Detektory tlenku węgla (CO), tlenku azotu (NO), ditlenku azotu (NO_2) i ditlenku węgla (CO_2) w tunelach drogowych.

Jak powszechnie wiadomo, połączenie zamkniętej, podziemnej przestrzeni oraz procesu spalania powodującego emisję niebezpiecznych gazów nie jest dobrym pomysłem. Czasem jednak konieczność przemieszczania się wymusza budowę obiektów, które muszą zmierzyć się z zagrożeniami, aby umożliwić łatwe dostanie się do punktu docelowego. Jednym z takich przypadków jest oczywiście tunel drogowy. Często na myśl przychodzą naturalne przeszkody i tereny górzyste, ale tunele stają się także codziennością dla miast borykających się z ograniczeniem miejsca pod budowę kolejnych obiektów i infrastruktury o coraz większej przepustowości. Z takich obiektów korzysta wiele pojazdów osobowych i ciężarowych powodując znaczną emisję spalin, a do tego trzeba brać pod uwagę sytuacje nietypowe lub awaryjne prowadzące do wstrzymania ruchu skutkującego wypełnieniem tunelu stojącymi pojazdami z włączonymi silnikami. Naturalna wentylacja przez otwory wlotowe tunelu jest praktycznie niemożliwa, więc konieczne jest odpowiednie zabezpieczenie działające automatycznie i zapewniające odpowiednią ochronę.

Zagrożenia gazowe w tunelach drogowych.

Pojazdy spalinowe emitują przede wszystkim ditlenek węgla (daw. dwutlenek węgla - CO_2), tlenek węgla (CO) oraz tlenek i ditlenek azotu (NO i daw. dwutlenek azotu – NO_2), popularnie oznaczane jako tlenki azotu NOx. Każdy z tych gazów jest szkodliwy i potencjalnie zabójczy dla człowieka, natomiast ich oddziaływanie na organizm ludzki jest różne i negatywne skutki pojawiają się przy różnych stężeniach. Warto tu od razu wspomnieć, że użytkownicy tunelu to nie tylko młode zdrowe osoby, ale także ludzie z dolegliwościami układu oddechowego, dla których czystość powietrza, którym oddychają ma kluczowe znaczenie, nawet jeżeli jest to tylko krótki czas przebywania w zamkniętej przestrzeni.

Rodzaj gazu	Wzór	Współczynnik ciężaru w stosunku do powietrza przy temperaturze powietrza 0°C (powietrze = 1,0)	Dolna Granica Wybuchowości (DGW) wg normy PN-EN ISO/IEC 80079-20-1	Górna Granica Wybuchowości (GGW) wg normy PN-EN ISO/IEC 80079-20-1	NDS - Najwyższe Dopuszczalne Stężenie	NDSCh - Najwyższe Dopuszczalne Stężenie Chwilowe
Tlenek węgla	CO	0,97	10,9 %v/v	74,0 %v/v	23mg/m^3 ≈ 20ppm	117mg/m^3 ≈ 100ppm
Tlenek azotu	NO	1,04			2,5mg/m^3 ≈ 2,0ppm *3,5mg/m^3 ≈ 2,8ppm do 21.08.2026 dla tuneli*	*7,0mg/m^3 ≈ 5,6ppm do 21.08.2026 dla tuneli*
Dilenek azotu	NO_2	1,59			0,7mg/m^3 ≈ 0,36ppm	1,5mg/m^3 ≈ 0,78ppm
Dilenek węgla	CO_2	1,53			9000mg/m^3 ≈ 4950ppm ≈ 0,5%v/v	27000mg/m^3 ≈ 14850ppm ≈ 1,5%v/v

(tab.1 Podstawowe parametry gazów obecnych w spalinach)

W powyższej tabeli da się zauważyć, że tlenek węgla (CO) oraz tlenek i ditlenek azotu (NO, NO_2) stanowią zagrożenie już w niskich stężeniach od kilku ppm (tlenki azotu) do najwyżej kilkuset ppm (tlenek węgla). Z kolei ditlenek węgla (CO_2) musi osiągnąć znacznie większe wartości by stanowił zagrożenie dla człowieka. Nie oznacza to bynajmniej, że dwutlenek węgla jest bezpieczny. To błędne założenie, które może mieć poważne skutki. Nowoczesne silniki dzięki zastosowaniu katalizatorów (reaktorów katalitycznych) czy domieszkowania wodnego roztworu mocznika w znacznym stopniu redukują emisję tlenku węgla (CO) oraz tlenku i ditlenku azotu (NO, NO_2). Nie redukują natomiast naturalnego składnika procesu spalania jakim jest ditlenek węgla (CO_2). Dlaczego to ma znaczenie? Jeżeli obiekt będzie wyposażony jedynie w detektory tlenku węgla (CO) lub ditlenku azotu (NO_2), to mogą one nie zapewnić pełnego bezpieczeństwa, ponieważ pojazdy nie wyemitują wystarczającej ilości tych gazów do aktywacji progów alarmowych detektorów. Tymczasem silniki pojazdów będą emitowały znaczne ilości ditlenku węgla (CO_2) i bez detektorów CO_2, wentylacja obiektu nie zostanie uruchomiona powodując zagrożenie dla użytkowników tunelu.

Wpływ CO_2 na organizm ludzki	**Stężenie**	
	[ppm]	**[%obj.]**
Świeże powietrze poza obszarami zabudowanymi	350-400	0,04%
Akceptowalne stężenie dla świeżego powietrza w pomieszczeniach	600	0,06%
Górna granica świeżego powietrza wg WHO	1000	0,10%
(NDS) dopuszczalne przebywanie 8 godzin dziennie	5000	0,50%
Wzrost częstości oddychania.	10000	1,00%
(NDSCh) dopuszczalne przebywanie 2 razy przez 15min. w ciągu 8 godzinnej zmiany	15000	1,50%
Pogłebiony oddech. Kilkugodzinna ekspozycja powoduje ból głowy	20000	2,00%
2-krotny wzrost oddechu. Wzrost ciśnienia krwi i czestotliwości pulsu	30000	3,00%
Utrudniony, bardzo szybki oddech	50000	5,00%
Zaburzenie widzenia. Dłuższe przebywanie powoduje utratę przytomności	100000	10,00%
Utrata przytomności. Śmierć przy dłuższym przebywaniu.	>100000	>10,00%

(tab.2 Wpływ ditlenku węgla na organizm ludzki.)

To nie jedyne zagrożenie ze strony ditlenku węgla. Gaz ten bierze udział w procesie karbonatyzacji betonu czyli degradacji betonu na skutek zachodzących reakcji chemicznych pomiędzy CO_2

z powietrza z wapiennymi składnikami. W tunelu ten proces będzie miał duże znaczenie dla trwałości konstrukcji biorąc także pod uwagę długi czas eksploatacji obiektu. Oczywiście są stosowane dodatkowe środki ochrony nanoszone na beton jednak jednym ze skuteczniejszych sposobów pozostaje odpowiednia wentylacja i utrzymanie niskiego poziomu CO_2 w obiekcie.

Regulacje prawne w zakresie detekcji gazów w tunelach drogowych.

Wybrane poniżej przepisy dotyczą tylko zastosowania detektorów gazów w tunelach i nie definiują pozostałych wymagań dla budowy tych obiektów.

Dz.U. 2022 poz. 1518
Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych
III. SZCZEGÓLNE WARUNKI DOTYCZĄCE WENTYLACJI TUNELI
85. Tunel wyposaża się w wentylację służącą do odprowadzania spalin emitowanych z pojazdów oraz usuwania dymu i ciepła w przypadku pożaru.
86. Wentylacja tunelu w normalnych warunkach użytkowania powinna zapewniać:
1) odpowiednią wymianę powietrza – aby nie zostały przekroczone stężenia zanieczyszczeń zagrażające przebywającym w tunelu użytkownikom;

Powyższy zapis ma bardzo duże znaczenie z punktu widzenia detekcji gazów, ponieważ oprócz gazów wymaganych przez powyższą regulację (CO i NO_2) wymaga aby w tunelu nie zostały przekroczone stężenia jakichkolwiek zanieczyszczeń (w tym gazów), które mogłyby stanowić zagrożenie dla użytkowników. Tutaj warto wrócić do wymienionego w zagrożeniach ditlenku węgla (CO_2). Gaz ten stanowi główny składnik spalin i o ile w niskich stężeniach nie jest toksyczny, to w wyższych stanowi zagrożenie. Wymagane przez przepisy detektory CO i NO_2 nie reagują na ditlenek węgla (CO_2) co oznacza, że bez dedykowanych detektorów CO_2 gaz ten nie zostanie usunięty przez wentylację. Ma to tym większe znaczenie w tunelach, których poziom obniża się w stosunku do wjazdu i wyjazdu. Dwutlenek węgla jako znacznie cięższy może się bowiem gromadzić w najniższych partiach obiektu.

87. Wydajność wentylacji tunelu ustala się na podstawie wartości progowych stężeń tlenku węgla (CO) i ditlenku azotu (NO2) w powietrzu w tunelu oraz przejrzystości powietrza wyrażonej współczynnikiem absorpcji K, które zostały określone w tabeli.

Rodzaj ruchu pojazdów w tunelu	*Stężenie tlenku węgla (CO)*	*Stężenie ditlenku azotu (NO_2)[1)]*	*Przejrzystość powietrza Współczynnik absorpcji K*
Płynny z prędkością 50-100km/h	*70ppm*	*1,0ppm*	*0,005 m^{-1}*
Codziennie utrudniony zatorami, zatrzymany na wszystkich pasach ruchu	*70ppm*	*1,0ppm*	*0,007 m^{-1}*
Wyjątkowo ograniczony zatorem, zatrzymany na wszystkich pasach ruchu	*100ppm*	*1,5ppm*	*0,009 m^{-1}*
Długotrwałe prace w tunelu	*30ppm*	*0,3ppm*	*0,003 m^{-1}*
[1)] Średnie stężenie na całej długości tunelu			

88. Tunel z wentylacją mechaniczną wyposaża się w urządzenia monitorujące jakość powietrza w tunelu i urządzenia służące do zamykania go dla ruchu, jeżeli:
1) stężenie tlenku węgla (CO) przekroczy wartość 200 ppm;
2) stężenie ditlenku azotu (NO2) przekroczy wartość 4 ppm;
3) współczynnik absorpcji K przekroczy wartość 0,012 m-1.
89. Wentylacja mechaniczna w tunelach powinna być uruchamiania i sterowana automatycznie z

czujników monitorujących jakość powietrza w tunelu.
Przepisy dość precyzyjnie wyznaczyły 4 progi alarmowe dla detektorów pozwalające na prawidłową pracę wentylacji oraz zamykające dostęp do tunelu:
Tlenek węgla (CO):
poziom 1 – 30 ppm (stężenie chwilowe CV) – poziom wentylacji dla prac w tunelu
poziom 2 – 70 ppm (stężenie chwilowe CV) – poziom wentylacji dla płynnego i utrudnionego ruchu
poziom 3 – 100 ppm (stężenie chwilowe CV) – poziom wentylacji dla zatoru
poziom 4 – 200 ppm (stężenie chwilowe CV) – zamknięcie tunelu dla ruchu

Ditlenek azotu (NO_2):
poziom 1 – 0,3 ppm (średnie stężenie chwilowe CV dla całego tunelu – wszystkich detektorów) – poziom wentylacji dla prac w tunelu
poziom 2 – 1,0 ppm (średnie stężenie chwilowe CV dla całego tunelu – wszystkich detektorów) – poziom wentylacji dla płynnego i utrudnionego ruchu
poziom 3 – 1,5 ppm (średnie stężenie chwilowe CV dla całego tunelu – wszystkich detektorów) – poziom wentylacji dla zatoru
poziom 4 – 4 ppm (stężenie chwilowe CV dla całego tunelu) – zamknięcie tunelu dla ruchu

UWAGA w przypadku pomiaru ditlenku azotu (NO_2) pomiar pierwszych 3 progów dla wentylacji ma być uśredniony do całej długości tunelu co oznacza, że ma to być jedna średnia wartość ze wszystkich detektorów ditlenku azotu podających pomiar bieżący (chwilowy - CV). Pomiar nie ma być średnią ważoną (AV). Natomiast 4-ty próg dla zamknięcia tunelu ma być wartością chwilową z dowolnego detektora.

CV – ang. current value – bieżąca chwilowa wartość pomiaru/stężenia danego gazu
AV – ang. average value – średnia wartość pomiaru/stężenia danego gazu w czasie - nie należy mylić z wartością średnią z wielu detektorów realizujących pomiar bieżący (chwilowy -CV)

Tym samym do prawidłowej detekcji gazów w tunelu wymagany jest 4-progowy system detekcji gazów z detektorami umożliwiającymi uruchomienie wyjść sterujących zarówno przy wartości przeliczonej średniej jak i wartości chwilowej.
Do tego dochodzi 5-te wyjście sterujące dla sygnałów awaryjnych i serwisowych tzw. FAULT.

90. Dopuszczalne stężenie, określone ułamkiem molowym tlenku azotu w powietrzu tunelu, wynosi 0,0025%.
W zakresie tlenku azotu (NO) regulacja podaje jedynie wartość 25ppm jako graniczną.

Warto zauważyć, że norma PN-EN 50545-1, która określa podstawowe wymagania funkcjonalne detektorów dla hal garażowych i tuneli przewiduje nieco odmienne progi alarmowe.

CO	NO	NO_2	
30 ppm	10 ppm	3 ppm	*(średnia ważona za 15min.)*
60 ppm	20 ppm	6 ppm	*(średnia ważona za 15min.)*
150 ppm	50 ppm	15 ppm	*(średnia ważona za 1-5min.)*

(tab.3 Progi alarmowe dla gazów w halach garażowych i tunelach wg normy PN-EN 50545-1)

Oczywiście w/w rozporządzenie będzie aktem nadrzędnym i nowszym wobec normy, a tym samym zgodnie z nim nie będą miały zastosowania progi przywołane w normie. Wyjątkiem mogą być progi alarmowe dla tlenku azotu (NO) ponieważ rozporządzenie przewiduje tylko jedną wartość 25ppm i zgodnie z § 3 pkt. 2 rozporządzenia można wykorzystać dane pochodzące z normy.

§ 48. Tunel wyposaża się w przeciwpożarowy wyłącznik prądu, który umożliwia odcięcie dopływu energii elektrycznej do wszystkich obwodów odrębnie w każdej nawie tunelu, z wyjątkiem obwodów zasilających instalacje i urządzenia, których funkcjonowanie jest niezbędne w czasie pożaru i w czasie prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych. Przyciski uruchamiające przeciwpożarowy wyłącznik prądu sytuuje się w miejscach wskazanych w planie działań

ratowniczych lub planie postępowania awaryjnego, opracowanym przy udziale służb ratowniczych.
Warto tu wspomnieć, że systemy detekcji gazów nie są urządzeniami mającymi działać w trakcie pożaru, a tym samym nie dotyczy ich zasilanie sprzed przeciwpożarowego wyłącznika prądu.

§ 3. Jeżeli w przepisach rozporządzenia nie określono warunku lub określono go w sposób ogólny, drogę projektuje się, buduje, przebudowuje lub użytkuje zgodnie z zasadami wiedzy technicznej zawartej w szczególności:
1) we wzorcach i standardach rekomendowanych przez ministra właściwego do spraw transportu na podstawie przepisów o drogach publicznych;
2) w Polskich Normach.
Przepisy określiły praktycznie jedynie progi alarmowe sterujące pracą wentylacji, jednocześnie kierując do odpowiednich norm w zakresie pozostałych parametrów.

Norma PN-EN 50271
Elektryczne przyrządy do wykrywania i pomiaru gazów palnych, gazów toksycznych lub tlenu -- Wymagania i badania dotyczące przyrządów wykorzystujących oprogramowanie i/lub techniki cyfrowe.
Warto wspomnieć tę normę w kontekście zapisu dotyczącego bezpieczeństwa integralnego systemów detekcji gazów czyli tzw. SIL – ang. Safety Integrity Level – poziom nienaruszalności bezpieczeństwa systemów automatyki i sterowania. Im większy stopień (w skali 1-4) tym mniejsza możliwość błędu. Dla systemów sterowania ruchem kolejowym wymagany jest poziom SIL4.
Powyższa norma wymaga poziomu SIL1 natomiast w systemach detekcji gazów optymalnym poziomem jest SIL2 i biorąc pod uwagę charakter obiektu i wrażliwość na zdarzania zewnętrzne przy ruchu drogowym certyfikacja SIL2 stanowi odpowiedni poziom.

Dz.U. 2018 poz. 1286
Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy
§1. 1. Ustala się wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń chemicznych i pyłowych czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, określone w wykazie stanowiącym załącznik nr 1 do rozporządzenia.
§ 2. Wartości, o których mowa w § 1 ust. 1, określają najwyższe dopuszczalne stężenia czynników szkodliwych dla zdrowia, ustalone jako:

- ***najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS) - wartość średnia ważona stężenia**, którego oddziaływanie na pracownika w ciągu 8-godzinnego dobowego i przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy, określonego w Kodeksie pracy, przez okres jego aktywności zawodowej nie powinno spowodować ujemnych zmian w jego stanie zdrowia oraz w stanie zdrowia jego przyszłych pokoleń;*
- ***najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe (NDSCh) - wartość średnia stężenia**, które nie powinno spowodować ujemnych zmian w stanie zdrowia pracownika, jeżeli występuje w środowisku pracy nie dłużej niż 15 minut i nie częściej niż 2 razy w czasie zmiany roboczej, w odstępie czasu nie krótszym niż 1 godzina;*
- *najwyższe dopuszczalne stężenie pułapowe (NDSP) - wartość stężenia, która ze względu na zagrożenie zdrowia lub życia pracownika nie może być w środowisku pracy przekroczona w żadnym momencie.*

§ 3. Wartości, o których mowa w § 1 ust. 2, określają najwyższe dopuszczalne natężenia fizycznego czynnika szkodliwego dla zdrowia - ustalone jako wartość średnia natężenia, którego oddziaływanie na pracownika w ciągu 8-godzinnego dobowego i przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy, określonego w Kodeksie pracy, przez okres jego aktywności zawodowej nie powinno spowodować ujemnych zmian w jego stanie zdrowia oraz w stanie zdrowia jego przyszłych pokoleń.
Powyższa regulacja odnosi się do środowiska pracy, a nie do bezpieczeństwa użytkowników tunelu. Jednakże warto zwrócić uwagę, że w tunelu także przewidywane są prace serwisowe (konserwacyjne) albo mogą występować stanowiska pracy wymagające przebywania pracownika w tunelu w jakimś okresie. Stężenia podane w obu rozporządzeniach są mocno zbliżone, ale nie są identyczne co może stanowić poważne wyzwanie dla systemu detekcji. Co istotne stężenia

w rozporządzeniu o najwyższych dopuszczalnych stężeniach są podawane jako wartości średnie. Oznacza to, że w przypadku tlenku węgla rozporządzenie o warunkach technicznych dla dróg publicznych jest bardziej restrykcyjne.

§ 4. Dla sektora górnictwa podziemnego i budowy tuneli, do dnia 21 sierpnia 2023 r., dla tlenku azotu obowiązują wartości NDS – 3,5 mg/m3 i NDSCh – 7 mg/m3.
Zmiana:
Dz.U. 2023 poz. 1661
Rozporządzenie Ministra Rodziny i Polityki Społecznej z dnia 18 sierpnia 2023 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy
§ 1. W rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. poz. 1286, z 2020 r. poz. 61 oraz z 2021 r. poz. 325) w § 4 wyrazy „do dnia 21 sierpnia 2023 r.” zastępuje się wyrazami „do dnia 21 sierpnia 2026 r.”.
Obecnie wykonywane projekty zapewne będą miały fazę realizacji już po tym terminie, ale obecnie wykonywane prace powinny brać pod uwagę powyższe wrtości.

GAZ	POZIOM ALARMOWY	Warunki techniczne dla dróg publicznych Dz.U. 2022 poz. 1518	Najwyższe dopuszczalne stężenia Dz.U.02.217.1833	*PN-EN 50545-1*
Tlenek węgla (CO)	ALARM 1	30 ppm wartość chwilowa (CV)	20 ppm (NDS) średnia ważona (AV)	30 ppm średnia ważona (AV)
	ALARM 2	70 ppm wartość chwilowa (CV)	100 ppm (NDSCh) średnia ważona (AV)	60 ppm średnia ważona (AV)
	ALARM 3	100 ppm wartość chwilowa (CV)	-	150 ppm średnia ważona (AV)
	ALARM 4	200 ppm wartość chwilowa (CV)	-	-
Ditlenek azotu (NO_2)	ALARM 1	0,3 ppm średnia pomiarów chwilowych dla całego tunelu (wszystkich detektorów)	0,36 ppm (NDS) średnia ważona (AV)	3 ppm średnia ważona (AV)
	ALARM 2	1,0 ppm średnia pomiarów chwilowych dla całego tunelu (wszystkich detektorów)	0,78 ppm (NDSCh) średnia ważona (AV)	6 ppm średnia ważona (AV)
	ALARM 3	1,5 ppm średnia pomiarów chwilowych dla całego tunelu (wszystkich detektorów)	-	15 ppm średnia ważona (AV)
	ALARM 4	4,0 ppm wartość chwilowa (CV)	-	-
Tlenek azotu (NO)	ALARM 1	25ppm wartość chwilowa (CV)	2,0 ppm (NDS) 2,8 ppm NDS do 21.08.2026 średnia ważona (AV)	10 ppm średnia ważona (AV)
	ALARM 2	-	5,6 ppm NDSCh do 21.08.2026 średnia ważona (AV)	20 ppm średnia ważona (AV)
	ALARM 3	-	-	50 ppm średnia ważona (AV)
	ALARM 4	-	-	-

Ditlenek węgla (CO_2)	ALARM 1		0,5% v/v (NDS) średnia ważona (AV)	-
	ALARM 2	-	1,5% v/v (NDSCh) średnia ważona (AV)	-
	ALARM 3	-	-	-
	ALARM 4	-	-	-

(tab.4 Porównanie różnych wartości alarmowych przywołanych w aktach prawnych mogących mieć zastosowanie w zakresie detekcji gazów w tunelach drogowych.)

Jak widać powyższe przepisy nie ułatwiły zadania projektującemu ponieważ musi on pogodzić wiele różnych parametrów dla sterowania wentylacją. Do tematu można podejść na 2 sposoby.

Można zaprojektować system detekcji wg wymogów rozporządzenia dla warunków technicznych dróg publicznych (uzupełniony parametrami z normy PN-EN 50545-1), a dla potrzeb zabezpieczenia prac na poziomie NDS, NDSCh rekomendować urządzenia przenośne lub tymczasową detekcję strefową. Poniżej opisujemy to jako rozwiązanie podstawowe.

Jako drugą opcję można zaprojektować system, który obejmie wszystkie możliwe parametry i pomiary. Co istotne, możliwe, jest aby system posiadał 4 progi alarmowe wymagane przez rozporządzenie o warunkach technicznych dla dróg publicznych oraz zapewniał dodatkowe powiadamianie dla wartości określonych w rozporządzeniu o najwyższych dopuszczalnych stężeniach. System tego typu nie będzie różnił się kosztami od rozwiązania podstawowego, natomiast będzie wykorzystywał dodatkowe funkcje i możliwości. Opisujemy to w dalszej części jako rozwiązanie opcjonalne.

W obu przypadkach takie możliwości zapewnia system MSR PolyGard2 przewidziany do detekcji gazów w tunelach.

Tu warto jedynie wspomnieć, że stopień skomplikowania wymogów dla systemu detekcji w tunelu jest znaczny i tym samym niezbędne jest wykonanie odpowiedniego projektu przez projektanta posiadającego nie tylko wymagane uprawnienia, ale również doświadczenie w podobnych instalacjach.

Przeznaczenie systemu detekcji.

Usuwanie zagrożenia

Główną rolą systemu detekcji i pomiaru gazów w tunelu jest usuwanie gazów stanowiących zagrożenie i dostarczanie świeżego powietrza. Ta funkcja realizowana jest automatycznie bez udziału człowieka. Wentylacja jest sterowana nie tylko przez system detekcji gazów i jej rola jest znacznie szersza. Podstawową rolą wentylacji jest jej funkcja oddymiająca w czasie pożaru, pełni ona także ważną rolę w usuwaniu cząstek stałych ograniczających widoczność, redukuje wilgoć oraz redukuje stężenie CO_2 mające wpływ na proces degradacji betonu.

Monitoring i ostrzeganie.

Współczesne tunele są obiektami monitorowanymi i kluczowe są szczegółowe informacje o stanie każdego urządzenia w obiekcie. System detekcji nie jest tu wyjątkiem dlatego stosuje się systemy adresowalne z cyfrową komunikacją w standardzie RS485. Takie rozwiązanie gwarantuje przesyłanie wszystkich niezbędnych informacji o każdym elemencie systemu do centrum monitorowania obiektu wyposażonego najczęściej w oprogramowanie typu (SCADA - (ang. Supervisory Control And Data Acquisition). W tunelach nie mają zastosowania garażowe detektory samodzielne, które nie mają możliwości identyfikacji miejsca zagrożonego.
Tunele nie są wyposażone w sygnalizację ostrzegawczą dla użytkowników, w zakresie detekcji gazów niebezpiecznych. Wszelkie informacje kierowane są do centrum zarządzania obiektem, które może podjąć decyzję o zamknięciu tunelu w kontekście punktu 88 Szczególnych warunków

dotyczących wentylacji tuneli.

Dobór systemu detekcji.

Kluczowym elementem każdej instalacji bezpieczeństwa jest prawidłowy wybór technologii pozwalającej na prawidłowy i wiarygodny pomiar gazów oraz realizację parametrów narzuconych przez przepisy.

Do pomiaru gazów toksycznych: tlenku węgla (CO) oraz tlenku i ditlenku azotu (NO, NO_2) dostępne mamy 2 technologie sensorów, które są stosowane w detektorach.

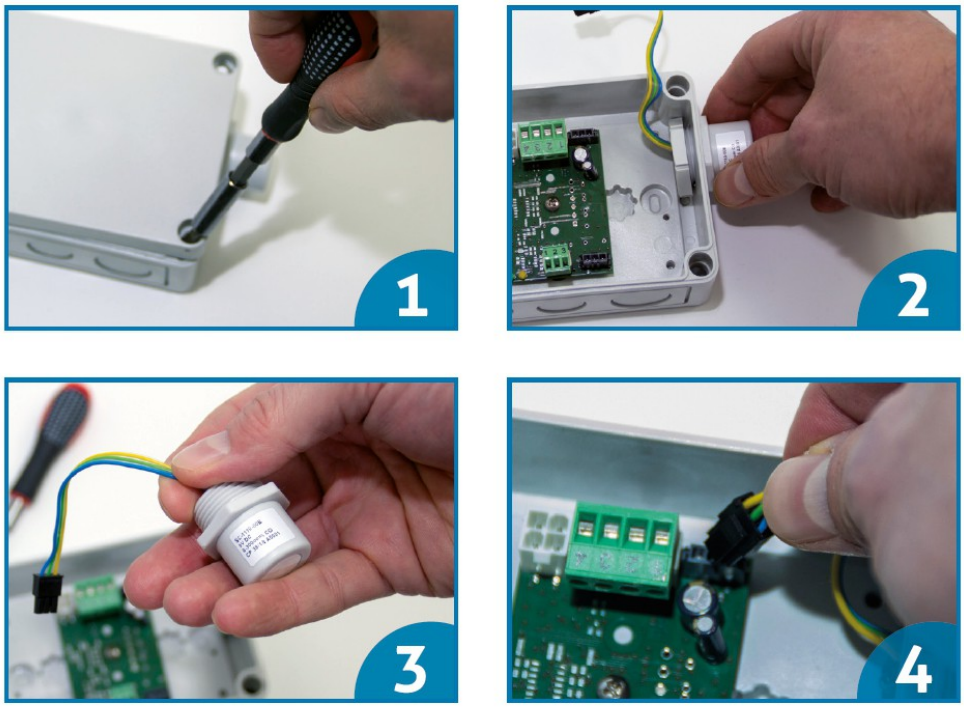
Sensor elektrochemiczny jest zbudowany w oparciu o 2 elektrody zanurzone w elektrolicie dobranym do konkretnego rodzaju gazu. Gaz przedostający się do wnętrza sensora przez specjalną membranę wchodzi w reakcję chemiczną, której wynikiem jest wytworzenie potencjału elektrycznego co może być zmierzone przez układ elektroniczny. Z punktu widzenia zastosowania w tunelach kluczowe są niektóre parametry sensora elektrochemicznego. Wysoka selektywność (czyli słaba reakcja na gazy inne niż pożądany/docelowy) redukuje ilość fałszywych alarmów i daje możliwie najbardziej rzeczywisty pomiar stężenia. Przeznaczenie do pomiaru stężeń w zakresach kilkadziesiąt lub kilkaset ppm gwarantuje niski błąd pomiarowy. Błąd pomiarowy rośnie wraz z wielkością zakresu pomiarowego i jeżeli przyjmiemy 3% to sensor o zakresie 0-300ppm będzie miał błąd rzędu 9ppm, a sensor o zakresie 0-1000ppm będzie się charakteryzował błędem na poziomie 30ppm co wyklucza realizację niektórych progów alarmowych. Liniowy pomiar umożliwia nie tylko wyznaczenie wielu progów alarmowych, ale przede wszystkim tak ważne prawidłowe przeliczanie średniej ważonej. Wadami tych sensorów są niższa odporność na przekroczenia zakresu pomiarowego oraz zakresu temperatury pracy. Obie te wady jednak nie wpływają na wybór w przypadku zastosowania w tunelu drogowym. W dobie redukcji ilości energii wymaganej przez obiekty warto wspomnieć, że sensory elektrochemiczne pobierają nawet do 98% mniej energii niż sensory półprzewodnikowe.

Sensor półprzewodnikowy wykrywa gaz przy użyciu materiału półprzewodnikowego (w większości przypadków ditlenku cyny SnO_2). Materiał ten podgrzany przez wbudowaną grzałkę absorbuje jony tlenu z powietrza co zmniejsza i stabilizuje przepływ prądu na poziomie tła. Cząsteczki gazu trafiające na sensor odrywają jony tlenu zwiększając przepływ prądu co układ elektroniczny może zmierzyć. Tego typu sensory stosowane w niektórych detektorach tlenku węgla są przeznaczone raczej do detekcji progowej (nieliniowa charakterystyka uniemożliwia wykonywanie rzeczywistego pomiaru i utrudnia wyliczanie średniej). Sensory półprzewodnikowe wykazują się niską selektywnością, większym błędem pomiarowym niż elektrochemiczne oraz silną wrażliwością na warunki zewnętrze co eliminuje je z zastosowania w tunelu jako mało precyzyjne i mało wiarygodne. Deklarowana wieloletnia eksploatacja, w praktyce (szczególnie w środowisku tunelu) kończy się na 5-6 latach co jest obecnie równe z sensorami elektrochemicznymi. Ich zaletą jest głównie niska cena i większa odporność na przekroczenia zakresu pomiarowego i temperaturowego.

Co ważne wybór sensorów elektrochemicznych jest także rekomendowany w normie PN-EN 50545-1 i w przypadku tuneli nie powinno to budzić wątpliwości.

Detektory dwutlenku węgla (CO_2) wykrywają i mierzą go za pomocą **sensora podczerwieni**, który opiera swoje działanie na wysyłaniu i odbieraniu światła podczerwonego w obrębie sensora. Gaz, który trafia do wnętrza absorbuje jego część co układ elektroniczny może przełożyć na pomiar. Zaletą sensorów podczerwonych jest ich całkowita odporność na gazy zatruwające oraz przekroczenia zakresu (ponieważ nie zachodzi reakcja chemiczna). Dodatkowo wysoka selektywność zapewnia niskie ryzyko fałszywych alarmów. Czas eksploatacji tego typu sensorów jest zdecydowanie najdłuższy (10-15 lat). Należy mieć świadomość nieco wyższej ceny tego typu sensorów.

Ważnym czynnikiem jest także dalsza eksploatacja systemu detekcji i tym samym wybierając urządzenia warto wybrać detektory z **wymiennymi modułami sensorycznymi,** ponieważ ułatwia to wszelkie czynności serwisowe oraz radykalnie obniża koszty serwisu.



(fot.1 Wymiana sensora w detektorze PolyGard2 dzięki technologii X-Change to tylko kilka ruchów)

Tunel jest obiektem infrastrukturalnym i wszelkie zakłócenia w jego działaniu stanowią poważny problem. Dlatego kolejną istotną cechą detektorów powinna być **możliwość kalibracji bezpośrednio na obiekcie**. Taka możliwość powoduje, że serwis zarówno okresowy jak i doraźny może być realizowany szybko i nie stanowi przeszkody w eksploatacji obiektu.

Wypełniając wymagania rozporządzenia system musi zapewnić jednoznaczną identyfikację każdego punktu pomiarowego na centrali systemu detekcji. Oznacza to, że w przypadku zastosowania detektorów wielogazowych (które oczywiście są znacznie tańszym rozwiązaniem niż osobne detektory dla każdego gazu), system musi zapewnić identyfikację każdego punktu osobno dla każdego gazu. Najczęściej oznacza to cyfrową komunikację. Charakterystyka tunelu pretenduje systemy bazujące na jednym przewodzie, który można prowadzić wzdłuż ściany tunelu. Dodatkowo wybór systemu cyfrowego to także redukcja zużycia energii nawet do 65% w stosunku do systemów analogowych.

Stopień ochrony i odporność na zanieczyszczenia.

Jest to jeden z kluczowych parametrów detektorów gazów przeznaczonych dla tuneli drogowych. Zanieczyszczenia stałe generowane przez pojazdy są w przypadku tuneli na tyle istotnym elementem, że obowiązujące regulację przewidują odpowiednią wentylację, aby zapewnić widoczność dla kierujących. Nie zmienia to faktu, że zanieczyszczenia te osiadają na urządzeniach pomiarowych skutecznie je oblepiając i uniemożliwiając pomiar. Dlatego **stopień ochrony IP65 z nasadką na sensor IP66** jest minimalnym zalecanym w takich obiektach. Dzięki zastosowaniu dodatkowej nasadki cząstki stałe osiadają w znacznej części na nasadce nie oblepiając wrażliwego sensora. Takie rozwiązanie ma poważne znaczenie w kontekście bezpieczeństwa, ponieważ detektor nie umie zasygnalizować oblepienia sensora wskazując cały czas nierzeczywisty pomiar.
Nasadki pomagają także w zmniejszeniu problemu kondensacji kiedy ciepłe wilgotne powietrze trafia na chłodne urządzenia wewnątrz tunelu. Skraplająca się woda może bowiem zatykać wloty/membrany sensorów.

(fot.2 Detektor dwugazowy MSR PolyGard2 dla tuneli w wersji IP65 bez nasadki oraz IP66 – czerwona nasadka.)

Bezpieczeństwo.

Jak już było wspomniane powyżej tunele jako obiekty o podwyższonym ryzyku, wymagają bezpiecznych rozwiązań i nie mogą polegać na niesprawdzonych elementach. W zakresie bezpieczeństwa integralnego układów automatyki i sterowania (w tym systemów detekcji) stosuje się certyfikację SIL. W systemach detekcji dla tuneli zalecany poziom to **SIL2.**

Parametry pomiarowe.

Parametry pomiarowe i funkcyjne systemu stanowią krytyczny element instalacji co oznacza, że powinny być określane przez uprawnionego projektanta. W przypadku tuneli drogowych regulacje prawne określiły wymagane progi alarmowe uruchamiające wentylację mechaniczną. Regulacje nie określiły jednak wszystkich parametrów systemu. Poniżej znajdują się zalecane parametry detektorów dla użycia w tunelach drogowych. Aby zrealizować wymogi system musi zapewnić 2 równoległe pomiary (wartości bieżącej CV oraz wartości średniej AV).

Podstawowa wersja:
System w wersji podstawowej realizuje wymogi *Dz.U. 2022 poz. 1518 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych*, a w przypadku braku wyznaczonych parametrów jest uzupełniony wartościami określonymi przez normę *PN-EN 50545-1 Elektryczne przyrządy do wykrywania i pomiaru gazów toksycznych i palnych w garażach oraz w tunelach -- Część 1: Podstawowe wymagania funkcjonalne i metody badań dotyczące wykrywania i pomiaru tlenku węgla oraz tlenków azotu*

Poziom gazu (CO)	Rodzaj pomiaru	Próg alarmowy centrali systemu detekcji	Powiadomienie BMS	Reakcja urządzeń wykonawczych
30 ppm	wartość bieżąca CV – current value	PRÓG 1	✓	załączenie wentylacji na I biegu
70 ppm	wartość bieżąca CV – current value	PRÓG 2	✓	załączenie wentylacji na II biegu
100 ppm	wartość bieżąca CV – current value	PRÓG 3	✓	załączenie wentylacji na III biegu
200 ppm	wartość bieżąca CV – current value	PRÓG 4	✓	powiadomienie obsługi obiektu w celu zamknięcia dostępu
Zakres pomiarowy detektora 0-300 ppm CO				

(tab.5 Progi alarmowe oraz pomiary detektorów tlenku węgla i reakcja wentylacji wg rozporządzenia o warunkach technicznych dla dróg publicznych)

W przypadku alarmowania i pomiaru stężenia ditlenku węgla (NO_2) należy zwrócić uwagę na różnicę w pomiarze i sterowaniu dla progów alarmowych ponieważ w odróżnieniu od tlenku węgla wszystkie **pomiary ditlenku węgla (NO_2) są realizowane w formie średniej pomiarów chwilowych dla całej długości tunelu (czyli de facto jest to jeden średni pomiar dla wszystkich detektorów)**.

Poziom gazu (NO_2)	Rodzaj pomiaru	Próg alarmowy centrali systemu detekcji	Powiadomienie BMS	Reakcja urządzeń wykonawczych
0,3 ppm	średnia pomiarów chwilowych (CV) dla całego tunelu ze wszystkich detektorów	PRÓG 1	✓	załączenie wentylacji na I biegu
1,0 ppm	średnia pomiarów chwilowych (CV) dla całego tunelu ze wszystkich detektorów	PRÓG 2	✓	załączenie wentylacji na II biegu
1,5 ppm	średnia pomiarów chwilowych (CV) dla całego tunelu ze wszystkich detektorów	PRÓG 3	✓	załączenie wentylacji na III biegu
4,0 ppm	wartość bieżąca CV – current value	PRÓG 4	✓	powiadomienie obsługi obiektu w celu zamknięcia dostępu
Zakres pomiarowy detektora 0-10 ppm NO_2				

(tab.6 Progi alarmowe oraz pomiary detektorów ditlenku azotu i reakcja wentylacji wg rozporządzenia o warunkach technicznych dla dróg publicznych)

Rozporządzenie o wymaganiach technicznych dla dróg publicznych wymaga także detekcji tlenku azotu (NO). Określa jednak tylko jeden poziom jako dopuszczalny w tunelu co oznacza, że nie może on być przekraczany. Jeżeli jednak przekroczenie progu 25ppm nie jest dopuszczalne to wentylacja powinna zostać uruchomiona wcześniej tak aby nie dopuścić do osiągnięcia tego stężenia. Tym samym warto wykorzystać progi proponowane w normie PN-EN 50545. Jednocześnie przepisy nie wspominają o wymogu zamknięcia tunelu w przypadku przekroczenia określonego stężenia (przyjęto najwyższy próg przewidziany przez normę).

Poziom gazu (NO)	Rodzaj pomiaru	Próg alarmowy centrali systemu detekcji	Powiadomienie BMS	Reakcja urządzeń wykonawczych
10 ppm	średnia ważona AV - average value	PRÓG 1	✓	załączenie wentylacji na I biegu
20 ppm	średnia ważona AV - average value	PRÓG 2	✓	załączenie wentylacji na II biegu
25 ppm	wartość bieżąca CV – current value	PRÓG 3	✓	załączenie wentylacji na III biegu
50 ppm	średnia ważona AV - average value	PRÓG 4	✓	powiadomienie obsługi obiektu w celu zamknięcia dostępu
Zakres pomiarowy detektora 0-100 ppm NO				

(tab.7 Progi alarmowe oraz pomiary detektorów tlenku azotu i reakcja wentylacji wg rozporządzenia o warunkach technicznych dla dróg publicznych z uzupełnieniem wg normy dla tuneli)

Ostatnim z gazów, który powinien zostać uwzględniony jest ditlenek węgla (CO_2). Poniżej przedstawiono przykładowe sterowanie dla tego gazu. Uwzględniono wartości średnie przewidywane przez regulacje NDS i NDSCh oraz wartość chwilową jako wartość bezpieczeństwa.

Poziom gazu (CO2)	Rodzaj pomiaru	Próg alarmowy centrali systemu detekcji	Powiadomienie BMS	Reakcja urządzeń wykonawczych
0,50%	średnia ważona AV - average value	PRÓG 1	✓	załączenie wentylacji na I biegu
1,00%	średnia ważona AV - average value	PRÓG 2	✓	załączenie wentylacji na II biegu
1,50%	średnia ważona AV - average value	PRÓG 3	✓	załączenie wentylacji na III biegu
2,50%	wartość bieżąca CV – current value	PRÓG 4	✓	powiadomienie obsługi obiektu w celu zamknięcia dostępu
Zakres pomiarowy detektora 0-5% obj. CO_2				

(tab.8 Progi alarmowe oraz pomiary detektorów ditlenku węgla i reakcja wentylacji)

(fot.3 Zdjęcie przedstawia cyfrową centralę MSR PolyGard2 wyświetlającą pomiary dla detektora tlenku węgla. Widoczny jest pomiar wartości bieżącej (C – pomiar po prawej) oraz wartości średniej (A – pomiar po lewej). Centrala może przesyłać równolegle oba pomiary do systemu nadzoru obiektu oraz uruchamiać wyjścia sterujące (stykowe) dowolnie od pomiaru bieżącego lub średniego (każde wyjście może być indywidualnie przypisane). Możliwe jest także uruchamianie wyjścia stykowego od wartości średniej z wielu detektorów. Jednocześnie zarówno oba pomiary jak i wszelkie informacje o stanie systemu (w tym wyjść sterujących są przesyłane do centrum monitorowania za pomocą wyjścia RS485 ModbusRTU. Tego typu rozwiązanie umożliwia spełnienie wszystkich wymogów dla systemu detekcji w tunelu drogowym.

Powyższe parametry zapewniają sterowanie wentylacją zgodnie z wymogami regulacji prawnych. Tak jak było wspomniane powyżej w przypadku prowadzenia prac dodatkowo pojawiają nam się wymogi z *Dz.U.02.217.1833 Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy*.

Rozszerzona opcja systemu detekcji

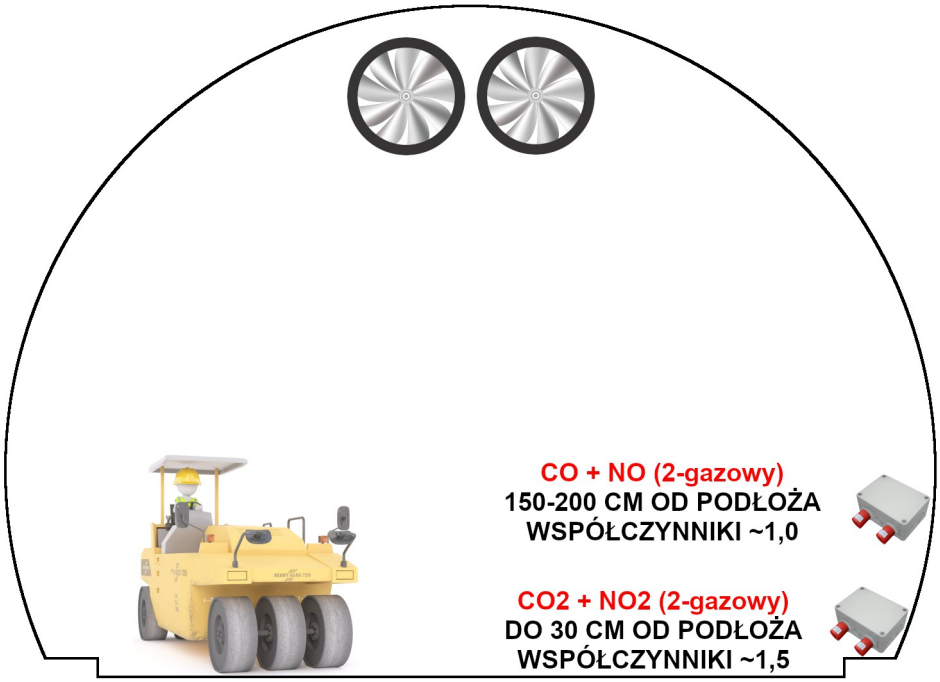
Oprócz progów alarmowych systemy detekcji mogą realizować pomiar i przesyłać go do centrum monitorowania tunelu. Co ważne, w przypadku pomiarów wartości w środowisku pracy system oprócz pomiaru chwilowego musi przesyłać pomiar średni, ponieważ wyznaczone przez przepisy wartości NDS i NDSCh to wartości średnie. Wykorzystywane jest do tego wyjście cyfrowe RS485 Modbus RTU, które umożliwia przesłanie danych z systemu detekcji do oprogramowania SCADA zarządzającego tunelem.

Obsługa może zdecydować o odpowiednim wentylowaniu miejsca, w którym wykonywane są prace (przy wartościach NDS, NDSCh zbliżonych do wartości przewidzianych w systemie wentylacja i tak prawdopodobnie zostanie załączona automatycznie). Taka forma monitorowania ma przewagę nad przenośnymi urządzeniami używanymi przez pracowników ponieważ umożliwia zdalny nadzór i monitorowanie strefy prac. Niestety takie rozwiązanie ma też wadę. W zależności od rodzaju prowadzonych prac (np. duże zapylenie czy prace malarskie) może być konieczna ochrona detektorów stacjonarnych poprzez ich wyłączenie z eksploatacji i zakrycie wlotów sensorów, co uniemożliwi detekcję. W takim wypadku przenośna detekcja i tak może okazać się wymagana.

Niezależnie od wybranej formy zabezpieczenia prowadzenia prac i tak zalecane jest okresowe prowadzenie pomiarów (np. miernikiem przenośnym przez inspektora) w różnych miejscach ze względu na możliwe lokalne przekroczenia (np. z powodu pracy jakiegoś pojazdu lub maszyny zasilanej silnikiem spalinowym). Ze względu na zagrożenie głównym gazem mierzonym jest najczęściej tlenek węgla wykrywany np. przez przenośny jednogazowy detektor tlenku węgla Single Gas Clip.

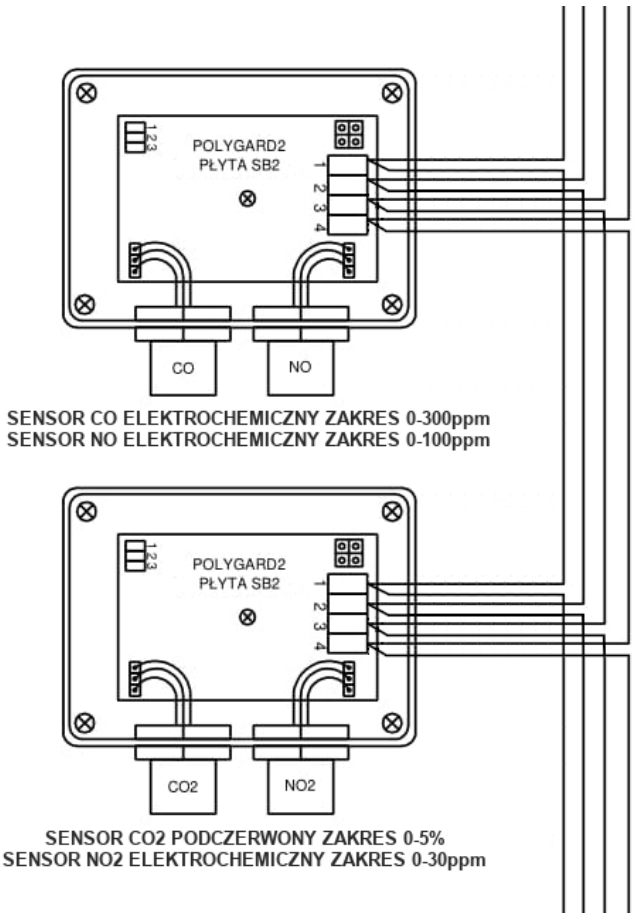
Wybór punktów pomiarowych.

Dla prawidłowej detekcji gazów najważniejszy jest wybór lokalizacji detektorów. Detektor nie ma wpływu na otaczającą go atmosferę, więc projektujący musi przewidzieć potencjalne miejsca gdzie będzie gromadził się dany gaz. Znaczenie ma zarówno rozmieszczenie poziome (odległości detektorów od potencjalnych źródeł gazu/emisji) jak i rozmieszczenie pionowe (szczególnie w kontekście gromadzenia się gazu). Należy mieć świadomość, że **nieprawidłowe rozmieszczenie detektorów skutkuje brakiem prawidłowej ochrony użytkowników i samego obiektu**. Dlatego rozmieszczanie urządzeń pomiarowych powinno być powierzone jedynie osobom posiadającym odpowiednie kwalifikacje i doświadczenie w tej dziedzinie.



(rys.1 Pionowe rozmieszczenie detektorów w tunelu w zależności od rodzaju gazu)

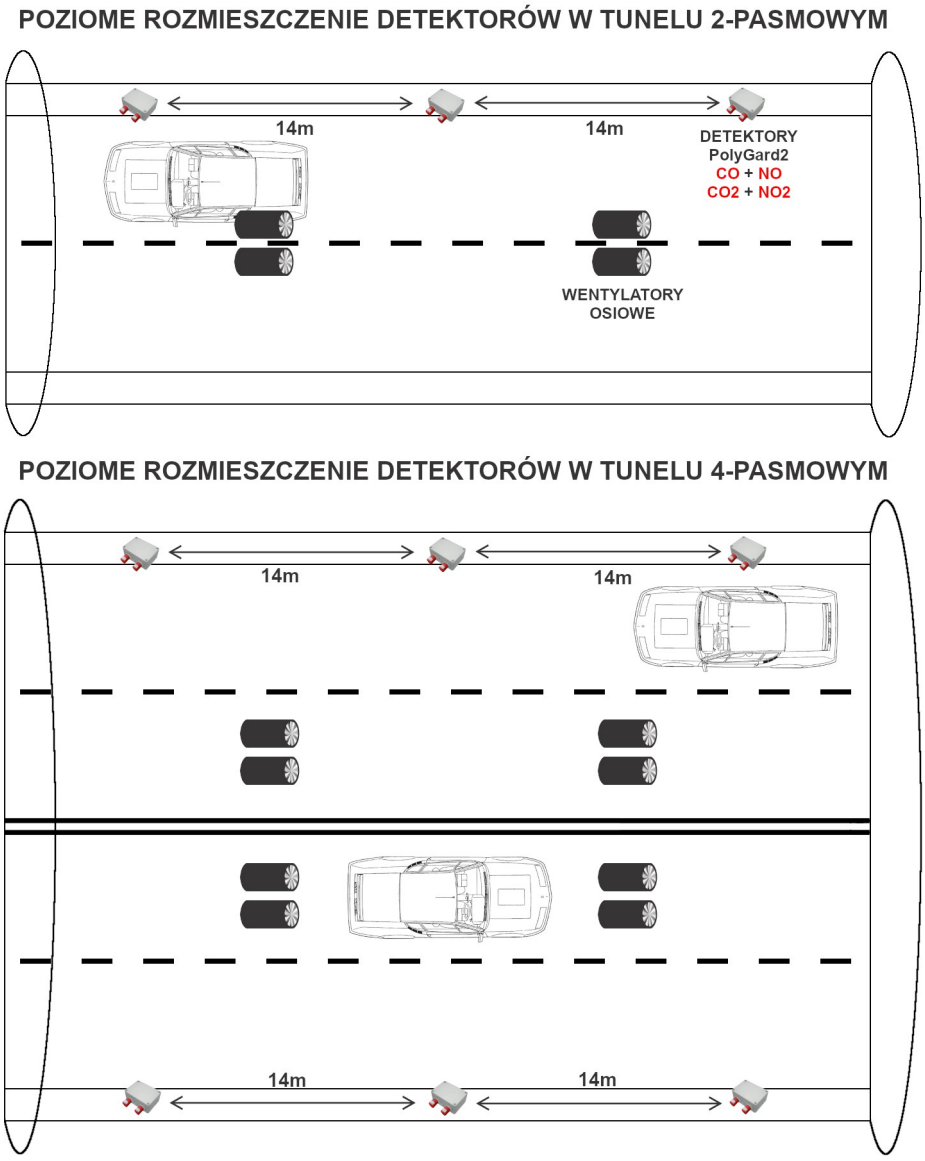
Rozmieszczenie detektorów w pionie jest nieodłącznie związane z celem ochrony (przykładowo w przypadku ochrony osób bierze się pod uwagę gdzie się poruszają), ciężarem gazu w stosunku do powietrza (przy gazach podaje się współczynniki ich ciężaru, które definiują czy gaz będzie się unosił, czy raczej zalegał przy podłożu), a nawet miejscem emisji czy temperaturą emitowanych gazów. W przypadku tuneli regulacje narzucają ochronę pod kątem toksycznych właściwości gazów, więc detektory muszą być skupione na ochronie użytkowników poruszających się pojazdami lub pieszo. Jednocześnie zagrożenie związane jest z emisją spalin czyli stopniowym przyrostem stężenia gazów (inaczej niż w przypadku rozszczelnienia się instalacji czy zbiornika). Oznacza to, że rozmieszczając detektory pionowo głównym czynnikiem decydującym o wysokości montażu detektorów będzie współczynnik ciężaru gromadzących się gazów w stosunku do powietrza. Tlenek węgla (CO) i tlenek azotu (NO) mają ciężar zbliżony do powietrza (różnica jedynie kilku procent) co oznacza, że będą się mieszały z powietrzem, a więc detektory należy umieszczać na wysokości 150-200cm gdyż na tej wysokości stężenie ma największy wpływ na użytkowników. W przypadku ditlenku węgla (CO_2) i ditlenku azotu (NO_2) są to gazy półtora raza cięższe od powietrza co oznacza, że będą się gromadziły przy podłożu.
Zbliżone współczynniki dwóch par gazów pozwalają akurat na ekonomiczne wykorzystanie detektorów 2 gazowych w konfiguracji CO + NO i CO_2 + NO_2.



(rys.2 Przykładowy schemat połączenia detektorów wielosensorowych CO+NO i CO2+NO2 systemu MSR PolyGard2)

Przy rozmieszczeniu poziomym bierze się pod uwagę czas dojścia gazu od najbardziej oddalonego miejsca emisji (pojawienia się) do miejsca lokalizacji detektora. Im ta odległość jest większa oraz im więcej przeszkód jest po drodze, tym później gaz dotrze do detektora, a to oznacza, że w miejscu emisji stężenie może osiągnąć niebezpiecznie wysokie stężenie. Przepisy nie regulują tej kwestii dla tuneli i nie ma „jedynej słusznej" wyznaczonej odległości. Literatura podaje różne odległości między 6-10m należy jednak wziąć pod uwagę możliwe przeszkody, wpływ ruchów powietrza itp. Warto tu też wspomnieć, że nie ma na to wpływu marka producenta systemu detekcji. Zachwalanie przez handlowców, że ich detektor „ma największy zasięg" jest w przypadku detektorów dyfuzyjnych wprowadzaniem w błąd, ponieważ detektor dyfuzyjny (czyli bez układów wymuszających przepływ powietrza) nie ma wpływu na otoczenie, ani na to kiedy gaz dotrze do urządzenia pomiarowego.
Oczywiście tunel jest specyficznym obiektem i jego kształt predestynuje do liniowego rozmieszczenia detektorów (np. wzdłuż jednej ściany). Trzeba jednak zwrócić uwagę na szerokość tunelu. W wąskich tunelach jedno- lub dwu-pasmowych szerokość tunelu nie będzie miała dużego wpływu na czas dojścia gazu do detektora zlokalizowanego na ścianie. Natomiast w przypadku dużego 4 pasmowego tunelu przemieszczanie się gazów może wyglądać zupełnie inaczej i okaże się, że konieczne są detektory zainstalowane na obu ścianach tunelu.
Jednocześnie na odległość między kolejnymi detektorami będzie miała wpływ szerokość tunelu tak, aby gaz mógł dojść do detektora za najbardziej odległego punktu w rozsądnym czasie.

Poniżej znajdują się przykładowe rysunki rozmieszczenia detektorów.
Biorąc pod uwagę typową szerokość pasa drogowego oraz poboczy przyjęto 14m odległości między kolejnymi detektorami.
W przypadku szerokiego tunelu wymagającego rozmieszczania detektorów po obu stronach systemy cyfrowe oferują możliwość budowy 2 linii pomiarowych co niweluje konieczność „przechodzenia" okablowaniem na drugą stronę tunelu.



(rys.3 Przykładowe poziome rozmieszczenie detektorów gazów w zależności od wielkości tunelu drogowego. Rysunek poglądowy, nie zachowuje skali.)

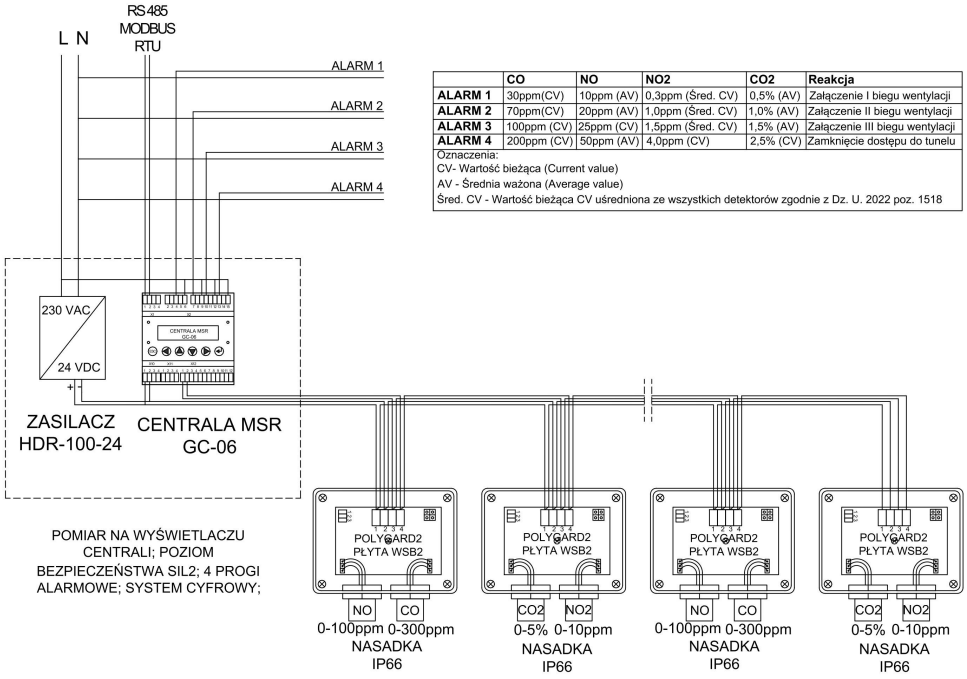
Sygnalizacja.

W tunelu używana jest odpowiednia sygnalizacja dla kierowców i użytkowników, a tym samym system detekcji nie wprowadza dodatkowej "dedykowanej" sygnalizacji optycznej lub akustycznej. Wszelkie sygnały kierowane są do centrum monitorowania (chyba, że projekt stanowi inaczej).

Przykładowe schematy systemów detekcji.

Schematy w formatach .dwg (CAD) dostępne do pobrania na www.detektory.pl

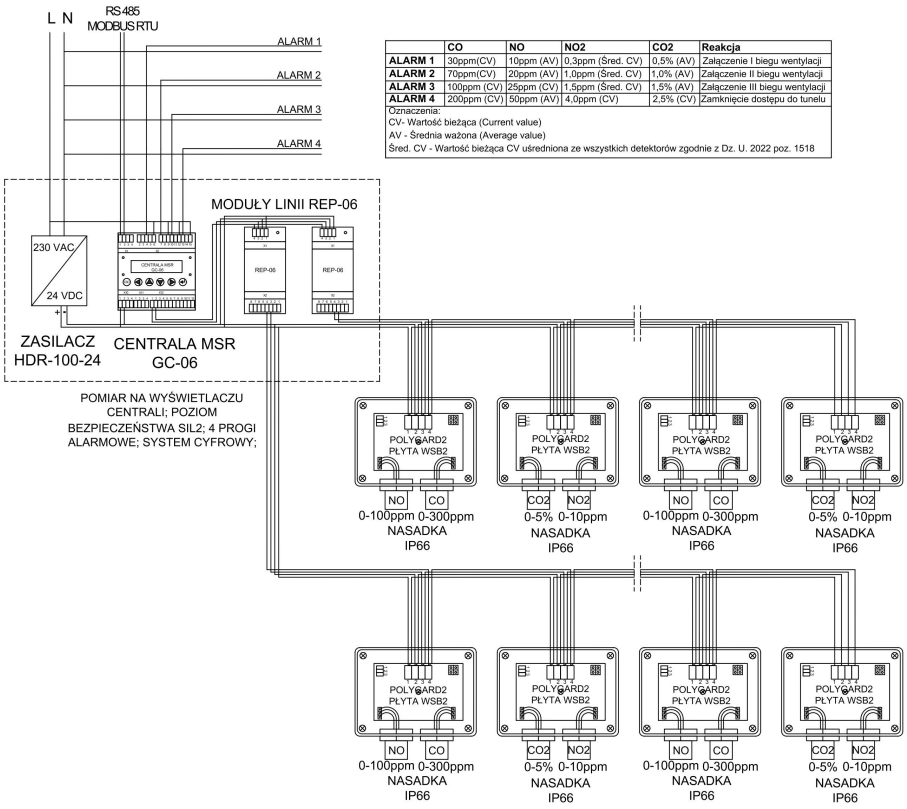
SCHEMAT PODŁĄCZENIA SYSTEMU DETEKCJI GAZU W TUNELU DROGOWYM



	CO	NO	NO2	CO2	Reakcja
ALARM 1	30ppm(CV)	10ppm (AV)	0,3ppm (Śred. CV)	0,5% (AV)	Załączenie I biegu wentylacji
ALARM 2	70ppm(CV)	20ppm (AV)	1,0ppm (Śred. CV)	1,0% (AV)	Załączenie II biegu wentylacji
ALARM 3	100ppm (CV)	25ppm (CV)	1,5ppm (Śred. CV)	1,5% (AV)	Załączenie III biegu wentylacji
ALARM 4	200ppm (CV)	50ppm (AV)	4,0ppm (CV)	2,5% (CV)	Zamknięcie dostępu do tunelu

Oznaczenia:
CV- Wartość bieżąca (Current value)
AV - Średnia ważona (Average value)
Śred. CV - Wartość bieżąca CV uśredniona ze wszystkich detektorów zgodnie z Dz. U. 2022 poz. 1518

SCHEMAT PODŁĄCZENIA SYSTEMU DETEKCJI GAZU W TUNELU DROGOWYM



	CO	NO	NO2	CO2	Reakcja
ALARM 1	30ppm(CV)	10ppm (AV)	0,3ppm (Śred. CV)	0,5% (AV)	Załączenie I biegu wentylacji
ALARM 2	70ppm(CV)	20ppm (AV)	1,0ppm (Śred. CV)	1,0% (AV)	Załączenie II biegu wentylacji
ALARM 3	100ppm (CV)	25ppm (CV)	1,5ppm (Śred. CV)	1,5% (AV)	Załączenie III biegu wentylacji
ALARM 4	200ppm (CV)	50ppm (AV)	4,0ppm (CV)	2,5% (CV)	Zamknięcie dostępu do tunelu

Oznaczenia:
CV- Wartość bieżąca (Current value)
AV - Średnia ważona (Average value)
Śred. CV - Wartość bieżąca CV uśredniona ze wszystkich detektorów zgodnie z Dz. U. 2022 poz. 1518

Instalacja systemów detekcji gazów.

Dysponując projektem wykonanym przez uprawnionego projektanta łatwo skontrolować czynności instalacyjne wykonawcy. Wykonawca powinien mieć na uwadze, że jest to system bezpieczeństwa, którego celem jest ochrona użytkowników obiektu, a tym samym czynności montażowe należy wykonać ze szczególną dokładnością. Należy zwrócić uwagę na prawidłowy montaż wszystkich elementów odpowiadających za ochronę urządzeń przed czynnikami zewnętrznymi takich jak obudowy, dławnice, nasadki IP66. Montaż tego typu urządzeń nie wymaga specjalnych uprawnień poza przewidzianymi przez ustawę *Prawo Energetyczne* uprawnieniami energetycznymi (elektrycznymi) grupy 1.

Pierwsze uruchomienie systemu detekcji.

To ważny moment, który pozwala na wykrycie ewentualnych usterek. W systemach pomiarowych z cyfrową komunikacją zadanie jest dodatkowo ułatwione, ponieważ wyświetlają one parametry i aktualne pomiary co pozwala się upewnić, że system odczytuje dane ze wszystkich detektorów. Oczywiście istotne jest sprawdzenie konfiguracji czy każdy detektor prawidłowo uruchamia wymagane wyjścia sterujące dla wentylacji lub zamykania tunelu.

Przeglądy i konserwacja.

Systemy detekcji gazów muszą przechodzić regularne przeglądy techniczne oraz kalibracje. Producenci określają odpowiednie procedury dla określonych typów urządzeń. W tunelach szczególną uwagę należy zwrócić na zanieczyszczenia mogące zalepiać wloty sensorów co uniemożliwia pomiar. Sensor w takim przypadku mierzy tylko atmosferę znajdującą się w jego komorze pomiarowej i przestaje mierzyć gaz znajdujący się w otoczeniu. Taka usterka nie jest widoczna bez podania gazu wzorcowego co oznacza, że prawidłowe przeglądy techniczne są bardzo istotne.

Drugą istotną czynnością są kalibracje. Pozwalają one na prawidłowe ustawienie odpowiedzi detektora w stosunku do wzorca gazowego. Tunele są specyficznymi obiektami, których zamknięcie jest problematyczne więc **warto wybrać system, który posiada wymienne moduły sensoryczne oraz umożliwia kalibrację bezpośrednio na obiekcie**. Takie rozwiązanie zapewnia szybki serwis bez wyłączania systemu z eksploatacji oraz relatywnie niskie koszty utrzymania.

Produkty dla tuneli drogowych.

Stacjonarny system detekcji gazów MSR-Electronic PolyGard2 wraz z czujnikami PolyGard2 (jedno- lub dwugazowymi w opcji IP65 lub z nasadkami IP66).

Moduły rozszerzeń EP-06 zapewniające dodatkowe wyjścia sterujące (max 32 wyjścia stykowe, 16 analogowych 4-20mA).

Przykładowa lista urządzeń.

Centrala cyfrowa GC-06 (2 pomiary równoległe: chwilowy i średni, wyjście RS485 Modbus RTU, 4 styki alarmowe, 1 styk awarii)
Detektor 2-gazowy PolyGard2 CO (0-300ppm) + NO (0-100ppm)
(4 progi alarmowe, IP65) + nasadka IP66
Detektor 2-gazowy PolyGard2 CO2 (0-5%v/v) + NO2 (0-10ppm)
(4 progi alarmowe, IP65) + nasadka IP66

Informacje podane w artykule mają charakter poglądowy. P.T.SIGNAL oraz autor nie biorą odpowiedzialności za ich wykorzystywanie w jakikolwiek sposób w jakimkolwiek celu.

© Copyright Michał Domin P.T.SIGNAL 2023 Niniejszy artykuł objęty jest prawem autorskim. Kopiowanie, udostępnianie lub wykorzystywanie całości lub fragmentów bez zgody autora jest zabronione. Znaki towarowe, nazwy i loga użyte w artykule są własnością odpowiednich podmiotów i mogą być objęte stosowną ochroną prawną.
Ilustracje i zdjęcia: Michał Domin, Damian Rusiecki, Pixabay

Zawarte w publikacji materiały (w tym schematy) mogą być wykorzystywane do wykonywania komercyjnych projektów systemów detekcji gazów.

Aktualizacja: 08.2023
- *zmiana daty obowiązywania NDS i NDSCh dla tlenku azotu (NO).*
- *zmiana wartości współczynnika temperatury dla współczynnika ciężaru gazów*