

Wpływ technicznych systemów zabezpieczeń na poprawę bezpieczeństwa i higieny pracy pracowników zatrudnionych na stanowiskach, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa.

Dotychczasowe rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 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) weszło w życie w lipcu 2005 r. Wiele z przedsiębiorstw nie zdążyło jeszcze zapoznać się z jego treścią ze względu na brak właściwego egzekwowania prawa, a już doczekaliśmy się zmian. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 9 czerwca 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) wprowadza pewne uzupełnienia do stosowanych dotychczas zapisów.

Co nowego w zmienionych zapisach?

Najważniejszy zapis w zmienionym rozporządzeniu dotyczy „powinności stosowania przez pracodawcę środków technicznych i organizacyjnych tak, aby zapobiegać tworzeniu się atmosfery wybuchowej, a tam gdzie to jest niemożliwe dążenia do wyeliminowania źródeł zapłonu”. Zastosowanie środków technicznych umożliwi niemalże całkowite ograniczenie tworzenia się atmosfer wybuchowych oraz zmniejsza prawdopodobieństwo pojawienia się źródeł zapłonu. Przytoczenie tak ważnego zapisu w zmienionym rozporządzeniu skłania do refleksji, dlaczego tyle uwagi przywiązuje się do technicznych środków zabezpieczeń. Celem artykułu, będzie zatem szczegółowe wyjaśnienie zasadności ich stosowania.

Techniczne środki zabezpieczeń, należy stosować wspólnie z podjęciem odpowiednich środków organizacyjnych zabezpieczających przed powstawaniem atmosfer wybuchowych. Należy pamiętać o tym, że należy równolegle stosować obie formy zabezpieczeń. Spośród technicznych metod zapobiegania przed możliwością tworzenia się atmosfer wybuchowych do najważniejszych należy zaliczyć:

- **Ograniczenie stężeń.**

W pewnych okolicznościach związanych z parametrami procesowymi linii technologicznych oraz warunkami otoczenia, istnieje możliwość utrzymania stężeń mieszanin wybuchowych poza ich granicami wybuchowości.

W przypadku przestrzeni, w których stosowane są pyły palne, znacznie trudniejszym jest zapobieganie tworzeniu się mieszanin wybuchowych poprzez ograniczenie ich stężenia. Nawet, jeśli stężenia pyłów w powietrzu zawierają się poniżej wartości DGW, to w pewnych okolicznościach mogą one osiadać, tworząc warstwy. Następnie warstwy nagromadzonego pyłu w wyniku nieznacznego ruchu powietrza mogą zostać podniesione, stwarzając tym samym ryzyko powstania atmosfery wybuchowej.

Uwaga: W większości procesów technologicznych, w których przetwarzane są pyły palne, cząsteczki pyłu odseparowywane są w filtrach, gdzie zbierają się tworząc warstwy, które na etapie oceny ryzyka zagrożenia wybuchem należy szczególnie wziąć pod uwagę, jako potencjalny czynnik pożarowy i wybuchowy.

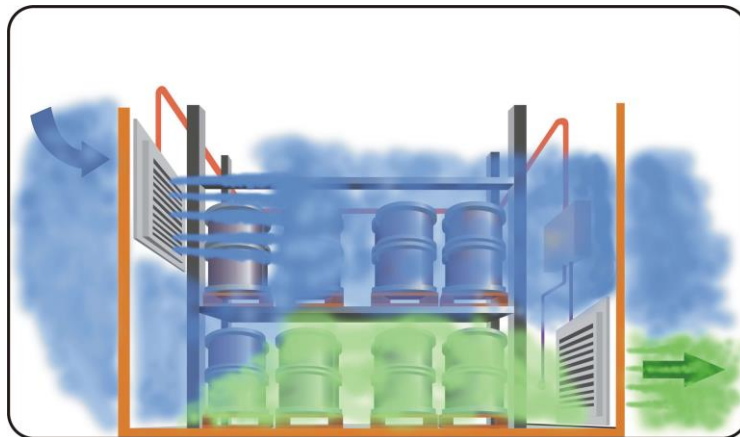
- **Zapobieganie i ograniczanie powstawania atmosfer wybuchowych wokół instalacji.**

Należy zapobiegać formowaniu się niebezpiecznych atmosfer wybuchowych wokół instalacji, tak skutecznie jak to jest tylko możliwe. W tym celu należy na przykład osłonić instalację, w taki sposób, aby każda jej część została zabezpieczona przed rozszczelnieniem. Wymaga to zapewnienia przez pracodawcę stałej kontroli i konserwacji stosowanych urządzeń i aparatów procesowych.

Jeżeli nie można zapobiegać uwolnieniu się substancji palnych, to często tworzenie się atmosfer wybuchowych można wyeliminować poprzez zastosowanie odpowiedniej, spełniającej określone wymagania wentylacji. Podczas obliczania efektywności wentylacji należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

Gazy i pary cieczy palnych - aby zaprojektować system wentylacyjny, należy ustalić m.in. maksymalną ilość gazów lub par cieczy, która może się uwolnić, (moc źródła) oraz znać lokalizację źródła wypływu, jak również warunki dyspersji.

Pyły palne – wentylacja zapewni odpowiednią ochronę w momencie, gdy pył jest wydmuchiwany u źródła a niebezpieczne cząstki zostaną odpowiednio zabezpieczone.



Rysunek 1. Skuteczna wentylacja pozwala na eliminowanie stężeń wybuchowych poprzez odpowiednią ilość wymian powietrza w jednostce czasu¹.

- **Inertyzacja.**

Niebezpieczna atmosfera wybuchowa może zostać wyeliminowana poprzez rozcieńczenie materiału palnego lub tlenu z otoczenia wewnątrz instalacji za pomocą nie reaktywnych chemicznie substancji gazowych. Aby zaprojektować tego rodzaju system zabezpieczeń, niezbędna jest wiedza o wartościach stężeń tlenu, przy których nie dochodzi do zjawiska spalania. Określane jest to na drodze eksperymentalnej. Maksymalne dopuszczalne stężenie tlenu uzyskuje się po odjęciu wartości stanowiącej margines bezpieczeństwa od granicznego stężenia tlenu.

Przykład.

Używane gazy inertyzujące to azot, dwutlenek węgla, gazy szlachetne, gazy spalinowe oraz para wodna. Z kolei pyły inertyzujące zawierają siarczan wapnia, fosforan amonu, pył kamienny. Przy wyborze substancji inertyzującej ważnym jest fakt, aby nie reagowała ona z paliwem (np. aluminium może reagować z CO₂).

¹ Źródło: „Minimum requirements for improving the safety and health protection of workers potentially at risk from explosive atmospheres”, Bruksela 2003 r..

- **Czujniki gazu.**

Stężenia mieszanin substancji palnych z powietrzem wokół instalacji można monitorować za pomocą czujników gazów. Projektując system detekcji należy wziąć pod uwagę:

- rodzaje substancji, lokalizację źródeł wypływu oraz ich maksymalną moc, jak również znajomość warunków dyspersji,
- parametry eksploatacyjne urządzeń wpływające szczególnie na czas alarmowania, poziom alarmu, wrażliwość na alarmy fałszywe,
- fakt, że wadliwe działanie poszczególnych elementów systemów alarmowych nie może powodować powstania sytuacji niebezpiecznych (niezawodność),
- ilość i lokalizacje punktów pomiaru dobranych tak, aby potencjalna atmosfera wybuchowa mogła zostać szybko wykryta,
- znajomość kubatury (strefy bezpośredniej) zagrożonej wystąpieniem atmosfery wybuchowej, do czasu uruchomienia technicznych systemów zabezpieczeń - unikanie w tych przestrzeniach możliwości pojawienia się jakichkolwiek źródeł zapłonu,
- sterowanie systemami zabezpieczeń.

Czujniki gazu używane w przestrzeniach zagrożonych wybuchem muszą posiadać wymagane dopuszczenia oraz być odpowiednio oznaczone jako bezpieczne elektrycznie, zgodnie z wymaganiami rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005 w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (Dz. U. Nr 263 poz. 2203).

Uwaga: Czujniki gazu stosowane jako urządzenia kontrolne oraz umożliwiające unikanie potencjalnych źródeł zapłonu (np. poprzez wyłączenie nieodpornego wybuchowo elementu urządzenia pracującego w obecności atmosfery wybuchowej), muszą być regularnie sprawdzane i kalibrowane, w celu zapewnienia ich przydatności. W tym zakresie należy spełnić wszystkie wymagania zawarte w przepisach przytoczonego wyżej rozporządzenia.

- **Zastosowanie Inżynierii Kontroli Procesu.**

Omówione dotychczas systemy ochrony przed wybuchem mogą być sterowane, monitorowane lub uruchamiane przez urządzenia bezpieczeństwa oraz urządzenia regulacyjne, zwane dalej jako inżynieria kontroli procesu. Urządzenia PCE² mogą być stosowane w celu zapobiegania pojawieniu się niebezpiecznych atmosfer wybuchowych, potencjalnych źródeł zapłonu lub do łagodzenia skutków wybuchu.

Potencjalne źródła zapłonu takie jak gorące powierzchnie mogą być monitorowane i kontrolowane za pomocą urządzeń PCE. Istnieje również możliwość wyeliminowania źródeł zapłonu w momencie pojawienia się niebezpiecznej atmosfery wybuchowej. Na przykład urządzenia i sprzęt elektryczny bez wykonania przeciwybuchowego zostaną wyłączone przez urządzenia PCE w chwili włączenia się alarmu gazowego, co tym samym wyeliminuje potencjalne źródła zapłonu. Stosowanie urządzeń PCE może także eliminować pojawienie się lub redukować wielkość stref zagrożenia wybuchem. Dobór i instalacja tych urządzeń zależy przede wszystkim od prawdopodobieństwa pojawienia się atmosfery wybuchowej oraz efektywnych źródeł zapłonu. Niezawodność urządzeń PCE w połączeniu z technicznymi systemami ochrony przed wybuchem oraz podjętymi środkami organizacyjnymi musi

² z ang. PCE – Process Control Engineering.

zapewnić, ograniczenie ryzyka wystąpienia wybuchu do poziomu akceptowalnego w warunkach wszystkich operacji procesowych.

Przykład:

Proces przesyłania medium odbywa się przy zastosowaniu urządzeń łożyskowanych w obrębie strefy 1. W trakcie normalnych operacji temperatura łożysk nie przekracza temperatury zapłonu mieszaniny gazowo-powietrznej. W przypadku awarii, np. na skutek utraty smarowania, temperatura łożyska może osiągnąć temperaturę zapłonu, jeśli nie zastosuje się odpowiednich systemów zabezpieczeń. W tym przypadku należy zastosować stały monitoring temperatury łożysk. W przypadku przekroczenia wartości dopuszczalnej temperatury instalacja powinna być natychmiast wyłączona.

Wymagany stopień niezawodności urządzeń PCE na instalacji zależy od oceny ryzyka wybuchu. Niezawodność bezpiecznego działania urządzeń PCE i ich elementów składowych osiągana jest za pomocą unikania i kontroli błędów, przy uwzględnieniu wszelkich warunków operacyjnych oraz zaplanowanych czynności konstrukcyjno-przegładowych.

Rodzaj zabezpieczenia	Zakres prawdopodobieństwa awarii danego urządzenia
Środki bezpieczeństwa dla zapobiegania powstawania mieszanin wybuchowych	
Praca poza DGW/GGW- (awaria kontroli procesu)	od 10^{-1}
Detektory gazów wybuchowych	od 0.9 do 0.1
Inertyzacja układu	od 10^{-1} do 10^{-2}
Wentylacja/hermetyzacja	od 10^{-1} do 10^{-2}
Środki kontroli zapłonu	
Zapewnienie bezpiecznych parametrów pracy w kontekście właściwości mieszanin wybuchowych	Błąd ludzki od 10^{-1} do 10^{-3} , Błąd kontroli procesu, 10^{-1}
Kontrola zapłonu w instalacjach elektrycznych wykonanie Ex - zgodność z wymaganiami ATEX100a i odpowiednimi standardami serii EN- 0014	od 10^{-1} do 10^{-3}
Ochrona przed elektr. statyczną (uziemiające, mostkowanie)	Częstość awarii od 10^{-1} do 10^{-3}
Kontrola zapłonu w instalacjach nieelektrycznych	Częstość awarii od 10^{-1} do 10^{-3}

Tabela 1. Zakres prawdopodobieństwa awarii urządzeń zabezpieczających.

Każdy z układów może mieć więc przypisany sobie poziom nienaruszalności bezpieczeństwa SIL³.

Poziom nienaruszalności bezpieczeństwa SIL	Przeciętna wartość prawdopodobieństwa niewypełnienia funkcji bezpieczeństwa na przywołanie
4	$10^{-5} - 10^{-4}$
3	$10^{-4} - 10^{-3}$
2	$10^{-3} - 10^{-2}$
1	$10^{-2} - 10^{-1}$

Tabela 2. Poziomy nienaruszalności bezpieczeństwa i wymagania dotyczące PFD⁴. źródło – Kazimierz T. Kosmowski referat na V konferencji Naukowo- Technicznej „Bezpieczeństwo Techniczne w Przemśle Chemicznym” Sobieszewo 2006.

³ SIL – z ang. Safety Integrity Level

⁴ PFD – z ang. probability of failure on demand

- **Urządzenia nielektryczne.**

Urządzenia nielektryczne, które są przeznaczone do pracy w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, dzielimy podobnie jak urządzenia elektryczne na grupę I i grupę II. Urządzenia grupy I przeznaczone dla pracy w kopalniach zagrożonych wybuchem metanu, podzielono ze względu na poziom charakteryzującego je stopnia bezpieczeństwa na kategorie M 1 i M 2. Urządzenia grupy II przeznaczone do pracy w innych miejscach niż kopalnie zagrożone wybuchem metanu, podzielono ze względu na poziom charakteryzującego je stopnia bezpieczeństwa na kategorie 1,2,3.

Wymagania dotyczące projektowania, konstruowania i oznakowania urządzeń nielektrycznych, przeznaczonych do użytku w potencjalnie wybuchowych mieszaninach gazów, par, mgieł i pyłów z powietrzem określono w normie PN-EN 13463-1 Urządzenia nielektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Cz. 1 – Podstawowe założenia i wymagania.

Oznakowanie urządzeń nielektrycznych jest podobne jak urządzeń elektrycznych.

- „fr” – symbol ochrony za pomocą obudowy z ograniczonym przepływem,
- „d” – symbol ochrony za pomocą osłony ognioszczelnej,
- „c” - symbol ochrony za pomocą bezpieczeństwa konstrukcyjnego,
- „b” - symbol ochrony za pomocą kontroli źródła zapłonu,
- „k” - symbol ochrony za pomocą osłony cieczowej,
- „g” - symbol ochrony za pomocą bezpieczeństwa wewnętrznego.

Do wymienionych technicznych środków zabezpieczeń można byłoby podać jeszcze wiele przykładów. Świadczy to o tym, że z szerokiej dostępnej oferty można wybrać w drodze analizy skuteczności zabezpieczenia tą formę, która będzie najskuteczniejsza.

Istotniejsze zmiany w rozporządzeniu.

a)

Dotychczasowe zapisy dotyczące ocena ryzyka nakazywały m.in. określić prawdopodobieństwo i częstotliwość występowania atmosfer wybuchowych. Wprowadzone zmiany mówią o ocenie dotyczącej prawdopodobieństwa i trwałości atmosfery wybuchowej. W gruncie rzeczy nie zmienia to dotychczasowego znaczenia, a jedynie odzwierciedla oryginalne tłumaczenie z Dyrektywy 1999/92/EC. Ocena częstotliwości wystąpienia atmosfery wybuchowej i/lub trwałość atmosfery wybuchowej **dla potrzeb oceny ryzyka** sprowadza się do tego samego.

Nie sposób określić dokładnej godziny czy daty pojawienia się atmosfery wybuchowej. Jednak wcześniejsze wykonanie oceny zagrożenia wybuchem zgodnie z rozporządzeniem 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) oraz PN-EN 60079-10: 2004 pozwala na określenie, w jakich przestrzeniach (otwarte, zamknięte) może wystąpić atmosfera wybuchowa i jak długo się utrzymuje. Obliczenie trwałości atmosfery wybuchowej wynika ze sprawdzenia właściwego stopnia wentylacji wewnątrz pomieszczeń na podstawie Polskiej Normy⁵ dla gazów i par cieczy palnych, jak również dla pyłów na podstawie standardów takich jak NFPA⁶ czy VDI. Innym sposobem, identyfikacji trwałości atmosfery wybuchowej są odczytane ze specyfikacji technicznej parametry technologiczne pracy instalacji.

⁵ PN-EN 60079-10: 2004 - Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 10: Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem.

⁶ NFPA 68 – „Venting of deflagrations”, NFPA 2002.

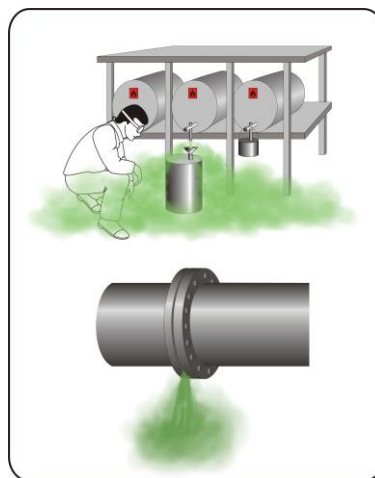
b)

Stanowiska pracy, na których mogą wystąpić atmosfery wybuchowe obligują pracodawcę do dokonywania nie rzadziej niż raz w roku oceny ryzyka. Różnica w dotychczasowym zapisie sprowadza się do stwierdzenia, że przy ocenie ryzyka nie można naruszać innych przepisów z zakresu oceny stopnia zagrożeń dla zdrowia i bezpieczeństwa w miejscu pracy oraz stosowania odpowiednich środków ochronnych. Zapis ten daje priorytet wszelkim innym środkom zapewniania bezpieczeństwa na stanowiskach pracy, które zastosowane były wcześniej bądź przez inne przepisy w zakresie bezpieczeństwa. Jeżeli więc z przepisów tych wynikają jakiegokolwiek obostrzenia dla stanowisk pracy to muszą one być spełnione w pierwszej kolejności a sugerowane dodatkowe środki redukcji ryzyka wystąpienia wybuchu nie mogą być im przeciwstawne a jedynie powinny je uzupełniać.

c)

Rozporządzenie doprecyzowuje, jakie stanowiska pracy wymagają wykonania oceny ryzyka. Do tej pory chodziło o przestrzenie, które są lub mogą być połączone (otworami) z miejscami występowania atmosfery wybuchowej. Zapis taki nie był jasny, bowiem trudno było wyobrazić sobie, o jakie dokładnie miejsca chodzi.

Uwaga: Nawet, jeśli do tej pory na danym stanowisku pracy nie doszło do wybuchu, to pomimo tego należy na nim wykonać ocenę ryzyka. Na ogół wyniki analizy będą potwierdzały dobry lub wystarczający poziom zabezpieczenia, jednak dopóki nie będzie to potwierdzone przez wykwalifikowaną osobę, uwzględniając szeroką gamę zabezpieczeń przeciwwybuchowych nie będzie można jednoznacznie określić poziomu bezpieczeństwa.



Rysunek 2. Przykładowe sytuacje, w jakich tworzą się atmosfery wybuchowe⁷.

d)

Uchylenie zapisu dotyczącego szkoleń stanowiskowych wynika ze zmiany rozporządzenia w sprawie szczegółowych zasad szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy. Aktualnie obowiązujące rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 27 lipca 2004 r. w sprawie szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. Nr 180, poz. 1860 zm. Dz. U. Nr 116, poz. 972) nie zmienia dotychczasowych zasad - na odbywających się szkoleniach ogólnych i okresowych poruszane będą również zagadnienia związane z bezpieczeństwem pracy na stanowiskach, na których występują atmosfery wybuchowe.

⁷ Źródło: „Minimum requirements for improving the safety and health protection of workers potentially at risk from explosive atmospheres”, Bruksela 2003 r..

e)

Na koniec kontrowersyjna sprawa zapewnienia niezbędnych środków ochrony indywidualnej. Pracodawca wedle nowych zmian powinien zapewnić pracownikom odzież i obuwie wykonane z materiałów antyelektrostatycznych. Nie przywołuje się już Polskich Norm tak jak w poprzednim przypadku. Sugerowane do tej pory rozwiązania spełniające kryteria narzucone przez Polskie Normy były bardzo rygorystycznie i jednocześnie bardzo kosztowne. Niezmienny jest fakt, że noszenie ubrań ochronnych obowiązuje zawsze niezależnie od rodzaju strefy zagrożenia wybuchem.

Aktualnie mówi się o odzieży ochronnej i obuwiu wykonanym z materiałów spełniających wymagania określone w przepisach w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej. Dokładnie chodzi o rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej (Dz. U. Nr 259 poz. 2173).

Środki ochrony indywidualnej przeznaczone do używania w atmosferze wybuchowej - powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby nie mogły być źródłem iskry lub łuku elektrycznego, spowodowanych odpowiednio uderzeniem lub elektrycznością statyczną, i nie mogły spowodować zapłonu mieszaniny wybuchowej. Daje to pewną dowolność w doborze rodzaju odzieży ochronnej i obuwia, pod warunkiem spełniania minimalnych kryteriów zawartych w wyżej cytowanym rozporządzeniu. Przykładem może być odzież ochronna wykonana z tkanin bawełnianych, lnianych lub specjalnych materiałów antyelektrostatycznych.

Rozporządzenie w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej wprowadza do prawa polskiego postanowienia dyrektywy 89/686/EWG⁸.

Wnioski.

W zmienionym rozporządzeniu uporządkowano głównie sferę sformułowań, nadając niekiedy zgoła inne znaczenie dotychczasowym zapisom. Sprecyzowanie zapisów było z jednej strony wymuszone pojawiającymi się wątpliwościami w okresie rocznego obowiązywania rozporządzenia oraz dostosowaniem zapisów polskiego prawa do wymogów Dyrektywy 1999/92/EC.

Najistotniejszym zapisem i jednocześnie najszerzej opisanym w artykule jest zagadnienie dotyczące powinności stosowania przez pracodawcę środków technicznych i organizacyjnych tak, aby zapobiegać tworzeniu się atmosfery wybuchowej, a tam gdzie to jest niemożliwe dążenia do wyeliminowania źródeł zapłonu. Wprawdzie nie jest to rozwiązanie rewolucyjne, bowiem funkcjonujące do tej pory normy gwarantowały właściwe zabezpieczenie znacznej większości instalacji przez PCE i przed możliwością pojawienia się awarii technicznych. Wysoko postawiona poprzeczka w zakładach wdrażających normy ISO, dyrektywy UE, czy zachodnie standardy wymusiła stosowanie zaawansowanej technologii zabezpieczeń. Nie bez znaczenia są także urzędy i instytucje państwowe kontrolujące utrzymanie właściwego poziomu bezpieczeństwa. Wprawdzie UE wymaga spełnienia jedynie minimalnych kryteriów w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa, jednak nie dopuszcza ich nie egzekwowania. Celowe w tym zakresie jest więc nasilenie kontroli przestrzegania przepisów bowiem nie od dziś wiadomo, że jest to jedyna droga do osiągnięcia założonego celu.

Autorzy:

kpt. mgr inż. Robert Żuczek – zukov@wp.pl

kpt. mgr inż. Rafał Porowski

Rysunki:

Tomasz Wolski

⁸ Dyrektywa Rady Wspólnot Europejskich nr 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednoczenia przepisów prawnych państw członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej.