
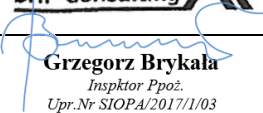


OCENA ZAGROŻENIA WYBUCHEM

dla Stacji Pomiarów Aerologicznych w Legionowie
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Państwowy Instytut Badawczy
ul. Zegrzyńska 38, 05-119 Legionowo

	Imię i nazwisko	data	podpis BHP Consulting
Opracował: zespół BHP Consulting	Agata Kotynia	02-04-2020	 dr inż. Agata Kotynia Process Safety Manager
	Grzegorz Brykała	02-04-2020	 BHP Consulting

Grzegorz Brykała
Inspektor Ppoż.
Upr.Nr SIOPA/2017/1/03

WSTĘP

Zagrożenie wybuchem jest związane z materiałami i substancjami przetwarzanymi, stosowanymi lub uwalnianymi przez urządzenia, systemy ochronne, części i podzespoły oraz materiałami stosowanymi do budowy urządzeń, systemów ochronnych, części i podzespołów.

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 powinny być rozważane 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 staje się realne w przypadku zapłonu przez efektywne źródło zapłonu.

Dla określenia zakresu środków koniecznych do uniknięcia efektywnych źródeł zapłonu, miejsca niebezpieczne są zaliczane do stref zagrożenia wybuchem na podstawie częstotliwości i długości czasu występowania niebezpiecznej atmosfery wybuchowej.

SPIS TREŚCI

WSTĘP.....	2
1. Przedmiot opracowania	4
2. Cel.....	4
3. Podstawa prawna opracowania.....	4
4. Podstawowe definicje	6
5. Charakterystyka instalacji oraz realizowanych procesów.....	8
6. Wykaz i charakterystyka substancji niebezpiecznych pod względem wybuchowym	10
KLASYFIKACJA STREF ZAGROŻENIA WYBUchem	13
7. Źródło i stopień emisji.....	14
7.1. Identyfikacja możliwości wystąpienia atmosfery wybuchowej	14
7.2. Identyfikacja źródeł emisji.....	15
8. Wentylacja.....	15
9. Identyfikacja stref zagrożonych wybuchem i ich zasięgu	16
9.1. Obliczenie przyrostu ciśnienia w pomieszczeniach ΔP [Pa], jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch z udziałem gazów lub pyłów palnych	19
9.2. Graficzna dokumentacja klasyfikacyjna	21
9.3. Oznakowanie stref zagrożenia wybuchem.....	21
10. Źródła zapłonu.....	23
10.1. Wyposażenie i narzędzia mogące działać jako źródła zapłonu	24
10.2. Dobór wyposażenia do przestrzeni zagrożonych wybuchem	26
11. Dokonywanie przeglądu klasyfikacji stref zagrożenia wybuchem.....	28
12. Wnioski i zalecenia	28
Literatura	29

1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest ocena Stacji Pomiarów Aerologicznych w Legionowie, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowy Instytut Badawczy, ul. Zegrzyńska 38, 05-119 Legionowo, pod kątem zagrożeń związanych z ryzykiem wybuchu.

Opracowanie zakresem obejmuje następujące pomieszczenia:

- Hangar Balonowy,
- Planowane pomieszczenie magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru.

2. Cel

Celem opracowania jest określenie wymagań, jakie należy spełnić aby zapewnić bezpieczeństwo pracowników wykonujących prace w pomieszczeniach Stacji Pomiarów Aerologicznych w Legionowie:

- Hangarze Balonowym,
- Planowanym pomieszczeniu magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru,

w kontekście zagrożeń związanych z ryzykiem wybuchu.

Opracowanie obejmuje m.in. przeprowadzenie identyfikacji możliwości wystąpienia atmosfery wybuchowej i klasyfikację przestrzeni, w których może wystąpić atmosfera wybuchowa w celu właściwego doboru urządzeń stosowanych w tych przestrzeniach oraz wskazanie czynników mogących w nich zainicjować zapłon. Działanie to ma prowadzić do niedopuszczenia powstania i rozprzestrzeniania się pożaru lub wybuchu.

Ocena zagrożenia wybuchem odnosi się do normalnych warunków pracy urządzeń i instalacji. Nie obejmuje ona sytuacji awaryjnych (pęknięć, gwałtownych rozszczelnień itp.) i napraw. W przypadku remontu oraz prac konserwacyjnych należy każdorazowo przed przystąpieniem do prac dokonać indywidualnej oceny zagrożeń, w tym pożarowo-wybuchowych.

3. Podstawa prawna opracowania

1. 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., poz. 817),
2. Powyższe rozporządzenie jest implementacją do polskiego prawodawstwa obowiązującej w Unii Europejskiej dyrektywy 2014/34/UE Parlamentu Europejskiego i Rady 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 (Dz. Urz. UE L 96 z 29.03.2014) zwanej popularnie Dyrektywą ATEX,

3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 08.07.2010 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),
4. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 07.06.2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. nr 109, poz. 719),
5. PN-EN 1127-1:2019. Październik 2019. Atmosfery wybuchowe – Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem – Część 1: Pojęcia podstawowe i metodyka,
6. PN-EN 60079-0:2018. Wrzesień 2018. Atmosfery wybuchowe – Część 0: Urządzenia – Podstawowe wymagania,
7. PN-EN 60079-10-1:2016. Luty 2016. Atmosfery wybuchowe – Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni – Gazowe atmosfery wybuchowe,
8. PN-EN 60079-10-2:2015. Czerwiec 2015. Atmosfery wybuchowe – Część 10-2: Klasyfikacja przestrzeni – Pyłowe atmosfery wybuchowe,
9. PN-EN 60079-14:2014. Czerwiec 2014. Atmosfery wybuchowe – Część 14: Projektowanie, dobór i montaż instalacji elektrycznych,
10. PN-EN 60079-17:2014. Maj 2014. Atmosfery wybuchowe – Część 17: Kontrola i konserwacja instalacji elektrycznych,
11. PN-EN IEC 60079-19:2020. Lipiec 2020. Atmosfery wybuchowe – Część 19: Naprawa, remont i regeneracja urządzeń,
12. PN-EN 60079-25:2011. Styczeń 2016. Atmosfery wybuchowe – Część 25: Systemy iskrobezpieczne,
13. PN-EN ISO 80079-36:2016. Lipiec 2016. Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 36: Metodyka i wymagania,
14. PN-EN 60529:2003/A2. Lipiec 2014. Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP),
15. PN-E-05204:1994P. Październik 1994. Ochrona przed elektrycznością statyczną – Ochrona obiektów, instalacji i urządzeń – Wymagania,
16. PN-HD 60364-4-443:2016. Marzec 2016. Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część: 4-443: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa -- Ochrona przed zaburzeniami napięciowymi i zaburzeniami elektromagnetycznymi -- Ochrona przed przejściowymi przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi,
17. PN-HD 60364-5-54:2011. Sierpień 2011. Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Układy uziemiające i przewody ochronne,
18. PN-EN 62305-1:2014. Marzec 2014. Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne,
19. PN-EN 62305-4:2011. Luty 2015. Ochrona odgromowa -- Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach,
20. PN-EN 60204-1:2018-12. Grudzień 2018. Bezpieczeństwo maszyn – Wyposażenie elektryczne maszyn – Część 1: Wymagania ogólne,
21. PN-EN ISO 12100:2012. Listopad 2012. Bezpieczeństwo maszyn – Ogólne zasady projektowania – Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka.

4. Podstawowe definicje

SUBSTANCJA PALNA – substancja w postaci gazu, pary, cieczy, ciała stałego lub ich mieszaniny, zdolna wchodzić w egzotermiczną reakcję z powietrzem po zapaleniu.

ATMOSFERA WYBUCHOWA – mieszanina z powietrzem, w warunkach atmosferycznych, substancji palnych w postaci gazu, pary, mgły lub pyłu, w której to mieszaninie po nastąpieniu zapłonu spalanie rozprzestrzenia się na całą niespaloną jej część.

ATMOSFERA POTENCJALNIE WYBUCHOWA – atmosfera, która w zależności od warunków lokalnych i ruchowych może stać się wybuchowa.

PRZESTRZENIE ZAGROŻONE WYBUCHEM – przestrzenie, w których może wystąpić atmosfera wybuchowa w ilościach wymagających podjęcia specjalnych środków w celu zapewnienia bezpieczeństwa i higieny pracy.

PRZESTRZENIE NIEZAGROŻONE WYBUCHEM – przestrzenie inne niż określone powyżej, w których nie przewiduje się wystąpienia atmosfery wybuchowej w ilościach wymagających podjęcia specjalnych środków w celu zapewnienia bezpieczeństwa i higieny pracy.

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 wybuchają, czyli ulegają gwałtownemu spalaniu połączonemu ze wzrostem ciśnienia.

DOLNA GRANICA WYBUCHOWOŚCI (DGW) – najniższe stężenie składnika palnego w mieszaninie z powietrzem lub innym utleniaczem, przy którym zapłon pod wpływem czynnika inicjującego jest już możliwy.

GÓRNA GRANICA WYBUCHOWOŚCI (GGW) – najwyższe stężenie składnika palnego w mieszaninie z powietrzem lub innym utleniaczem, przy którym zapłon pod wpływem czynnika inicjującego jest jeszcze możliwy.

STREFA ZAGROŻENIA WYBUCHEM – przestrzeń, w której może występować mieszanina wybuchowa substancji palnych z powietrzem lub innymi gazami utleniającymi, o stężeniu zawartym między dolną i górną granicą wybuchowości.

MIEJSCE PRACY – miejsce wyznaczone przez pracodawcę, do którego pracownik ma dostęp w związku z wykonywaniem pracy.

STANOWISKO PRACY – przestrzeń pracy, wraz z wyposażeniem w środki i przedmioty pracy, w której pracownik lub zespół pracowników wykonuje pracę.

OBIEKT BUDOWLANY – jest to: budynek wraz z instalacjami i urządzeniami technicznymi, budowla stanowiąca całość techniczno-użytkową wraz z instalacjami i urządzeniami, obiekt małej architektury.

URZĄDZENIA – maszyny, aparatura, sprzęt stały lub ruchomy, komponenty sterujące i oprzyrządowanie oraz należące do nich systemy wykrywania i zapobiegania, które oddzielnie lub połączone ze sobą są przeznaczone do wytwarzania, przesyłania, magazynowania, pomiaru, regulacji i przetwarzania energii lub do przekształcania materiałów, a które, przez ich własne potencjalne źródła zapłonu, są zdolne do spowodowania wybuchu.

URZĄDZENIA ELEKTRYCZNE – urządzenia, stosowane w całości lub częściowo do wykorzystywania energii elektrycznej. Obejmują one, między innymi, urządzenia do wytwarzania, przesyłu, rozdziału, akumulowania, pomiarów, regulacji, przetwarzania i pobierania energii elektrycznej oraz urządzenia telekomunikacji.

SYSTEMY OCHRONNE – sprzęt inny niż komponenty urządzeń, którego zadaniem jest natychmiastowe powstrzymanie powstającego wybuchu lub ograniczenie skutecznego zasięgu płomienia i ciśnienia wybuchu i który udostępniany jest na rynku oddzielnie do stosowania autonomicznego.

KOMPONENTY – części i podzespoły istotne dla bezpiecznego funkcjonowania urządzeń i systemów ochronnych, lecz bez funkcji autonomicznych.

POŻAR – niekontrolowany proces utleniania paliwa (spalania) w miejscu do tego nieprzeznaczonym.

WYBUCH – gwałtowna reakcja utleniania lub rozkładu wywołująca wzrost temperatury i/lub ciśnienia.

ODPORNOŚĆ NA WYBUCH – właściwość zbiorników i urządzeń zaprojektowanych jako odporne na ciśnienie wybuchu lub uderzenie ciśnienia wybuchu.

ODPORNOŚĆ NA CIŚNIENIE WYBUCHU – właściwość zbiorników i urządzeń zaprojektowanych dla zachowania wytrzymałości na spodziewane ciśnienie wybuchu bez wystąpienia trwałych odkształceń.

ODPORNOŚĆ NA UDERZENIE CIŚNIENIA WYBUCHU – właściwość zbiorników i urządzeń zaprojektowanych dla zachowania wytrzymałości na spodziewane ciśnienie wybuchu bez rozerwania, ale z możliwością wystąpienia trwałych odkształceń.

TEMPERATURA ZAPŁONU – najniższa temperatura cieczy, w której stężenie par istniejące nad powierzchnią cieczy jest wystarczające do zaistnienia trwałego spalania od tzw. punktowych bodźców energetycznych (płomień, iskra itp.).

CZYNNOŚCI NIEBEZPIECZNE – działania mogące zainicjować zapłon i wybuch atmosfery wybuchowej.

PRACE NIEBEZPIECZNE POD WZGLĘDEM POŻAROWYM – prace remontowo-budowlane związane z użyciem otwartego ognia, cięciem z wytwarzaniem iskier mechanicznych i spawaniem, prowadzone wewnątrz lub na dachach obiektów, na przyległych do nich terenach oraz placach składowych, a także prace remontowo-budowlane wykonywane w strefach zagrożonych wybuchem.

5. Charakterystyka instalacji oraz realizowanych procesów

Stacja Pomiarów Aerologicznych to miejsce wykonywania pomiarów i obserwacji meteorologicznych. W pomieszczeniach Stacji realizowany jest proces napełniania balonu meteorologicznego wodorem.

Pomieszczenia:

- Hangar Balonowy,
- Planowane pomieszczenie magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru są zlokalizowane w jednym budynku w kategorii produkcyjno-magazynowej. Rzuty budynku zamieszczono na rys. 1.

Wodór jest dostarczany na teren Stacji w butlach. Planowane jest składowanie butli pełnych i pustych (maksymalnie 54 szt.) w pomieszczeniu magazynu butli. W pomieszczeniu znajduje się instalacja wodoru składająca się z czterech stanowisk podłączenia butli oraz armatury instalacji i rurociągów przesyłowych wodoru do pomieszczenia Hangaru Balonowego. W pomieszczeniu znajduje się również wyłączony z użytkowania (pusty) zbiornik pośredni wodoru.

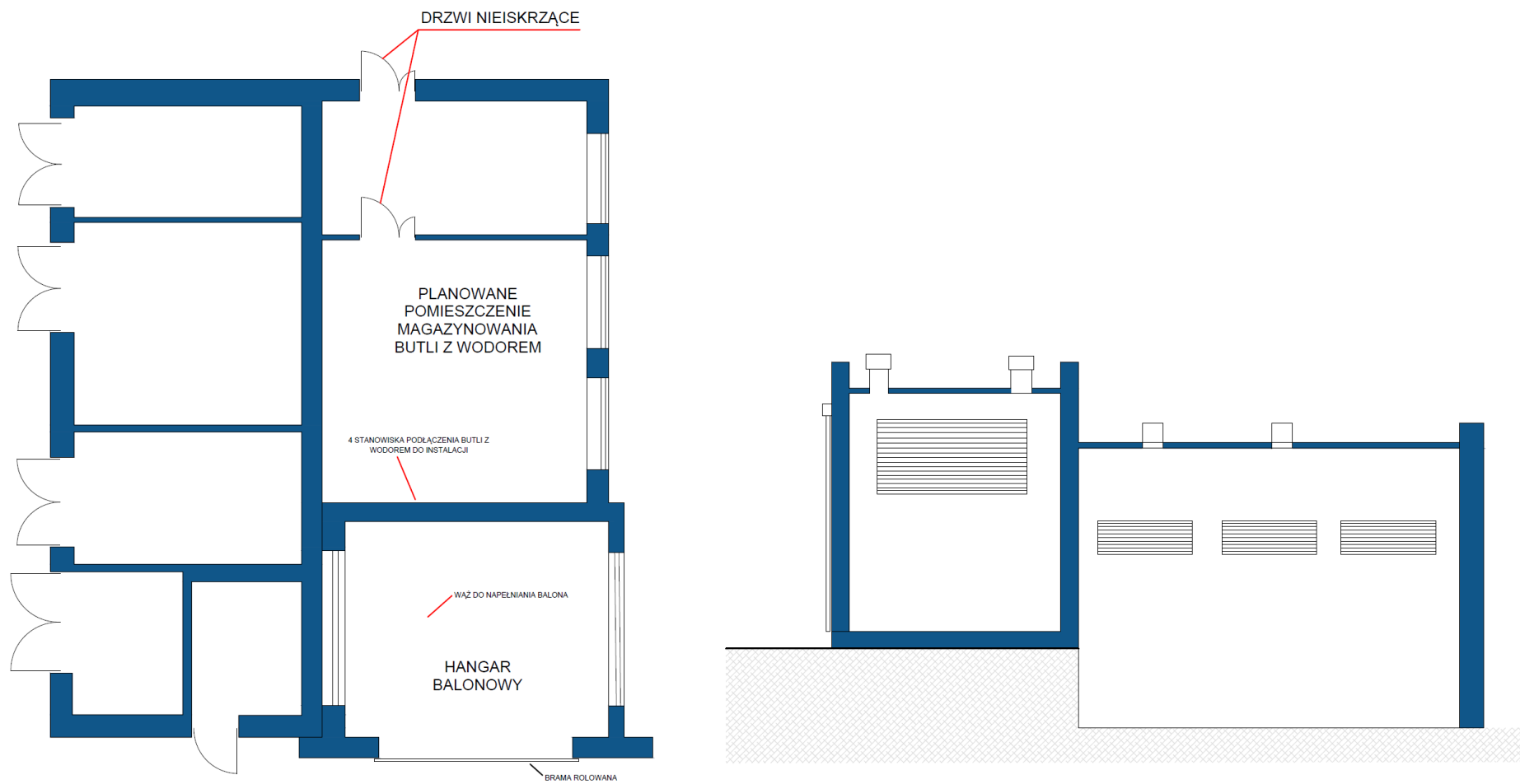
Do pomieszczenia, w którym jest planowane magazynowanie butli z wodorem prowadzi wejście z pomieszczenia elektrolizera. Elektrolizer jest wyłączony z użytkowania. Elektrolizer jest zneutralizowany gazem obojętnym – azotem.

Pomieszczenie Hangaru Balonowego znajduje się w tym samym budynku ale prowadzi do niego osobne wejście z zewnątrz – brama. W Hangarze Balonowym prowadzone jest napełnienie wodorem balonów o pojemności 2 m³ i 4 m³. Balon jest napełniany przy otwartej bramie pomieszczenia.

Gumowa szyjka balonu wsuwana jest na końcówkę do pompowania minimum 3-5 centymetrów. Następnie końcówka do pompowania z nasuniętym wlotem balonu jest obwiązywana dookoła tasiemką lub sznurkiem w celu zabezpieczenia przed zsunięciem się balonu z nasadki do pompowania.

Zawór służący do napełniania balona jest częściowo odkręcany; balon napełniany jest powoli strumieniem gazu, aż do momentu, gdy powłoka samoistnie się podniesie. Unoszący się balon podczepiany jest za uchwyt na końcówce do pompowania na wadze służącej do pomiaru nośności balonu. Balon o wadze 600 gram pompowany jest do nośności 1200 gram; natomiast balon o wadze 1200 gram do nośności 2300 gram.

Po napełnieniu balonu do odpowiedniej nośności zawór służący do pompowania jest zakręcany, a gumowa szyjka balonu jest szczelnie związywana sznurkiem lub tasiemką. Pod balonem podwieszana jest sonda meteorologiczna wyposażona w czujnik do pomiaru ciśnienia, temperatury i wilgotności, system nawigacji radiowej lub satelitarnej oraz nadajnik. Balon wypuszczany jest w czasie nie dłuższym niż 15 minut od zakończenia pompowania. Wysokość lotu sondy dochodzi do 35 km.



Rys. 1. Rzuty budynku z pomieszczeniami instalacji wodorowej

6. 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 Stacji Pomiarów Aerologicznych w Legionowie należy rozpatrywać w odniesieniu do zagrożeń wynikających z możliwości utworzenia gazowych atmosfer wybuchowych związanych ze stosowaniem wodoru.

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_2 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 ciepłe i spokoju. Wezwać lekarza. W przypadku zaniku oddechu zastosować sztuczne oddychanie.

Właściwości fizyko-chemiczne wodoru podano w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry substancji wykazujących właściwości palne

L.p.	Nazwa	Gęstość względem powietrza	Temp. wrzenia [°C]	Temp. zapłonu [°C]	Temp. samo- zapłonu [°C]	Prężność par [kPa]	Granice wybuchowości		Charakterystyka	
							DGW [%V]	GGW [%V]	Grupa wybuchowości	Klasa temperaturowa
1	Wodór	0,07	-253	-	560	165 320	4	77	II C	T1

KLASYFIKACJA STREF ZAGROŻENIA WYBUchem

Pod pojęciem strefy zagrożenia wybuchem rozumie się przestrzeń, w której może występować mieszanina substancji palnej z powietrzem lub innymi utleniaczami o stężeniu zawartym między dolną i górną granicą wybuchowości.

Strefy zagrożenia wybuchem określa się klasyfikując je na podstawie prawdopodobieństwa i czasu występowania atmosfery wybuchowej jako:

- strefa 0** - przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę z powietrzem substancji palnych w postaci gazów, par, mgieł, występuje stale, często lub przez długie okresy;
- strefa 1** - przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę z powietrzem substancji palnych w postaci gazów, par, mgieł, może czasami wystąpić w trakcie normalnego działania;
- strefa 2** - przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę z powietrzem substancji palnych w postaci gazów, par, mgieł, nie występuje w trakcie normalnego działania, a w przypadku wystąpienia, utrzymuje się przez krótki okres;
- strefa 20** - przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu w powietrzu występuje stale, często lub przez długie okresy;
- strefa 21** - przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu w powietrzu może czasami wystąpić w trakcie normalnego działania;
- strefa 22** - przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu w powietrzu nie występuje w trakcie normalnego działania, a w przypadku wystąpienia, utrzymuje się przez krótki okres.

7. Źródło i stopień emisji

Atmosfera wybuchowa może tworzyć się wówczas, gdy w powietrzu występuje gaz palny / para palna lub pył palny. Konieczne jest określenie źródeł emisji, z których gazy / pary lub pyły mogą przedostawać się do atmosfery. Każdą część składową wyposażenia technologicznego (np.: zbiornik, pompa, rurociąg itp.) należy uważać za potencjalne źródło emisji. Jeżeli części te nie zawierają substancji palnych, jest oczywiste, że nie może wokół nich utworzyć się strefa zagrożona wybuchem. To samo dotyczy części zawierających substancje palne, lecz nie mogących ich uwolnić do atmosfery (np.: rurociąg całkowicie spawany nie jest rozważany jako źródło emisji).

Jeżeli ustalono, że część składowa wyposażenia technologicznego może emitować gaz palny / parę palną lub pył palny do atmosfery, należy określić stopień emisji, przez ustalenie prawdopodobnej częstości i czasu trwania emisji.

Zgodnie z Polskimi Normami, wyróżnia się trzy stopnie emisji, uszeregowane według malejącego prawdopodobieństwa występowania gazowej atmosfery wybuchowej:

- Emisja ciągła – emisja, która występuje stale, lub której występowania można spodziewać się 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 spodziewać się, a jeżeli pojawi się ona rzeczywiście, to może tak się stać tylko rzadko i tylko na krótkie okresy.

Źródło emisji może być zaklasyfikowane do jednego ze stopni emisji, lub do kombinacji więcej niż jednego z nich.

7.1. Identyfikacja możliwości wystąpienia atmosfery wybuchowej

W oparciu o prawdopodobieństwo utworzenia potencjalnie wybuchowej mieszaniny gazu lub pyłu z powietrzem przestrzenie są klasyfikowane do stref zagrożenia wybuchem według tabeli 2.

Tabela 2. Klasyfikacja źródeł emisji do stref zagrożenia wybuchem

Obecność gazu palnego	Strefa zagrożenia wybuchem
Występująca stale– emisja ciągła	0 / 20
Emisja pierwszego stopnia	1 / 21
Emisja drugiego stopnia	2 / 22

7.2. Identyfikacja źródeł emisji

W przedmiotowej zidentyfikowano źródła emisji pierwszego oraz drugiego stopnia. Zidentyfikowane źródła emisji oraz ich stopnie podano w tabeli 3.

Tabela 3. Źródła emisji

L.P.	Przestrzeń zagrożona wybuchem	Źródło emisji	Stopień emisji ²⁾
1	Hangar Balonowy	Armatura instalacji przesyłu wodoru	S
		Ujście węża służącego do napełniania balona	P
2	Planowane pomieszczenie magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru	Zawór przyłączeniowy butli	S
		Zawory przyłączeniowe na stanowiskach podłączania butli do instalacji	P
		Armatura instalacji i rurociągów przesyłowych wodoru	S

²⁾ C – ciągła, P – pierwszy, S – drugi

8. Wentylacja

Gaz / para lub pył uwolnione do atmosfery mogą zostać rozcieńczone przez rozproszenie lub dyfuzję w powietrzu tak, że ich stężenie stanie się niższe od dolnej granicy wybuchowości. Wentylacja, tj. przemieszczanie powietrza prowadzące do zastąpienia atmosfery w objętości (hipotetycznej) wokół źródła wydzielania świeżym powietrzem, powoduje rozpraszanie. Odpowiednie wentylowanie, wpływając na rodzaj strefy, pozwala także uniknąć zalegania atmosfery wybuchowej.

Wentylację można osiągnąć przez przemieszczanie powietrza zależne od wiatru i/lub różnic temperatury lub za pomocą mechanicznych środków takich jak wentylatory. Wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje wentylacji:

- wentylację naturalną;
- wentylację mechaniczną, ogólną lub miejscową.

Skuteczność wentylacji w procesie rozpraszania i zalegania atmosfery wybuchowej zależy od stopnia wentylacji i jej dyspozycyjności.

Stopnie rozrzedzenia

Najważniejsze jest to, aby stopień lub intensywność wentylacji odnosiły się bezpośrednio do rodzajów źródeł emisji i odpowiadającej im wydajności emisji. Stopień rozrzedzenia jest niezależny od rodzaju wentylacji, czy to będzie szybkość wiatru, czy ilość wymian powietrza na jednostkę czasu. Dzięki temu można optymalizować warunki wentylacji w strefach zagrożonych wybuchem, im większa będzie intensywność wentylacji ze względu na możliwą wydajność emisji, tym mniejsze będą zasięgi stref (przestrzeni zagrożonych) i w pewnych przypadkach zredukowane do pomijalnie małych zasięgów (przestrzeń niezagrożona).

Zgodnie z Polskimi Normami rozróżnia się następujące trzy stopnie rozrzedzenia:

- Wysoki – jest w stanie zredukować stężenie przy źródle emisji niemal natychmiast, dając w wyniku stężenie poniżej dolnej granicy wybuchowości. W rezultacie otrzymuje się strefę o małym (nawet pomijalnym) zasięgu.
- 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 gdzie atmosfera wybuchowa nie zalega w nadmiarze po zakończeniu emisji. Zasięg i rodzaj strefy są ograniczone parametrami konstrukcyjnymi.
- Niski – nie jest w stanie wpływać na stężenie, w czasie trwania emisji i/lub nie może zabezpieczyć przed zbyt dużym zaleganiem atmosfery palnej po zakończeniu emisji.

Dyspozycyjność wentylacji

Dyspozycyjność wentylacji ma wpływ na występowanie lub powstawanie atmosfery wybuchowej i dlatego także na rodzaj strefy.

Zgodnie z Polskimi Normami wyróżnia się trzy poziomy dyspozycyjności wentylacji:

- Dobra – wentylacja prawie zawsze;
- Dostateczna – wentylacja w czasie normalnej pracy. Przerwy są dopuszczalne pod warunkiem ich rzadkiego występowania i w krótkich okresach;
- Słaba – wentylacja, która nie spełnia wymagań dotyczących wentylacji dość dobrej lub dobrej, lecz nie dopuszcza się występowania przerw o długich okresach.

Wentylacji, która nie spełnia wymagań nawet dyspozycyjności słabej nie należy brać pod uwagę jako przyczyniającej się do wentylacji przestrzeni.

9. Identyfikacja stref zagrożonych wybuchem i ich zasięgu

Strefy zagrożenia wybuchem w pomieszczeniach Stacji Pomiarów Aerologicznych w Legionowie:

- Hangarze Balonowym,
- Planowanym pomieszczeniu magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru

zostały wyznaczone 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 4. Kartę klasyfikacyjną zagrożenia wybuchowego, dla przestrzeni zagrożonych wybuchem zamieszczono w tabeli 5.

Tabela 4. Nr, nazwa i rodzaj przestrzeni klasyfikowanej

Nr przestrzeni	Nazwa przestrzeni klasyfikowanej	Substancje palne	Rodzaj przestrzeni
1	Hangar Balonowy	Wodór	PZ
2	Planowane pomieszczenie magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru	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 5. 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	Pionowo w górę od źródła emisji H [m]	Pionowo w dół od źródła emisji h [m]	Poziomo od źródła emisji R [m]	Uwagi
1	Hangar Balonowy	Instalacja przesyłu wodoru	Wodór	Armatura instalacji przesyłu wodoru	S	Naturalna	Średni	Dobra	2	Wewnątrz całego pomieszczenia			Wyznacza się strefę 2 zagrożenia wybuchem w całym pomieszczeniu – Hangarze Balonowym oraz strefę 1 zagrożenia wybuchem w promieniu 0,5 m od ujścia węża służącego do napełniania balona oraz strefę 2 zagrożenia wybuchem w promieniu 1,5 m od wylotu wywietrznika dachowego wentylacji
		Stanowisko napełniania balona	Wodór	Ujście węża służącego do napełniania balona	P	Naturalna	Średni	Dobra	1	0,5	0,5	0,5	
		Wylot wywietrznika dachowego wentylacji	Wodór	Obecność par gazów	S	Naturalna	Średni	Dobra	2	1,5	w dół do dachu	1,5	
2	Planowane pomieszczenie magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru	Butle z wodorem	Wodór	Zawór przyłączeniowy butli	S	Naturalna	Średni	Dobra	2	Wewnątrz całego pomieszczenia			Wyznacza się strefę 2 zagrożenia wybuchem w całym pomieszczeniu, w którym jest planowane magazynowanie butli z wodorem, z instalacją przesyłu wodoru oraz strefę 1 zagrożenia wybuchem w promieniu 0,5 m od zaworów przyłączeniowych na stanowiskach podłączania butli do instalacji oraz strefę 2 zagrożenia wybuchem w promieniu 1,5 m od wylotu wywietrznika dachowego wentylacji
		Instalacja przesyłu wodoru	Wodór	Armatura instalacji i rurociągów przesyłowych wodoru	S	Naturalna	Średni	Dobra	2	Wewnątrz całego pomieszczenia			
		Stanowiska podłączania butli do instalacji	Wodór	Zawory przyłączeniowe na stanowiskach podłączania butli do instalacji	P	Naturalna	Średni	Dobra	1	0,5	0,5	0,5	
		Wylot wywietrznika dachowego wentylacji	Wodór	Obecność par gazów	S	Naturalna	Średni	Dobra	2	1,5	w dół do dachu	1,5	

9.1. Obliczenie przyrostu ciśnienia w pomieszczeniach ΔP [Pa], jaki mógłby zostać spowodowany przez wybuch z udziałem gazów lub pyłów palnych

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 m³ w zwartej przestrzeni.

Przeprowadzono obliczenia dla następujących pomieszczeń:

- Hangar Balonowy,
- Planowane pomieszczenie magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru.

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

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

gdzie:

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

ΔP_{\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;

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia, stanowiąca różnicę między objętością pomieszczenia i objętością znajdujących się w nim instalacji [m³];

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

β – 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;

ρ – gęstość palnych gazów lub par w temperaturze pomieszczenia w normalnych warunkach pracy [kg/m³].

Lub:

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

gdzie:

m_{\max} – maksymalna masa substancji palnych tworzących mieszaninę wybuchową, jaka może wydzieląć 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;

V – objętość przestrzeni powietrznej pomieszczenia, stanowiąca różnicę między objętością pomieszczenia i objętością znajdujących się w nim instalacji [m³];

ρ_p – gęstość powietrza w temperaturze T [kg/m³], równe 1,168 kg/m³

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 m²) – dla każdego dm³ cieczy rozlanej na posadzce betonowej przyjmuje się $F = 0,5$ m² dla roztworów zawierających nie więcej niż 70 % masowego udziału rozpuszczalnika i $F = 1$ m² dla pozostałych cieczy;

τ – przewidywany maksymalny czas wydzielania się par (s);

K – współczynnik parowania określony w tabeli;

P_s – prężność pary nasyconej w temperaturze pomieszczenia t w °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 x kmol⁻¹)

Wyniki obliczeń wg. wzoru 1 zawarto w tabeli 6.

Tabela 6. Obliczenia przyrostu ciśnienia w przestrzeniach zamkniętych

L.P.	Pomieszczenie	Substancja palna	Maksymalna ilość gazu [kg]	dPmax [Pa]	Obj. pom. bez urządzeń [m ³]	ΔP [kPa]
1	Hangar Balonowy	Wodór	0,5	625000	184	11
2	Planowane pomieszczenie magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru	Wodór	3,4	625000	372	37

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:

- Hangarze Balonowym **przekroczy wartość 5 kPa**,
- Planowanym pomieszczeniu magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru **przekroczy wartość 5 kPa**.

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

Wykaz przestrzeni zagrożonych wybuchem wraz z ich klasyfikacją na strefy zamieszczono w tabeli 7.

Tabela 7. Wykaz przestrzeni zagrożonych wybuchem wraz z ich klasyfikacją na strefy

L.P.	Nazwa przestrzeni klasyfikowanej	Aparat / Operacja	Rodzaj strefy zagrożenia wybuchem
1	Hangar Balonowy	Instalacja przesyłu wodoru	Wyznacza się strefę 2 zagrożenia wybuchem w całym pomieszczeniu – Hangarze Balonowym oraz strefę 1 zagrożenia wybuchem w promieniu 0,5 m od ujścia węża służącego do napełniania balona oraz strefę 2 zagrożenia wybuchem w promieniu 1,5 m od wylotu wywietrznika dachowego wentylacji
		Stanowisko napełniania balona	
2	Planowane pomieszczenie magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru	Butle z wodorem	Wyznacza się strefę 2 zagrożenia wybuchem w całym pomieszczeniu, w którym jest planowane magazynowanie butli z wodorem, z instalacją przesyłu wodoru oraz strefę 1 zagrożenia wybuchem w promieniu 0,5 m od zaworów przyłączeniowych na stanowiskach podłączania butli do instalacji oraz strefę 2 zagrożenia wybuchem w promieniu 1,5 m od wylotu wywietrznika dachowego wentylacji
		Instalacja przesyłu wodoru	
		Stanowiska podłączania butli do instalacji	

9.2. Graficzna dokumentacja klasyfikacyjna

Graficzna dokumentacja klasyfikacyjna zawiera szkice obrazujące rodzaj i zasięg stref zagrożenia wybuchem oraz lokalizację i identyfikację źródeł emisji, zgodnie z zasadami określonymi w Polskich Normach.

Graficzną postać stref zagrożenia wybuchem przedstawiono na rysunku w **Załączniku 1**.

9.3. Oznakowanie stref zagrożenia wybuchem

Wszystkie miejsca, w których występują strefy zagrożenia wybuchem należy właściwie oznakować w sposób zapewniający dostarczenie informacji o zagrożeniach związanych z możliwością wystąpienia wybuchu zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 08.07.2010 r. – poprzez umieszczenie znaku ostrzegawczego w miejscach wstępu do przestrzeni, w których wyznaczono strefy zagrożenia wybuchem.

1. Cechy charakterystyczne znaku ostrzegawczego:

- kształt trójkątny,
- czarne litery EX na żółtym tle z czarnym obramowaniem,
- żółte tło stanowi co najmniej 50 % powierzchni znaku.







2. Wzór graficzny znaku ostrzegawczego:









3. Dopuszcza się umieszczanie poza znakiem dodatkowych opisów, w szczególności dotyczących oznaczenia stref.

Proponowane, ale nie wymagane, jest oznakowanie przestrzeni zagrożonych wybuchem w sposób przedstawiony w tabeli 8. Podstawowym i wymaganym oznakowaniem w terenie jest umieszczenie znaku ostrzegawczego, wg wzoru wskazanego powyżej, w miejscach wstępu do przestrzeni, w których wyznaczono strefy zagrożenia wybuchem. Oznaczenie wskazujące rodzaj strefy (0/1/2) jest oznaczeniem dodatkowym, wymaganym przede wszystkim w dokumentacji klasyfikacyjnej.

Tabela 8. Lokalizacja i zasięgi stref zagrożenia wybuchem

L.P.	Nazwa przestrzeni klasyfikowanej	Rodzaj i zasięg strefy zagrożenia wybuchem
1	Hangar Balonowy	<div style="text-align: center;">   <p>ZASIĘG STREFY 2 ZAGROŻENIA WYBUchem w całym pomieszczeniu – Hangarze Balonowym oraz</p>   <p>ZASIĘG STREFY 1 ZAGROŻENIA WYBUchem w promieniu 0,5 m od ujścia węża służącego do napętniania balona</p>   <p>ZASIĘG STREFY 2 ZAGROŻENIA WYBUchem w promieniu 1,5 m od wylotu wywietrznika dachowego wentylacji</p> </div>

L.P.	Nazwa przestrzeni klasyfikowanej	Rodzaj i zasięg strefy zagrożenia wybuchem
2	Planowane pomieszczenie magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru	  <p>ZASIĘG STREFY 2 ZAGROŻENIA WYBUchem w całym pomieszczeniu, w którym jest planowane magazynowanie butli z wodorem, z instalacją przesyłu wodoru oraz</p>   <p>ZASIĘG STREFY 1 ZAGROŻENIA WYBUchem w promieniu 0,5 m od zaworów przyłączeniowych na stanowiskach podłączania butli do instalacji</p>   <p>ZASIĘG STREFY 2 ZAGROŻENIA WYBUchem w promieniu 1,5 m od wylotu wywietrznika dachowego wentylacji</p>

10. Źródła zapłonu

Efektywne źródła zapłonu identyfikowane są w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, to znaczy w przestrzeniach gdzie sklasyfikowano strefy zagrożenia wybuchem. Jako efektywne źródło zapłonu rozumie się takie źródło, którego energia przekracza minimalną energię zapłonu (MIE) danej mieszaniny wybuchowej, umożliwiając w ten sposób zapłon atmosfery wybuchowej. Prawdopodobieństwo występowania źródeł zapłonu jest szacowane z uwzględnieniem cech danej przestrzeni technologicznej i charakterystyki stanu pracy.

Jeżeli prawdopodobieństwo występowania efektywnego źródła zapłonu nie może być oszacowane, przyjmuje się założenie, że źródło zapłonu występuje zawsze. Aktywność źródeł zapłonu może być zredukowana poprzez użycie odpowiednich środków ochronnych.

W analizowanych przestrzeniach technologicznych:

- Hangar Balonowy,
- Planowane pomieszczenie magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru

bezpośrednimi czynnikami mogącymi zainicjować zapłon i w konsekwencji wybuch mieszaniny wybuchowej (powstałej na skutek uwolnienia mieszaniny wybuchowej) mającymi swoje źródło w nieprawidłowej pracy urządzeń technologicznych 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 pożarowo-wybuchowych. Przed rozpoczęciem prac należy zidentyfikować występowanie efektywnych źródeł zapłonu. Należy przestrzegać zasad prowadzenia prac pożarowo niebezpiecznych określonych w procedurach i instrukcjach eksploatującego.

10.1. Wyposażenie i narzędzia mogące działać jako źródła zapłonu

Tabela 9. Identyfikacja efektywnych źródeł zapłonu

Lp.	Przestrzeń zagrożona wybuchem	Rodzaj źródła zapłonu	Częstość występowania	Opis zdarzenia warunkującego	Konieczne środki bezpieczeństwa
1	Hangar Balonowy Planowane pomieszczenie magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru	Gorące powierzchnie	Nie występuje	-	-
2		Płomienie i gorące gazy	Wyjątkowo	Spawanie płomieniowe (temperatura około 3000°C) podczas prac konserwacyjno-remontowych w warunkach awarii w normalnej eksploatacji	Na etapie udostępniania miejsca pracy: Instrukcja zabezpieczenia prac niebezpiecznych pożarowo wraz z protokołem zabezpieczenia miejsc pracy, uwzględniająca odniesienia do zagrożeń wybuchowych (do realizacji).
3		Płomienie i gorące gazy	Wyjątkowo	Błąd ludzki, np. zapłon od płomienia zapalki (temperatura 600÷700°C), żarzącego się niedopałka papierosa (temperatura 450÷660°C)	Na etapie udostępniania miejsca pracy: W strefach zagrożonych wybuchem powinny obowiązywać następujące zakazy: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zakaz używania otwartego ognia; ▪ Zakaz palenia tytoniu; ▪ Zakaz używania telefonów komórkowych. Czynności zabronione i obowiązki w zakresie ochrony przeciwpożarowej powinny zostać określone w Instrukcji Bezpieczeństwa Pożarowego.
4		Iskry wytwarzane mechanicznie	Wyjątkowo	Szlifowanie, cięcie, uderzenia emitujące iskry podczas prac eksploatacyjnych i konserwacyjno-remontowych w warunkach awarii w normalnej eksploatacji	Na etapie udostępniania miejsca pracy: Instrukcja zabezpieczenia prac niebezpiecznych pożarowo wraz z protokołem zabezpieczenia miejsc pracy, uwzględniająca odniesienia do zagrożeń wybuchowych (do realizacji).
5		Iskry wytwarzane mechanicznie	Wyjątkowo	Wprowadzenie do pomieszczeń przedmiotów zdolnych do krzesania iskier mechanicznych w kontakcie ze sobą lub elementami urządzeń i wyposażenia pomieszczeń w warunkach awarii w normalnej eksploatacji	Na etapie udostępniania miejsca pracy: Opracowanie i wdrożenie instrukcji stanowiskowej (do realizacji). W strefach zagrożonych wybuchem musi obowiązywać: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zakaz posiadania i używania obcych przedmiotów (np. w kieszeniach).
6		Iskry wytwarzane mechanicznie	Możliwe	Zastosowanie żaluzji wentylacyjnych w planowanym pomieszczeniu magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru w wykonaniu zwykłym (nie przeciwwybuchowym Ex zgodnym z ATEX 137) w zwykłych warunkach eksploatacji	Na etapie modernizacji: Dobór urządzeń w wykonaniu specjalnym pod kątem przeznaczenia do pracy w sklasyfikowanej przestrzeni zagrożenia wybuchem (do realizacji).
7		Iskry wytwarzane mechanicznie	Możliwe	Zastosowanie bramy w Hangarze Balonowym w wykonaniu zwykłym (nie przeciwwybuchowym Ex zgodnym z ATEX 137) w zwykłych warunkach eksploatacji	Na etapie modernizacji: Dobór urządzeń w wykonaniu specjalnym pod kątem przeznaczenia do pracy w sklasyfikowanej przestrzeni zagrożenia wybuchem (do realizacji).
8		Urządzenia elektryczne	Często lub ciągle	Emisja iskier elektrycznych z elementów instalacji wewnątrz pomieszczeń (oświetlenie, oprzyrządowanie, czujniki, instalacja elektryczna) w zwykłych warunkach eksploatacji	Na etapie modernizacji: Weryfikacja i dobór urządzeń elektrycznych w wykonaniu specjalnym pod kątem przeznaczenia do pracy w sklasyfikowanej przestrzeni zagrożenia wybuchem (do realizacji). Na etapie udostępniania miejsca pracy: Opracowanie i wdrożenie systemu kontroli i serwisowania urządzeń w wykonaniu

Lp.	Przestrzeń zagrożona wybuchem	Rodzaj źródła zapłonu	Częstość występowania	Opis zdarzenia warunkującego	Konieczne środki bezpieczeństwa
					specjalnym (do realizacji). W strefach zagrożonych wybuchem musi obowiązywać: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zakaz stosowania elektronarzędzi; ▪ Zakaz stosowania tymczasowych źródeł oświetlenia w wykonaniu zwykłym; ▪ Zakaz stosowania przedłużaczy elektrycznych w wykonaniu zwykłym. Wszystkie instalacje i urządzenia elektryczne pracujące w strefach zagrożenia wybuchem – stałe oraz tymczasowe, muszą być w wykonaniu przeciwwybuchowym Ex zgodnym z ATEX 137.
9		Urządzenia elektryczne	Możliwe	Zastosowanie żaluzji wentylacyjnych w planowanym pomieszczeniu magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru w wykonaniu zwykłym (nie przeciwwybuchowym Ex zgodnym z ATEX 137) w zwykłych warunkach eksploatacji	Na etapie modernizacji: Dobór urządzeń elektrycznych w wykonaniu specjalnym pod kątem przeznaczenia do pracy w sklasyfikowanej przestrzeni zagrożenia wybuchem (do realizacji).
10		Urządzenia elektryczne	Możliwe	Zastosowanie bramy w Hangarze Balonowym w wykonaniu zwykłym (nie przeciwwybuchowym Ex zgodnym z ATEX 137) w zwykłych warunkach eksploatacji	Na etapie modernizacji: Dobór urządzeń elektrycznych w wykonaniu specjalnym pod kątem przeznaczenia do pracy w sklasyfikowanej przestrzeni zagrożenia wybuchem (do realizacji).
11		Prądy błądzące, katodowa ochrona przed korozją	Wyjątkowo	Wynik zwarcia albo doziemienia z powodu uszkodzeń instalacji elektrycznych a także jako wynik wylądowania atmosferycznego	Na etapie modernizacji: Zapewnienie technicznego zabezpieczenia układu przed indukcją wysokich napięć w urządzeniach i aparaturze (instalacja odgromowa obiektu).
12		Elektryczność statyczna	Często lub ciągle	Uszkodzony lub brak układu odprowadzającego ładunki elektrostatyczne (uziemiaenia)	Na etapie modernizacji: Zapewnienie technicznego zabezpieczenia układu przed wylądowaniami elektryczności statycznej (uziemiaenia i mostkowanie wszystkich przewodzących elementów urządzeń i wyposażenia pomieszczeń) (do realizacji). Na etapie udostępniania miejsca pracy: Wdrożenie systemu kontroli i serwisowania zabezpieczeń przed wylądowaniami elektryczności statycznej. Opracowanie i wdrożenie do stosowania instrukcji ochrony przed elektrycznością statyczną w strefach zagrożenia wybuchem (do realizacji).
13		Elektryczność statyczna	Często lub ciągle	Niestosowania odzieży antyelektrostatycznej przez pracowników wykonujących prace w strefach zagrożonych wybuchem	Na etapie udostępniania miejsca pracy: W strefach zagrożonych wybuchem musi obowiązywać: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nakaz stosowania odzieży, rękawic, obuwia w wykonaniu antyelektrostatycznym.
14		Elektryczność statyczna	Często lub ciągle	Uszkodzenia powłoki antystatycznej podłogi	Na etapie udostępniania miejsca pracy: Podłoga w pomieszczeniach jest pokryta powłoką odprowadzającą ładunki elektrostatyczne. Należy dokonywać kontroli wizualnej oraz pomiarów rezystancji.
15		Uderzenie pioruna	Rzadko	Wylądowanie atmosferyczne, indukacja wysokich napięć w urządzeniach i aparaturze	Na etapie modernizacji: Zapewnienie technicznego zabezpieczenia układu przed indukcją wysokich napięć w urządzeniach i aparaturze (instalacja odgromowa obiektu).
16		Fale elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej (RF)	Nie występuje	-	-
17		Fale elektromagnetyczne od 3x10 ¹¹ Hz do 3x10 ¹⁵ Hz	Nie występuje	-	-
18		Promieniowanie jonizujące	Nie występuje	-	-

Lp.	Przestrzeń zagrożona wybuchem	Rodzaj źródła zapłonu	Częstość występowania	Opis zdarzenia warunkującego	Konieczne środki bezpieczeństwa
19		Ultradźwięki	Nie występuje	-	-
20		Sprężanie adiabaticzne i fale uderzeniowe	Nie występuje	-	-
21		Reakcje egzotermiczne, łącznie z samozapaleniem pyłów	Nie występuje	-	-

10.2. Dobór wyposażenia do przestrzeni zagrożonych wybuchem

W miejscach, w których substancje palne i wybuchowe mogą wystąpić w niebezpiecznych stężeniach, należy stosować odpowiednie wyposażenie w celu zmniejszenia ryzyka wybuchu.

Analizowane przestrzenie technologiczne:

- Hangar Balonowy
- Planowane pomieszczenie magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru

wyposażono w instalacje i urządzenia:

- Technologiczne nielektryczne;
- Technologiczne elektryczne;
- Uziemiające;
- Ochrony przeciwpożarowej.

Instalacje i urządzenia technologiczne nielektryczne

Wyposażenie technologiczne instalacji w strefach zagrożenia wybuchem pod względem bezpieczeństwa i zmniejszenia zagrożenia pożarem i wybuchem musi odpowiadać warunkom technicznym określonym w Polskiej Normie:

- PN-EN ISO 80079-36:2016. Lipiec 2016. Urządzenia nielektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 36: Metodyka i wymagania

Aby zmniejszyć możliwość wystąpienia źródła zapłonu od iskry mechanicznej w strefach zagrożenia wybuchem należy zapewnić konserwację i przeglądy instalacji i urządzeń technologicznych zgodnie z zaleceniami producenta i Polskimi Normami.

Instalacje i urządzenia elektryczne

Instalacje i urządzenia elektryczne w strefach zagrożenia wybuchem będące wyposażeniem instalacji pod względem bezpieczeństwa i zmniejszenia zagrożenia pożarem i wybuchem muszą odpowiadać warunkom technicznym określonym w Polskich Normach:

- PN-EN 60079-0:2018. Wrzesień 2018. Atmosfery wybuchowe – Część 0: Urządzenia – Podstawowe wymagania,
- PN-EN 60079-14:2014. Czerwiec 2014. Atmosfery wybuchowe – Część 14: Projektowanie, dobór i montaż instalacji elektrycznych,

- PN-EN 60079-17:2014. Maj 2014. Atmosfery wybuchowe – Część 17: Kontrola i konserwacja instalacji elektrycznych,
- PN-EN IEC 60079-19:2020. Lipiec 2020. Atmosfery wybuchowe – Część 19: Naprawa, remont i regeneracja urządzeń,
- PN-EN 60079-25:2011. Styczeń 2016. Atmosfery wybuchowe – Część 25: Systemy iskrobezpieczne,
- PN-EN ISO 80079-36:2016. Lipiec 2016. Urządzenia nielektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem – Część 36: Metodyka i wymagania,
- PN-EN 60529:2003/A2. Lipiec 2014. Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP).

Aby zmniejszyć możliwość wystąpienia źródła zapłonu od iskry elektrycznej powstałej od uszkodzonych lub niesprawnych urządzeń elektrycznych należy zapewnić konserwację i przeglądy instalacji i urządzeń elektrycznych zgodnie z zaleceniami producenta i Polskimi Normami.

Instalacja uziemiająca

Instalacje uziemień i przewodów ochronnych zabezpieczające przed wystąpieniem źródła zapłonu od wyładowania elektrostatycznego iskrowego muszą być wykonane i konserwowane zgodnie z Polskimi Normami:

- PN-E-05204:1994P. Październik 1994. Ochrona przed elektrycznością statyczną – Ochrona obiektów, instalacji i urządzeń – Wymagania,
- PN-HD 60364-4-443:2016. Marzec 2016. Instalacje elektryczne niskiego napięcia -- Część: 4-443: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed zaburzeniami napięciowymi i zaburzeniami elektromagnetycznymi – Ochrona przed przejściowymi przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi,
- PN-HD 60364-5-54:2011. Sierpień 2011. Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Układy uziemiające i przewody ochronne.

Instalacja odgromowa

Instalacje odgromowe zabezpieczające przed wystąpieniem źródła zapłonu od wyładowania atmosferycznego muszą być wykonane i konserwowane zgodnie z Polskimi Normami:

- PN-EN 62305-1:2011. Marzec 2014. Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne,
- PN-EN 62305-4:2011. Luty 2015. Ochrona odgromowa – Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach.

Instalacja ochrony przeciwpożarowej

Szczegółowe informacje dotyczące instalacji ochrony przeciwpożarowej powinna zawierać **INSTRUKCJA BEZPIECZEŃSTWA POŻAROWEGO**.

Ponadto, w analizowanych przestrzeniach technologicznych należy spełnić poniższe wymagania.

Wymagania w zakresie magazynowania butli z wodorem

Butle z wodorem należy magazynować w podziale na butle pełne i butle puste. Należy zapewnić magazynowanie butli w sposób uniemożliwiający upadek. Pomieszczenie magazynowe butli należy chronić przed ogrzaniem do temperatury przekraczającej 35 °C.

Wymagania dot. operacji podłączania butli z wodorem do instalacji

Podłogę pod stanowiskami podłączenia butli należy zabezpieczyć przed uszkodzeniem mechanicznym podczas transportu butli np. poprzez zastosowanie gumowej maty spełniającej wymagania bezpieczeństwa elektrostatycznego.

Wymagania w zakresie operacji napełniania balona

Wężę elastyczne używane do napełniania balona muszą być atestowane i przeznaczone do przesyłu palnych gazów wysokociśnieniowych (odpowiednia odporność na wysokie ciśnienie oraz własności elektrostatyczne).

11. Dokonywanie przeglądu klasyfikacji stref zagrożenia wybuchem

Pracodawca ma obowiązek wszechstronnej oceny wszystkich nowo wprowadzanych materiałów, technologii, operacji i czynności ze względu na zagrożenie wybuchem, jakie mogą one spowodować oraz podjęcie odpowiednich działań zapobiegawczych i ochronnych.

W przypadku wprowadzenia zmian w ilości i rodzaju stosowanych materiałów niebezpiecznych oraz w technologii produkcji pracodawca niezwłocznie dokona przeglądu klasyfikacji stref zagrożenia wybuchem i weryfikacji zastosowanych środków zapobiegania wybuchom przeprowadzając aktualizację treści dokumentu *OCENA ZAGROŻENIA WYBUCHEM*.

12. Wnioski i zalecenia

W niniejszym *Dokumencie* w przestrzeniach technologicznych

- Hangar Balonowy,
- Planowane pomieszczenie magazynowania butli z wodorem z instalacją przesyłu wodoru,

Stacji Pomiarów Aerologicznych w Legionowie określono strefy zagrożenia wybuchem.

Na etapie modernizacji oraz na etapie udostępniania miejsca pracy należy spełnić wymagania określone w tabeli 9 w kolumnie „wymagane środki bezpieczeństwa” oraz określone w punkcie 10.2 *Dokumentu*.

Podczas wykonywania operacji z użyciem wodoru w strefach zagrożenia wybuchem należy ściśle przestrzegać nakazów i zakazów, określonych w niniejszym *Dokumencie*.

Wszystkie miejsca, w których występują strefy zagrożenia wybuchem muszą zostać właściwie oznakowane w sposób zapewniający dostarczenie informacji o zagrożeniach związanych z możliwością wystąpienia wybuchu zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 08.07.2010 r. – poprzez umieszczenie znaku ostrzegawczego w miejscach wstępu do stref.

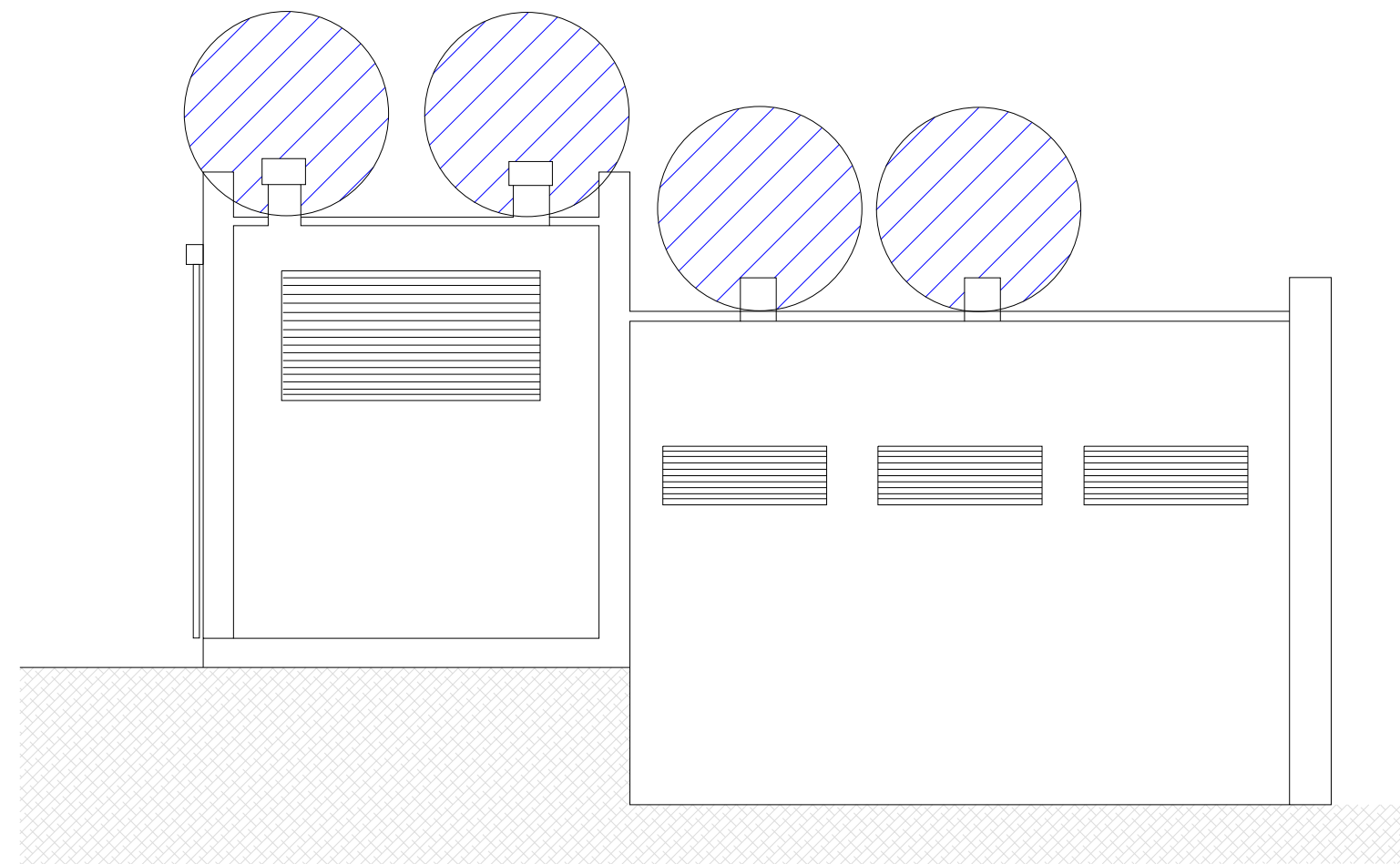
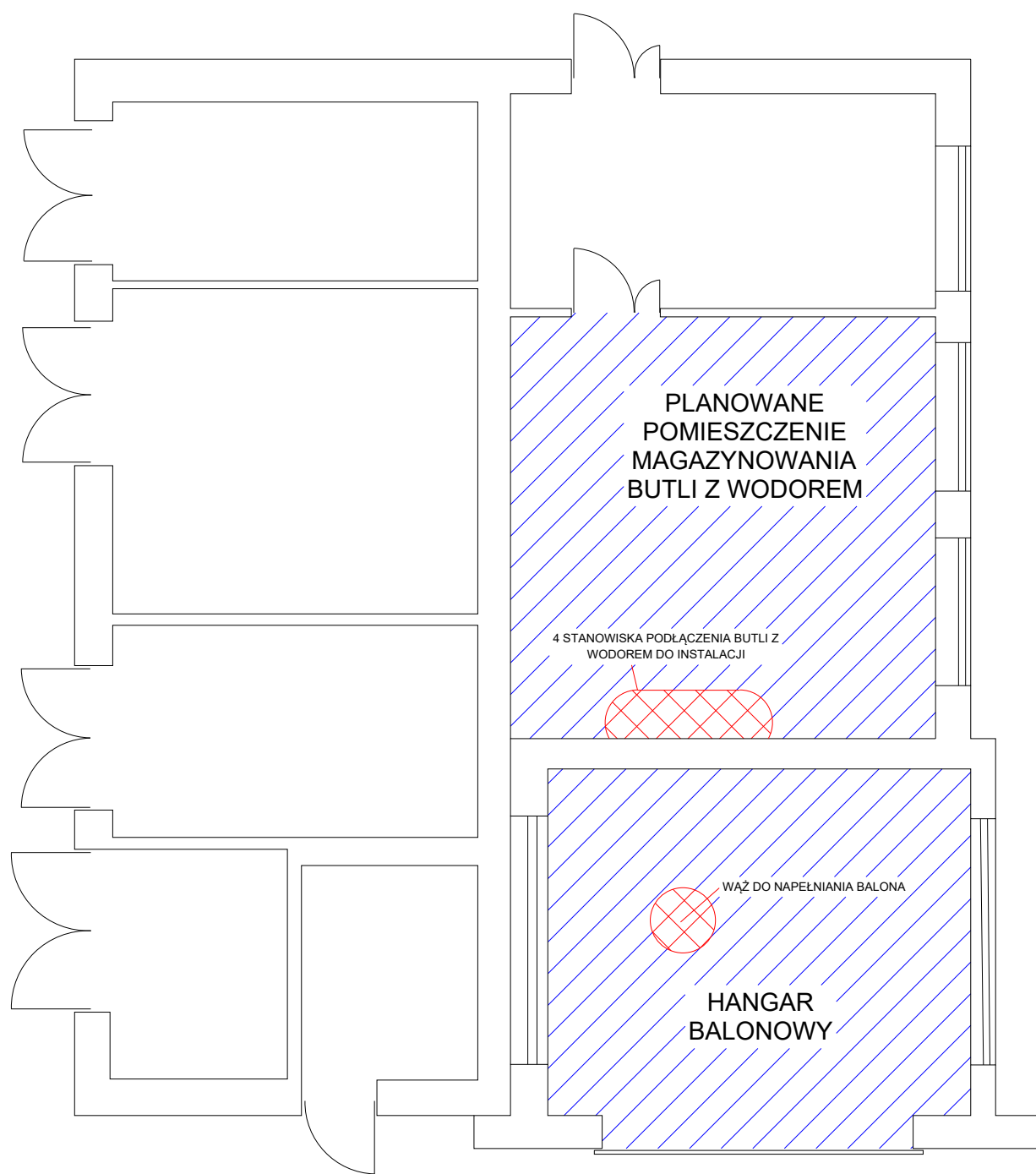
Wszystkie miejsca, w których występują strefy zagrożenia wybuchem muszą zostać właściwie oznakowane znakami nakazu i zakazu określonymi w niniejszym *Dokumencie*.

Należy powadzić harmonogram konserwacji i przeglądów urządzeń i wyposażenia pomieszczeń, w których wyznaczono strefy zagrożenia wybuchem i przeprowadzać konserwację i przeglądy zgodnie z zaleceniami producentów i Polskimi Normami.

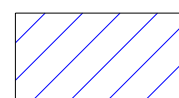
Przed udostępnieniem osobom pracującym miejsc pracy w strefach zagrożenia wybuchem należy przeprowadzić weryfikację ogólnego bezpieczeństwa w zakresie zabezpieczenia przed wybuchem oraz czy zostały spełnione wszystkie warunki niezbędne do zapewnienia takiego zabezpieczenia. Należy opracować Dokument Zabezpieczenia Przed Wybuchem oraz zapewnić szkolenie dotyczące ochrony przed wybuchem, np. w ramach obowiązujących szkoleń w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy.

Literatura

1. Karta charakterystyki wodoru



strefa 1 zagrożenia wybuchem



strefa 2 zagrożenia wybuchem

nazwa obiektu		
Stacja Pomiarów Aerologicznych w Legionowie Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy ul. Zegrzyńska 38, 05-119 Legionowo		
nazwa rysunku		
Graficzne przedstawienie stref zagrożenia wybuchem		
Załącznik 1	nr rys. 01	data 02-04-2020 r.

HANGAR BALONOWY	Strefa 2 zagrożenia wybuchem w całym pomieszczeniu - Hangarze Balonowym Strefa 1 zagrożenia wybuchem w promieniu 0,5 m od ujścia węża służącego do napełniania balona Strefa 2 zagrożenia wybuchem w promieniu 1,5 m od wylotu wywietrznika dachowego wentylacji
PLANOWANE POMIESZCZENIE MAGAZYNOWANIA BUTLI Z WODOREM	Strefa 2 zagrożenia wybuchem w całym pomieszczeniu Strefa 1 zagrożenia wybuchem w promieniu 0,5 m od zaworów przyłączeniowych na stanowiskach podłączenia butli do instalacji Strefa 2 zagrożenia wybuchem w promieniu 1,5 m od wylotu wywietrznika dachowego wentylacji