

# DOBÓR GŁOŚNIKÓW - ZASADY

Kiedy wybierasz głośniki do określonych zastosowań dla systemu PA, musisz wziąć dwa podstawowe parametry pod uwagę :

- (1) Poziom Dźwięku (SPL)
- (2) Zrozumiałość mowy

Pierwszy warunek musi być spełniony aby informacja przekazywana przez głośniki była dobrze słyszana przez ludzi o normalnym słuchu, we wszystkich sektorach nagłośnianego obszaru. Drugi warunek - szczególnie ważny - oznacza, że informacja musi być zrozumiała.

Poziom dźwięku blisko głośnika może być bardzo duży, po to aby mógł pokryć jak największy obszar. Odbiór informacji blisko głośnika może nie być zrozumiały i prawdopodobnie nie bardzo przyjemny. Dla osiągnięcia właściwego pokrycia dźwiękiem całego obszaru, ilość głośników i miejsce ich ustawienia musi być ostrożnie dobierane.

Z reguły, dla uzyskania dobrego pokrycia, lepiej użyć 2 głośniki grające ciszej, niż 1 głośnik grający bardzo głośno.

## Poziom Ciśnienia Dźwięku (SPL)

Wszystkie dokumentacje głośnika powinny określać poziom ciśnienia dźwięku przez niego wytworzony, zmierzony w decybelach (dB). Jest to parametr zwany „efektywnością” głośnika, zmierzony na osi głośnika, w odległości 1m, w czasie, gdy przetwarza on sygnał o mocy elektrycznej 1W.

Decybel jest miara określająca poziom ciśnienia dźwięku, w odniesieniu do ustalonego poziomu 20 mikro Pascali.

Parametr SPL jest standardową formą stosowaną przy kalkulacji rozmieszczenia i ilości głośników.

*Dla kalkulacji wzrostu SPL, wyrażonego w dB, w stosunku do mocy elektrycznej dostarczanej do głośnika (większej od poziomu 1W), obowiązuje zależność logarytmiczna, wyrażona wzorem :*

$$dB = 10 \log Px, \quad \text{gdzie } Px = \text{moc dostarczona do głośnika (w stosunku do 1W)}$$

Zawsze obowiązuje podstawowa zasada, że podwojenie mocy elektrycznej doprowadzonej do głośnika, powoduje zwiększenie poziomu SPL o 3 dB.

Na przykład, głośnik o efektywności 90 dB (1W/1m) wytworzy SPL równy 93 dB przy 2W, 96 dB przy 4W, 99 dB przy 8W, itd.

*Poziom SPL maleje „do kwadratu”, w stosunku do odległości od głośnika i wyraża się logarytmiczną zależnością :*

$$dB = 20 \log Dx, \quad \text{gdzie } Dx = \text{odległość od głośnika}$$

Zawsze obowiązuje podstawowa zasada, że podwojenie odległości od głośnika, powoduje spadek poziomu SPL o 6 dB.

Na przykład, dla głośnika o efektywności 90 dB (1W/1m), poziom SPL przy odległości 1m będzie równy 90 dB, w odległości 2 m - SPL będzie 84 dB, w odległości 4 m - 78 dB, przy 8 m - 72 dB, itd.

Zależność pomiędzy : wzrostem mocy na wejściu głośnika a spadkiem SPL na odległości od głośnika, ilustruje poniższa tabelka :

Moc (W)	0,5m	1m	2m	4m	8m	16m
0,5	93	87	81	75	69	63
1	96	90	84	78	72	66
2	99	93	87	81	75	69
4	102	96	90	84	78	72
8	105	101	93	87	81	75

Tabela w ostatniej części tego opracowania pokazuje typowe poziomy hałas otoczenia i wymagane poziomy SPL.

Przy doborze odpowiednich głośników pod kątem ich efektywności, ważne jest aby zwrócić uwagę na ich charakterystyki kierunkowe, tzw. „kąta pokrycia”.

**Tylko głośniki typu SOUNDSPHERE emitują szerokie pasmo audio z jednakowym kątem pokrycia !!**

Dokumentacja głośnika podaje kąt pokrycia i powinna także określać dla jakiej częstotliwości dokonano tego pomiaru. Z reguły, kąt pokrycia zawiera się w obszarze, którego przekroczenie powoduje spadek SPL o 6dB dla danej częstotliwości, np. jeśli dane podają kąt pokrycia 120 stopni, to odchylenie o 60 stopni od osi głośnika spowoduje spadek SPL o 6 dB.

Dla pełnego zobrazowania relacji kąta pokrycia i częstotliwości, wskazana jest konsultacja z wykresem biegunowym danego głośnika. Poniższy wykres biegunowy dotyczy typowego głośnika tubowego z krzywymi kierunkowości dla częstotliwości 500 Hz, 1000 Hz i 3000 Hz.

Wykres ten znakomicie pokazuje jak bardzo ograniczony jest kąt pokrycia dla 3000 Hz w porównaniu do kątów dla 500 Hz i 1000 Hz.

**Żeby określić właściwy roboczy poziom SPL dla swojego głośnika, należy znać poziom hałasu otoczenia, w którym głośnik ma pracować.**

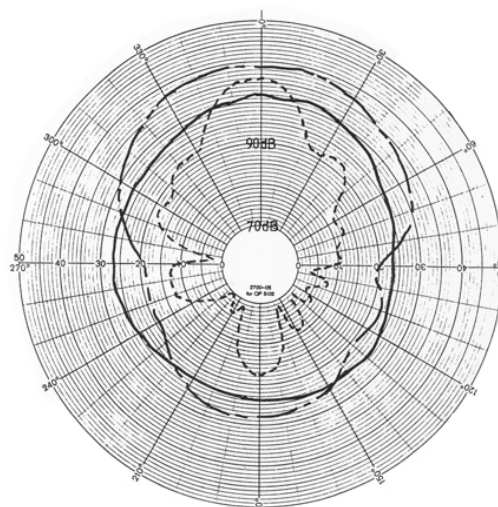
**System powinien być tak zaprojektowany, aby poziom dźwięku z głośnika (SPL), w najgłośniejszych momentach przewyższał min.10 dB normalny poziom hałasu otoczenia.**

**Jest to szczególnie ważne, aby każdy projektant systemu PA (nagłośnienia) rozumiał podstawy akustyki, ponieważ od ciśnienia fali dźwiękowej w dużym stopniu zależą: efekt sprzężenia, zrozumiałość mowy i kąt pokrycia.**

Zależność pomiędzy długością fali, prędkością dźwięku i częstotliwością pokazano poniżej. Pamiętać należy, że zależność pomiędzy poszczególną częstotliwością i jej długością fali nie jest całkowicie stała, bowiem prędkość dźwięku zmienia się w zależności od temperatury. Długość fali dźwiękowej to odległość między sąsiadującymi szczytami tej fali.



Głośnik SOUNDSPHERE



$$\text{Długość fali (m)} = \frac{\text{prędkość dźwięku (340 m/s)}}{\text{częstotliwość (Hz)}} \text{ lub } \lambda = \frac{C}{F}$$

Dla zakresu słyszalnego 20 Hz – 20 kHz, długość fali zawiera się w przedziale 17m do 1,7cm.

Dla częstotliwości 1000 Hz, fala ma długość 0,34 m.

Rezultatem tego jest częstsze występowanie sprzężenia i większy czas pogłosu w zakresie niższych częstotliwości.

$$\text{Długość fali (m)} = \frac{340 \text{ m/s}}{1000 \text{ Hz}} \text{ lub } \lambda = 0,34\text{m}$$

Wyżej umieszczony głośnik, zasilany większą mocą, potrafi pokryć dźwiękiem większą powierzchnię.

W zewnętrznej instalacji głośniki umieszczane są z reguły na wysokości 4-7 m, w zależności od wielkości powierzchni do nagłośnienia.

Tabela daje podstawowa informacje w jaki sposób zwiększa się obszar pokrycia dźwiękiem przez głośniki sufitowe przy różnych wysokościach sufitu :

wysokość sufitu	ilość głośników	obszar do nagłośnienia
< 2.5 m	5	ok. 25 m kw.
2.5 - 4.5 m	6	ok. 36 m kw.
4.5 - 15 m	9	ok. 81 m kw.

## ZROZUMIAŁOŚĆ MOWY

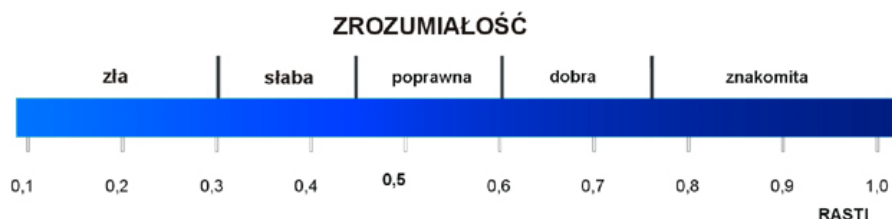
Wymagana zrozumiałość mowy w systemach nagłośnieniowych zależy od wielu czynników, a w dużym stopniu, od charakteru miejsca przeznaczonego do nagłośnienia.

Jest bardzo ważne aby wybrać właściwy typ głośnika - odpowiedni do charakteru miejsca, określić dokładnie ilość i rozmieszczenie głośników oraz ustawić ich optymalny poziom odtwarzania, aby poradzić sobie z niekorzystnym pogłosem i opóźnieniami dźwięku.

Każdy system nagłośnieniowy (Public Address) powinien tak przetwarzać dźwięk aby zapewnić dobrą zrozumiałość mowy, co szczególnie jest ważne gdy system nagłośnieniowy wykorzystywany jest do celów bezpieczeństwa. Taki system musi zapewnić zrozumiałość mowy na poziomie nie mniejszym niż 0.5 RASTI, co zostało określone w normie BS 7443 z 1991 roku oraz potwierdzone w późniejszej EN 60849 z roku 2001.

Należy pamiętać o tym, że w całym systemie nagłośnieniowym, który będzie poddany testom, głośniki są chyba najważniejszym elementem dla zapewnienia właściwej zrozumiałości mowy.

Wyniki pomiarów zrozumiałości mowy podaje się w jednostkach RASTI (Rapid Speech Transmission Index), w skali 10-cio punktowej.



## WYBÓR GŁOŚNIKA

Dla zapewnienia dobrej zrozumiałości ważnym staje się właściwy wybór głośnika odpowiedniego do rodzaju zastosowania. Dzisiejsze zaawansowane systemy rozgłoszeniowe ułatwiają to zadanie, wyraźnie określając wytyczne lub parametry jakie muszą spełniać głośniki w specyficznych lub kompleksowych zastosowaniach. Stary problem, tzn. sprzężenie jest wciąż aktualny, choć nie występuje już tak często.

Kierunkowe głośniki pozwalają na większą swobodę w ich rozmieszczaniu, chociaż przy pełnymysterowaniu problem sprzężenia nadal istnieje – szczególnie na osi głośnik-mikrofon.

Głośniki mogą być dookólne, dwukierunkowe lub jednokierunkowe.

Głośnikami dookólnymi nazywane są głośniki do wbudowania w sufity i ściany, głośniki skrzynkowe oraz głośniki sferyczne.

Dwukierunkowe głośniki emitują dźwięki z obu końców typowej obudowy cylindrycznej.

Kierunkowe (jedno-kierunkowe) głośniki, w odróżnieniu od szerokokątnych głośników tubowych, to specjalnie ukształtowane cylindry z precyzyjnie określonym kątem pokrycia.

Na wielu stadionach, do sterowania zachowaniem publiczności i dla potrzeb bezpieczeństwa, systemy rozgłoszeniowe (systemy PA) wykorzystują głośniki, które emitują dźwięki tylko w bardzo wąskim obszarze tak, że ludzie w okolicach jednego głośnika słyszą zapowiedzi spikera, podczas gdy w pobliżu drugiego głośnika tej zapowiedzi już nie słyszą. Rozwiązanie to eliminuje niebezpieczeństwo przenikania się dźwięków i jednocześnie zapewnia właściwą zrozumiałość mowy.

Wiele głośników tubowych emituje dźwięki w swoim podstawowym zakresie kąta pokrycia równym 120 stopni.

W innym przypadku głośniki o bardziej dokładnych parametrach takie jak głośniki kierunkowe, zwane „projektorami dźwiękowymi” można precyzyjnie nakierować poprzez odpowiednie ustawienie ich elementów montażowych. Obszar pokrycia dźwiękiem przez tego rodzaju głośniki jest bardzo precyzyjnie ograniczony, z minimalnymi odchyłkami.



Głośniki ściennie w metalowych obudowach



Głośniki sufitowe w metalowych obudowach

Dobrze zaprojektowany system z „projektorami dźwiękowymi” używany jest również do eliminacji ewentualnego „echa między-głośnikowego”. Ten niekorzystny efekt powstaje, gdy zapowiadana informacja z oddalonych głośników, z naturalnym opóźnieniem, miesza się z informacją z głośników lokalnych. W rezultacie - zamiast jednej klarownej - słyszalne są dwie „rozmyte” i niezrozumiałe informacje.

Dla systemu przeznaczonego do rozgłaszania dźwięku w pomieszczeniach selekcji głośników trzeba dokonywać z jeszcze większą troską.

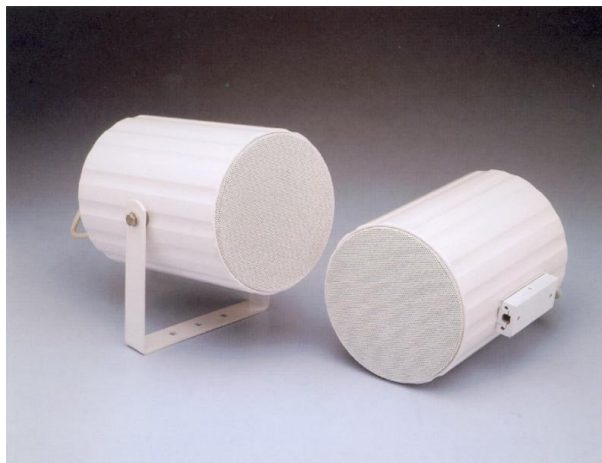
Mimo że ściany stanowią odrodę pomiędzy oddalonymi od siebie głośnikami, to jednak odbijają fale dźwiękowe.

Efektom tego może być słyszalne przez ludzi echo (podobne do echa między-głośnikowego) lub też pogłos, który jest naturalnym efektem wymieszania się dużej liczby dźwięków bezpośrednich i odbitych.

Problemy te w różnym stopniu zależą od tego czy pomieszczenie jest puste, średnio zaludnione lub całkowicie wypełnione publicznością.

Teatralni inżynierowie dźwięku przykładają bardzo dużą wagę do różnych efektów produkcji dźwięku w takich warunkach, które w ekstremalnym przypadku przypominać może efekt występujący na miejskim basenie.

Echa, które wytworzone zostaną w pomieszczeniu, którego ściany pokryte są glazurą a podłogę stanowi powierzchnia wody są naprawdę znaczące. W takim przypadku hałas otoczenia jest równie zmienny co bardzo duży.



Projekторы dźwiękowe, jedno i dwukierunkowe

Różnica pomiędzy poziomem hałasu otoczenia a poziomem dźwięku odpowiedniego głośnika, który musi przebić się przez hałas jest bardziej kompleksowym zagadnieniem, niemniej dla potrzeb systemu rozgłaszania zapowiedzi cicha muzyka „w tle” (tzw. „background music”) o poziomie 10 dB niższym jest do zaakceptowania.

Należy jednak rozważnie dokonywać selekcji i rozmieszczenia wszystkich głośników.

Małe, skrzynkowe głośniczki mogą być najlepsze dla korytarzy i przejść ale zdecydowanie nie nadają się do nagłośnień w halach sportowych.

Wiele zastosowań wymaga aby głośniki posiadały specjalne zabezpieczające je obudowy, szczególnie dla użycia w aktywnym otoczeniu korozyjnym np. na basenach, lodowiskach czy morskich statkach.

Głośniki, potrzebne do nagłośnienia dalekich dystansów muszą to wykonać bez wzajemnych interferencji („echa między-głośnikowego”). Sugeruje się tu zastosowanie głośników o ustalonym kierunku emisji, chociaż każda instalacja może wykorzystywać inne sposoby dla uzyskania tego celu.

Wiele małych głośniczków użytych do nagłośnienia otwartych stanowisk pracy nie wytworzy „echa między-głośnikowego”, w przeciwieństwie do rozwiązania z parą dużych głośników rozmieszczonych w dużej odległości, których pola dźwiękowe przenikają się wzajemnie.



Głośniki tubowe

W przypadku użycia głośników sufitowych, kilka procent dźwięków „przenikających” jest nie do uniknięcia.

Eleganckie głośniki sferyczne mogą być z powodzeniem stosowane do rozgłaszania w średnio zabudowanym obszarze a także w pomieszczeniach o miarkowanym hałasie i ścianach nie odbijających dźwięk.

Rozgłaszanie w hałaśliwych warsztatach może wymagać instalowania wielu głośników o dużym poziomie dźwięku, starannie rozmieszczonych aby nie powodowały efektu „echa”.

Wybierając odpowiedni rodzaj głośników do specyficznych potrzeb nie należy zapominać o elektrycznym przetwarzaniu głośników, w szczególności o jego impedancji.

Ponieważ większość typowych głośników posiada cewki o impedancji 8 Ohm, łączenie wielu głośników, w jednym obwodzie wzmacniacza o wypadkowej impedancji 4 lub 8 Ohm, staje się prawdziwą plątaniną połączeń szeregowych, równoległych i szeregowo-równoległych.

Dodatkowo, używanie systemu rozgłoszeniowego o niskiej impedancji linii głośnikowych wiąże się nieuchronnie z dużymi stratami sygnału na połączeniach między-głośnikowych.

Rozwiązaniem tego problemu jest użycie systemu rozgłaszania z wysokoimpedancyjnym rozdziałem sygnału głośnikowego, tzw. systemu z linia 100-tu Voltową. W takim systemie wzmacniacz mocy wyposażono w wyjściowy transformator linii, który zamienia wyjście wzmacniacza na wyższe napięcie (100V) i impedancję (rzędu kOhm).

Wszystkie głośniki w takim systemie wyposażone są w lokalne transformatory, które zamieniają wysoką impedancję linii na małą impedancję cewki głośnika. Transformatory głośnikowe, z reguły, wyposażone są w liczne odczepy na uzwojeniu pierwotnym, które umożliwiają skokowe nastawienie mocy wejściowej i tym samym regulację poziomu dźwięku emitowanego przez głośnik.



Głośniki sferyczne i głośnik kulisty

Użycie techniki 100 V rozwiązuje problem strat sygnału w liniach głośnikowych i dodatkowo umożliwia równoległe przyłączanie wszystkich głośników, wykorzystując do tego przewody o niskich przekrojach np. 0,5 mm kw.

Tabela pokazuje jak kształtują się impedancje głośnikowych linii 100V i 70V dla różnych poziomów mocy.

impedancja transformatora głośnikowego	na wejściu głośnika	
	100 V	70 V
160	60W	30W
250	45W	22.5W
330	30W	15W
400	25W	12.5W
500	20W	10W
670	15W	7.5W
1k	10W	5W
1.66k	6W	3W
2k	5W	2.5W
3.3k	3W	1.5W
4k	2.5W	1.25W
5k	2W	1W
10k	1W	0.5W

## Klasyfikacja IP

Dla głośników pracujących na zewnątrz, ważne jest aby we właściwym stopniu były one zabezpieczone przed wpływem czynników atmosferycznych, by uchronić je przed koniecznością naprawy.

System klasyfikacji IP (Ingress Protection) jest sposobem oceny stopnia zabezpieczenia urządzeń elektrycznych i ich obudów przed pyłem i wodą.

System IP stosowany jest w wielu europejskich krajach i opisany normą BS EN 60529 z 1991 roku, jako „wymogi dotyczące stopnia zabezpieczenia za pomocą obudowy”.

System klasyfikacji IP złożony jest z oznaczenia dwucyfrowego. Dodatkowa trzecia cyfra, rzadko stosowana, dotyczy sposobu zabezpieczenia mechanicznego (przed uderzeniem lub zgnieceniem).

Pierwsza cyfra kodu IP określa stopień zabezpieczenia przed działaniem czynników stałych.

Druga cyfra kodu IP określa stopień zabezpieczenia przed działaniem czynników ciekłych.

Jeśli urządzenie (tj. głośnik) posiada klasę IP43, to z tabelki odczytać możemy, że jest zabezpieczone przeciwko działaniu ciał stałych, większych od 1mm oraz od działania strumienia wody skierowanego pod kątem 60 stopni od osi urządzenia.

## Kody IP

<b>pierwsza cyfra</b>	<b>druga cyfra</b>
<i>zabezpieczenie od działania ciał stałych</i>	<i>zabezpieczenie od działania ciał ciekłych</i>
<b>0</b> brak zabezpieczenia	<b>0</b> brak zabezpieczenia
<b>1</b> zabezpieczenie przed działaniem obiektów większych od 50 mm	<b>1</b> zabezpieczenie od działania pionowo spadających kropel wody
<b>2</b> zabezpieczenie przed działaniem obiektów większych od 12 mm	<b>2</b> zabezpieczenie od działania bezpośredniego zraszania wodą pod kątem 15 stopni od pionu
<b>3</b> zabezpieczenie przed działaniem obiektów większych od 2.5 mm	<b>3</b> zabezpieczenie od działania zraszania wodą pod kątem 65 stopni od pionu
<b>4</b> zabezpieczenie przed działaniem obiektów większych od 1 mm	<b>4</b> zabezpieczenie od działania zraszania wodą z każdej strony
<b>5</b> zabezpieczenie przed działaniem pyłu – ograniczony dostęp (bez wpływu na pracę)	<b>5</b> zabezpieczenie od działania słabego strumienia wody z każdej strony
<b>6</b> całkowite zabezpieczenie przed działaniem pyłu	<b>6</b> zabezpieczenie od działania silnego strumienia wody z każdej strony
	<b>7</b> zabezpieczenie od działania efektu zanurzeniowego poniżej 1 m, na krótki czas.
	<b>8</b> zabezpieczenie od działania efektu zanurzeniowego pod ciśnieniem, na długi czas

### Wymagany poziom SPL dla rozgłaszania

efekt hałasu	poziom hałasu	opis sytuacji	wymagany poziom SPL dla rozgłaszania
rozmowa niesłyszalna	120 dB	w pobliżu silnika odrzutowego	<b>jeśli hałas ma 100 dB lub więcej, dla zapewnienia słabej słyszalności, ) może być konieczny poziom SPL większy niż 120 dB (zróżnicowany w zależności od częstotliwości hałasu). Poziom taki stanowi górny pułap słuchania dla człowieka !!!</b>
	110 dB	syrena alarmowa	
	100 dB	pod wiaduktem kolejowym (w trakcie przejazdu pociągu)	
rozmowa ledwie słyszalna	90 dB	hala maszyn	<b>100 dB lub więcej</b>
	80 dB	drukarnia	
trzeba mówić głośno	70 dB	głośne biuro, magazyny	<b>70 –90 dB</b>
	60 dB	restauracja, kawiarnia w hotelu, mieszkanie w mieście	
	50 dB	kino	
możliwa jest swobodna rozmowa	40 dB	mieszkanie na wsi, szpital, hotel	<b>80 –100 dB - jeśli muzyka jest podstawowym źródłem sygnału</b>
	30 dB	studio radiowe	
	20 dB	szum liści na wietrze	
	10 dB	szept	
	0 dB	minimalny próg słyszenia	

### Poziomy SPL dla bezpiecznego słuchania

Organizacja pod nazwą Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ustanowiła listę „bezpiecznych” dla człowieka poziomów SPL, dziennej dawki ciągłego słuchania bez konieczności stosowania ochronników słuchu.

Poziom dźwięku SPL	Maksymalna dawka
90 dB	8 godz./dzień
91.5 dB	6 godz./dzień
93 dB	4 godz./dzień
94.5 dB	3 godz./dzień
96 dB	2 godz./dzień
97.5 dB	1.5 godz./dzień
99 dB	1 godz./dzień
102 dB	0.5 godz./dzień
105 dB	0.25 godz./dzień
>105 dB	nie zalecany, ze względu na możliwość uszkodzenia słuchu