

Oczyszczalnie ścieków w obiektywie Dyrektywy 1999/92/EC (Atex 137)

mgr. inż. Robert Żuczek.
mgr. inż. Wojciech Nawara.

Wstęp.

Aktualne wymagania prawne w zakresie bezpieczeństwa, dużo uwagi poświęcają poprawie warunków pracy w branżach związanych z substancjami niebezpiecznymi. Jest to związane z postępowaniem, jakie niesie ze sobą rozwój cywilizacyjny i towarzyszące mu zagrożenia. Należy mieć na uwadze, aby rozwój gospodarki szedł w parze z malejącą ilością wypadków przy pracy. Wpływ na taki stan rzeczy ma szereg czynników, które muszą się wzajemnie wspierać w dążeniu do tego celu. Począwszy od procesu ustanawiania prawa poprzez jego egzekwowanie do wykonania. Na sukces składa się szereg czynników, w długofalowym i złożonym procesie poprawy standardów bezpieczeństwa. Szczególną rolę w całym systemie, pełni element ustanawiający normy bezpieczeństwa. Aktualnie jest to Komisja Europejska, która za pośrednictwem Dyrektyw ustanawia prawo wspólnotowe. Spełniając założenia Dyrektyw, należy się spodziewać, że efekty pracy włożone w poprawę bezpieczeństwa, z upływem czasu będą systematycznie dostrzegalne.

Cykl artykułów na łamach czasopisma „Promotor” poświęcony zostanie aktualnej problematyce wdrażania Dyrektyw Unii Europejskiej poświęconych ochronie przeciwpożarowej oraz przeciwwybuchowej. Należy mieć nadzieję, że wspólne wysiłki na rzecz poprawy bezpieczeństwa, poprzez dzielenie się doświadczeniem oraz spostrzeżeniami pomogą uniknąć groźnych wypadków na stanowiskach pracy.

Charakterystyka zagrożeń.

Metan będący składnikiem biogazu, jest drugim pod względem ilości po dwutlenku węgla gazem cieplarnianym, powstającym na skutek działalności człowieka. Uważa się, że metan jest około 20 razy bardziej szkodliwy dla środowiska niż dwutlenek węgla. Nie będziemy jednak opisywać jego szkodliwego działania na środowisko. Skoncentrujemy się na zagrożeniach wpływających na pracę osób, zatrudnionych w oczyszczalniach ścieków, gdzie biogaz powstaje. Głównym zagrożeniem, będzie możliwość tworzenia się atmosfer wybuchowych. Właściwości wybuchowe biogazu są wynikiem obecności nie tylko metanu, ale także wodoru, tlenku węgla i siarkowodoru. Tabela nr 1 opisuje procentowy skład biogazu.

Składnik	ilość w %
metan CH ₄	55-75
dwutlenek węgla CO ₂	25-45
azot N ₂	0-0,3
wodór H ₂	1-5
siarkowodór H ₂ S	0-3
tlen O ₂	0,1-0,5

Tabela 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nr	Materiał palny		Masa cząsteczkowa	DGW	GGW	Gęstość względna gazu odniesiona do powietrza	Temperatura samozapłonu °C	Grupa i klasa temperaturowa
	Nazwa	Skład	kg/mol	% obj	% obj.			
1.	Metan	CH ₄	16,04	4,9	15,4	0,9	650	I, II A/ T1
2.	Tlenek węgla	CO	28,0	12,5	75	0,97	460	IIA/T1
3.	Siarkowodor	H ₂ S	34,1	4.3	45,4	1,19	290	II B/ T3

Tabela 2. Właściwości pożarowo – wybuchowe gazów wchodzących w skład biogazu.

Uwaga! W warunkach normalnych siarkowodor jest silnie trującym, bezbarwnym gazem, o odrażającym zapachu zgniłych jaj. Zapach jest bardzo silny i wyraźnie odczuwalny nawet w bardzo dużym rozcieńczeniu 1:100 000 (1cm³ H₂S na 100 dm³ powietrza). W wyższych stężeniach ma zapach odrażająco słodkawy. Zapachu tego nie odczuwa się już po krótkim czasie przebywania w atmosferze stężonego gazu, ponieważ nerw węchowy ulega wówczas porażeniu. Znacznie groźniejsze dla człowieka są jednak skutki zdrowotne oddziaływania siarkowodoru, niż narażenie na potencjalny wybuch. Dlatego też stosowane w oczyszczalniach ścieków detektory stacjonarne służą głównie zapobieganiu zatruciom pracowników a jedynie pośrednio, wykrywaniu stężeń wybuchowych.

Opis procesu powstawania biogazu oraz charakterystyka instalacji.

Fermentacja metanowa osadu (stabilizacja beztlenowa) - to podstawowy proces stosowany w przeróbce osadów. Jest to proces wielofazowy, w którym w *fazie 1* bakterie hydrolityczne za pomocą enzymów zewnątrzkomórkowych rozkładają nierozpuszczalne związki organiczne osadów (np. białka, tłuszcze, ligniny) do związków rozpuszczalnych w wodzie, takich jak kwasy tłuszczowe, alkohole, amoniak i in.). W *fazie 2* inne bakterie tzw. bakterie kwasowe rozkładają rozpuszczone związki organiczne do prostych kwasów organicznych takich jak kwas octowy, propionowy oraz do wodoru i dwutlenku węgla. Tę fazę określa się często mianem fermentacji kwaśnej. Metabolity fermentacji kwaśnej są substratem w *fazie 3* dla bakterii heterotroficznych (głównie kwas octowy) oraz dla bakterii metanowych autotroficznych (wodór i dwutlenek węgla). Produktem metabolizmu bakterii metanowych są metan, dwutlenek węgla i woda. Istotne znaczenie dla procesu fermentacji ma ilość i skład powstającego gazu pofermentacyjnego (biogazu). Ilość wydzielanego biogazu zależna jest od ilości substancji organicznych w osadzie i od uzyskanego stopnia ich przefermentowania. Z każdego rodzaju substratów można bowiem uzyskać specyficzną ilość biogazu. Przedstawia to poniższa tabela.

Rodzaj substratu	Ilość biogazu dm ³ /1kg	Skład chemiczny biogazu
Węglowodany	790	około 50 % CH ₄ i 50 % CO ₂
Tłuszcze organiczne	1250	około 68 % CH ₄ i 32 % CO ₂
Białka	704	około 71 % CH ₄ i 29 % CO ₂

Tabela 3.

Z powyższego wynika, że największą ilość gazu otrzymuje się przy rozkładzie tłuszczów, a najbardziej kaloryczny gaz otrzymujemy z białek. Z osadów ze ścieków miejsko-przemysłowych uzyskuje się na ogół około 400-500 dm³/gazu z 1 kg rozłożonej substancji organicznej, o średnim składzie 65-70 % CH₄ i 30-35 % CO₂.

Proces fermentacji odbywa się w specjalnych urządzeniach – tzw. Wydzielonych Komorach Fermentacyjnych (WKF). Osad przefermentowany z WKF-ów kierowany jest do Otwartych Komór Fermentacyjnych (OKF), pełniących rolę magazynu osadu. Następnie osad przechodzi przez stacje odwadniania mechanicznego na prasach taśmowych, skąd trafia do suszarni lub do zagospodarowania. W specjalnie skonstruowanych suszarniach pojawia się dodatkowe zagrożenie wynikające z obecności pyłu tworzącego się w wyniku suszenia osadu. Pył ten transportowany i magazynowany w silosach, także może spowodować wybuch, dlatego należy go brać pod uwagę w trakcie wykonania ryzyka wybuchowego na stanowiskach pracy.

Metodologia wykonania oceny zagrożenia wybuchem.

Wykonanie oceny zagrożenia wybuchem jest kluczowym elementem wykonania analizy ryzyka wystąpienia wybuchu. Wyznaczając strefy zagrożenia wybuchem możemy „pośrednio” posłużyć się rozporządzeniem Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 132 poz. 877 z późn. zm.¹). Zgodnie z postanowieniami rozporządzenia, w obrębie biogazowni należy wyznaczyć następujące strefy zagrożenia wybuchem (tabela 4.)

Lokalizacja	Strefy zagrożenia wybuchem dla biogazowni wg. wymienionego rozporządzenia.
Komory fermentacyjne.	Strefa 0 zagrożenia wybuchem w całej komorze nad osadem gnilnym, w komorach przelewowych i syfonach.
Nie uszczelnione włązy do komór.	Strefa 1 zagrożenia wybuchem - 3 m
Zawory i połączenia kołnierzone przy ciśnieniach ponad 2 bary.	Strefa 2 zagrożenia wybuchem - 0,5 m
Aparatura kontrolno pomiarowa w pomieszczeniach.	Strefa 2 zagrożenia wybuchem - całe pomieszczenia.
Filtry w pomieszczeniach wyposażonych w eksplozymetry i wentylację mechaniczną awaryjną.	Nie wyznacza się stref zagrożenia wybuchem.
Wokół zaworów bezpieczeństwa.	Strefa 1 zagrożenia wybuchem - 5 m
Wokół przewodów odpowietrzających i wydmuchowych.	Strefa 1 zagrożenia wybuchem - o promieniu 5 m, przy czym 1 m w dół, 10 m w górę.
Pomieszczenia sprężarek biogazu.	Strefa 1 zagrożenia wybuchem w całym pomieszczeniu.
Pomieszczenia sprężarek biogazu wyposażone w eksplozymetry i wentylację mechaniczną awaryjną.	Strefa 1 zagrożenia wybuchem - 0,5 m wokół możliwych źródeł wydzielania.

Tabela 4.

¹ Zmiany z 2009 r. w rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi (Dz. U. Nr 108 poz. 907), nie mają wpływu na określone wcześniej zasięgi i rodzaje stref.

W każdym przypadku, należy jednak uwzględnić specyfikę i różnorodność instalacji służących do oczyszczania ścieków i produkcji biogazu. W dobie szybkiego rozwoju technologii oczyszczania ścieków, przytoczone przykłady nie zawsze odpowiadają rzeczywistym rozwiązaniom konstrukcyjnym. Nie można się więc całkowicie powoływać na zawarte w rozporządzeniu przykłady. Należy dokonać wnikliwej analizy poznając kompleksowo proces oczyszczania ścieków. Skorygowane rozwiązania nie mogą jednak odbiegać na niekorzyść określonych w rozporządzeniu [1] stref.

W toku wnikliwej analizy, zidentyfikowane miejsca pojawienia się atmosfer wybuchowych biogazu na terenie oczyszczalni ścieków, przedstawione zostały poniżej².

Lokalizacja	Rodzaj strefy	Opis
Zagęszczacze grawitacyjne	Strefa 1 zagrożenia wybuchem – wewnątrz zbiornika nad poziomem osadu strefa 2 zagrożenia wybuchem – do wysokości 0,5 m. nad górną krawędzią zbiornika oraz w obszarze H = 3 m od krawędzi otworów włączonych zagęszczaczy.	Zagęszczacze grawitacyjne są to zadaszone zbiorniki gdzie następuje zagęszczanie osadu do 4-6 % suchej masy, po czym osad gęsty kierowany jest do WKF a lekkie frakcje kierowane są na zbiorniki oczyszczalni. W przypadku zbiorników osadu zmieszanego gdzie , doprowadzany jest osad fermentacyjny. następuje odgazowanie osadu powodując gromadzenie się niewielkich ilości metanu pod przykryciem zbiornika. Strefy zagrożenia wybuchem kształtują się w identyczny sposób jak dla zagęszczaczy grawitacyjnych
Studnie pompowni cieczy nadosadowej.	Strefa 1 zagrożenia wybuchem – wewnątrz całej przestrzeni studni strefa 2 zagrożenia wybuchem – do wysokości 0,5 m. nad górną krawędzią studni oraz w obszarze H = 3 m od krawędzi otworów włączonych studni.	Studnie pompowni cieczy nadosadowej to podziemne studzienki, gdzie dochodzi od przepompowania cieczy nadosadowej do zbiorników osadu zmieszanego
Wydzielone Komory Fermentacyjne	Strefa 1 zagrożenia wybuchem – o wymiarach R = 2 m, H = 2 m, wokół kopuły WKF strefa 1 zagrożenia wybuchem - o wymiarach R = 2m , H = 2 m wokół przewodów oddechowych i zaworów bezpieczeństwa strefa 2 zagrożenia wybuchem – wewnątrz komór fermentacyjnych podczas napełniania i opróżniania zbiorników.	W Wydzielonych Komorach Fermentacyjnych osad poddawany jest fermentacji metanowej w temperaturze 35÷37 °C. Podczas fermentacji wydzielają się znaczne ilości gazu fermentacyjnego – biogazu. Biogaz gromadzony nad powierzchnią osadów znajduje się pod niewielkim nadciśnieniem około 30 - 35 mbar. Gaz gromadzi się w górnej części komory fermentacyjnej. Na zamkniętej komorze umieszczone są króćce do podłączenia rurociągu biogazu oraz bezpieczniki cieczowe. Wewnątrz komór fermentacyjnych panują warunki beztlenowe.
Pomieszczenie węzła rozdzielczego	Strefa 2 zagrożenia wybuchem – całe wnętrze pomieszczenia. Ponadto wokół zaworów i połączeń kołnierзовych na otwartej przestrzeni wyznaczono strefę 2 zagrożenia wybuchem w odległości R =0,5 m H = 1,0 m od źródła emisji.	Biogaz z komór fermentacyjnych po oczyszczeniu trafia do pomieszczenia węzła rozdzielczego , skąd kierowany jest na zbiornik biogazu, kotłownię gazową, agregat prądotwórczy lub flarę. Dwie dmuchawy biogazu podnoszą ciśnienie do ciśnienia potrzebnego na palnikach w kotłowni gazowej oraz agregatu prądotwórczego (15 kPa). W wyniku rozszczelnienia istnieje możliwość pojawienia się atmosfery wybuchowej biogazu.
Zbiornik na biogaz	Strefa 2 zagrożenia wybuchem – o wymiarach R = 2 m, H = 3,5 m - licząc od płaszcza zbiornika.	W zbiorniku o pojemności 2800 m ³ gromadzony jest biogaz powstający w komorach fermentacyjnych. Wewnątrz zbiornika panuje nadciśnienie rzędu 3,5 kPa. Zbiornik posiada uziemienie oraz chroniony jest przed wyładowaniami atmosferycznymi. Konstrukcja zbiornika uniemożliwia wydostanie się gazu na

² W opracowaniu nie uwzględniono zagrożeń powodowanych przez pył powstający w wyniku suszenia osadu. Zagadnienie to stanowi oddzielny problem wymagających obszernego wyjaśnienia.

		zewnątrz bowiem posiada 2 warstwy zabezpieczające. Jedynie uszkodzenie mechaniczne lub utrata parametrów szczelności może doprowadzić do pojawienia się nieszczelności i możliwości tworzenia się atmosfery wybuchowej
--	--	--

Tabela 5.

Wyniki dokonanych pomiarów przenośnym eksplozometrem potwierdzające lub obalające tezy co do możliwości tworzenia się atmosfer wybuchowych przedstawiono w tabeli nr 6. Pozostałe rozpatrywane miejsca na terenie oczyszczalni ścieków, stanowią marginalne zagrożenie pojawienia się wybuchu, są to m.in:

- **Budynki krat gęstych i rzadkich**, w których ścieki oczyszczane są mechanicznie. W skrajnym przypadku (awaria, wypadek cysterny drogowej), do budynku krat razem ze ściekami mogą trafić nieznaczne ilości cieczy palnych. Ilość oraz stężenia cieczy palnych nie dają podstaw do rozpatrywania w tych pomieszczeniach możliwości pojawienia się atmosfer wybuchowych par cieczy palnych. Wątpliwe jest także pojawienie się znacznych stężeń wybuchowych biogazu. Zastosowanie w tym rejonie detekcji jest jednak uzasadnione, ponieważ progi stężeń niebezpiecznych dla zdrowia i życia pracowników (np. H₂S) są dużo niższe aniżeli granice wybuchowości obecnych tam gazów palnych.
- **Pompownia osadu** ma za zadanie przemieścić zanieczyszczenia z pomieszczeń, w których dochodzi do oczyszczania mechanicznego do zagęszczaczy. Pojawienie się biogazu na tym etapie w wyniku np. rozszczelnienia układu pompowania i rozlania się ścieków do pomieszczenia jest wykluczone. Służy temu odpowiednio zaprojektowana wentylacja oraz system detektorów siarkowodoru i biogazu, który zapewnia skuteczny poziom ochrony.
- Pojawienie się biogazu bądź siarkowodoru w granicach wybuchowości w **maszynowni Wydzielonych Komór Fermentacyjnych** w której następuje przepompowanie osadu z zagęszczaczy od wydzielonych komór fermentacyjnych jest wykluczone. Gwarancję takiego stanu rzeczy daje sprawnie działający system zastosowanych zabezpieczeń technicznych
- W **Otwartych Komorach Fermentacyjnych** następuje odgazowanie osadu oraz jego dodatkowe zagęszczenie przed mechanicznym odwadnianiem. Na powierzchni osadu pojawiają się pęcherzyki wypełnione biogazem, który stanowi pozostałość po fermentacji mechanicznej w WKF. Na podstawie otrzymanych wyników (tabela nr 6) można domniemywać, że ilość wydzielającego się biogazu w Otwartych Komorach Fermentacyjnych jest pomijalnie mała i **nie daje podstaw do wyznaczenia strefy zagrożenia wybuchem.**
- **Pochodnia do spalania biogazu** - biorąc pod uwagę małą liczbę zaworów i połączeń kołnierzowych na otwartej przestrzeni, atmosfera wybuchowa w normalnych warunkach pracy będzie miała **pomijalnie mały zasięg.** Przy wylocie gazu z palnika pochodni **strefy nie wyznacza się.**

- **W Pomieszczeniu agregatu prądowórczego** znajduje się agregat służący do produkcji energii elektrycznej z pozyskiwanego biogazu. Agregat służy także jako generator ciepła, które wykorzystywanej jest do zapewnienia odpowiedniej temperatury pracy wydzielonych komór fermentacyjnych. W pomieszczeniu agregatu prądowórczego zastosowane zabezpieczenia w tym bardzo wydajna wentylacja mechaniczna wpływają na fakt, że potencjalna atmosfera mogąca powstać na połączeniach kołnierзовych będzie pomijalnie mała.
- **Kotłownia** opalana jest odzyskiwanym biogazem podawanym na kotły pod ciśnieniem 15 kPa. Łączenie wszystkich rurociągów posiada konstrukcję spawaną. Jedyne na zaworach i przepływomierzach znajdują się połączenia kołnierзовe. Wokół nich strefa zagrożenia wybuchem posiada pomijalnie mały zasięg³.

Uwaga! Powołując się na rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń spalających paliwa gazowe (Dz. U. Nr 263 poz. 2201) pomieszczenia agregatu prądowórczego i kotłowni ze względu na zastosowane zabezpieczenia oraz w związku z zastosowaniem rozwiązań kotła spełniającego standardy „CE” nie wymaga się wykonywania analizy ryzyka wystąpienia wybuchu na stanowisku pracy.

Rodzaj mierzonej substancji	Zagęszczacze grawitacyjne osadu	Studnie pompowni cieczy nadosadowej	Zbiornik osadu zmieszanego	Otwarte komory fermentacyjne
Siarkowodór H ₂ S	30 ppm	10 ppm	39 ppm	2 ppm
Metan CH ₄	0,5 % obj. DGW	0,3 % obj. DGW	2,4 % obj. DGW	Brak
Tlenek węgla CO	3 ppm	1 ppm	7 ppm	Brak

Tabela 6.

Analiza ryzyka wystąpienia wybuchu.

Wykonanie „Dokumentu zabezpieczenia przed wybuchem” dla stanowisk pracy, na których występują atmosfery wybuchowe wymagane jest przez Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z 29 maja 2003 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa (Dz. U. Nr 107, poz. 1004 z późn. zmianami), zwane dalej „rozporządzeniem”. Zakres opracowania dotyczy miejsc występowania przestrzeni zagrożonych wybuchem, które opisano w poprzednim rozdziale. Dokument powinien uwzględniać zmiany wprowadzone do w/w rozporządzenia przez Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 9 czerwca

³ Zgodnie z obliczeniami wg. ZN-G-8101 - Sieci gazowe - Strefy zagrożenia wybuchem.

2006 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa (Dz. U. Nr 121, poz. 836).

Dokument zabezpieczenia przed wybuchem w myśl postanowień wspomnianego rozporządzenia powinien zawierać:

- Informację o identyfikacji atmosfer wybuchowych oraz ocenę ryzyka wystąpienia wybuchu. Skuteczną w tym względzie jest metoda RISC SCORE lub Matryca Ryzyka.
- Informację o podjętych odpowiednich środkach zapobiegających wystąpieniu zagrożeń wybuchem, sporządzoną w formie zestawienia.
- Wykaz miejsc pracy zagrożonych wybuchem wraz z ich klasyfikacją. Miejsca te opisano powyżej, i jak widać pokrywają się z przestrzeniami możliwego wystąpienia atmosfery wybuchowej. Sklasyfikowane strefy zagrożenia wybuchem powinny jednocześnie odpowiadać wymaganiom postawionym przez rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 kwietnia 2006 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. Nr 80, poz. 563).
- Deklarację, że stanowiska pracy, narzędzia pracy, a także urządzenia zabezpieczające i alarmujące są zaprojektowane, używane i konserwowane z uwzględnieniem zasad bezpieczeństwa.

Wnioski z przeprowadzonej analizy.

W trakcie przeprowadzonej analizy ryzyka wykazano, że ryzyko wystąpienia wybuchu na każdym stanowisku w analizowanej oczyszczalni ścieków jest na poziomie akceptowalnym. Ocena ryzyka dla wszystkich zidentyfikowanych zagrożeń, mieści się w pierwszej kategorii ryzyka (ryzyko dopuszczalne). Na podstawie dokonanej analizy stwierdzono, że miejsca pracy i urządzenia do wykonywania prac (włączając urządzenia ostrzegawcze) są zaprojektowane, obsługiwane i utrzymywane z należytym uwzględnieniem zasad bezpieczeństwa. Wynikiem takiego stanu rzeczy było zastosowanie nowoczesnych zabezpieczeń służących wykrywaniu stężeń gazów wybuchowych, zastosowana wentylacja mechaniczna oraz rygorystyczne procedury związane z zapobieganiem tworzeniu się źródeł zapłonu. W analizowanym obiekcie stwierdzono, że w większości przypadków należy utrzymać dotychczasowe procedury kontroli bezpieczeństwa oraz sprawność środków technicznych. Wprowadzenie dodatkowych zaleceń i działań korygujących ma na celu spełnienie ogólnych wymagań bezpieczeństwa. Przy ich uwzględnieniu spełniane zostaną minimalne wymagania dotyczące poprawy bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników narażonych na przebywanie w środowiskach potencjalnie wybuchowych. Zalecenia dotyczące poprawy bezpieczeństwa warunków pracy, związane były głównie z następującymi działaniami:

- Należy wprowadzić oznakowanie stref zagrożenia wybuchem jak na rys 1. (przykład) oraz oznakowanie stanowisk pracy, gdzie może pojawić się atmosfera wybuchowa (rys 2)
- Należy przestrzegać zakazu używania otwartego ognia i palenia tytoniu na terenie całej oczyszczalni, za wyjątkiem miejsc wyznaczonych.

- Należy wyposażyć personel przebywający w strefach 2 zagrożenia wybuchem w odzież ochronną z tkanin bawełnianych, lnianych lub specjalnych materiałów antyelektrostatycznych zgodnie z PN -E-05204 – Ochrona przed elektrycznością statyczną. Zgodnie bowiem z dyrektywą 1999/92/EC pracownicy wykonujący czynności w obrębie atmosfer wybuchowych, powinni być zaopatrzeni w odpowiednie ubiory zawierające materiały, które nie tworzą wyładować elektrostatycznych mogących powodować powstanie źródeł zapłonu.
- Przy najbliższym szkoleniu z zakresu BHP, należy zapoznać pracowników z wynikami otrzymanej oceny ryzyka.



rys. 1 Przykładowe oznakowanie stref zagrożenia wybuchem. Wymiary znaku 15,8 x 22,3 cm lub (21 x 29,7 cm).



rys. 2 Wymiary znaku 15,8 cm x 15,8 cm.