



# Komunikacja głosowa w aplikacjach tunelowych

Ujednolicona komunikacja poprzez  
system rozgłoszeniowy / dźwiękowy system  
ostrzegawczy i rozwiązanie interkomowe



Stay connected. Stay Safe

# Wstęp

Tunele to budowle geotechniczne umożliwiające przeprowadzenie dróg i połączeń kolejowych przez przeszkody jak np. obszary silnie zurbanizowane, rzeki, baseny wodne, góry itp.



Z tego względu wewnątrz tuneli, wliczając wydzielone miejsca bezpieczeństwa oraz trasy ewakuacyjne, wyposażane są w nowoczesne systemy komunikacji głosowej takie jak: Dźwiękowe Systemy Rozgłoszeniowe i systemy komunikacji głosowej Interkom. Wymagające środowisko tunelu stawia szczególne wyzwania przed systemami komunikacji. Choć służą one codziennej wymianie informacji między operatorem a użytkownikami,

ich kluczową rolą jest zapewnienie niezawodnych procedur bezpieczeństwa i komunikacji krytycznej w sytuacjach awaryjnych. Charakterystyka akustyczna tuneli – zwłaszcza znaczne wydłużenie czasu pogłosu i wysokie natężenie hałasu tła generowanego przez ruch drogowy utrudnia osiągnięcie wymaganej zrozumiałości mowy. Aby sprostać tym wyzwaniom i zagwarantować zrozumiałość zarówno

komunikatów operacyjnych, jak i priorytetowych sygnałów ostrzegawczych czy instrukcji ewakuacyjnych, niezbędne jest zastosowanie zaawansowanych systemów komunikacji. Takie dedykowane systemy muszą być tak zaprojektowane i wdrożone, by skutecznie funkcjonować w trudnych warunkach środowiskowych i akustycznych, spełniając jednocześnie normy bezpieczeństwa.

# Wyzwania systemów komunikacji w tunelach

Tunele stanowią wyjątkowe i wymagające wyzwania dla systemów komunikacji, wpływając zarówno na funkcjonalności systemów powiadamiania publicznego, jak i interkomów. Sprostanie tym wyzwaniom wymaga specjalistycznych rozwiązań, zaprojektowanych do pokonania konkretnych przeszkód technicznych.

## WYZWANIE

### WPŁYW NA SYSTEM ROZGŁOSZENIOWY

### WPŁYW NA SYSTEM INTERKOMOWY



#### WYSOKI POZIOM HAŁASU

Konieczność odtwarzania sygnału mowy na ekstremalnie wysokich poziomach – oczekuje się, że nadawane komunikaty przekroczą poziom 100 dB SPL(A).

Konieczność zwiększenia zrozumiałości mowy podczas rozmowy – z wykorzystaniem algorytmów DSP, takich jak redukcja szumów i automatyczna kontrola poziomu mikrofonu.



#### SŁABA AKUSTYKA

Konieczność maksymalizacji stosunku energii dźwięku bezpośredniego do odbitego – głośniki dużego formatu i o wysokiej kierunkowości pozwalają na stworzenie dobrej proporcji dźwięku bezpośredniego wzdłuż osi tunelu.

Konieczność zwiększenia zrozumiałości mowy podczas rozmowy – z wykorzystaniem algorytmów DSP, takich jak Kompensacja Echa (Echo Cancellation), oraz poprzez wdrożenie interkomów wyposażonych w słuchawki, aby zapewnić odbiór mowy na wystarczającym poziomie.



#### TRUDNE WARUNKI ZEWNĘTRZNE

Konieczność zabezpieczenia głośników przed korozją (spowodowaną przez wilgoć, spaliny samochodowe i środki czyszczące) – głośniki przeznaczone do instalacji wewnątrz tunelu powinny być wykonane z materiałów odpornych na korozję, takich jak stal nierdzewna lub włókno szklane.

Konieczność zabezpieczenia interkomów przed korozją i aktami wandalizmu – obudowy interkomów powinny zapewniać wysoki poziom odporności IP/IK. Interkomy są umieszczane w specjalnych skrzynkach ściennych (otwarcie skrzynki powinno sprawić, że interkom powiadomi systemy CCTV i SCADA).



#### OGRANICZENIA INSTALACYJNE

W obliczu ograniczonej przestrzeni technicznej i braku dedykowanych pomieszczeń, zasilanie systemu głośnikowego w tunelach wymaga elastycznych rozwiązań. System amplifikacji umożliwia zastosowanie modułów do montażu w rack oraz wzmacniaczy IP, które można rozmieszczać we wnękach wzdłuż tunelu (np. w pomieszczeniach bezpieczeństwa).

Potrzeba dystrybucji wielu urządzeń na dużą odległość - interkomy powinny wykorzystywać redundantny tunel sieci TCP/IP, z tego powodu powinny obsługiwać podwójne porty sieciowe. Komunikacja powinna być oparta na protokole IP z podstawowym monitorowaniem urządzenia dostępnym za pośrednictwem SNMP, bezpośrednio z punktu końcowego.

# Zarządzanie systemami w tunelu i integracje

Długa rozciągłość tuneli (często na wiele kilometrów) sprawia, że systemy komunikacji i bezpieczeństwa opierają się na architekturze rozproszonej. Centralnym elementem scalającym jest Centrum Zarządzania Tunelem (CZT), gdzie znajduje się stanowisko Operatorów.

Operator systemów bezpieczeństwa dysponuje dedykowanym oprogramowaniem i narzędziami dla poszczególnych podsystemów, ale jego kluczowym narzędziem jest wspólny interfejs SCADA. Interfejs

SCADA odpowiada za kompleksowe zarządzanie wszystkimi instalacjami oraz obsługę zintegrowanych scenariuszy działań. Systemy komunikacji głosowej są zazwyczaj bezpośrednio integrowane w następujący sposób:

Dźwiękowe Systemy Powiadamiania Publicznego z systemem komunikacji radiowej oraz Systemy Interkom z systemem CCTV oraz systemem IP PBX tunelu.

## Integracje systemów komunikacji głosowej w tunelu

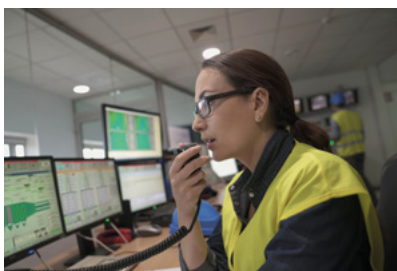
Skuteczna integracja systemów komunikacji głosowej z kluczowymi podsystemami bezpieczeństwa w tunelu jest fundamentem efektywnego zarządzania kryzysowego.

### KONTROLA I RAPORTOWANIE



Systemy wizualizacji  
i zarządzania SCADA

### KOMUNIKACJA I ROZGŁASZANIE



System komunikacji  
radiowej RF



Centrala telefoniczna  
IP PBX

### WERYFIKACJA



System telewizji prze-  
mysłowej z analityką  
zdarzeń CCTV

Dzięki cyfrowemu połączeniu z systemami takimi jak SCADA, systemy radiowe oraz CCTV, operatorzy w Centrum Zarządzania Tunelem zyskują pełną kontrolę

i możliwość szybkiego reagowania na wszelkie zdarzenia. Umożliwia to automatyczne uruchamianie scenariuszy alarmowych i kierowanie akcjami ratunkowymi, zapewniając

maksymalne bezpieczeństwo użytkownikom tunelu. Jest to kluczowe dla sprawnego przepływu informacji i skoordynowanego działania wszystkich służb w sytuacjach awaryjnych.



# Komunikacja głosowa dla punktów ewakuacji

W tunelach często wyznaczane są miejsca, w których użytkownicy mogą znaleźć schronienie w sytuacji awaryjnej, otrzymać pomoc medyczną lub zostać poddani triażowi.

Obszary te przyjmują najczęściej formę schronów, zatok lub pomieszczeń technicznych. Dla obsługi takich obszarów Ambient System

proponuje rozwiązanie oparte na wzmacniaczach IP typu miniVES. W razie potrzeby rozwiązanie umożliwia dodanie funkcji śledzenia

poziomu hałasu, zapewnianą przez czujniki hałasu ABT-NSM(B) połączone z przedwzmacniaczami typu ABT-NSC6.



## MINIVES 4002

miniVES 4002 to kompaktowy system rozgłoszeniowy, zaprojektowany z myślą o efektywnym nagłośnieniu punktów ewakuacyjnych oraz innych wydzielonych stref bezpieczeństwa w tunelach. Jego modułowa konstrukcja i technologia IP umożliwiają elastyczne rozmieszczenie w strategicznych miejscach.

## ABT-TNL100-1

Ten głośnik jest mniejszym wariantem głośnika Ambient System ABT-TNL100, przeznaczonym do montażu na ścianie. Obudowa głośnika wykonana jest ze stali nierdzewnej i posiada stopień ochrony IP66. Przy mocy znamionowej 100 W głośnik może zapewnić poziom wyjściowy 128 dB SPL.



Kierunkowy głośnik tubowy

Obudowa o stopniu ochrony IP66

Obudowa ze stali nierdzewnej

Transformator marszowy 100 V

Moc znamionowa: 100 W

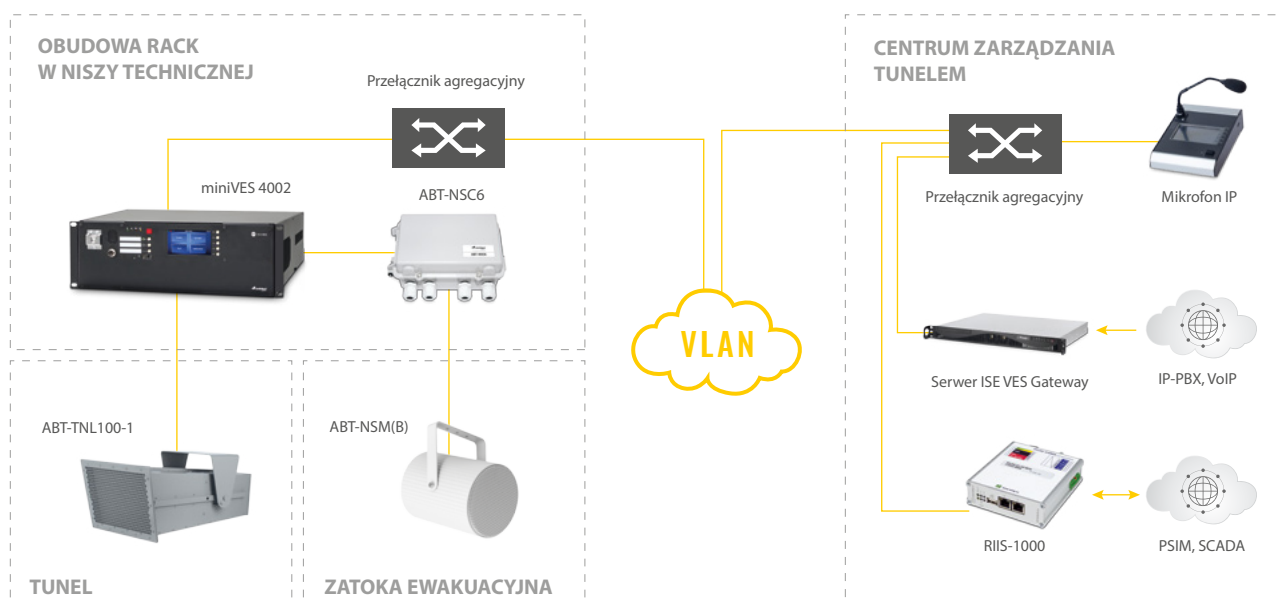
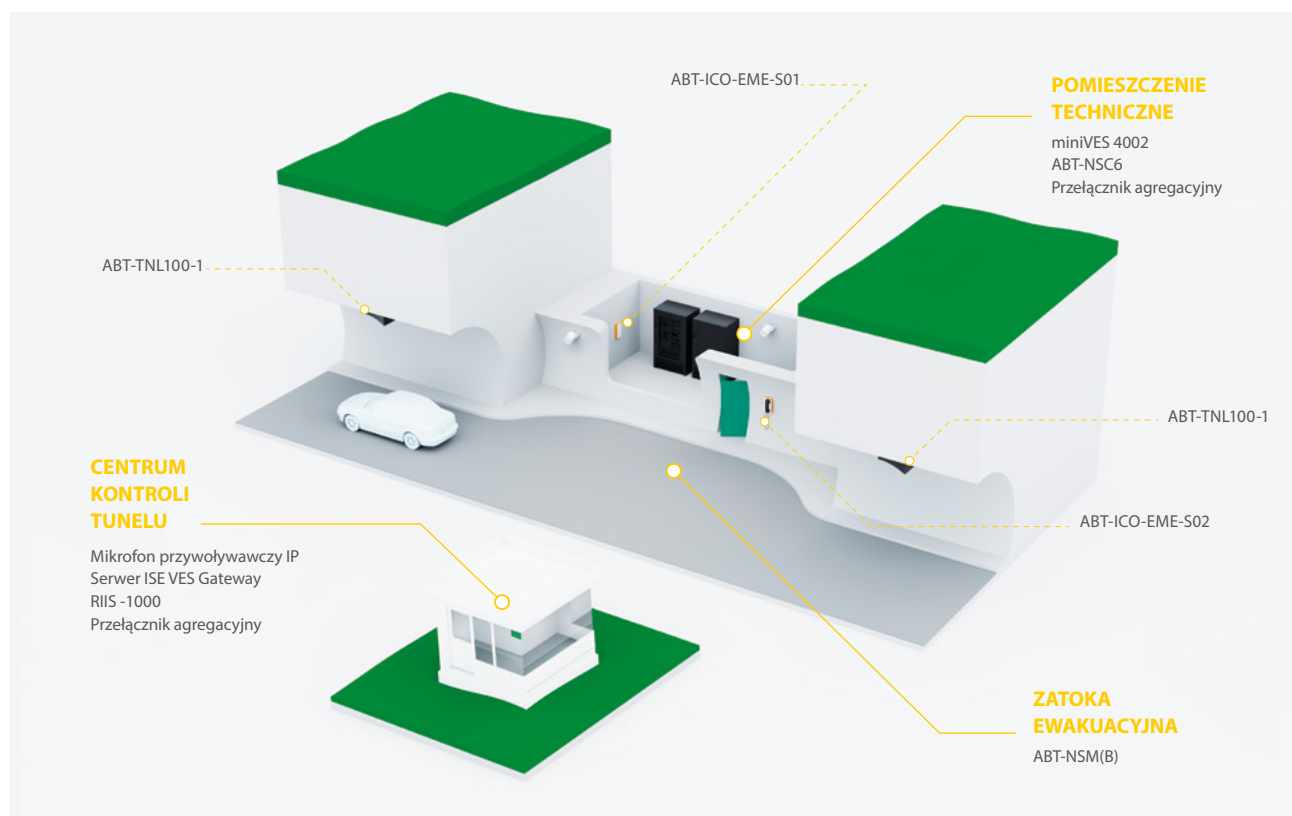
Czułość - 108 dB SPL (1W/1m)

Maksymalny poziom wyjściowy - 128 dB SPL

Pasma przenoszenia: 250 Hz- 8kHz

## Przykład nagłośnienia zatoki ewakuacyjnej

Schemat przedstawia typową konfigurację systemu nagłośnieniowego dla zatoki ewakuacyjnej w tunelu. Rozwiązanie to, oparte na systemie miniVES oraz głośnikach tunelowych ABT-TNL100-1, wraz z czujnikami hałasu, zapewnia optymalną zrozumiałość mowy nawet w trudnych warunkach akustycznych.



System obejmuje zatokę ewakuacyjną i jej okolice

# Systemy Rozgłoszeniowe dla całego tunelu

Wyposażanie tuneli drogowych w systemy nagłośnieniowe stało się standardem w Polsce. Wymagane jest aby urządzenia wchodzące w skład systemu były certyfikowane na zgodność z normą EN 54. Zapewniają one wiele funkcjonalności, takich jak:

- ✓ Możliwość monitorowania elementów wewnętrznych, w tym kontrolerów, wzmacniaczy, procesorów DSP i stacji przywoławczych
- ✓ Możliwość monitorowania podłączonych linii głośnikowych pod kątem przerwy, zwarcia i zwarcia doziemnego
- ✓ Redundancja połączeń i krytycznych interfejsów
- ✓ Wzmacniacze rezerwowe z automatycznym przełączaniem
- ✓ Możliwość integracji z innymi systemami bezpieczeństwa i ochrony w niezawodny i cyfrowy sposób

## Rozwiązanie Ambient System dla nagłośnienia tuneli

Dla takich zastosowań Ambient System proponuje rozwiązanie:



### SMARTVES

System rozgłoszeniowy w technologii TCP/IP, certyfikowany na zgodność z normą EN54, architektura rozproszona, zaawansowane możliwości przetwarzania DSP.



### GŁOŚNIK TUNELOWY ABT-TNL100

Głośnik ze stali nierdzewnej, certyfikowany na zgodność z normą EN54, moc znamionowa: 100W, czułość: 111 dB SPL (@1W/1m), asymetryczny kąt promieniowania i wysoka kierunkowość.

## Schemat zintegrowanego systemu nagłośnieniowego w tunelu

Przedstawiony schemat ilustruje kompleksową architekturę systemu rozgłoszeniowego w tunelu, obejmującą wnętrze tunelu, galerie i schody ewakuacyjne oraz centralne centrum kontroli.



Schemat systemu rozgłoszeniowego w tunelu (z wykorzystaniem głośników tunelowych i opóźnień czasowych) - dodać opis

System wykorzystuje technologię IP (smartVES, konsola operatorska IP), zapewniając elastyczność i skalowalność. Integracja z siecią VLAN umożliwia niezawodną dystrybucję

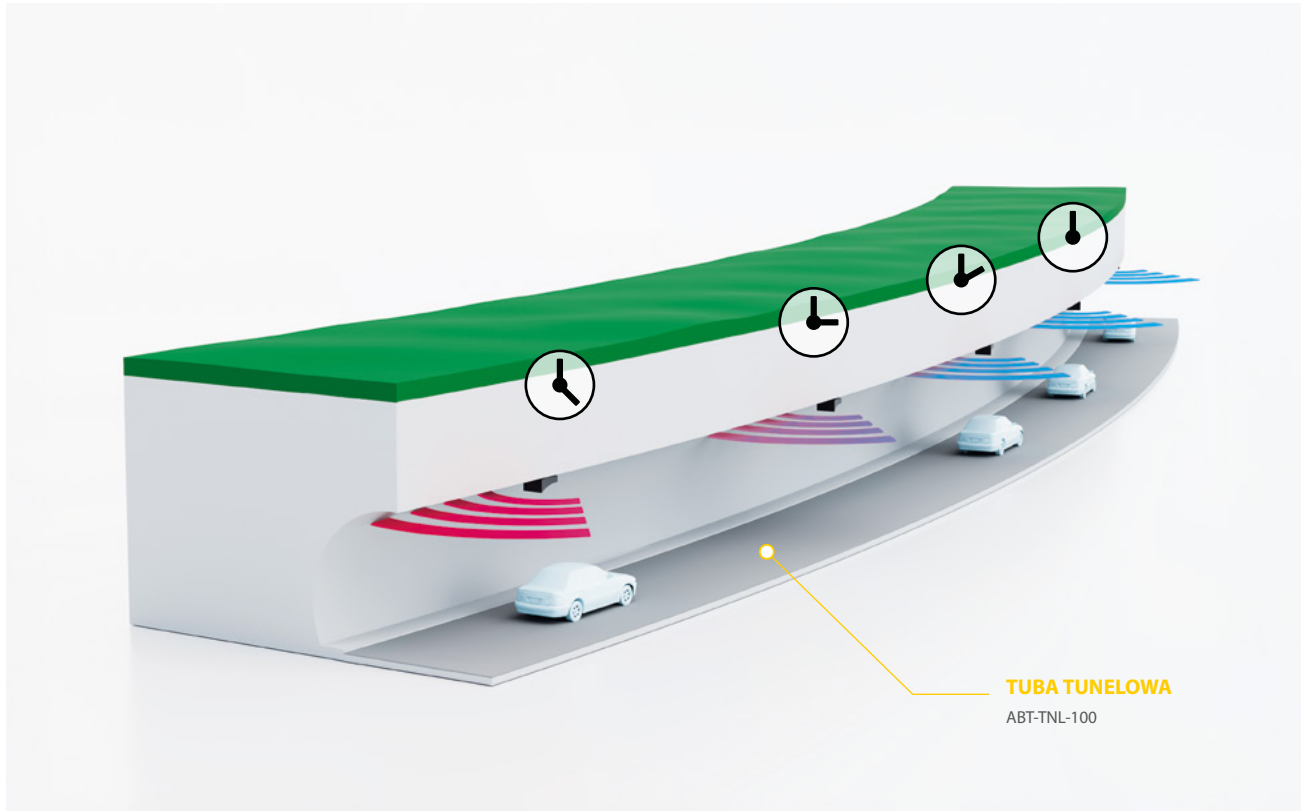
sygnału. Kluczowym elementem jest strategiczne rozmieszczenie głośników tunelowych i projektorów dźwięku, co w połączeniu z odpowiednio dobranymi opóźnieniami

czasowymi, gwarantuje wysoką zrozumiałość mowy w całym obiekcie, nawet w dynamicznych warunkach tunelowych.



## Komunikacja głosowa w aplikacjach tunelowych

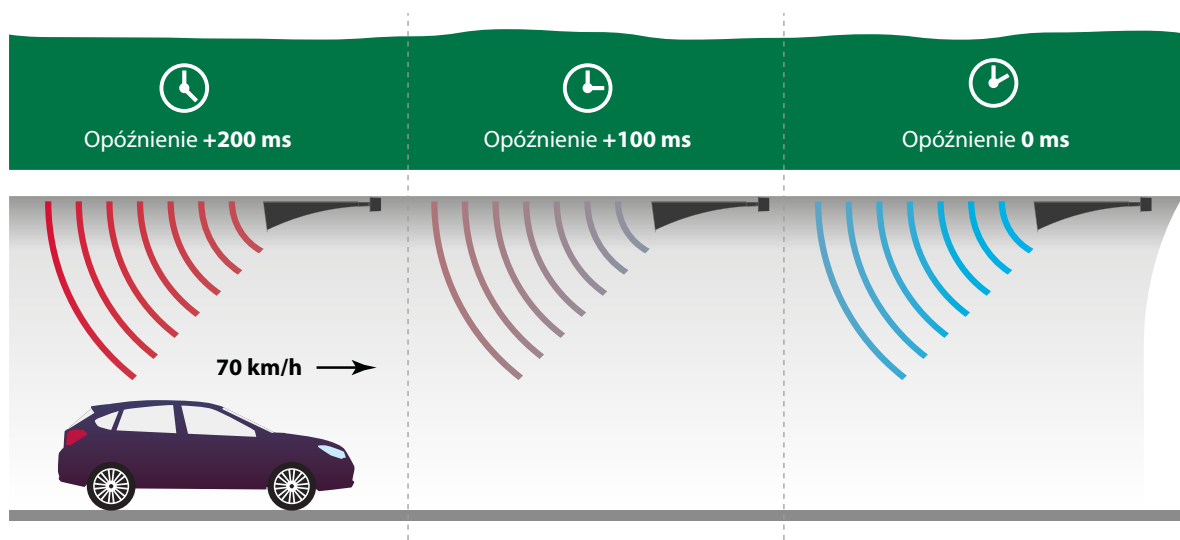
Optymalizacja zrozumiałości mowy w tunelach wymaga precyzyjnego zarządzania propagacją dźwięku.



Zastosowanie opóźnień czasowych sygnału, jak przedstawiono na rysunku, pozwala na zminimalizowanie efektu echa i zwiększenie klarowności komunikatów, zwłaszcza

w obliczu poruszających się pojazdów. Dzięki tej zaawansowanej technice, każdy użytkownik tunelu otrzymuje komunikat w optymalnym momencie i z odpowiednią jakością,

co ma fundamentalne znaczenie dla bezpieczeństwa i efektywności komunikacji w sytuacjach operacyjnych i awaryjnych.



## Głośnik tunelowy ABT-TNL100

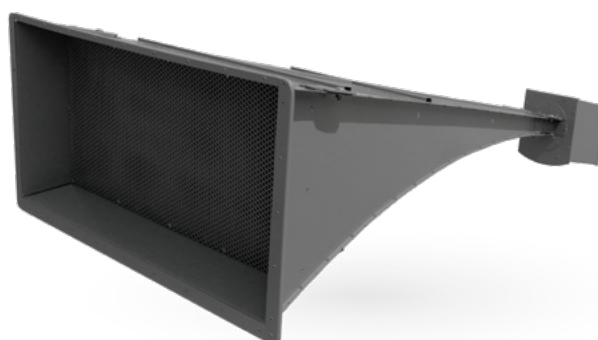
ABT-TNL100 to głośnik dużego formatu, o wysokiej kierunkowości, przeznaczony do zastosowań w tunelach.

Głośnik tunelowy o wysokiej kierunkowości zapewnia wysoki poziom energii dźwięku w osi tunelu. Energia dźwięku bezpośredniego w obszarze

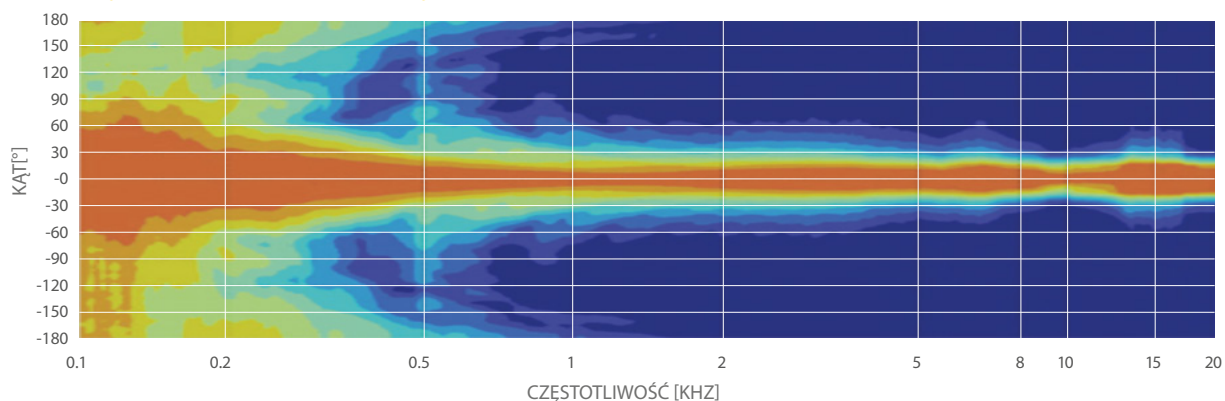
nagłosnienia wielokrotnie przewyższa energię dźwięku, która pada na ściany i prowadzi do powstawania odbić. Tym samym, użytkownik tunelu

będzie otrzymywał korzystny stosunek dźwięku bezpośredniego do odbitego, co bezpośrednio przekłada się na zrozumiałość mowy.

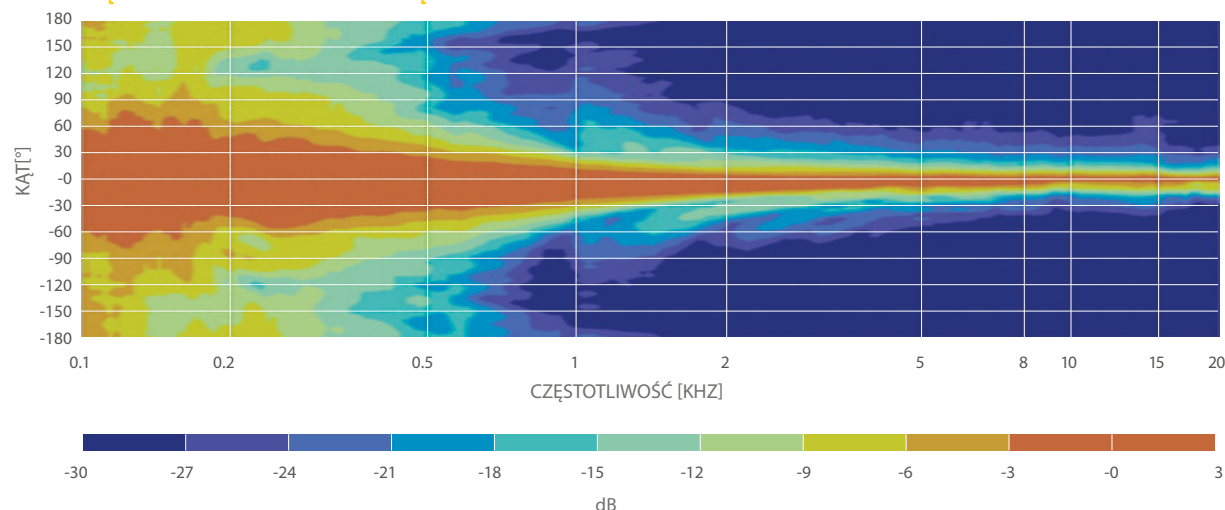
- ✓ Efektywność 111 dB SPL (@1W/1m)
- ✓ Moc znamionowa 100W co pozwala mu na wytworzenie bardzo wysokiego ciśnienia akustycznego wynoszącego 131 dB SPL
- ✓ Wysoki stosunek przód-tył (35 dB) i wąski kąt promieniowania ( $24/42^\circ \times 32/19^\circ$ ) sprawiają, że urządzenie idealnie nadaje się do kierunkowego pokrycia osi tunelu przy minimalnym oddziaływaniu na jego ściany.



### KĄT PROMIENIOWANIA DŹWIĘKU W PŁASZCZYŹNIE POZIOMEJ



### KĄT PROMIENIOWANIA DŹWIĘKU W PŁASZCZYŹNIE PIONOWEJ





## System interkomowy w tunelu

Systemy interkomowe (komunikacji dwukierunkowej) stanowią istotny element wyposażenia tunelu, umożliwiając niezawodną łączność pomiędzy użytkownikami a stanowiskami operatorskimi w budynkach technicznych oraz w Centrum Zarządzania Tunelem.

Interkomy są zazwyczaj zlokalizowane w regularnych odstępach wzdłuż tunelu oraz w punktach bezpieczeństwa, takich jak schrony, klatki ewakuacyjne itp. Znajdują się także na wspomnianych wcześniej stanowiskach operatorskich. Ambient System proponuje cyfrowy system interkomów IP oparty o serwer typu ISE COMM oraz interkomy serii ICO EMERGENCY. Komponenty systemu wykorzystują jako medium komunikacyjne dedykowaną sieć lub, alternatywnie, sieć VLAN wydzieloną w redundantnej strukturze sieci TCP/IP tunelu. Istotną cechą systemu to możliwość prowadzenia dwukierunkowych połączeń głosowych w technologii Full Duplex, z możliwością połączenia typu konferencja dla wielu

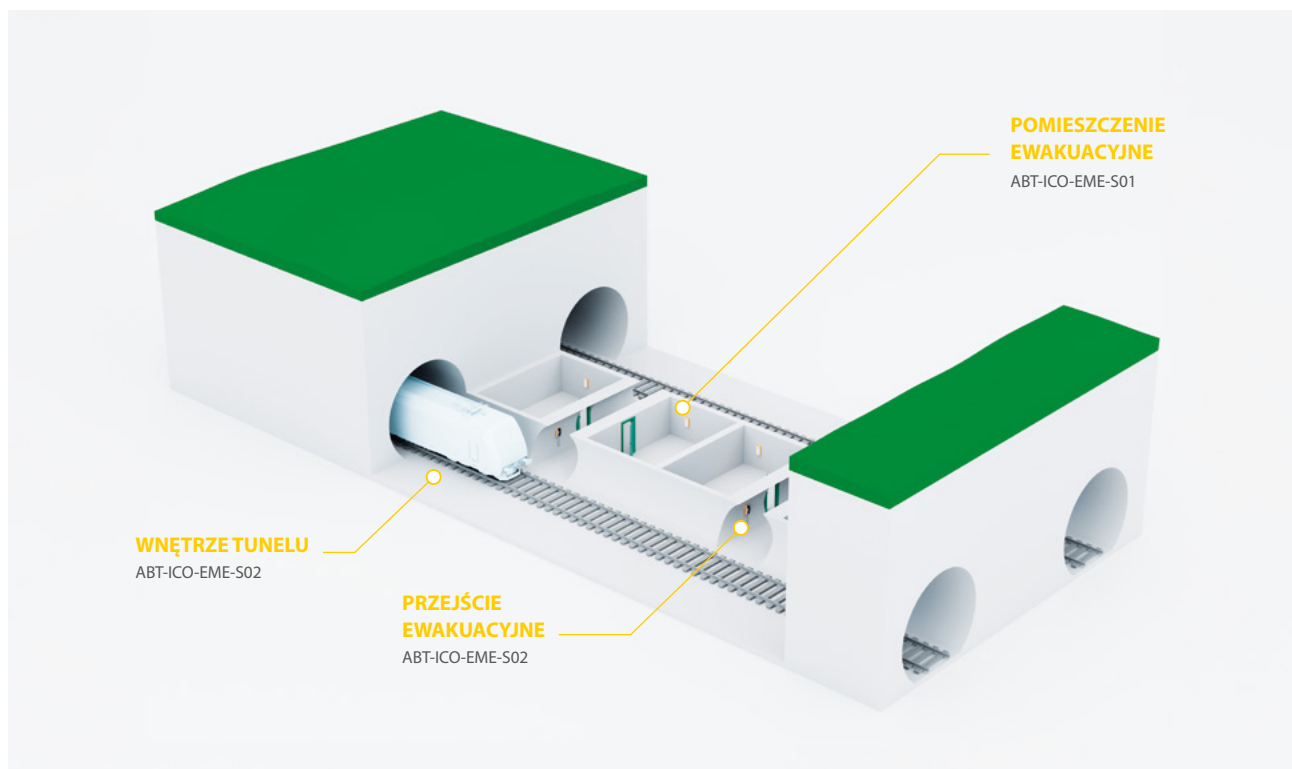
interkomów jednocześnie. Możliwość wygłaszania komunikatów głosowych (wykorzystanie interkomów jako głośników) - system w architekturze serwerowej, z możliwością konfiguracji serwera redundantnego. Nadzór nad połączonymi urządzeniami: monitorowanie sprawności połączonych interkomów oraz logowanie wydarzeń zachodzących w systemie. Możliwość rejestracji dźwięku z połączeń głosowych pomiędzy dowolnymi interkomami a stanowiskami operatorów; nagrania archiwizowane będą po stronie serwerów celem umożliwienia późniejszej analizy. Raportowanie do systemów zewnętrznych - możliwość integracji z serwerami SCADA w celu wizualizacji stanu interkomów

alarmowych (rozdzielając co najmniej: stan aktywny, stan spoczynku oraz stan usterki). Integracja zrealizowana będzie za pomocą protokołu SNMPv3. Możliwa zarówno z poziomu serwera, a także z poziomu końcówki - przekierowanie automatyczne: w przypadku większej liczby jednoczesnych zgłoszeń lub gdy wskazany operator nie odbierze zgłoszenia w zaprogramowanym czasie, system zapewni automatyczne przekierowania połączenia na innego odbiorcę - zaawansowane algorytmy cyfrowej obróbki dźwięku, które maksymalizują zrozumiałość komunikacji w trudnych warunkach akustycznych w tunelu.



## Wizualizacja rozmieszczenia interkomów w tunelu kolejowym

Wizualizacja prezentuje strategiczne rozmieszczenie interkomów ICO EMERGENCY w tunelu kolejowym, obejmując zarówno wnętrze tunelu, jak i przejścia oraz pomieszczenia ewakuacyjne.



### ABT-ICO-EME-S01

Model ABT-ICO-EME-S01 to interkom do montażu ściennego, wyposażony w pojedynczy programowalny przycisk. Jego naciśnięcie inicjuje połączenie z Operatorem systemu. Obudowa cechuje się wandaloodporną konstrukcją, oferując odporność na poziomie IP54/IK08. Komunikacja głosowa realizowana jest za pomocą głośnika o mocy znamionowej 5W oraz mikrofonu MEMS.



### ABT-ICO-EME-S02

Model ABT-ICO-EME-S02 to interkom dedykowany do środowisk o bardzo wysokim poziomie tła akustycznego, takich jak te charakteryzujące się hałasem wentylacyjnym czy drogowym. Aby zmaksymalizować zrozumiałość mowy podczas konwersacji, urządzenie wyposażono w słuchawkę. Jej podniesienie automatycznie inicjuje połączenie z operatorem. Obudowa modelu ABT-ICO-EME-S01 posiada wandaloodporną konstrukcję i oferuje odporność na poziomie IP65/IK09.



#### AUTOMATYCZNA REGULACJA GŁOŚNOŚCI

System dynamicznie dostosowuje poziom głośności interkomów w pasmach częstotliwości do zmieniającego się hałasu otoczenia, zapewniając klarowną zrozumiałość mowy w tunelu.



#### ALGORYTM ELIMINACJI ECHA

Algorytm DSP skutecznie redukuje echo, znacząco zwiększając zrozumiałość mowy w przestrzeniach tunelowych o wydłużonym czasie pogłosu.



#### FUNKCJA AUTOMATYCZNEJ REGULACJI WZMOCNIENIA MIKROFONU (AGC)

Interkomy IP automatycznie dostosowują wzmocnienie mikrofonu w czasie rzeczywistym, gwarantując optymalny i stały poziom głośności sygnału mowy niezależnie od mówcy czy odległości.



#### ALGORYTM REDUKCJI SZUMU

Ten zaawansowany algorytm inteligentnie identyfikuje i usuwa szum otoczenia z transmisji sygnału, znacząco poprawiając klarowność i zrozumiałość komunikacji w hałaśliwych przestrzeniach.

Oba omówione wcześniej modele interkomów wyposażono w 2 przekaźniki oraz 6 wejść/wyjść GPIO. Umożliwiają one integrację z zewnętrznymi urządzeniami, takimi jak sygnalizatory świetlne, zamki elektroniczne czy przyciski. Interkomy montowane są

w dedykowanych obudowach natynkowych w kolorze pomarańczowym, oznaczonych napisem SOS na ścianie bocznej. Ponadto, interkomy Ambient System wyposażono w mechanizm akustycznego monitorowania sprawności toru mikrofon-głośnik. Test

sprawności urządzenia polega na emisji przez interkom specjalnego sygnału testowego, który musi zostać poprawnie odebrany przez wbudowany mikrofon. Usterki toru audio są automatycznie raportowane do serwera interkomów i systemu SCADA.

## ISE COMM

Sercem systemu jest serwer ISE COMM, odpowiadający za zarządzanie systemem, jego konserwację, obsługę połączeń oraz integrację z systemami stron trzecich. Dla celów bezpieczeństwa i późniejszej analizy zdarzeń, serwer na bieżąco loguje wszystkie wydarzenia (połączenia, usterki itp.) oraz umożliwia rejestrowanie połączeń głosowych i ich archiwizację przez określony czas.





# Kompleksowe podejście do bezpieczeństwa

Ambient System oferuje zintegrowany system komunikacji głosowej, łączący w sobie funkcjonalności systemu rozgłoszeniowego i systemu interkomowego.



Rozwiązanie to umożliwia zarządzanie oboma podsystemami z jednej lub kilku lokalizacji centralnych za pomocą wspólnych interfejsów użytkownika. Są to: dedykowane oprogramowanie PC (Ambient System YELLOW), pulpit sterujący IP (ABT-ICDG-1) oraz mikrofon strażaka (ABT-DFMS). Rozwiązanie to pozwala na wdrożenie zaawansowanych procedur bezpieczeństwa, łączących zarówno powiadamianie głosowe, jak i komunikację interkomową, przy jednoczesnej redukcji liczby urządzeń i wymaganego oprogramowania. System Ambient System jest w pełni cyfrowy – wszystkie jego kluczowe komponenty komunikują się za pośrednictwem sieci

Ethernet i protokołów z rodziny TCP/IP. Integracja systemu z systemami zewnętrznymi, takimi jak SCADA, SSP czy RF, realizowana jest cyfrowo (przy użyciu otwartych protokołów, np. IP czy SNMP) lub z wykorzystaniem dedykowanych interfejsów sprzętowych. Ze względu na wymagającą akustykę i środowisko, zapewnienie bezpieczeństwa w tunelach wymaga zaawansowanych systemów komunikacji głosowej. Dokument opisuje zintegrowane rozwiązanie systemu rozgłoszeniowego i interkomowego Ambient System, zaprojektowane do pracy w tych warunkach. Rozwiązanie jest w pełni cyfrowe, działa w oparciu o sieć Ethernet i obejmuje kluczowe

komponenty, takie jak smartVES i interkomy IP serii ICO EMERGENCY. Poprawia zrozumiałość mowy w warunkach wysokiego poziomu hałasu (automatyczna regulacja głośności, eliminacja echa) oraz zapewnia niezawodność systemu (monitorowanie, redundancja, akustyczny test toru). Rozwiązanie integruje się cyfrowo z zewnętrznymi systemami bezpieczeństwa (SCADA, SAP, RF) przy użyciu otwartych protokołów lub interfejsów sprzętowych, a zarządzanie odbywa się z centralnych stanowisk operatorskich za pomocą dedykowanego oprogramowania i pulpitu.

# Referencje Ambient System

**TUNEL ZHELEZNISTA** / BUŁGARIA



**TUNEL POD ŚWINĄ** / POLSKA



**TUNELE W OBWODNICY KRAKOWA** / POLSKA



**TUNEL KARAWANKEN** / AUSTRIA



**TUNEL CUSCO** / PERU



**TUNEL SILVERTOWN** / WIELKA BRYTANIA



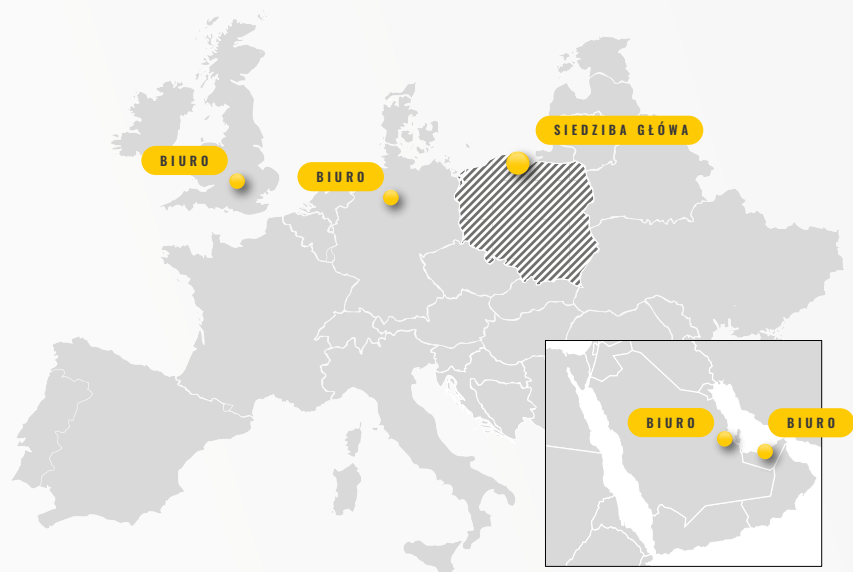
## Kontakt

### SIEDZIBA GŁÓWNA

AMBIENT SYSTEM Sp. z o.o.  
ul. Bysewska 27 | 80-298 Gdańsk  
T: +48 58 345 51 95  
ambient@ambientsystem.pl

### DZIAŁ HANDLOWY

sales@ambientsystem.pl





*We make everyday life safer*

*Wyroby firmy Ambient System są stale doskonalone, dlatego wszystkie specyfikacje podlegają zmianom bez wcześniejszego powiadomienia.*

PL / 07.2025