w przypadkach prowadzenia prac konserwacyjno-remontowych, gdy są stosowane nieodpowiednie narzędzia (mogące iskrzyć) i istnieje zła organizacja pracy – w wyniku uderzenia od obcych przedmiotów.

#### Urządzenia elektryczne

Źródłem zapłonu mogą być urządzenia elektryczne, które nie są wykonane w systemie przeciwwybuchowym Ex i nie są dostosowane do pracy w danej strefie zagrożenia wybuchem. Ponadto możliwe jest wystąpienie źródła zapłonu od uszkodzonych lub niesprawnych urządzeń elektrycznych.

#### Prądy błędzące

Prądy błędzące mogą płynąć w systemach przewodzących elektryczność lub częściach systemów jako wynik zwarcia albo doziemienia z powodu uszkodzeń instalacji elektrycznych a także jako wynik wyładowania atmosferycznego.

#### Wyładowania elektrostatyczne iskrowe

Możliwe jest wystąpienie źródła zapłonu od wyładowania elektrostatycznego iskrowego – w wyniku uszkodzenia układu odprowadzającego ładunki elektrostatyczne (uziemia), niestosowania odzieży antyelektrostatycznej przez pracowników wykonujących prace w strefach zagrożonych wybuchem.

#### Wyładowania atmosferyczne

Możliwe jest wystąpienie źródła zapłonu od wyładowania atmosferycznego. Nawet bez uderzenia pioruna, burze mogą powodować indukowane wysokie napięcie w urządzeniach, systemach ochronnych, rurociągach prowadzące do kumulacji ładunku elektrostatycznego na instalacji lub produkcie i w konsekwencji do powstania iskry o potencjalnie dużym ładunku.

Tabela 4 . Identyfikacja źródeł zapłonu

L.p.	Źródło zapłonu	Możliwość wystąpienia	Skuteczność	Uwagi
1	Gorące powierzchnie	NIE	-	Nie jest możliwe wystąpienie źródła zapłonu od gorących powierzchni.
2	Płomienie i gorące gazy	TAK	TAK, mogą dostarczyć wystarczającej energii	Możliwe jest wystąpienie źródła zapłonu od płomieni i gorących gazów spowodowane błędem ludzkim, np. zapłon od płomienia zapalki (temperatura 600÷700°C), żarzącego się niedopałka papierosa (temperatura 450÷660°C), w przypadkach prowadzenia prac remontowych, np. zapłon od płomienia palnika gazowego spawalniczego (temperatura około 3000°C).
3	Iskry mechaniczne	TAK	TAK, mogą dostarczyć wystarczającej energii	Możliwe jest wystąpienie źródła zapłonu od iskry mechanicznej w przypadkach prowadzenia prac remontowych gdy są stosowane nieodpowiednie narzędzia (mogące iskrzyć) i istnieje zła organizacja pracy - w wyniku uderzenia od obcych przedmiotów lub tarcia elementów roboczych.
4	Urządzenia elektryczne	TAK	TAK, mogą dostarczyć wystarczającej energii	Możliwe jest wystąpienie źródła zapłonu od urządzeń i instalacji elektrycznych nieprzystosowanych do stosowania w strefach zagrożenia wybuchem. Możliwe jest wystąpienie źródła zapłonu od uszkodzonych lub niesprawnych urządzeń elektrycznych.
5	Prądy błądzące	TAK	TAK, mogą dostarczyć wystarczającej energii	Możliwe jest wystąpienie źródła zapłonu od prądów błądzących jako wynik zwarcia albo doziemienia z powodu uszkodzeń instalacji elektrycznych a także jako wynik wyładowania atmosferycznego.
6	Wyładowania elektrostatyczne:			
	- koronowe	NIE	-	
	- snopiaste	NIE	-	
	- snopiaste ślizgowe	NIE	-	
	- stożkowe	NIE	-	
	- iskrowe	TAK	TAK, mogą dostarczyć wystarczającej energii	Możliwe jest wystąpienie źródła zapłonu od wyładowania elektrostatycznego iskrowego – w wyniku uszkodzenia lub braku układu odprowadzającego ładunki elektrostatyczne (uziemiaenia), niestosowania odzieży antyelektrostatycznej przez pracowników wykonujących prace w strefach zagrożenia wybuchem.
7	Wyładowania atmosferyczne	TAK	TAK, mogą dostarczyć wystarczającej energii	Możliwe jest wystąpienie źródła zapłonu od uderzenia pioruna.

L.p.	Źródło zapłonu	Możliwość wystąpienia	Skuteczność	Uwagi
8	Fale elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej (RF) od $10^4$ do $3 \times 10^{12}$ Hz	NIE	-	Nie jest możliwe wystąpienie źródła zapłonu od fal elektromagnetycznych o częstotliwości radiowej.
9	Fale elektromagnetyczne od $3 \times 10^{11}$ do $3 \times 10^{15}$ Hz	NIE	-	Nie jest możliwe wystąpienie źródła zapłonu od fal elektromagnetycznych o wysokiej częstotliwości.
10	Promieniowanie jonizujące	NIE	-	Nie występuje to zagrożenie. Nie jest możliwe wystąpienie źródła zapłonu od promieniowania jonizującego.
11	Ultradźwięki	NIE	-	W strefach zagrożenia wybuchem i w ich otoczeniu nie występują źródła ultradźwięków. Nie jest możliwe wystąpienie źródła zapłonu od ultradźwięków.
12	Sprężanie adiabatyczne oraz fale uderzeniowe	NIE	-	Nie występuje to zagrożenie. Nie jest możliwe wystąpienie źródła zapłonu od sprężania adiabatycznego.
13	Reakcje egzotermiczne łącznie z samozapłonem pyłów	NIE	-	Nie występuje to zagrożenie. Nie jest możliwe wystąpienie źródła zapłonu od reakcji egzotermicznych.



## 7. Klasyfikacja przestrzeni zagrożenia wybuchem

Projektowana przebudowa pomieszczeń zajezdni autobusowej w Pile

### Opis obiektu

Wewnątrzzakładowa hala przeglądu technicznego oraz utrzymania czystości w taborze miejskich autobusów ze zbiornikiem wodorowym o masie do 38 kg. Stacja nie będzie świadczyć żadnych prac związanych z obsługą, naprawą, modernizacją czy tankowaniem instalacji i zbiorników wodorowych.

Czynności wykonywane wewnątrz hali przeglądów technicznych będą obejmowały:

- sprzątanie wnętrza,
- kontrola i uzupełnianie płynów eksploatacyjnych,
- kontrola i wymiana oświetlenia zewnętrznego i wewnętrznego,
- kontrola i ewentualna wymiana ogumienia,
- kontrola hamulców.

Na etapie projektowym nie można przyjąć modeli pojazdów autobusowych wprowadzanych do wnętrza hali oraz uwzględnić w opracowaniu warunki techniczno-ruchowe pojazdu w tym zdiagnozowane strefy zagrożenia wybuchem.

### Ocena pomieszczeń pod kątem kwalifikacji jako zagrożonych wybuchem

Określenie warunku bezpieczeństwa dla obiektów wg Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 7 czerwca 2010r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów

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, określa się jako **pomieszczenie zagrożone wybuchem**.

W pomieszczeniu należy wyznaczyć strefę zagrożenia wybuchem, jeżeli może w nim występować mieszanina wybuchowa o objętości co najmniej 0,01 m<sup>3</sup> w zwartej przestrzeni.

Przeprowadzono obliczenia dla następujących pomieszczeń:

- Hala przeglądu technicznego autobusów

Przyrost ciśnienia w pomieszczeniach  $\Delta P$  [Pa], jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch z udziałem substancji palnych, określono według załącznika do Rozporządzenia MSWiA z dnia 07.06.2010, za pomocą następujących równań:

- dla jednorodnych palnych gazów lub par o cząsteczkach zbudowanych z atomów węgla, wodoru, tlenu, azotu i chlorowców:

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot \Delta P_{\max} \cdot W}{V \cdot C_{st} \cdot \rho} \quad (1)$$
$$C_{st} = \frac{1}{1 + 4,84 \cdot \beta} \quad \beta = n_C + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2}$$

gdzie:

$m_{\max}$  – maksymalna masa substancji palnych tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu [kg];

$\Delta P_{\max}$  – maksymalny przyrost ciśnienia przy wybuchu stechiometrycznej mieszaniny gazowo-lub parowo-powietrznej w zamkniętej komorze [Pa];

$W$  = współczynnik przebiegu reakcji wybuchu; przyjmuje wartość 0,17 dla palnych gazów i uniesionego palnego pyłu i 0,1 dla palnych par i mgieł;

$V$  – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia, stanowiąca różnicę między objętością pomieszczenia i objętością znajdujących się w nim instalacji [m<sup>3</sup>];

$C_{st}$  — objętościowe stężenie stechiometryczne palnych gazów lub par;

$\beta$  — stechiometryczny współczynnik tlenu w reakcji wybuchu;

$n_C, n_H, n_{Cl}, n_O$  — odpowiednio ilości atomów węgla, wodoru, chlorowców i tlenu w cząsteczce gazu lub pary;

$\rho$  — gęstość palnych gazów lub par w temperaturze pomieszczenia w normalnych warunkach pracy [kg/m<sup>3</sup>].

Lub:

- dla pozostałych substancji palnych:

$$\Delta P = \frac{m_{\max} \cdot q_{sp} \cdot P_0 \cdot W}{V \cdot \rho_p \cdot c_p \cdot T} \quad (2)$$

gdzie:

$m_{\max}$  – maksymalna masa substancji palnych tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w rozpatrywanym pomieszczeniu [kg];  $q_{sp}$  – ciepło spalania rozpatrywanej substancji [J/kg];

$P_0$  – ciśnienie atmosferyczne normalne, równe 101 325 Pa;

$W$  – współczynnik przebiegu reakcji wybuchu; przyjmuje wartość 0,17 dla palnych gazów i uniesionego palnego pyłu i 0,1 dla palnych par i mgieł;

$V$  – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia, stanowiąca różnicę między objętością pomieszczenia i objętością znajdujących się w nim instalacji [ $m^3$ ];

$\rho_p$  – gęstość powietrza w temperaturze  $T$  [ $kg/m^3$ ], równe 1,168  $kg/m^3$

$c_p$  – ciepło właściwe powietrza [J/kgK], równe 1005 J/kgK

$T$  – temperatura pomieszczenia w normalnych warunkach pracy [K],

Masa palnych par  $m$  (w kg), wydzielających się w pomieszczeniu wskutek parowania cieczy z otwartej powierzchni, jest określana za pomocą równania:

$$m = 10^{-9} \cdot F \cdot \tau \cdot K \cdot P_s \cdot \sqrt{M} \quad (3)$$

gdzie:

$F$  – powierzchnia parowania cieczy (w  $m^2$ ) – dla każdego  $dm^3$  cieczy rozlanej na posadźce betonowej przyjmuje się  $F = 0,5 m^2$  dla roztworów zawierających nie więcej niż 70 % masowego udziału rozpuszczalnika i  $F = 1 m^2$  dla pozostałych cieczy;

$\tau$  – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s);

$K$  – współczynnik parowania określony w tabeli;

$P_s$  – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia  $t$  w  $^{\circ}C$  (Pa):

$$P_s = 133 \cdot 10^{\left[ A - \frac{B}{t + C_A} \right]} \quad (4)$$

$A, B, C_A$  – współczynniki równania Antoine'a dla danej cieczy;

$M$  – masa cząsteczkowa cieczy ( $kg \times kmol^{-1}$ )

Wyniki obliczeń wg. wzoru 1 zawarto w tabeli 5.

*Tabela 5 Obliczenia przyrostu ciśnienia w przestrzeniach zamkniętych*

L.P.	Pomieszczenie	Substancja palna	Maksymalna ilość substancji palnych [kg]	dPmax [Pa]	Objętość pomieszczenia [m <sup>3</sup> ]	ΔP [kPa]
1	Hala przeglądów technicznych	Wodór	9,5	625000	2324	18

Dla oceny zagrożenia wybuchem obliczono maksymalną masę wodoru jaka może znaleźć się w pomieszczeniu biorąc pod uwagę rozszczelnienie przy zaworze przyłączeniowym jednej butli. Z uwagi na brak dostępu do dokumentacji technicznej nie uwzględniono ograniczeń dot. rozszczelnienia przez systemy odcinające dopływ gazu zamontowane w instalacji wodorowej autobusu.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń wynika, że przyrost ciśnienia spowodowany wybuchem w analizowanych pomieszczeniach, przy założonych maksymalnych masach substancji palnych tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzielić się w:

- Hali przeglądów technicznych **przekroczy wartości 5 kPa,**

Zgodnie z § 32.1 ust.5 Rozporządzenia MSWiA z dnia 07.06.2010 **pomieszczenie te jest klasyfikowane jako zagrożone wybuchem.**

## 8. Zalecenia

- W obszarach w których zostały wyznaczone strefy zagrożenia wybuchem, należy umieścić oznakowanie „Ex” zgodnie z §5.4 Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 8 lipca 2010r., a w miejscach, w których występuje strefa zagrożenia wybuchem umieścić informację o zakazie używania otwartego ognia.
- Należy unikać stosowania w strefach zagrożenia wybuchem urządzeń elektrycznych. W wypadku korzystania z urządzeń elektrycznych w wyznaczonych strefach zagrożenia wybuchem winny one posiadać oznaczenie Ex i być przystosowane do pracy w strefie " 2", do grupy wybuchowości IIC i klasy temperaturowej T1
- Obiekty powinny być wyposażone w instalację odgromową. Wymagany stopień ochrony – ochrona obostrzona– zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami.
- Należy bezwzględnie przestrzegać instrukcji eksploatacji i obsługi urządzeń technologicznych.
- Wszystkie instalacje i urządzenia elektryczne pracujące w strefach zagrożenia
- wybuchem – stałe oraz tymczasowe, muszą być w wykonaniu przeciwwybuchowym Ex zgodnym z ATEX 137
- Opracować i wdrożyć do stosowania Instrukcję Bezpieczeństwa Pożarowego,
- Stosować ubrania robocze nie gromadzące ładunków elektrostatycznych w obrębie stref i pomieszczeń zagrożenia wybuchem,
- Stosować narzędzia nie iskrzące, eliminujące powstanie iskier krzesanych w obrębie stref zagrożenia wybuchem,
- Instalację elektryczną, odgromową i uziemiającą poddawać badaniom zgodnie z ustalonymi terminami,
- Pojazdy wprowadzane do hali przeglądów technicznych kontrolować pod względem szczelności instalacji wodorowej.
- W przestrzeni hali przeglądu technicznego nie przechowywać materiałów palnych.
- W hali przeglądów technicznych zainstalować system detekcji wodoru zgodnie z zaleceniami producenta. Umieścić punktowo nad powierzchnią możliwego postoju autobusu zasilanego butlami wodorowymi. Pierwszy próg alarmu detekcji ustalić na poziomie do 10% DGW.
- W zakładzie komunikacji miejskiej wprowadzić procedurę alarmowa podczas wykrycia wycieku wodoru. Należy zamontować alarmową sygnalizację akustyczno-wizualną w pomieszczeniu hali przeglądów technicznych oraz bezpośrednio przed. Sygnalizacja musi spełniać wymogi dla urządzeń elektrycznych stosowanych w przestrzeniach zagrożenia wybuchem.
- Umieścić w widocznym miejscu na tablice informujące o zakazie używania ognia otwartego, palenia tytoniu i e-papierosów, a także zakazie używania telefonów komórkowych.



- Przestrzeń hali przeglądów technicznych wyposażać w min 3 gaśnice proszkowe ABC 9kg.
- Zapewnić dojazd ekip ratowniczych oraz możliwość prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych. Nie zastawiać dróg pożarowych oraz nie blokować dostępu do hydrantów zewnętrznych.
- Zaznajomić pracowników z dokumentem oraz prowadzić szkolenia doszkalające z zakresu dokumentu oceny zagrożenia wybuchem pracowników wykonujących pracę w strefie zagrożenia wybuchem 2.

Przykładowy program szkolenia z zakresu oceny zagrożenia wybuchem.

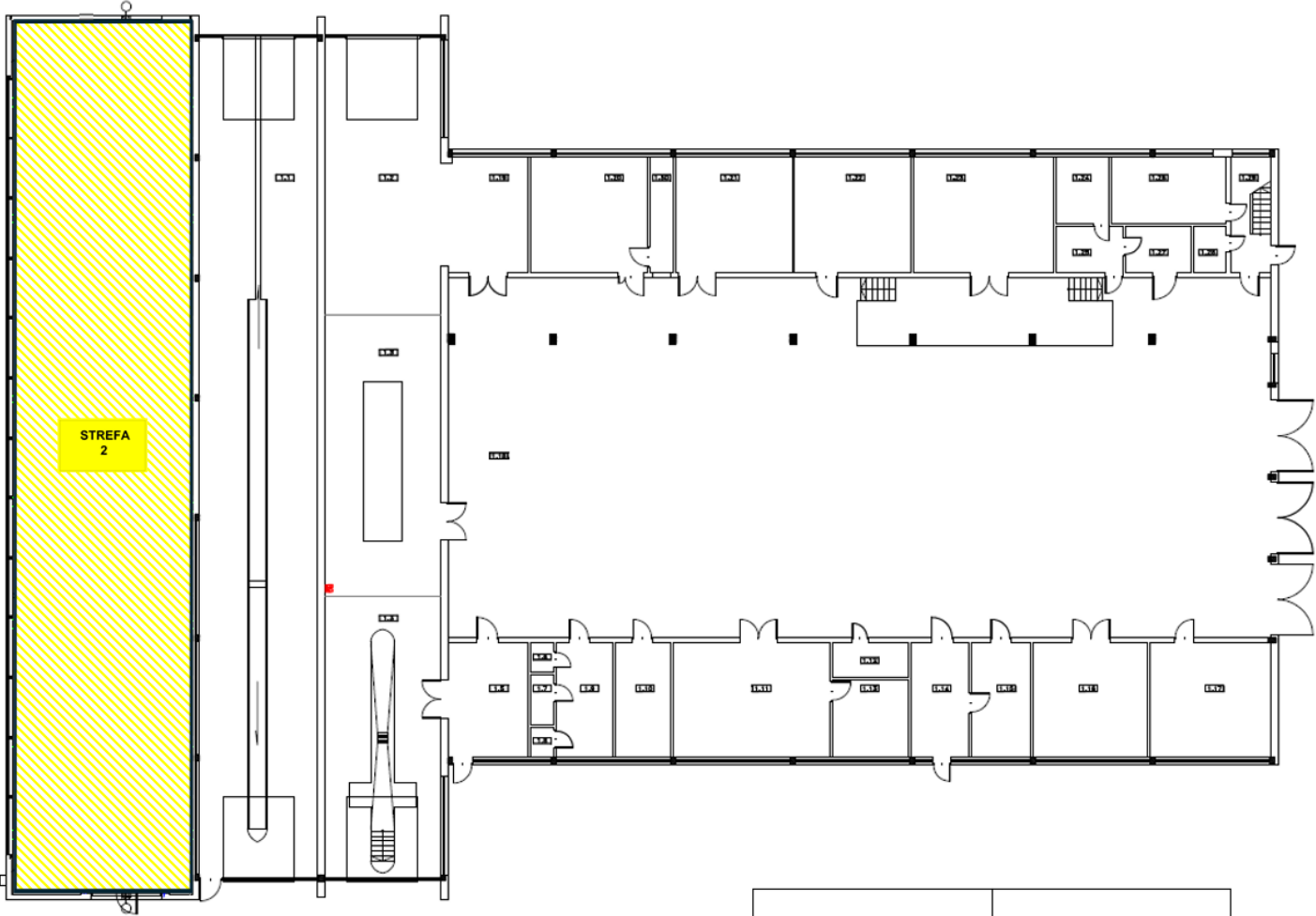
Lp.	Temat	liczba godzin lekcyjnych *)
1.	Ochrona przeciwpożarowa na terenie zakładu	0,25 godz.
2.	Właściwości fizykochemiczne gazów palnych	0,25 godz.
3.	Identyfikacja źródeł zagrożenia wybuchowego	0,25 godz.
4.	Granice wybuchowości	0,25 godz.
5.	Wybuch oraz zjawiska towarzyszące	0,25 godz.
6.	Obowiązki pracowników w przypadku powstania wybuchu, pożaru	0,25 godz.
7.	Zasady postępowania w przypadku powstania wybuchu, pożaru	0,25 godz.
8.	Urządzenia przeciwpożarowe, gaśnice - prawidłowa obsługa	0,25 godz.
	<b>Razem:</b>	<b>2,0 godz.</b>

*\*W godzinach lekcyjnych trwających 45 min*

## 9. Załączniki

1. Załącznik nr 1 – graficzny wykaz pomieszczeń zagrożonych wybuchem

## Załącznik nr 1 – graficzny wykaz pomieszczeń zagrożonych wybuchem



BRYNIEK		Załącznik nr 1		SKALA	
Graficzne przedstawienie pomieszczeń zagrożonych wybuchem				1:200	
OBJĘTOŚĆ		Miejski Zakład Komunikacji w Pile Sp. z o.o.			
		ul. Łączna 4, 64-920 Pila			
OPRACOWAŁ		POZIOM		KONDYGNACJA „0”	
inż. pożarnictwa Mateusz Krajewski				DATA	
				MAJ 2024	