

# **OCHRONA PRZECIWDŹWIĘKOWA**

**SUBIEKTYWNA UCIAŹLIWOŚĆ  
HAŁASU**



# ZAGADNIENIA (Plan wykładu):

## **Przypomnienie podstawowych definicji związanych z hałasem**

- poziom równoważny,
- uciążliwość hałasu,
- subiektywna uciążliwość hałasu
- pojęcie „szczególnej uciążliwości” hałasu,
- jednostka dokuczliwości hałasu (hałaśliwość) –Noys,
- inne wykorzystywane jednostki – Son, Fon

## **Źródła hałasu uciążliwego dla człowieka**

- Podział ze względu na środowisko występowania
- Podział ze względu na zakres częstotliwości, skład widmowy
- Podział ze względu na czas trwania ekspozycji

## Równoważny (ekwiwalentny) poziom dźwięku

- Stały poziom dźwięku, który działając przez taki sam czas, jak badany hałas o zmiennym poziomie, niesie ze sobą taką samą energię i takie samo ryzyko uszkodzenia słuchu.
- Poziom równoważny (equivalent level) oznacza się  $L_{XEq}$ .

# Równoważny poziom dźwięku (korygowany krzywą A)

- Wzór ogólny

$$L_{eq} = 10 \lg \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N \Delta t_i \cdot 10^{\frac{L_A(t_i)}{10}}$$

- Wzory dla poziom  
od pory dnia:

gdzie:

$L_d$  – poziom równoważny dźwięku  
dla pory dziennej,

$L_e$  – dla pory wieczornej,

$L_n$  – dla pory nocnej,

$L_i$  – poziom równoważny dźwięk  
dla  $i$  – tej godziny,

$N$  – liczba godzin dla wybranej pory,

Zakres sumowania określono w godzinach.

$$L_d = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{1}{N} \cdot \sum_{>6}^{18} 10^{0,1 \cdot L_i} \right)$$

$$L_e = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{1}{N} \cdot \sum_{>18}^{22} 10^{0,1 \cdot L_i} \right)$$

$$L_n = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{1}{N} \cdot \sum_{>22}^6 10^{0,1 \cdot L_i} \right)$$

## *Co wpływa na uciążliwość hałasu ?*

- Subiektywna wrażliwość  
Czynnikiem, który w sposób istotny wpływa na relacje między warunkami akustycznymi a człowiekiem jest tzw. subiektywna wrażliwość na hałas. Dotyczy ona zarówno fizjologicznych predyspozycji odbioru dźwięku, reakcji emocjonalnych jak i subiektywnych odczuć. Odczuwanie dźwięku jako hałasu zależy więc zarówno od cech indywidualnych każdego człowieka jak też od cech fizycznych dźwięku.

## *Co wpływa na uciążliwość hałasu ?*

- Uciążliwość hałasu - Uciążliwość hałasu określana jest jako ogólna reakcja człowieka, wyrażająca postawę niezadowolenia i sprzeciwu wobec warunków akustycznych bądź związanych z nimi implikacjami zdrowotnymi i innymi.
- Subiektywna uciążliwość hałasu  
Subiektywne odczuwanie hałasu przejawia się m.in. tym, że hałas wytwarzany przez daną osobę może nie być dla niej dokuczliwy, natomiast dla osoby postronnej może być męczący lub wręcz nieznośny.

*Odczuwanie dźwięku jako hałasu zależy od cech indywidualnych każdego człowieka oraz cech fizycznych dźwięku*

# Szczególna uciążliwość hałasu

- Pojęcie “szczególnej uciążliwości” hałasu wprowadzono, w związku z występowaniem źródeł o wysokiej emisji hałasu do środowiska.
- Celem podstawowym tego typu badań jest zbieranie informacji oraz formułowanie wniosków dotyczących terenów zamieszkania i wypoczynku człowieka, o ekstremalnie zdegradowanym klimacie akustycznym, w efekcie zaś systematyczna likwidacja tak zwanej szczególnej uciążliwości hałasu, występującej zwłaszcza w porze ciszy nocnej.
- Teren “szczególnej uciążliwości” hałasu jest to fragment środowiska, na którym występuje wysoka emisja hałasu, której poziom przekracza wielkość kryterialną, zwaną poziomem progowym  $L_{Apr}$ .

# Poziom progowy

- Dla emisji mierzonej poziomem równoważnym określony został dla trzech grup terenów.
- Dla grupy pierwszej obejmującej budynki mieszkalne i źródła hałasu drogowego i kolejowego przyjmuje się zestaw poziomów progowych podany poniżej:
  - 75 dB dla 8 najniekorzystniejszych godzin dnia
  - 70 dB dla 1 najniekorzystniejsza godzina nocy
  - 65 dB dla 8 godzin nocy
- Pozostałe grupy odnoszą się do terenów budynków szpitalnych, sanatoryjnych i domów opieki oraz terenów wypoczynkowych i chronionych, dla których poziomy progowe są niższe (60-65 dB).
- Wysoki poziom hałasu powodujący tzw. szczególną uciążliwość podnosi ryzyko utraty zdrowia mieszkańców lub powoduje znaczne zubożenie walorów uzdrowiskowych i wypoczynkowych terenu lub grupy budynków.



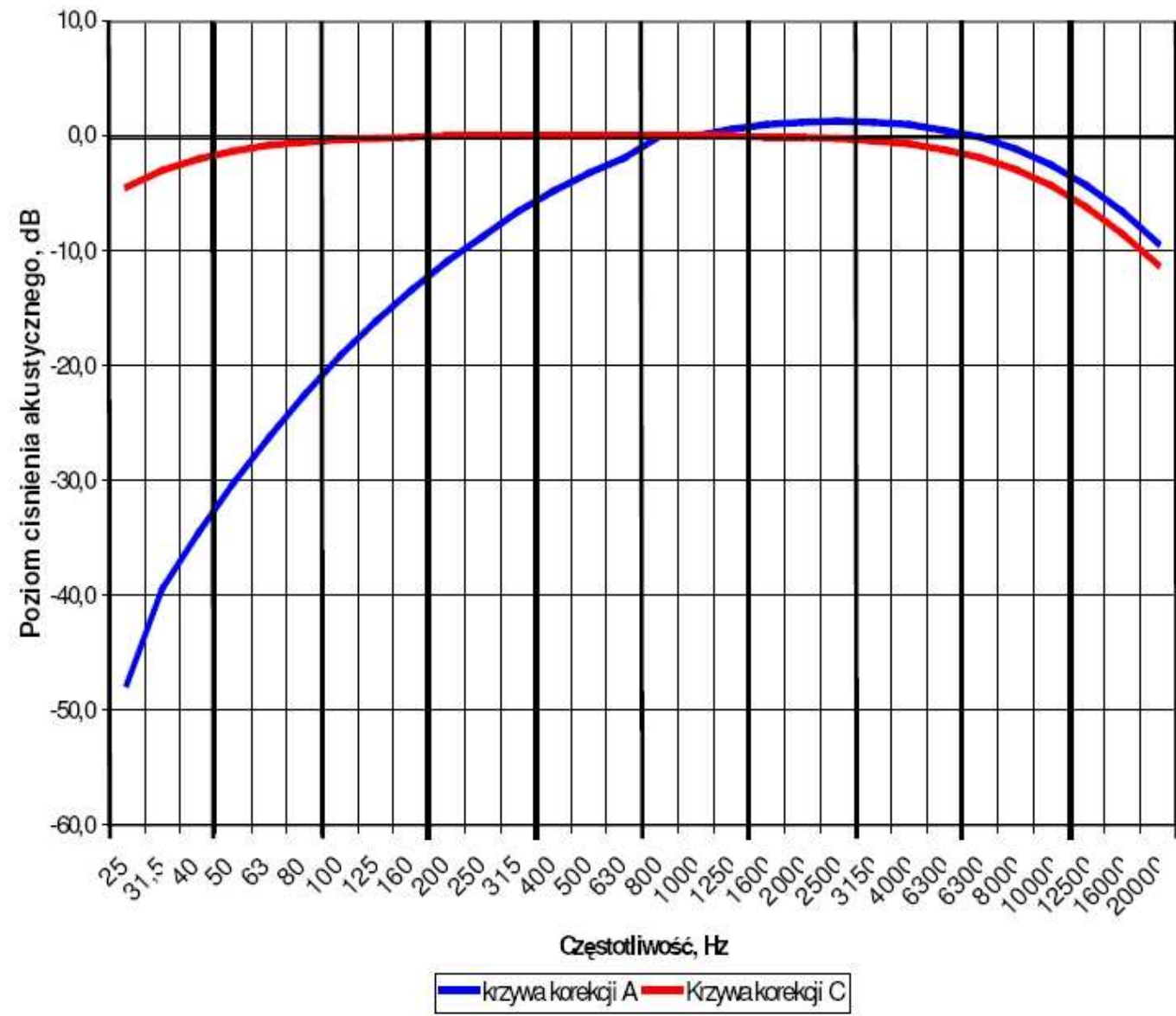
# Jednostki

- **NOYS** [ang.], umowna jednostka hałaśliwości równa dokuczliwości, jaką (wg przeciętnego obserwatora) sprawia hałas o widmie ciągłym zawartym w pasmie częst. 910–1010 Hz i natężeniu 40 dB.
- **FON** [gr.], jednostka poziomu głośności dźwięku; liczbowo równy poziomowi natężenia tonu (w decybelach) o częst. 1 kHz, którego głośność jest równa głośności tego dźwięku.
- **SON** [łac.], jednostka umownej skali głośności dźwięku, wyrażająca subiektywną ocenę głośności tonu; 1 s. odpowiada poziomowi głośności 40 fonów przy częst. 1000 Hz.

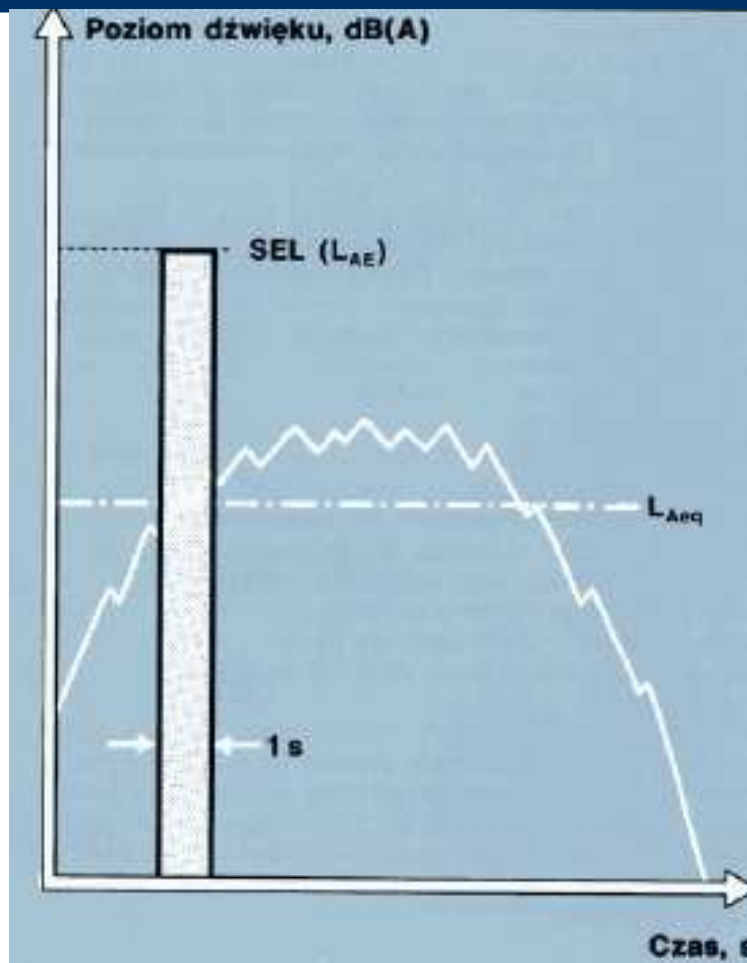
## Poziom równoważny – dlaczego NIE ?

- Stosowany jest dla sygnałów ciągłych, głównie dla długich czasów trwania pomiarów, np. 12 godzinny pomiar dla pory dziennej, 8 godzinny czas pracy
- Jest skorygowany według charakterystyki częstotliwościowej A, która odzwierciedla małą wrażliwość na niskie częstotliwości oraz zaprojektowana jest do pomiaru niskich poziomów dźwięku (dla poziomów powyżej 80 dB powinno stosować się krzywą C).

### Krzywe korekcyjne



## Poziom równoważny – dlaczego NIE ?



Zależność między wartością chwilową, poziomem równoważnym, a poziomem SEL

- SEL - Poziom ekspozycji na hałas (Sound Exposure Level) stały poziom dźwięku działający w ciągu 1 sekundy, który zawiera tę samą energię akustyczną co mierzony hałas.

# Klasyfikacja źródeł hałasu

## **Podział ze względu na środowisko występowania:**

- przemysłowy – wywołany technologicznymi procesami obróbki i przetwórstwa
- komunalny – występujący w pomieszczeniach mieszkalnych pochodzenia zewnętrznego
- komunikacyjny – wywołany przez środki transportu

## Źródła i poziomy hałasu występujące w środowisku

Poziom dźwięku	Środowisko występowania			
	Otoczenie	Przemysł	Rolnictwo	Komunikacja
<b>10 dB</b>	Szmer liści	-	-	-
<b>20 dB</b>	Szept Rwanie papieru, szmer w mieszkaniu, hałas w czytelnicy	-	-	-
<b>50 dB</b>	Cicha ulica	-	-	-
<b>60 dB</b>	Rozmowa			Samochód osobowy
<b>70 dB</b>		Piece grzewcze		Tramwaj, autobus, trolejbus
<b>80 dB</b>	Ruchliwa ulica	Warsztaty, narzędzia elektryczne, spawanie elektrodowe, tokarki	Ciągniki	Samochód ciężarowy, pociąg



## Źródła i poziomy hałas występujące w środowisku

90 dB		Spawalnie elektrodowe, przedziałnie, piły do drewna, heblarki, szlifierka ręczna, piła taśmowa	Młockarnie	Helikoptery, motocykle
100 dB	Orkiestra	Maszyny dziewiarskie, zgrzeblarki, kompresownie,	Rozdrabniacze, dmuchawy, kombajny	
110 dB		Młyny kulowe, walcownie, hale dmuchaw, krosna		
120 dB		Narzędzia pneumatyczne, młotownie		

# Klasyfikacja źródeł hałasu, cd.

## Podział ze względu na skład widmowy

- infradźwiękowy – hałas, w którego widmie występują niskie częstotliwości z zakresu 2-20Hz.
- słyszalny – hałas, w którego widmie występują częstotliwości z zakresu słyszalnego dla człowieka (20Hz-20kHz).
- ultradźwiękowy – hałas, w którego widmie występują częstotliwości powyżej zakresu słyszalnego dla człowieka (powyżej 20kHz).



## Źródła hałasu infradźwiękowego:

- Sprężarki tłokowe o prędkości obrotowej 200 – 1000 obr./min,
- Wysokoprężne silniki spalinowe,
- Urządzenia energetyczne elektrowni ciepłych i wodnych (młyny, kotły, kominy)
- Piece hutnicze (zwłaszcza piece elektryczne łukowe),
- Wentylatory przemysłowe, turbodmuchawy,
- Urządzenia odlewnicze (formierki, kraty wstrząsowe).

## Źródła hałasu ultradźwiękowego:

- Płuczki ultradźwiękowe,
- Lutownice ultradźwiękowe,
- Zgrzewarki ultradźwiękowe,
- Drażarki ultradźwiękowe,
- Spawarki ultradźwiękowe,
- Sprężarki,
- Palniki,
- Niektóre maszyny włókiennicze.



# Klasyfikacja źródeł hałasu, cd.

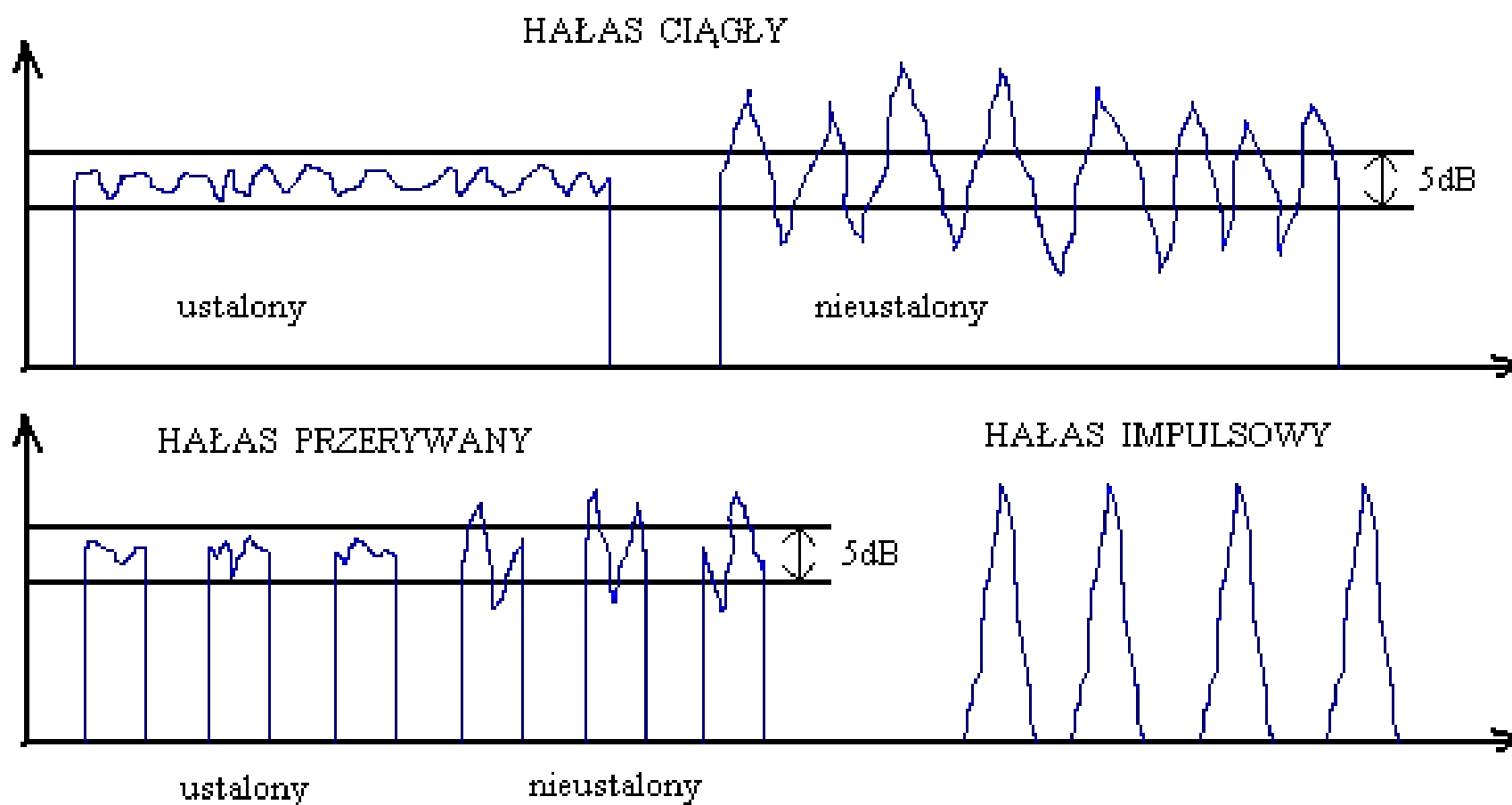
## Podział ze względu na czas trwania ekspozycji

- Hałas ustalony – hałas, którego poziom dźwięku A, mierzony przy charakterystyce dynamicznej S, zmienia się podczas obserwacji nie więcej niż o 5 dB.
- Hałas nie ustalony
- Hałas ciągły – hałas, którego poziom nie ulega zmianom w okresie narażenia, brak jest wyraźnych okresów przerw w narażeniu pracownika

# Klasyfikacja źródeł hałasu, cd.

- Hałas przerywany – hałas, którego poziom ulega znacznym zmianom w okresie dniówki roboczej (spada poniżej wartości określonej przez tzw. tło akustyczne  $< 75\text{dB}$ ), występują okresy przerwy w narażeniu, odcinki czasu narażenia na hałas i przerwy są porównywalne między sobą.
- Hałas impulsowy – krótkotrwałe zjawisko dźwiękowe związane ze strzelaniem, zderzaniem się ciał, trwające mniej niż 0,2 sekundy. Za hałas impulsowy można uznać hałas, przy którym różnica wskazań miernika poziomu dźwięku przy włączonej charakterystyce dynamicznej S i I jest większa niż 4 decybele.

## Przebieg czasowy różnych rodzajów hałasu:





## Przykłady:

- Hałasy sąsiedzkie 1
- Hałasy sąsiedzkie 2
- Szczekanie psa
- NiETIpowe rozwiązanie

# ZAGADNIENIA (Plan wykładu):

- **Subiektywna skala uciążliwości hałasu**
  - Czynniki kształtujące subiektywną skalę uciążliwości hałasu (w tym parametry dźwięku)
  - Subiektywna skala uciążliwości hałasu dla hałasu komunikacyjnego
- **Wskaźniki oceny uciążliwości hałasu (próba obiektywizacji)**

# Subiektywna uciążliwość ...

**Odczuwanie dźwięku jako hałasu zależy od:**

- cech indywidualnych każdego człowieka
- cech fizycznych dźwięku

# Cechy indywidualne człowieka...

Między ludźmi występują ogromne różnice indywidualne, dlatego też ocena hałasu zależy od:

- wieku,
- wrażliwości,
- stanu zdrowia,
- odporności psychicznej,
- chwilowego nastroju człowieka.

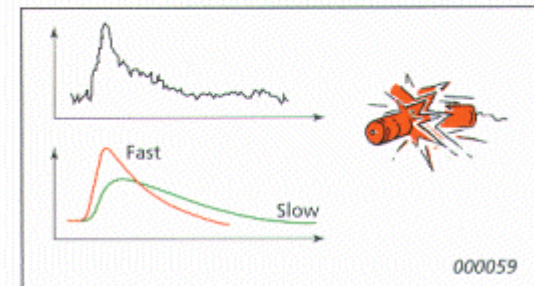
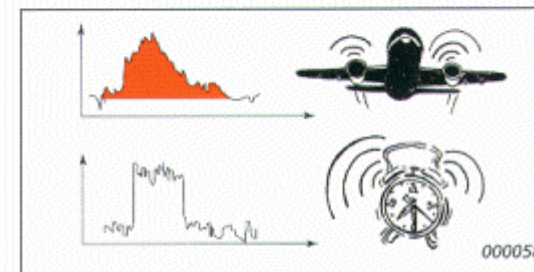
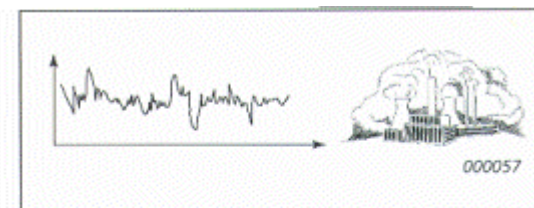
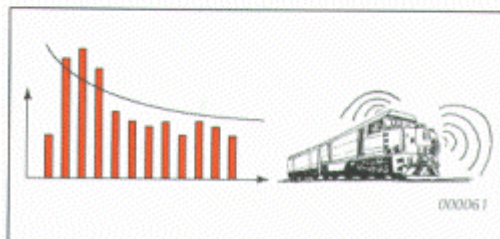
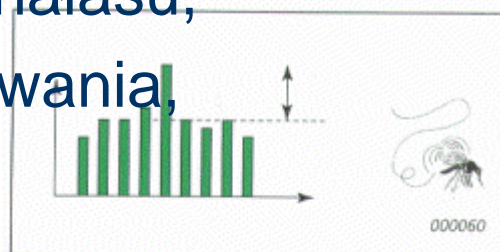




# Cechy fizyczne dźwięku...

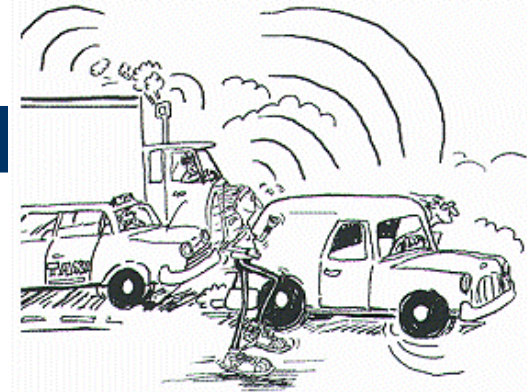
## Podstawowe cechy fizyczne hałasu wpływające na jego odczuwanie:

- charakterystyka widmowa,
- wartość poziomu hałasu,
- częstość występowania,
- czas trwania.



## Skala subiektywnej uciążliwości hałasu komunikacyjnego:

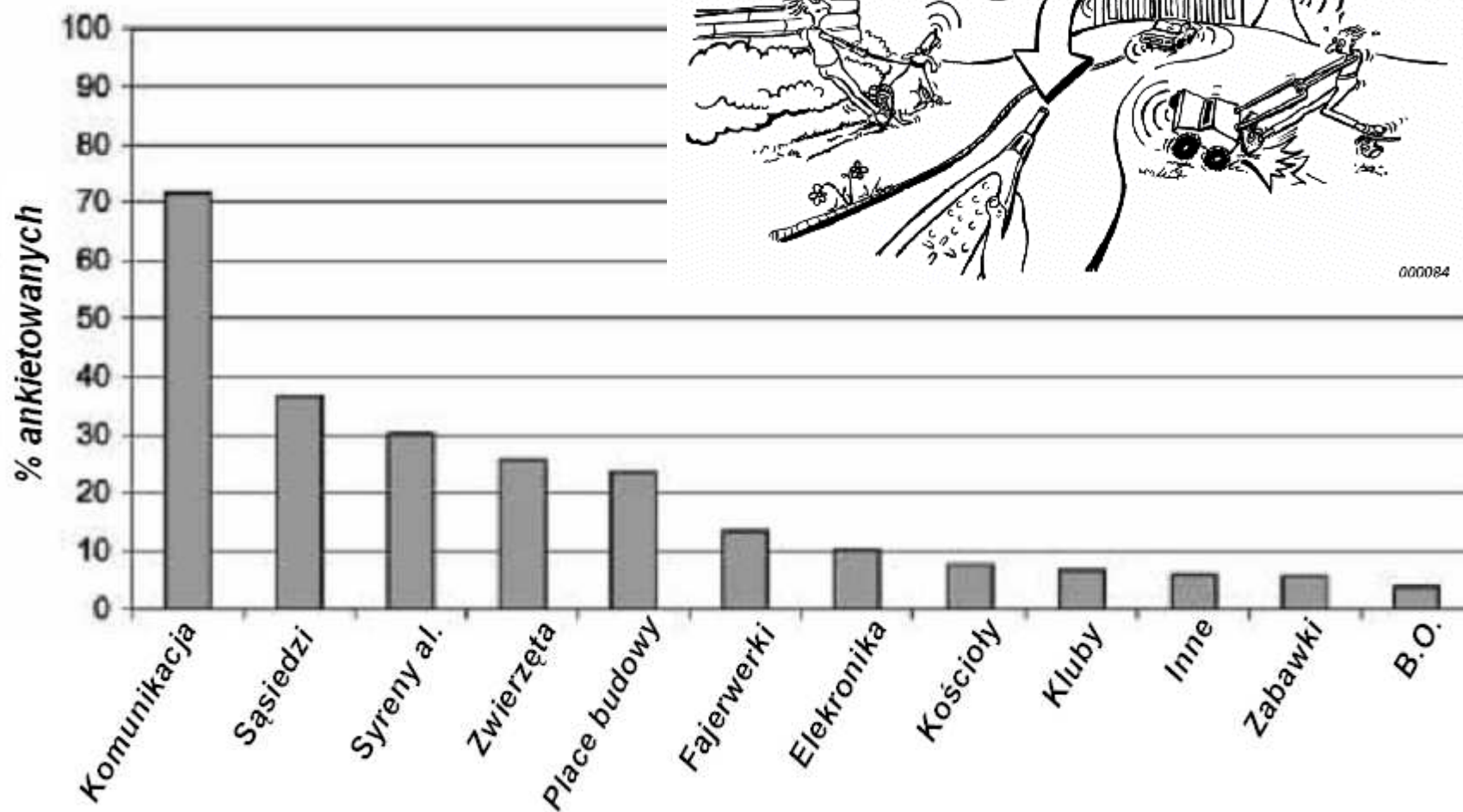
uciążliwość	$L_{Aeq}$ [dB]
mała	< 52
średnia	52..62
duża	63..70
bardzo duża	> 70



000137

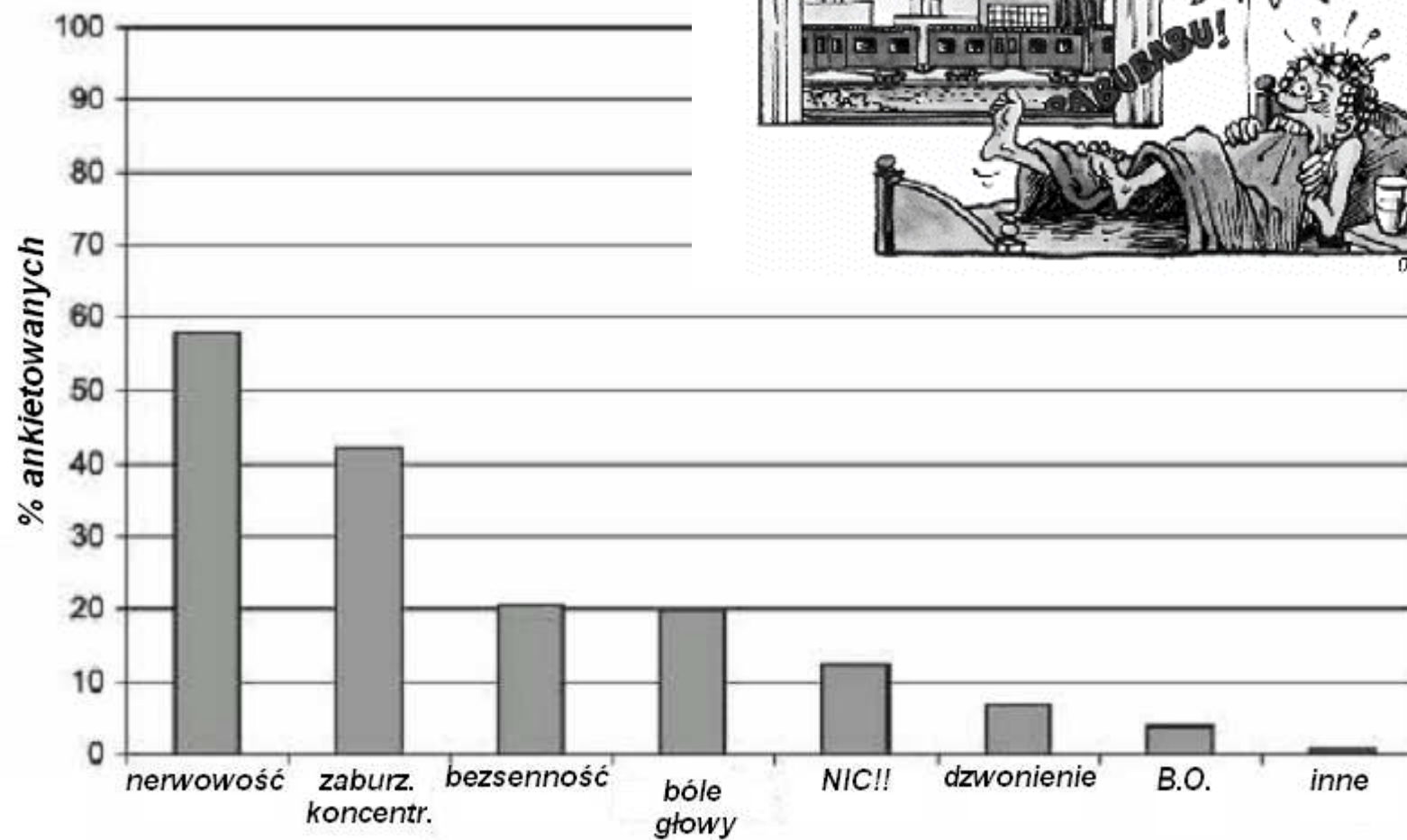
Granica podziału między hałasem dokuczliwym, a niedokuczliwym jest płynna i zależna nie tylko od rodzaju słyszanych zakłóceń, ale również od odporności nerwowo-psychicznej człowieka, jego chwilowego nastroju lub rodzaju wykonywanej pracy. Bardzo często ten sam zespół dźwięków może w pewnych przypadkach wywoływać wrażenie przyjemne, a w innych znów nieprzyjemne. Wszystkie te czynniki powodują trudności w ocenie rzeczywistego zagrożenia społeczeństwa, gdy dysponujemy jedynie akustyczną oceną terenu na którym występuje skażenie hałasem. Dlatego też wyniki badań pomiarowych hałasu wymagają konfrontacji z opinią ludności wyrażoną w wypowiedziach ankietowych.

## Jakie źródło hałasu jest najbardziej dokuczliwe? :

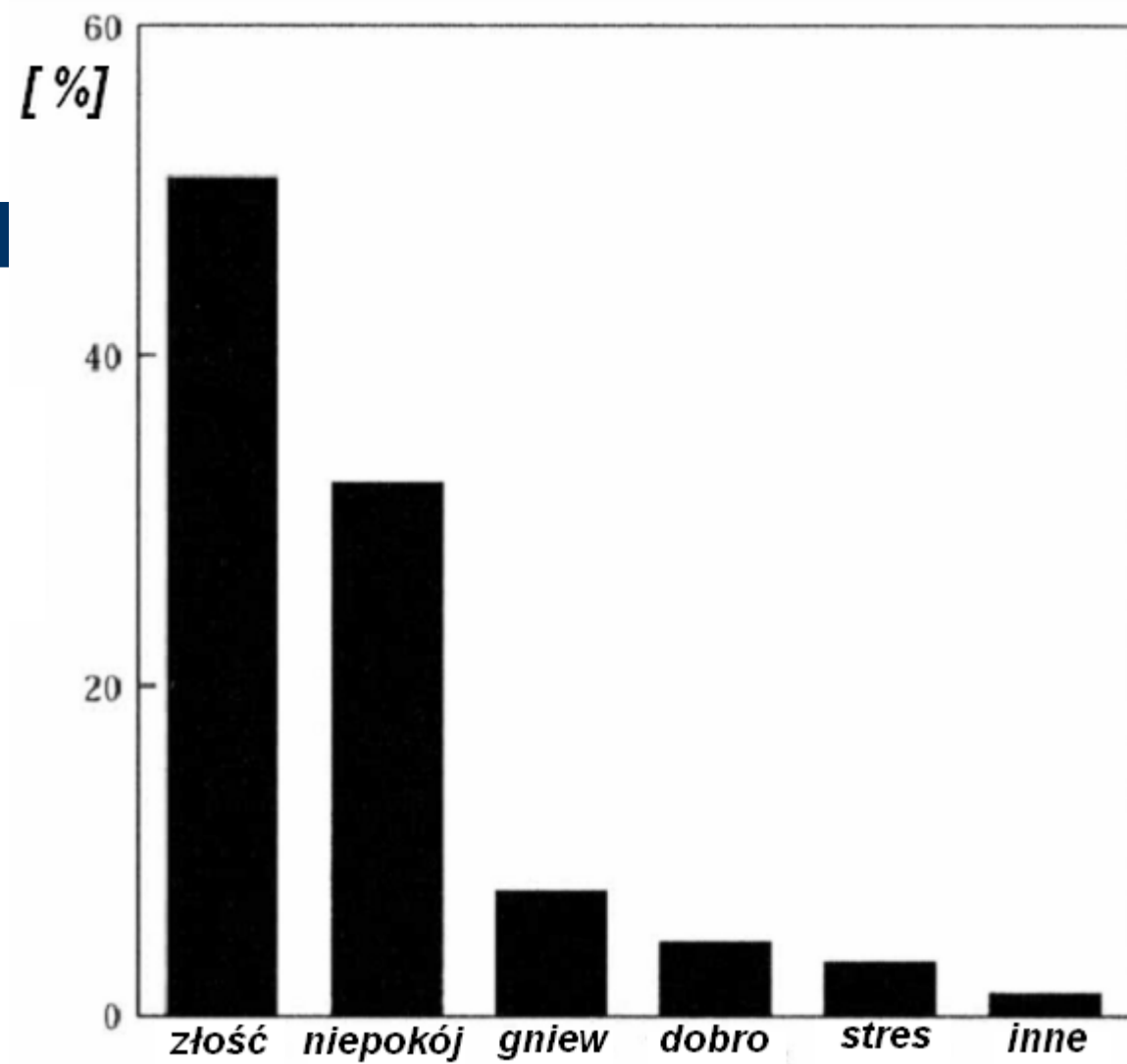


B.O. - brak odpowiedzi

## Co wywołuje u Ciebie hałas? :



## Główne odczucia wywołane przez hałas środowiskowy w ocenie ekspertów:

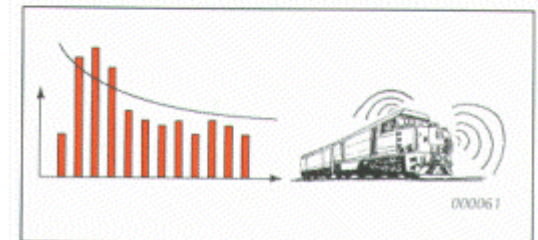
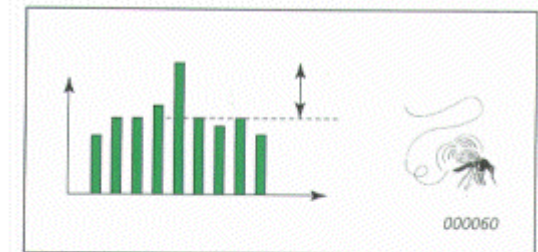


## Cechy wskazujące na uciążliwość...

- większy poziom dźwięku na niskich częstotliwościach (20-200Hz)
- większy poziom dźwięku na wysokich częstotliwościach
- zmiana stromości zbocza widma
- modulacja częstotliwości (low frequency modulation)
- dodanie „wyraźnych” tonów (np. piły)
- tonalność dźwięków (tone-to-noise ratio)
- fluktuacja poziomu dźwięku
- częstotliwość występowania powyższych cech

# Subiektywne parametry dźwięku...

- zmienność dźwięku (zmienność widma)
- ostrość
- tonalność
- chropowatość



# Parametry dynamiczne...

- **zmiennność dźwięku** - widmo zmienne w czasie; czy i na ile zachodzą zmiany w widmie sygnału
- **chropowatość** - szybkie zmiany poziomu dźwięku (zmiany modulacji); zakres częstotliwości modulacji na którym występuje to wrażenie: 15-300 Hz; max wrażenia dla ok. 70 Hz częstotliwości modulacji

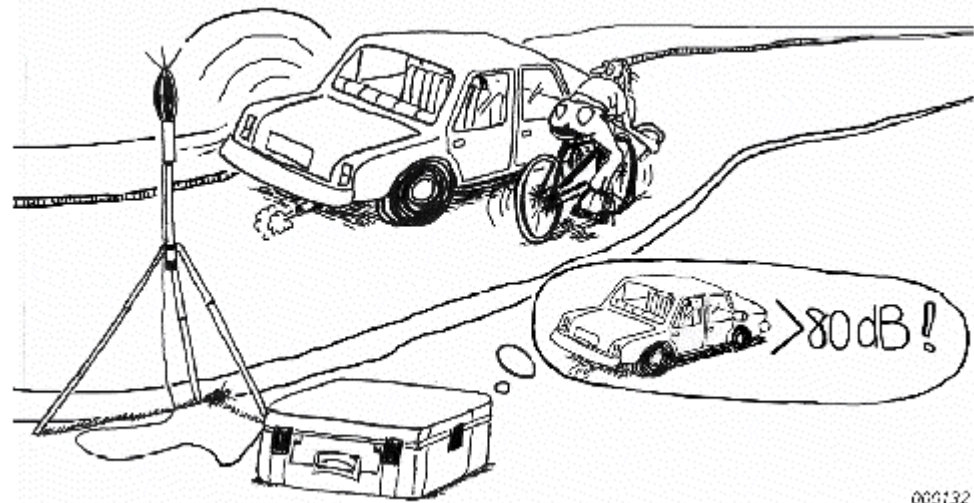


# Parametry statyczne...

- **ostrość** - środek ciężkości widma; określa jak bardzo dźwięk jest piskliwy - tzn. w jakim zakresie częstotliwości skupiają się składowe widma; wysoka ostrość oznacza zawartość w widmie składowych wysokoczęstotliwościowych
- **tonalność** - miara płaskości widma; określa charakter widma – czy można wyróżnić w nim czyste składowe, czy widmo ma charakter płaski, tzn. szumowy

# Wskaźniki oceny uciążliwości hałasu...

Obiektywna ocena hałasu jest zadaniem trudnym. Z tego powodu stworzono obszerną grupę różnorodnych wskaźników, których zadaniem jest wyznaczenie stopnia uciążliwości hałasu.





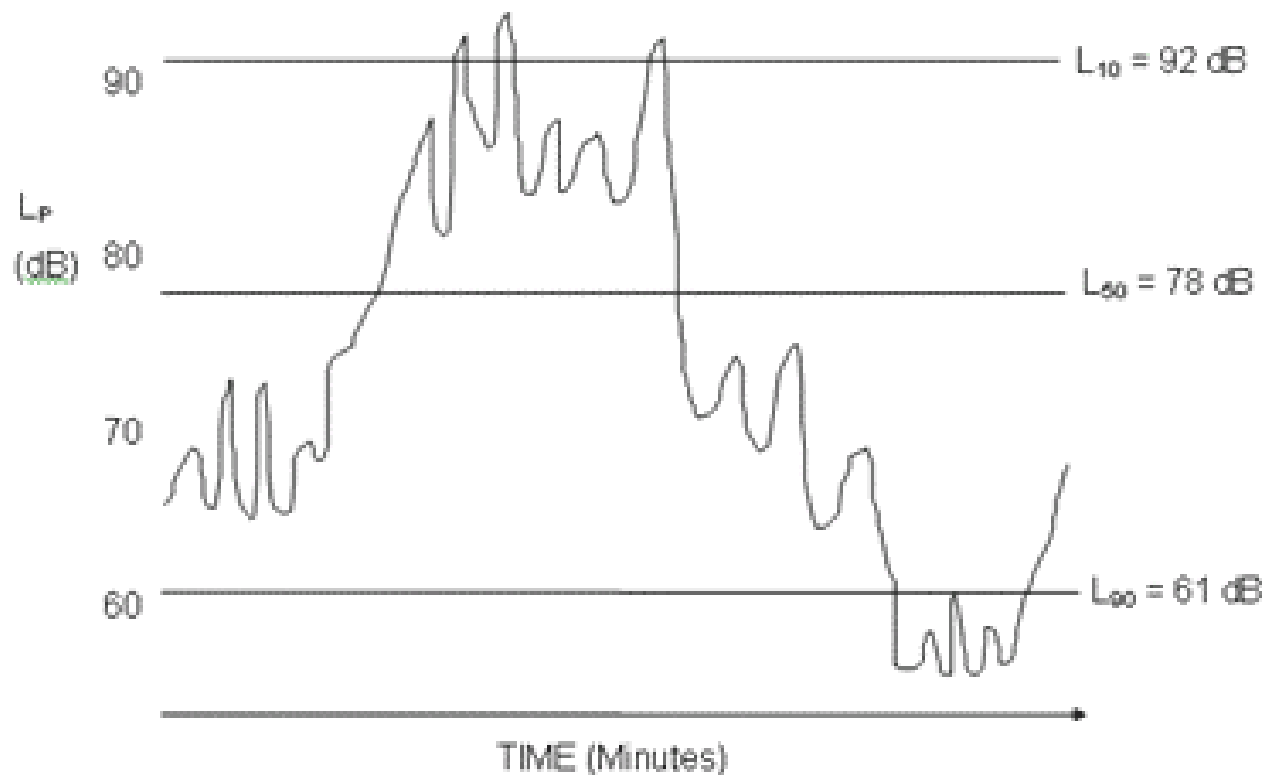
## Wskaźniki wykorzystywane do obiektywnej oceny uciążliwości hałasu:

$CNI$	combined noise index
$F$	$F$ -test result
$k$	combination coefficient
$L_{A10}$	A-weighted level exceeded for 10% of the time (dB)
$L_{A90}$	A-weighted level exceeded for 90% of the time (dB)
$L_{A10} - L_{A90}$	noise climate (dB)
$L_{eqA}$	A-weighted equivalent sound pressure level (dB)
$L_{eqLin}$	linear equivalent sound pressure level (dB)

## Wskaźniki wykorzystywane do obiektywnej oceny uciążliwości hałasu c.d.:

$L_{NP}$	noise pollution level (dB)
$LL_S$	Stevens' loudness level (phon)
$LL_Z$	Zwicker's loudness level (phon)
NC	noise criterion
NCB	balanced noise criterion
NR	noise rating
ONI	office noise index (dB)
PNC	preferred noise criterion
QAI	quality assessment index
$R$	correlation coefficient
RC	room criterion
$V$	individual subjective response
$\chi$	weighting factor





- $L_{90}$  – poziom dźwięku, który został przekroczony w okresie 10 % łącznego czasu obserwacji (quasiminimalny), często wykorzystywany jako poziom dźwięku tła akustycznego
- $L_{50}$  poziom dźwięku, który został przekroczony w okresie 50 % łącznego czasu obserwacji (poziom średni statystyczny)
- $L_{10}$  - poziom dźwięku, który został przekroczony w okresie 10 % łącznego czasu obserwacji. (quasimaksymalny)

- $L_{NP}$  – poziom zanieczyszczenia hałasem (noise pollution level) – określa poziom stałego dźwięku, który jest równie dokuczliwy jak poziom dźwięku zmiennego, określany jest wzorem

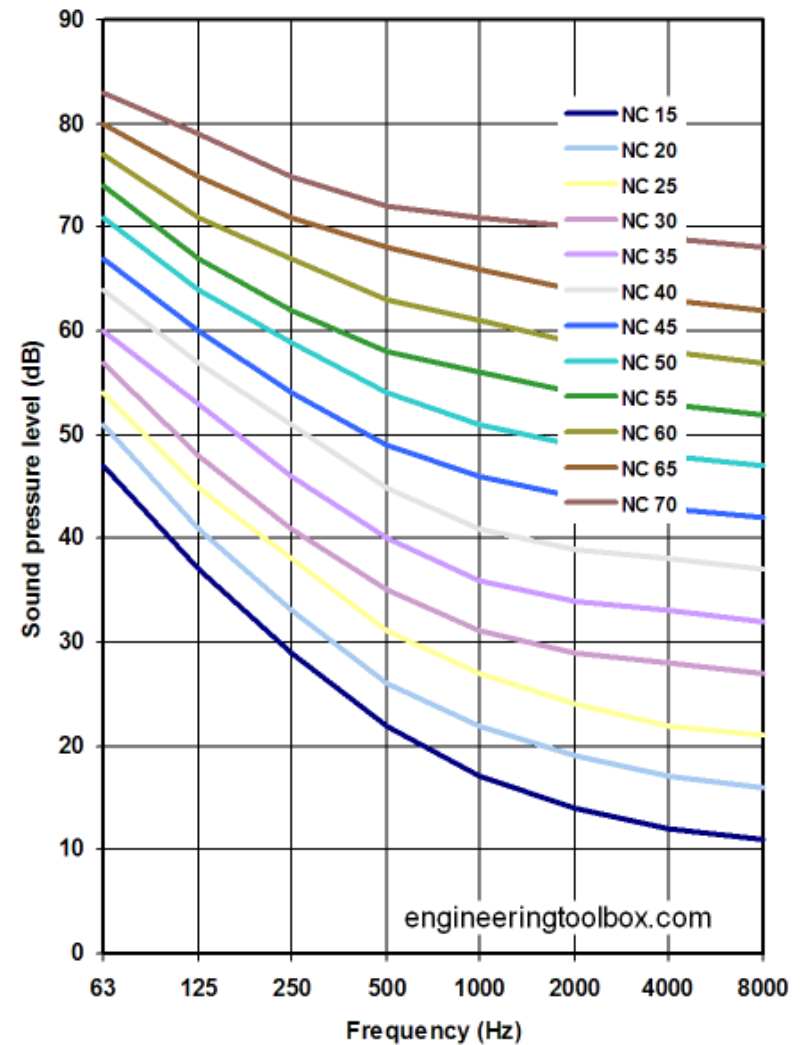
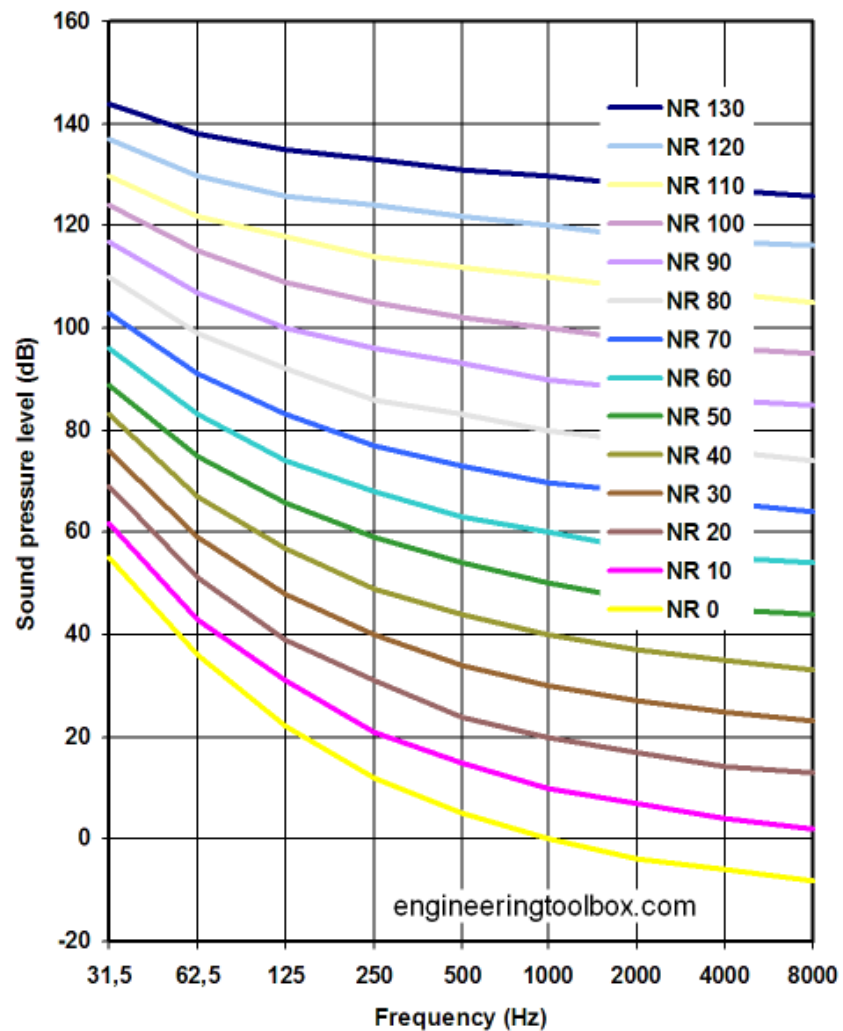
$$L_{NP} = L_{eq} + k \cdot \sigma,$$

Gdzie  $k = 2.56$ ,  $L_{eq}$  – poziom równoważny, a  $\sigma$  – odchylenie standardowe odchylenie standardowe odchylenia intensywności dźwięku w dB.

- **NC** (noise criterion) i **NR** (noise rating) – krzywe określające akceptowalne poziomy dźwięku dla pomieszczeń różnego przeznaczenia, przy czym NC stosowany jest w USA, a NR w Europie (ISO)
- Przykładowo:
  - NR 25 stosowany jest dla hal koncertowych, studio nadawczych, nagraniowych, kościołów
  - NR 30 – prywatne budownictwo, szpitale, teatry, kina, sale konferencyjne
  - NC 15-20 dla studiów nadawczych, nagraniowych, hal koncertowych
  - NC 25-30 dla sal konferencyjnych, operacyjnych, wykładowych, teatry

Przykładowo NR 60 musi spełniać wymagania:  
 96dB dla 31.5 Hz, 83dB – 62.5Hz; 74dB-125Hz; 68dB-250Hz;

63dB-500Hz; 60dB-1000Hz; 57dB-2000Hz; 55dB-4000Hz; 54dB-8000Hz





# ZAGADNIENIA (Plan wykładu):

- **Metody badania uciążliwości hałasu**
- **Wpływ hałasu na zdrowie i samopoczucie człowieka**
  - Słuchowe skutki działania hałasu,
  - Poza słuchowe skutki działania hałasu.
- **Ustawy i normy określające dopuszczalny poziom hałasu**

## Metody badania ...

- ankiety
- wywiad środowiskowy
- badanie uciążliwości hałasu infradźwiękowego
- **problemy !!!**

# Ankieta 1:

## Wrażliwość na hałas

**Objaśnienie:** Poniższe stwierdzenia odnoszą się do wrażliwości na hałas. Zaznacz odpowiedź, która najlepiej odnosi się do Ciebie:

- 1 - zupełnie się nie zgadzam
- 2 - raczej się nie zgadzam
- 3 - obojętne
- 4 - raczej się zgadzam
- 5 - zupełnie się zgadzam

		1	2	3	4	5
1	Nie miałbym nic przeciwko mieszkaniu na hałaśliwej ulicy, gdybym miał ładne mieszkanie.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Obecnie jestem bardziej świadomy istnienia hałasu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Nikt nie powinien mieć nic przeciwko temu, że ktoś raz na jakiś czas słucha muzyki na 'cały regulator'.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Przeszkadza mi szemranie i szeptanie podczas seansów filmowych w kinie.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Hałas łatwo mnie budzi.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Jeżeli jest głośno, gdy się uczę, zamykam okno, drzwi lub zmieniam miejsce nauki.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Irytuje mnie hałasowanie sąsiadów.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Ankieta 1:

8	Znoszę duży hałas bez większych trudności.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Przy wyborze miejsca zamieszkania nie bez znaczenia byłaby dla mnie lokalizacja domu naprzeciwko straży pożarnej.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Czasami hałas działa mi na nerwy i irytuje mnie.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Nawet muzyka, którą normalnie lubię słuchać, przeszkadza mi, gdy próbuję się skoncentrować.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Nie denerwują mnie codzienne hałasy sąsiadów (chodzenie, spuszczenie wody).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Kiedy chcę być sam, denerwują mnie hałasy zza drzwi.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Nie ma znaczenia to, co się dzieje wokół mnie, gdy chcę się skoncentrować.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Gdy jestem w bibliotece nie ma dla mnie znaczenia to, że ludzie prowadzą rozmowy, pod warunkiem, że robią to cicho.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Często chciałbym się znaleźć w miejscu, gdzie panuje absolutna cisza.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Motocykle powinny mieć wymóg posiadania lepszych tłumików.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Trudno mi się zrelaksować w hałaśliwym miejscu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Nie wyobrażam sobie mieszkać w domu lub mieszkaniu z cienkimi ścianami.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	Jestem wrażliwy na hałas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Ankieta 2:

	<b>Uciążliwość</b>					<b>Zmienność dźwięku</b>					<b>Ostrość</b>					<b>Tonalność</b>					<b>Chropowatość</b>					<b>Uwagi</b>
	postawa niezadowolenia i sprzeciwu wobec warunków akustycznych bądź związanych z nimi implikacjami zdrowotnymi i innymi;  1 – nieuciążliwy 2 – mało uciążliwy 3 – średnio uciążliwy 4 – uciążliwy 5 – bardzo uciążliwy					zmienność widma sygnału w czasie; określa w jakim stopniu zachodzą zmiany w widmie:  1 – widmo stałe w czasie 2 – małe zmiany w widmie 3 – średnie zmiany w widmie 4 – dość duża zmienność 5 – duża zmienność					środek ciężkości widma; określa w jakim zakresie częstotliwości skupiają się składowe widma:  1 – łagodny 2 – dość łagodny 3 – ani łagodny, ani ostry 4 – dość ostry 5 – ostry					miara płaskości widma; określa charakter widma – czy można wyróżnić w nim czyste składowe, czy widmo ma charakter płaski, tzn. szumowy  1 – płaski (szum) 2 – prawie szumowy 3 – ani szumowy, ani tonalny 4 – prawie tonalny 5 – tonalny (harmoniczny)					szybkie zmiany poziomu dźwięku (zmiany modulacji);  1 – gładki 2 – dość gładki 3 – ani gładki, ani chropowaty 4 – dość chropowaty 5 – chropowaty					Inne cechy dźwięku, które Twoim zdaniem wpływają na uciążliwość słyszanych próbek dźwięku.
Skala	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Nr próbki																										
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

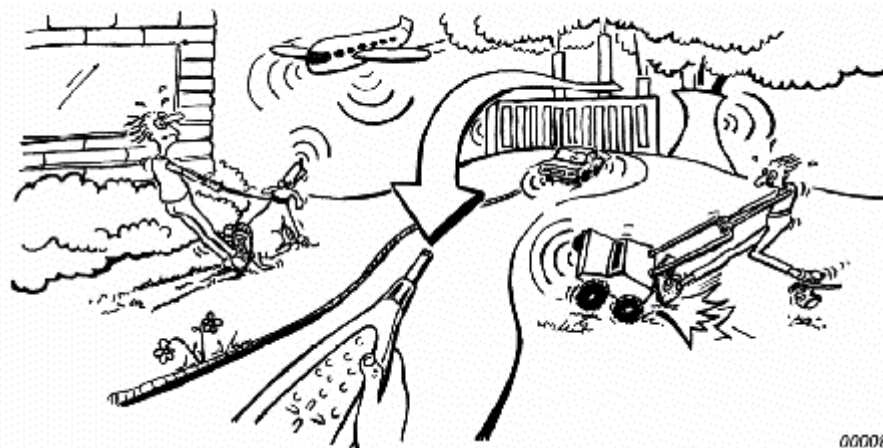
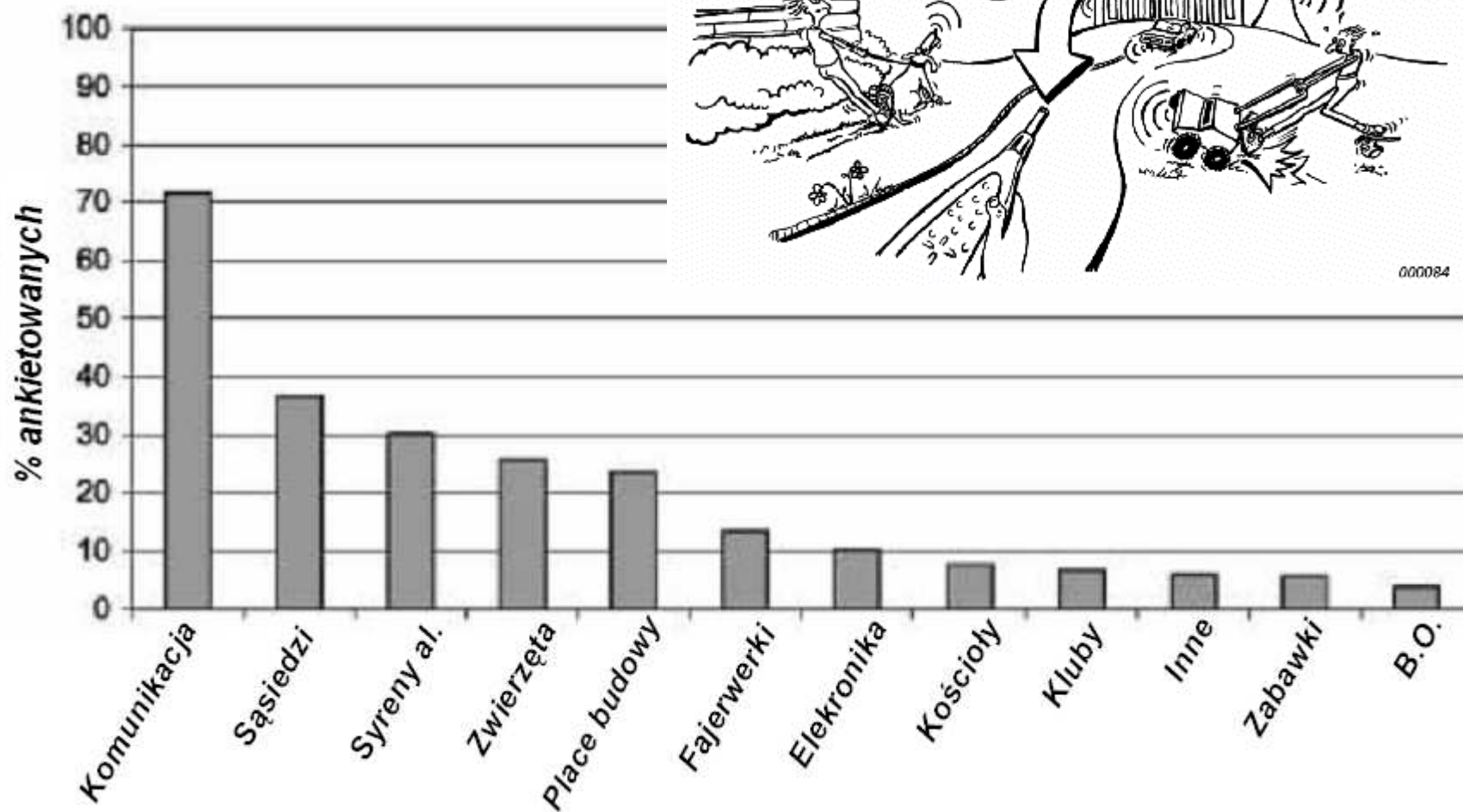
# Parametry dynamiczne...

- **zmiennność dźwięku** - widmo zmienne w czasie; czy i na ile zachodzą zmiany w widmie sygnału
- **chropowatość** - szybkie zmiany poziomu dźwięku (zmiany modulacji); zakres częstotliwości modulacji na którym występuje to wrażenie: 15-300 Hz; max wrażenia dla ok. 70 Hz częstotliwości modulacji

# Parametry statyczne...

- **ostrość** - środek ciężkości widma; określa jak bardzo dźwięk jest piskliwy - tzn. w jakim zakresie częstotliwości skupiają się składowe widma; wysoka ostrość oznacza zawartość w widmie składowych wysokoczęstotliwościowych
- **tonalność** - miara płaskości widma; określa charakter widma – czy można wyróżnić w nim czyste składowe, czy widmo ma charakter płaski, tzn. szumowy

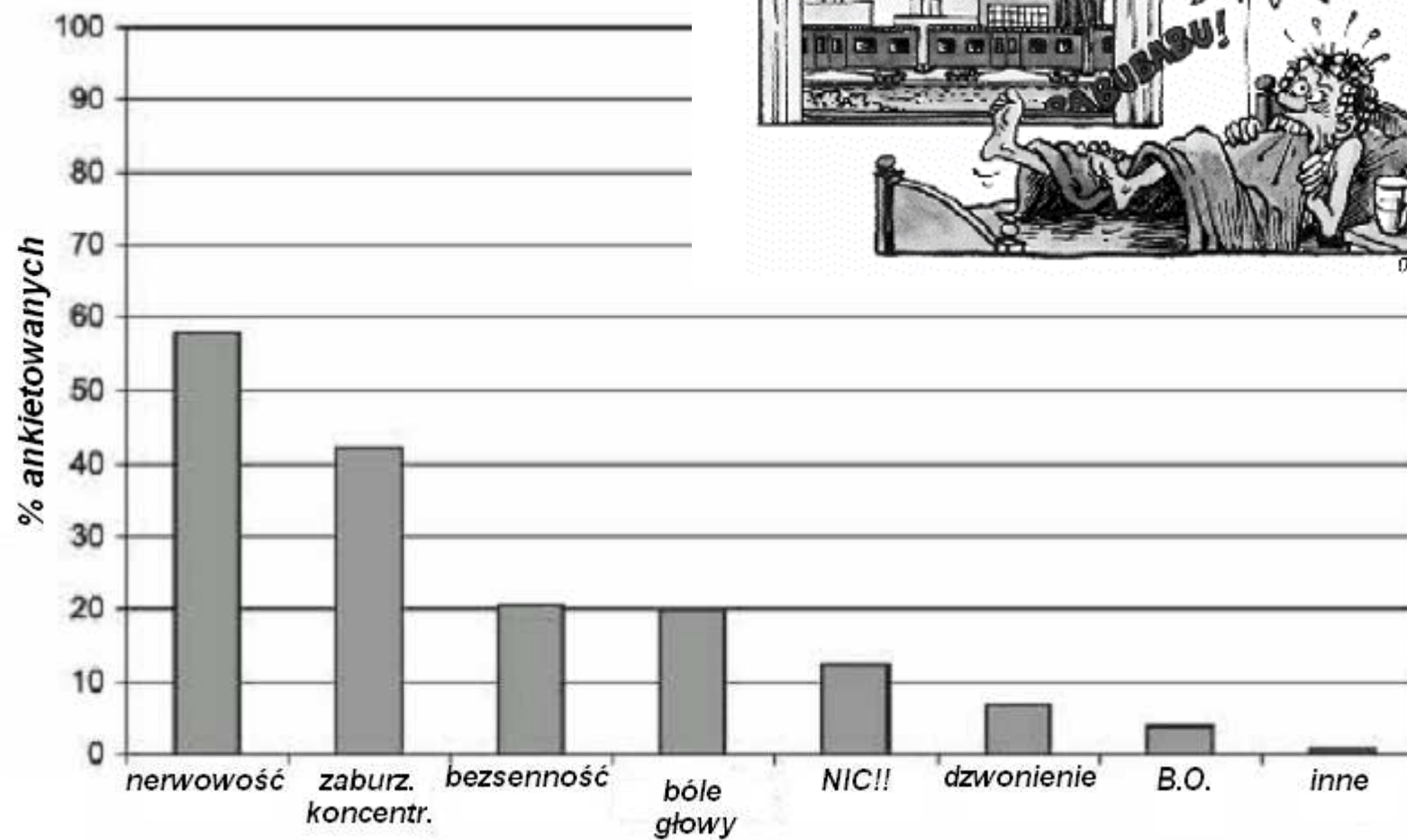
## Jakie źródło hałasu jest najbardziej dokuczliwe? :



B.O. - brak odpowiedzi



## Co wywołuje u Ciebie hałas? :

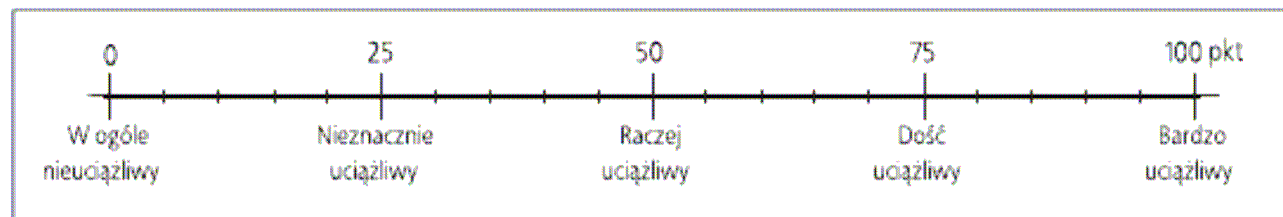


# Badanie uciążliwości hałasu infradźwiękowego...

- Do badań wpływu hałasu infradźwiękowego i niskoczęstotliwościowego na zdolność koncentracji i możliwość utrzymania długotrwałej uwagi selektywnej wybrano 60 osób (30 kobiet i 30 mężczyzn) w wieku 19 – 25 lat, z grupy ok. 200 ochotników. Osoby wytypowane do badania charakteryzowały się zróżnicowanymi cechami układu nerwowego oraz prawidłowym słuchem (ubytek słuchu <25 dB). Wśród nich było 30 osób (15 kobiet i 15 mężczyzn) określanych jako niskoreaktywne (NR) oraz 30 osób (15 kobiet i 15 mężczyzn) określanych jako wysokoreaktywne (WR).
- Wybrana grupa ochotników uczestniczyła w eksperymencie, który polegał na wykonywaniu komputerowych testów psychologicznych (badających sprawność w zakresie wykonywania zadań umysłowych – test ALS oraz sprawność procesów poznawczych: spostrzegawczości i uwagi – test DAUF) przez uczestników badań w różnych warunkach akustycznych [10].
- Osoby badane znajdowały się w wydzielonym pomieszczeniu badawczym (kabina dźwiękoizolacyjna), natomiast źródła hałasu umieszczono na zewnątrz. Schemat pomieszczenia laboratoryjnego (stanowisko I – do badań czasu reakcji i oceny subiektywnej) przedstawiono na rys. 2.

# Badanie uciążliwości hałasu infradźwiękowego...

- Czas trwania jednej sesji wynosił ok. 60 min.
- Wszystkie osoby uczestniczyły w 4 sesjach (3 warianty eksperymentu oraz sesja próbna), które odbywały się nie częściej niż raz w tygodniu, zawsze o tej samej porze.
- U osób badanych przed i po eksperymencie kontrolowano sprawność w zakresie refleksu (test refleksu), zaś same te osoby określały swój aktualny nastrój i stan samopoczucia (skala Grandjeana).
- W eksperymencie, jako miarę subiektywnej oceny uciążliwości hałasu infradźwiękowego i niskoczęstotliwościowego podczas wykonywania prac umysłowych wymagających koncentracji uwagi, zastosowano 100-punktową skalę uciążliwości hałasu – SUH (*ocena ilościowa*), (rys. 4.) oraz ankietę odczuć i dolegliwości subiektywnie związanych z ekspozycją na hałas (*ocena jakościowa*)



Rys. 4. 100-punktowa skala uciążliwości hałasu SUH

# Badanie uciążliwości hałasu infradźwiękowego...

- Analiza statystyczna obejmowała porównanie wyników zebranych PRZED przystąpieniem do każdego eksperymentu z wynikami uzyskanymi PO ich zakończeniu. W przypadku testów, które wykonywane były przez osoby badane jeden raz w czasie każdego eksperymentu, wtedy analiza statystyczna dotyczyła porównania wyników uzyskanych w poszczególnych eksperymentach z różnymi rodzajami hałasu.

# Badanie uciążliwości hałasu infradźwiękowego...

## ANKIETA ODCZUĆ I DOLEGLIWOŚCI *Survey of reported sensations and complaints*

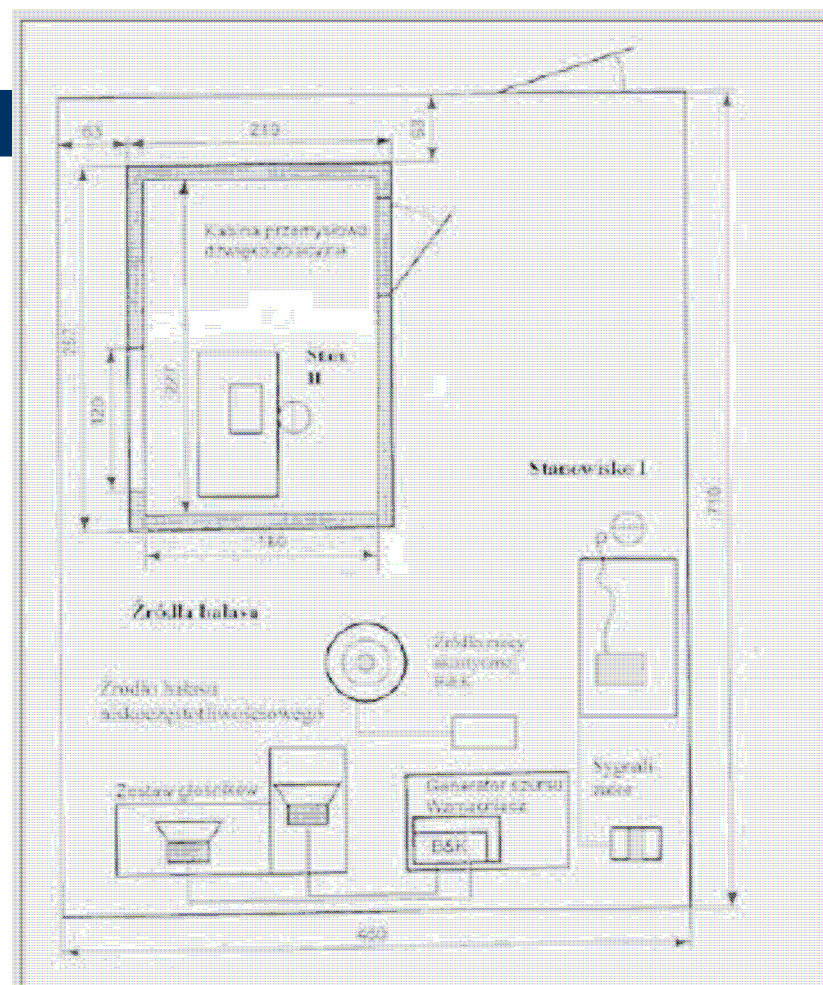
### Odczucia podczas pobytu w kabinie

1-O – Nic nie odczuwałem/łam	<input type="checkbox"/>
2-O – Słyszałem/łam hałas (szum)	<input type="checkbox"/>
3-O – Czułem/am ciśnienie (ucisk) w uszach	<input type="checkbox"/>
4-O – Czułem/am ciśnienie (ucisk) w głowie	<input type="checkbox"/>
5-O – Czułem/am wibracje w częściach ciała	<input type="checkbox"/>
6-O – Czułem/am dyskomfort	<input type="checkbox"/>
7-O – Miałem/am inne odczucia – jakie?	<input type="checkbox"/>

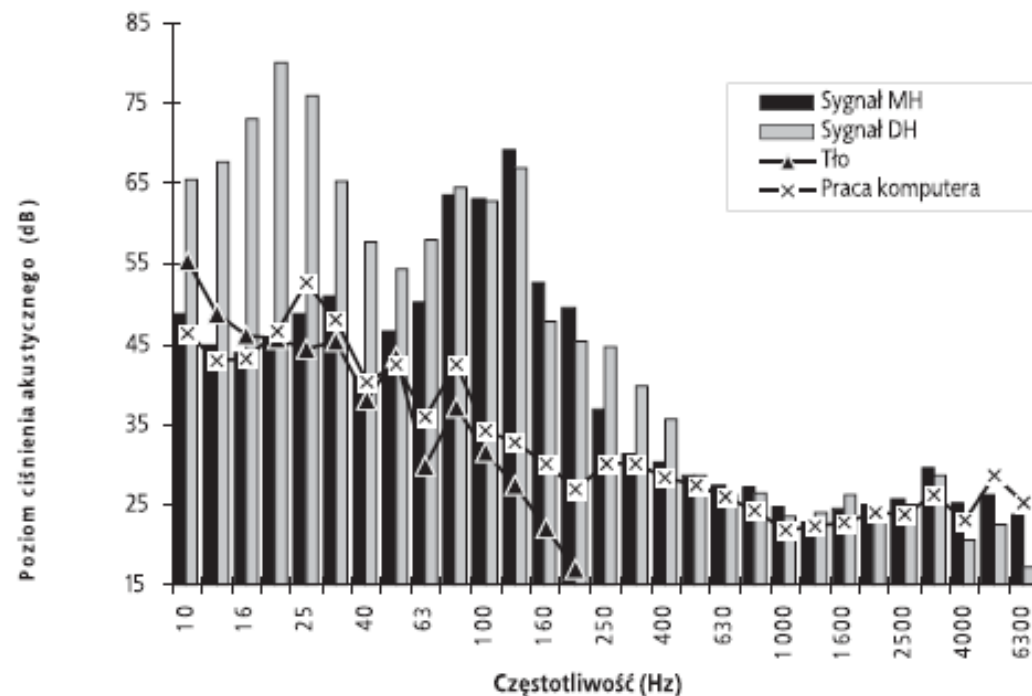
### Dolegliwości podczas pobytu w kabinie

1-D – Brak narzekań	<input type="checkbox"/>
2-D – Ból głowy	<input type="checkbox"/>
3-D – Problemy z koncentracją	<input type="checkbox"/>
4-D – Zawrót głowy	<input type="checkbox"/>
5-D – Senność	<input type="checkbox"/>
6-D – Zmęczenie	<input type="checkbox"/>
7-D – Inne dolegliwości – jakie?	<input type="checkbox"/>

Ankieta zawiera 14 pojęć opisujących odczucia (7 pozycji) i dolegliwości (7 pozycji)



Rys. 2. Schemat laboratorium badawczego



Rys. 3. Widmo hałasu wewnątrz kabiny dla różnych wariantów eksperymentu

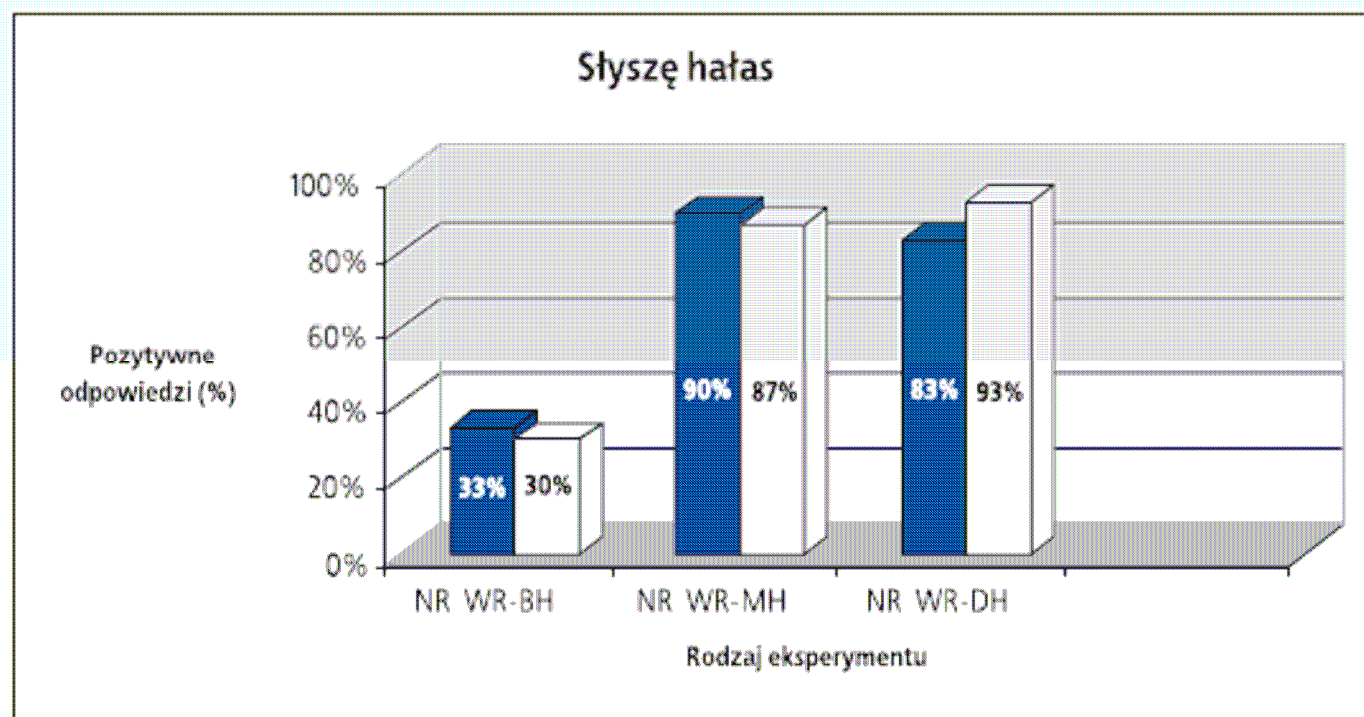
Tabela 1

ZESTAWIENIE PARAMETRÓW AKUSTYCZNYCH DLA POSZCZEGÓLNYCH WARUNKÓW AKUSTYCZNYCH PODCZAS BADAŃ LABORATORYJNYCH

*List of acoustic parameters for individual acoustic conditions during laboratory tests*

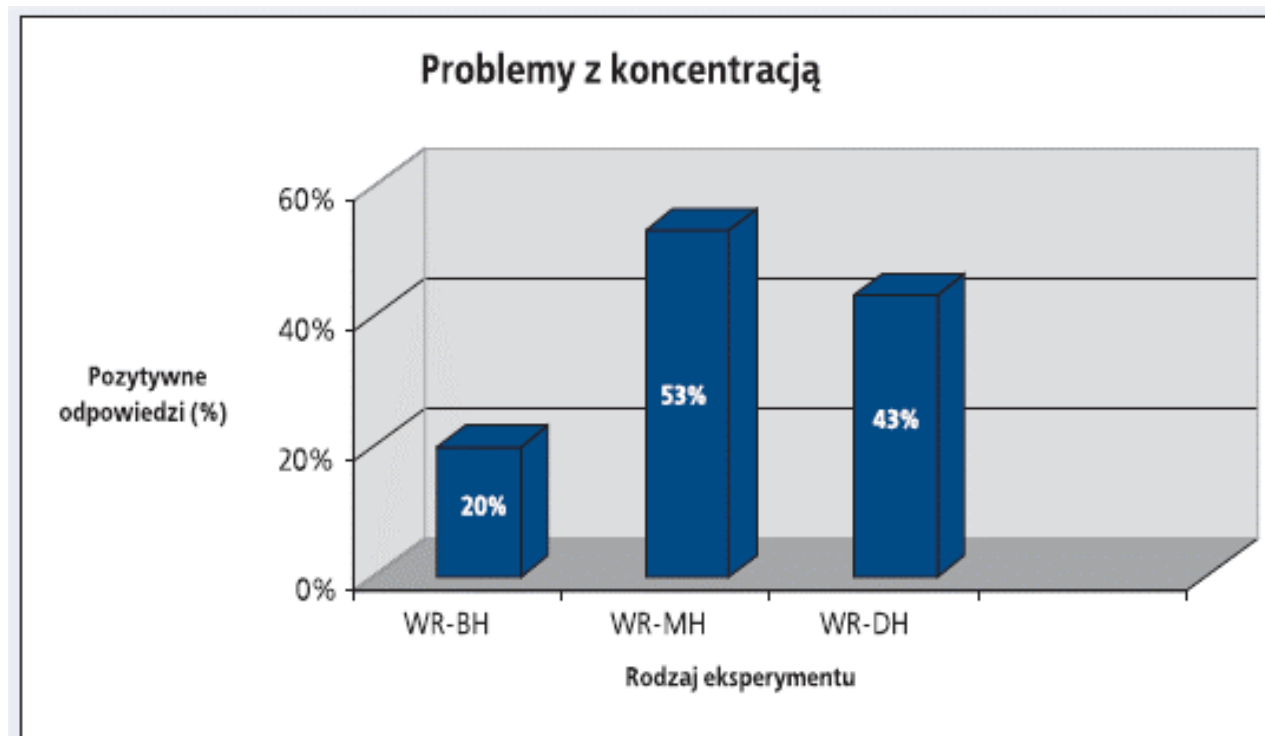
Lp.	Nazwa warunków akustycznych	Parametry akustyczne w pomieszczeniu badawczym		
		$L_{wA}$ (dB)	$L_{p_{max}}$ (dB)	$L_{wpt}$ (dB)
1.	Tło akustyczne w kabinie	22,0	63,5	61,8
2.	Hałas: BH – hałas pochodzący od pracy komputera (szerokopasmowy)	35,0	64,6	62,0
3.	Hałas MH – hałas niskoczęstotliwościowy	53,2	82,8	62,1
4.	Hałas DH – hałas in fradźwiękowy	52,9	88,4	90,3

# Badanie uciążliwości hałasu infradźwiękowego...



Rys. 6. Wyniki ankiety odczuć i dolegliwości – ocena w różnych wariantach eksperymentu z rozróżnieniem reaktywności badanych osób (*słyszę hałas*)

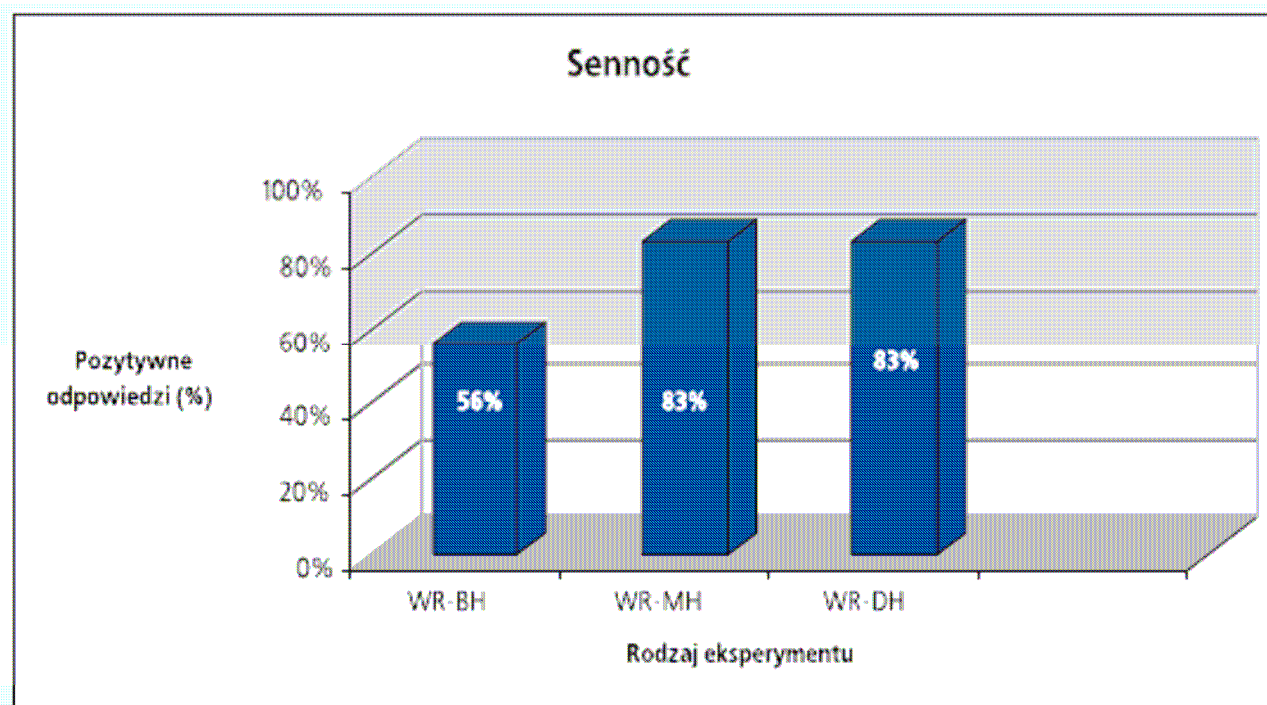
# Badanie uciążliwości hałasu infradźwiękowego...



Rys. 7. Wyniki ankiety odczuć i dolegliwości osób wysokoreaktywnych – ocena w różnych wariantach eksperymentu (problemy z koncentracją)

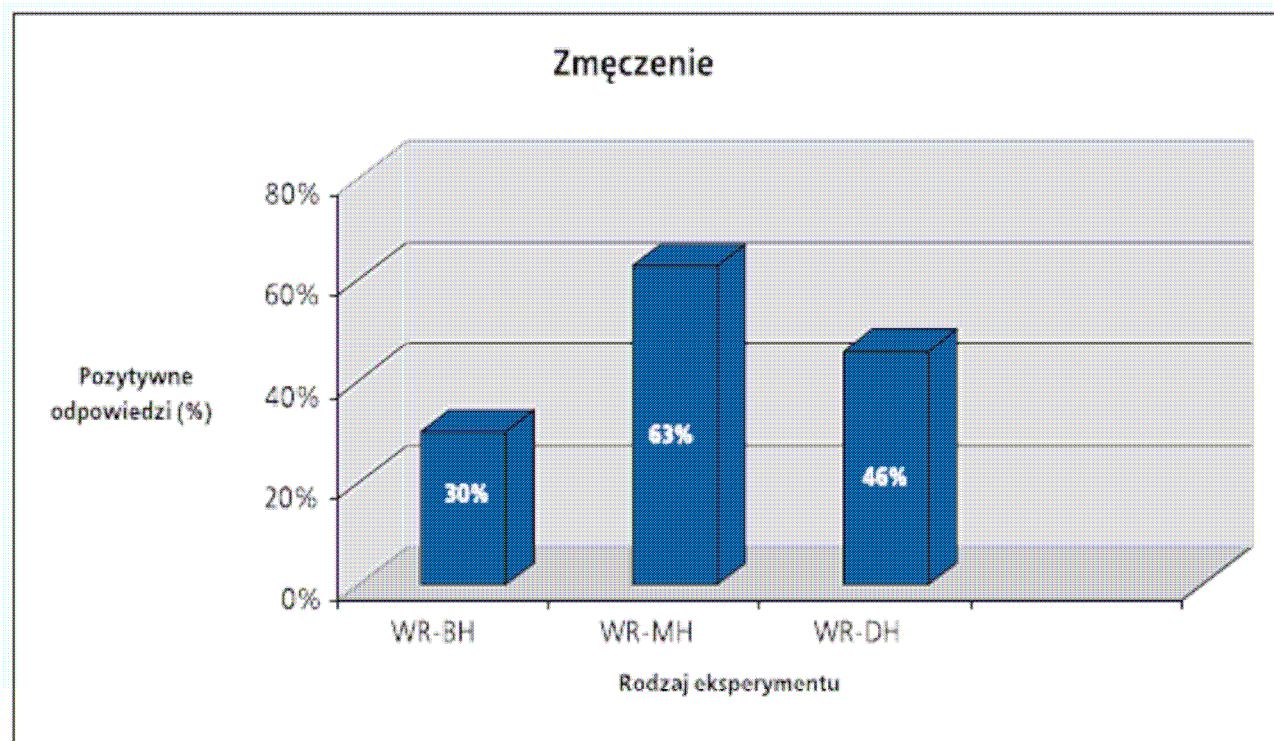


# Badanie uciążliwości hałasu infradźwiękowego...



Rys. 8. Wyniki ankiety odczuć i dolegliwości osób wysokoreaktywnych – ocena w różnych wariantach eksperymentu (senność)

# Badanie uciążliwości hałasu infradźwiękowego...



Rys. 9. Wyniki ankiety odczuć i dolegliwości osób wysokoreaktywnych – ocena w różnych wariantach eksperymentu (zmęczenie)

# Wpływ hałasu na organizm człowieka

## Dokuczliwy

- niezadowolenie
- dyskomfort
- zmęczenie nerwowe
- trudności w koncentracji

## Szkodliwy

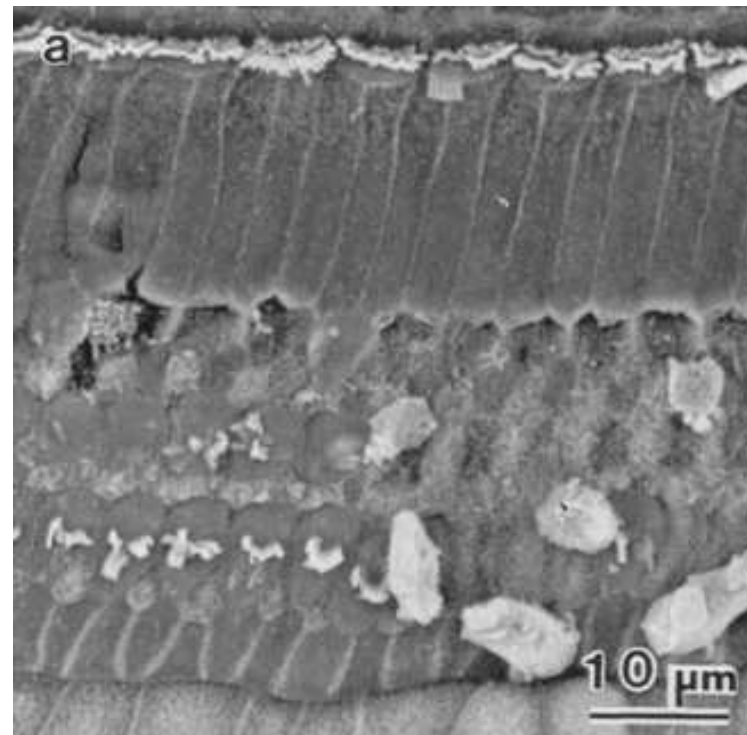
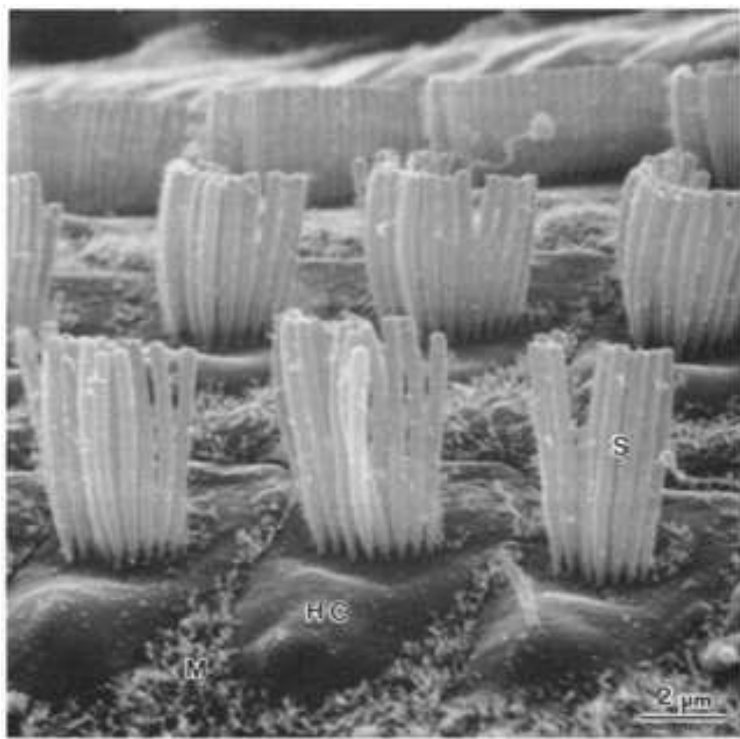
### Słuchowy

- upośledzenie słuchu
- głuchota

### Pozasłuchowy

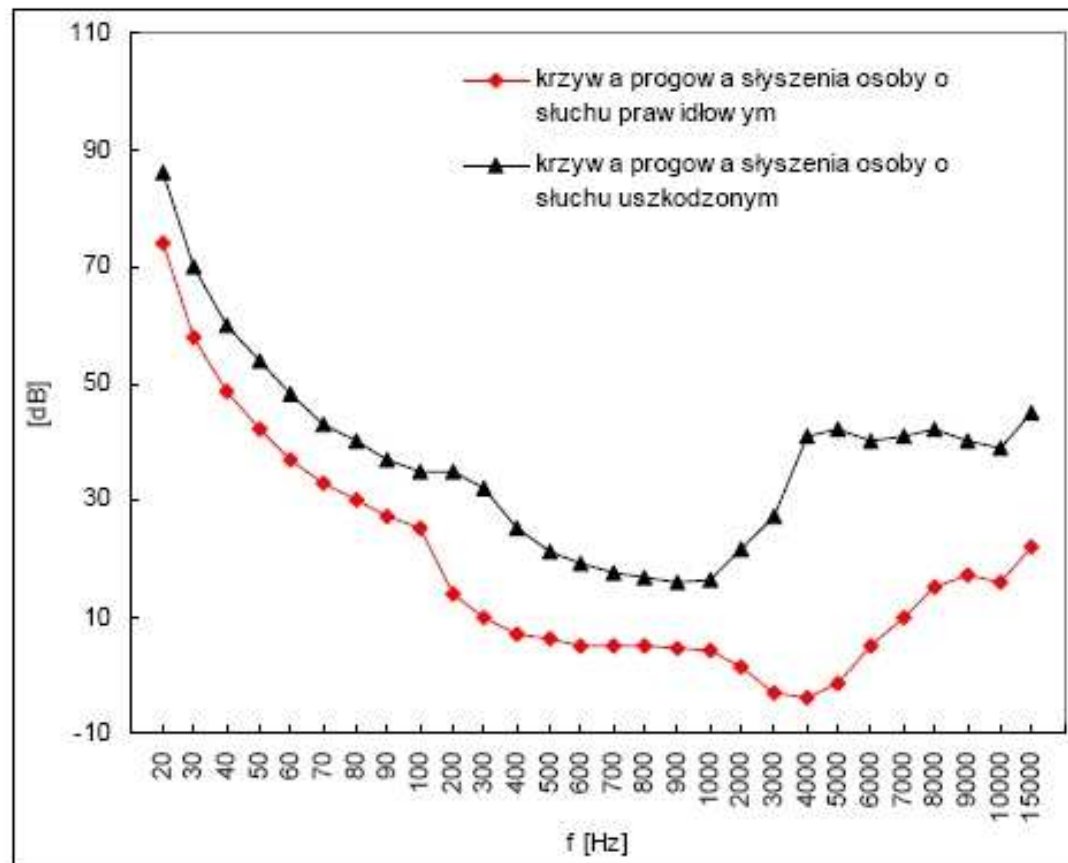
- skurcze mięśni
- reakcja układu oddechowego
- reakcja układu krążenia

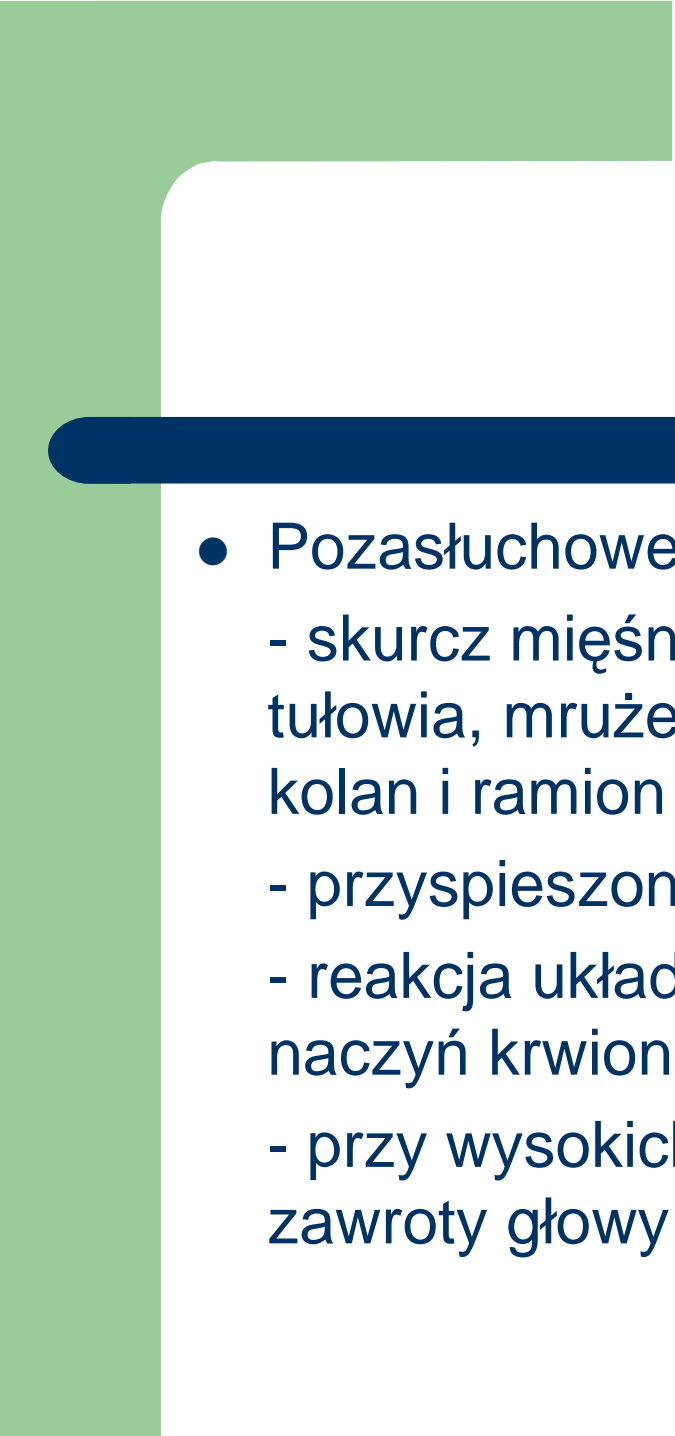

# Uszkodzenia narządu słuchu

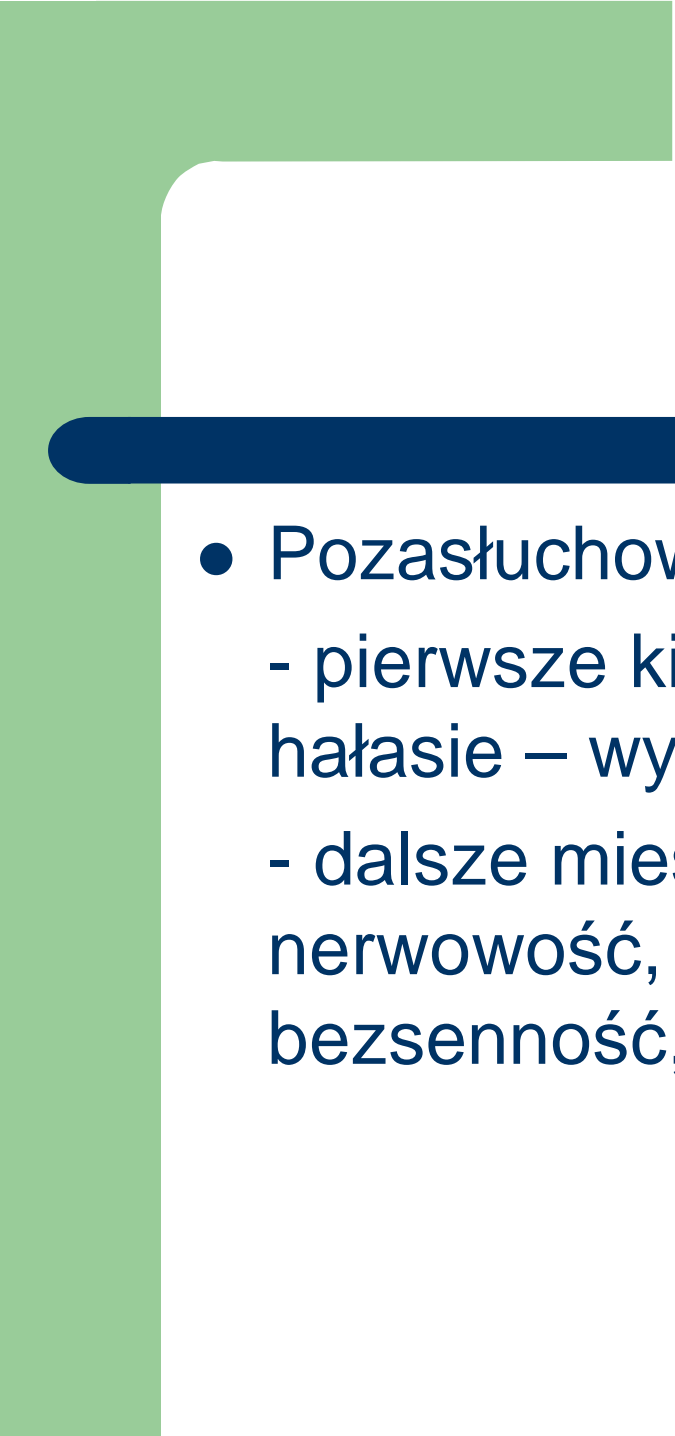



Rys. Zdrowe (z lewej) i zniszczone (z prawej) komórki rzęskowe

# Krzywe progowe słuchu osoby o słuchu prawidłowym i uszkodzonym



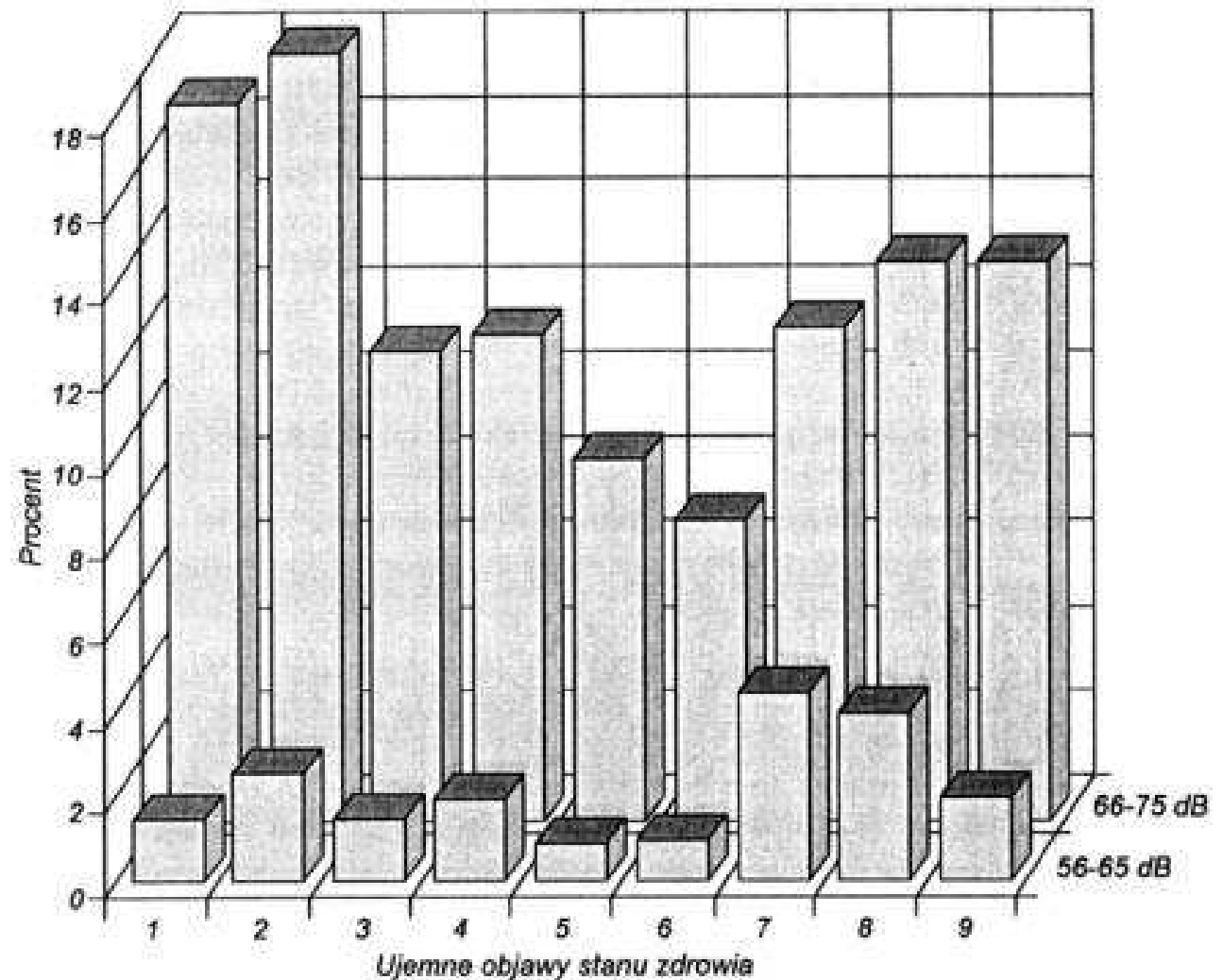
- 
- 
- Pozasłuchowe skutki działania hałasu:
    - skurcz mięśni, objawiający się nachyleniem tułowia, mrużeniem powiek, otwarciem ust, zgięciem kolan i ramion
    - przyspieszony oddech
    - reakcja układu krążenia objawiająca się skurczem naczyń krwionośnych
    - przy wysokich poziomach hałasu zaobserwowano zawroty głowy i oczopląs

- 
- 
- Pozasłuchowe skutki działania hałasu:
    - pierwsze kilka miesięcy przebywania w hałasie – wyraźne zmęczenie, pobudliwość
    - dalsze miesiące, lata – wzmożona nerwowość, zmęczenie, bóle głowy, bezsenność, neurastenia (nerwica)

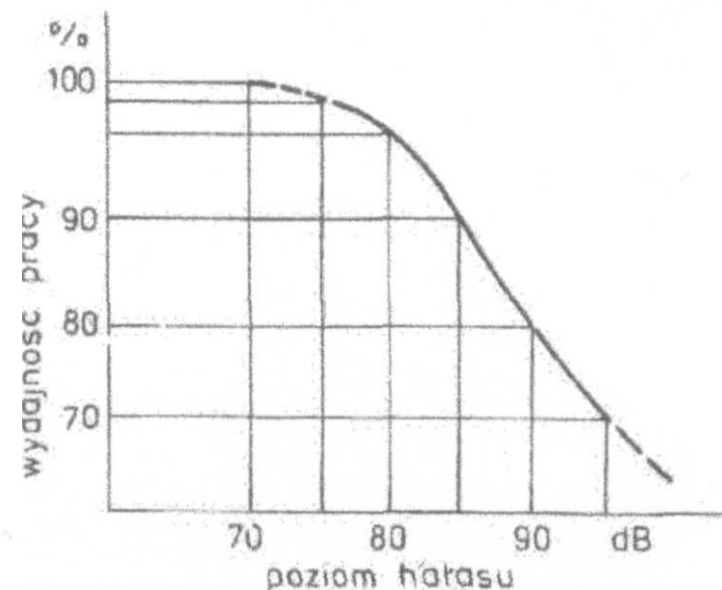
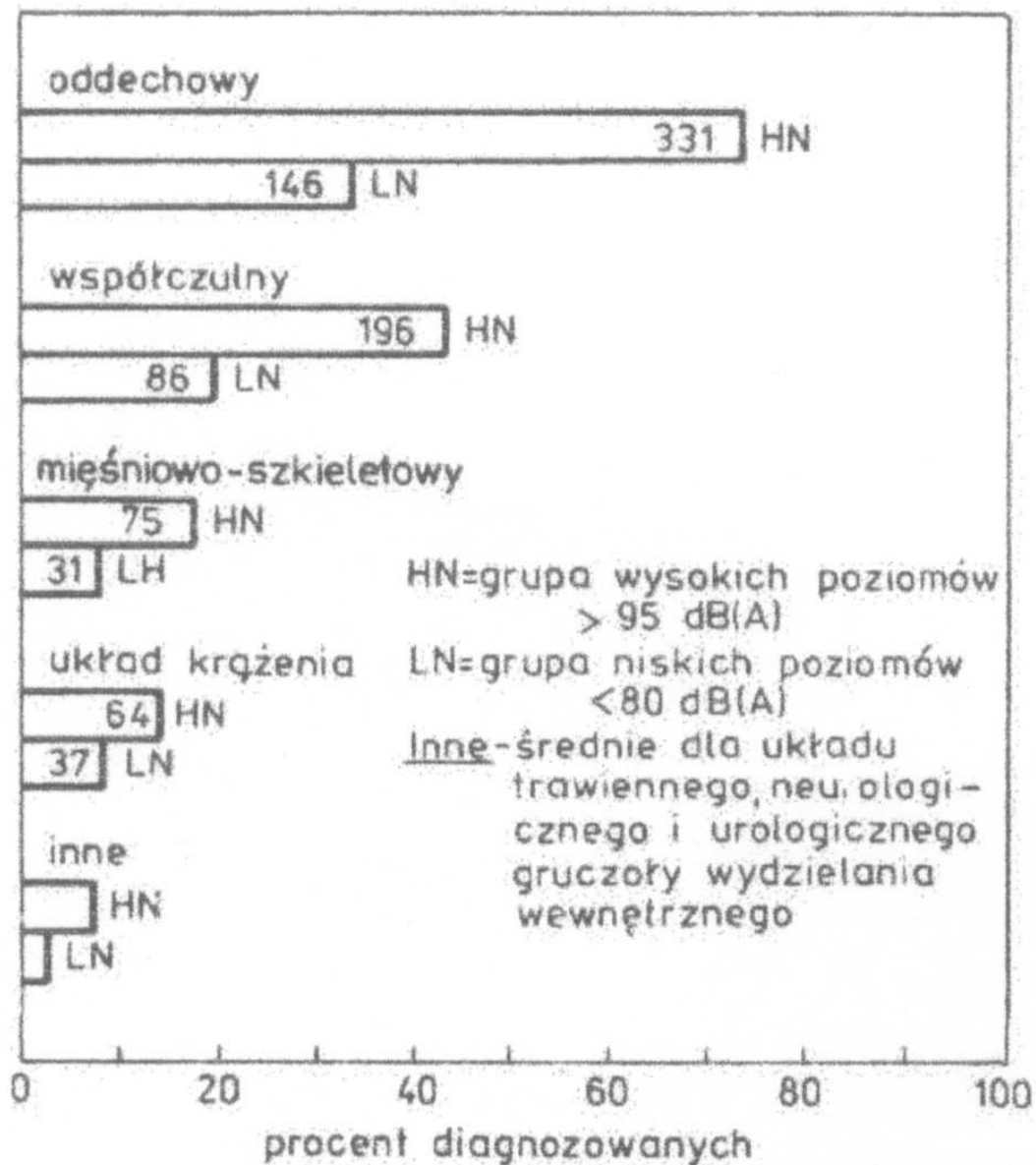
# Szkodliwość hałasu w zależności od jego poziomu

- $< 35$  dB(A) - nieszkodliwe dla zdrowia, mogą być denerwujące lub przeszkadzać w pracy wymagającej skupienia,
- 35 - 70 dB(A) - wpływają na zmęczenie układu nerwowego człowieka, poważnie utrudniają zrozumiałość mowy, zasypianie i wypoczynek,
- 70 - 85 dB(A) - wpływają na znaczne zmniejszenie wydajności pracy, mogą być szkodliwe dla zdrowia i powodować uszkodzenie słuchu,
- 85 - 130 dB(A) - powodują liczne schorzenia organizmu ludzkiego, uniemożliwiają zrozumiałość mowy nawet z odległości 0,5 m,
- $> 130$  dB(A) - powodują trwałe uszkodzenie słuchu, wywołują pobudzenie do drgań organów wewnętrznych człowieka powodując ich schorzenia.





- Ryzyko względne pogorszenia stanu zdrowia ocenianego przez mieszkańców z rejonu o wyższym poziomie hałasu w odniesieniu do osób zamieszkałych w korzystnych warunkach akustycznych:
  - 1 - szybkie męczenie się, 2 - bóle i kołatanie serca, 3- duszność,
  - 4 - zawroty głowy, 6 - uderzenia krwi do głowy, 7 - bóle i łzawienie oczu, 8 - marznięcie kończyn, 9 - niska samoocena zdrowia



- Wpływ poziomu hałasu na wydajność pracy
- Liczba schorzeń notowanych w ciągu 5 lat u pracowników przemysłu pracujących w hałasie o poziomach: HN-LpA=95 dB(A), LN-LpA=80 dB(A)

# Ustawy i normy określające dopuszczalny poziom hałasu

- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 29 lipca 2004r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku Dz. U. nr 178 poz. 1841
- PN-81/N-01306 Hałas. Metody pomiaru.
- PN-94/N01307 Hałas. Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy
- PN-ISO 1996-2/1999 Akustyka. Opis i pomiary hałasu środowiskowego. Zbieranie danych dotyczących sposobu zagospodarowania terenu.
- PN-ISO 1996-3/1999 Akustyka. Opis i pomiary hałasu środowiskowego. Wytyczne dotyczące dopuszczalnych poziomów hałasu.

**Dziękujemy za uwagę !**

