

Ochrona Przeciwdźwiękowa

Modelowanie wybranych źródeł hałasu

Prowadzący:
dr inż. Józef Kotus

Plan wystąpień

- Wprowadzenie
- Modelowanie źródeł hałasu komunikacyjnego (drogowy, kolejowy, lotniczy)
- Modelowanie źródeł hałasu przemysłowego
- Modelowanie źródeł hałasu osiedlowego
- Modelowanie innych źródeł hałasu
- Podsumowanie

Wprowadzenie

- Hałas
- Źródła hałasu:
 1. Środki komunikacji i transportu: samoloty, pojazdy drogowe, pojazdy szynowe, rolnicze, ...
 2. Źródła przemysłowe: zewn. (hale, chłodnie, piece), wewn. (źródła mocy: silniki, generatory; maszyny i urządzenia: mech., elektr., sygnalizac.)
 3. Maszyny, urządzenia i instalacje w budynkach
 4. Obiekty komunalne, środowiskowe, wojskowe

Wprowadzenie

Modelowanie – doświadczalna lub matematyczna metoda badania złożonych układów, zjawisk i procesów na podstawie konstruowania modeli

Modelowanie źródeł hałasu oparte jest na odpowiedniości uzyskiwanych wyników z pomiarami i stosowane głównie do tworzenia map hałasu

Modelowanie źródeł hałasu ruchu drogowego

Mapa akustyczna realizowana zgodnie z dyrektywą 2002/49/WE jest mapą strategiczną, wskazującą na główne źródła hałasu, obszary narażone na hałas, a także określająca liczbę osób i powierzchnię terenów narażonych na hałas

Hałas komunikacyjny

Do roku 1983 sporządzono w Polsce ok. 250 planów akustycznych miast. Wynika z nich, że wartości przeciętnych poziomów głośności hałasu są następujące:

- w miastach dużych 61-72 dB (średnia 67 dB)
- w miastach średnich 57-68 dB (średnia 63 dB)
- w miastach małych 52-69 dB (średnia 61 dB)
- w miastach sanatoryjnych i wypoczynkowych 48-66 dB (średnia 58 dB)

Hałas komunikacyjny

Największy udział w powstawaniu wysokich poziomów hałasu mają pojazdy ciężkie. 40% tych pojazdów odznacza się poziomem większym od 85 dB. Poziom hałasu pozostałych pojazdów, głównie osobowych wynosi 75-85 dB, a w ramach starzenia się pojazdów poziom wytwarzanego przez nie hałasu zwiększa się o 2-4 dB. Dużym źródłem hałasu są także środki komunikacji miejskiej, codziennie ludność korzystająca ze środków komunikacji miejskiej jest narażona na poziom hałasu dochodzącego średnio do 80-85 dB. Stwierdzono także dużą uciążliwość hałasów od tras kolejowych oraz lotnisk, szczególnie tam, gdzie są one użytkowane w bliskości dużych osiedli mieszkaniowych.

Modelowanie źródeł hałasu ruchu drogowego

Metody modelowania źródeł hałasu:

- **NMPB-Routes-96 (France, EC-Interim)**
- RLS-90, VBUS (Germany)
- DIN 18005 (Germany)
- RVS 04.02.11 (Austria)
- STL 86 (Switzerland)
- SonRoad (Switzerland)
- CRTN (United Kingdom)
- TemaNord 1996:525 (Scandinavia)
- Czech Method (Czech Republic)

Source modelling of road vehicles

wysokość źródła

- Większość europejskich modeli używa źródeł punktowych umieszczonych na wysokości od 0.3m (Mitra) do 0.75m ('81 Dutch model)
- W najnowszym modelu Nord 2000 używa się trzech źródeł, o równej sile, rozmieszczonych:

	Height	Frequency range
Source 1	0,01 m	25-10000 Hz
Source 2	0,15 m	25-10000 Hz
Source 3	0,30 m	25-10000 Hz

samochody osobowe

	Height	Frequency range
Source 1	0,01 m	2 000-10000 Hz
Source 2	0,15 m	25(250)-10000 Hz
Source 3	0,30 m	25(250)-10000 Hz

samochody ciężarowe

Source modelling of road vehicles

wysokość źródła

- Amerykański model TNM używa dwóch wysokości źródeł (0 i 1.5m) o różnej dystrybucji mocy

Vehicle	Throttle	Frequency (Hz)	Effective height (m)
Auto	All	< 800	0,44
		> 2000	0,06
Medium Trucks 6 tyres	Cruise	< 400	0,57
		>2000	0,13
Heavy trucks > 6 tyres	Cruise	<800	1,38
		>1000	1,01

- Już w '99 dowiedziono, że główne źródło hałasu znajduje się pod podwoziem oraz że używanie jednej wysokości źródła jest niewystarczające.

Source modelling of road vehicles

wysokość źródła

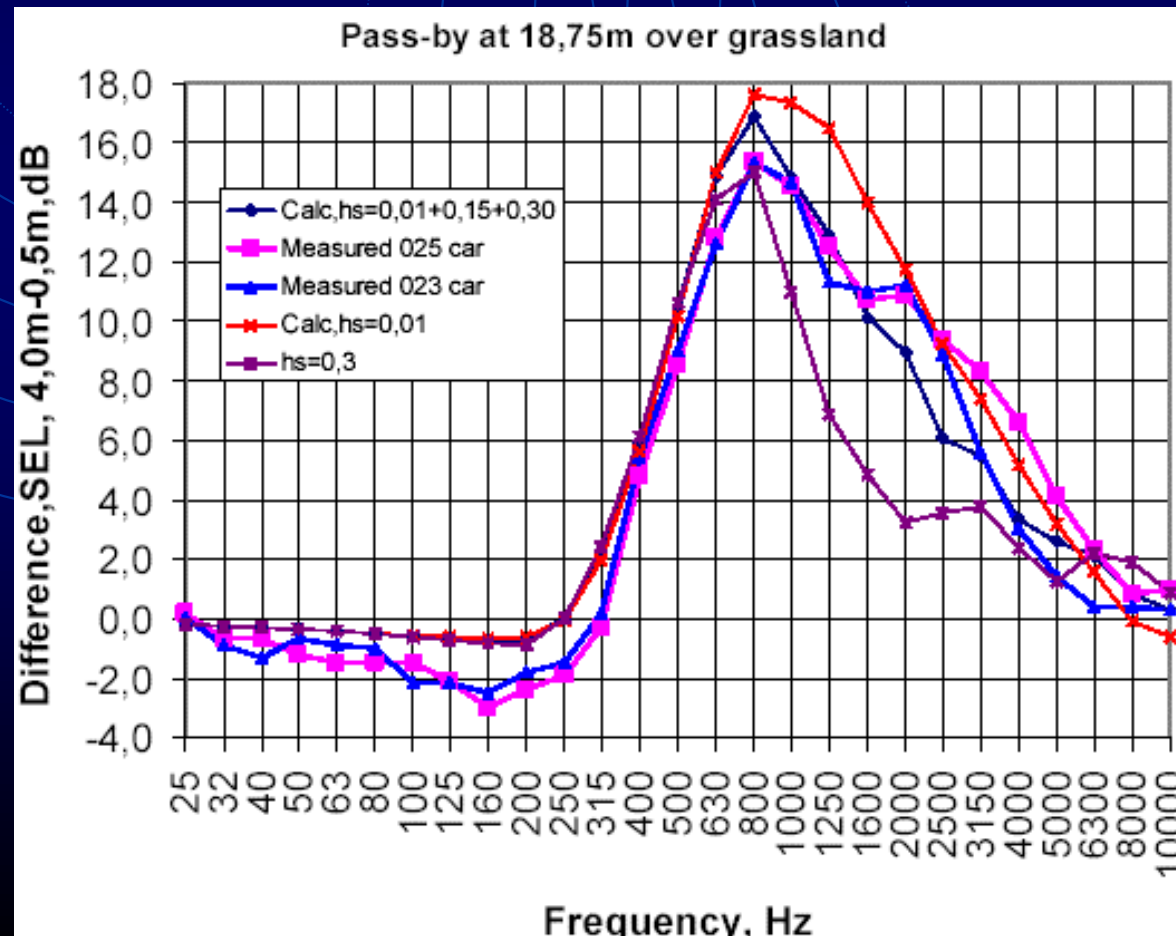
- Ostatecznie udowodniono, że optymalną wysokością źródła jest około 0.5m (<500Hz) oraz 0m (>500Hz)
- Niezerowa wysokość uwzględnia odbicia od podwozia i wibracje kół

centre octave- band	vehicle category									
	passenger cars		lorries				busses		motor- cycles	
	<i>h</i>	<i>L_w</i>	<i>h</i>	<i>L_w</i>	<i>h</i>	<i>L_w</i>	<i>h</i>	<i>L_w</i>	<i>h</i>	<i>L_w</i>
<i>f</i> [Hz]	[m]	[dB]	[m]	[dB]	[m]	[dB]	[m]	[dB]	[m]	[dB]
63	0,6	73	0,7	81	0,7	78	0,7	78	0,4	84
	1,5	68								
125	0,6	85	0,7	89	0,7	86	0,7	86	0,4	92
	1,5	80								
250	0,4	91	0,2	94	0,2	94	0,2	91	0,4	97
	1,3	83	1,0	91	1,0	91	1,0	88	0,9	93
500	0,0	97	0,0	102	0,0	105	0,0	100	0,4	99
	1,2	87	0,7	97	0,7	99	0,7	94	0,9	92
1000	0,0	104	0,0	105	0,0	106	0,0	102	0,0	94
	1,0	92	0,7	96	0,7	98	0,7	92	0,4	94
2000	0,0	103	0,0	102	0,0	101	0,0	98	0,0	94
	1,0	80	0,7	92	0,7	92	0,7	88	0,4	92
4000	0,0	94	0,0	93	0,0	92	0,0	89	0,0	89
	1,0	71	0,7	83	0,7	83	0,7	79	0,4	87
8000	0,0	84	0,0	84	0,0	83	0,0	80	0,0	80
	1,0	61	0,7	74	0,7	74	0,7	70	0,4	78

Source modelling of road vehicles

wysokość źródła

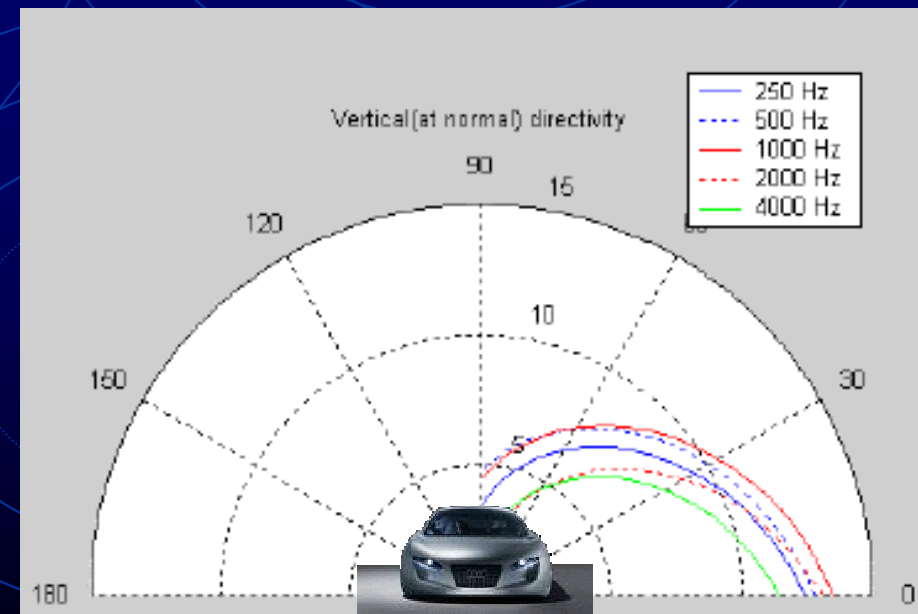
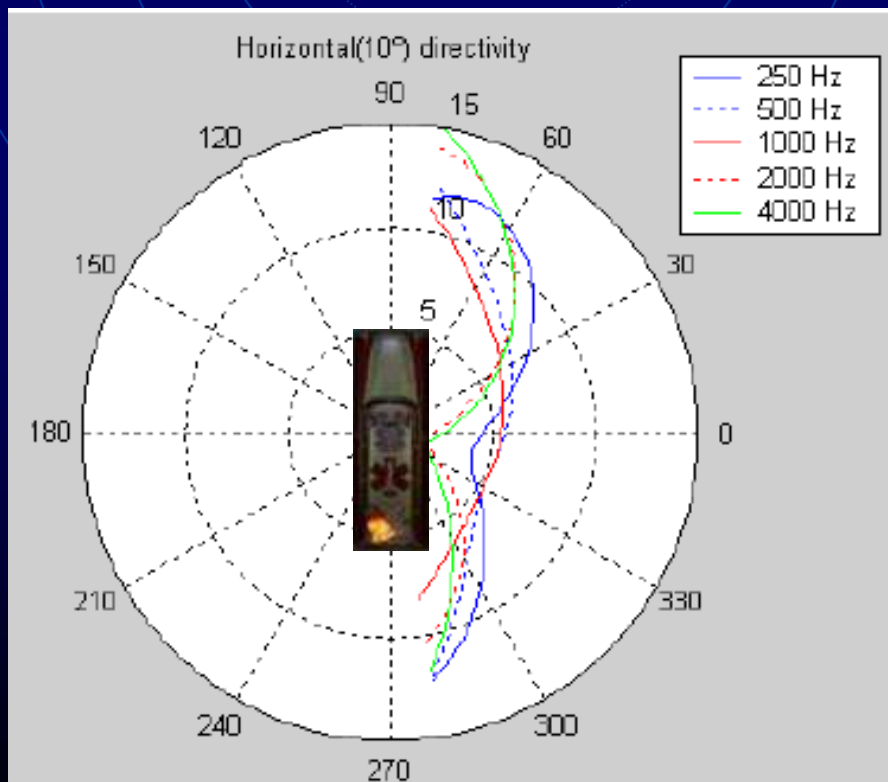
Znalezienie dobrej kombinacji wysokości nie jest rzeczą łatwą



Source modelling of road vehicles

kierunkowość

- Horn effect

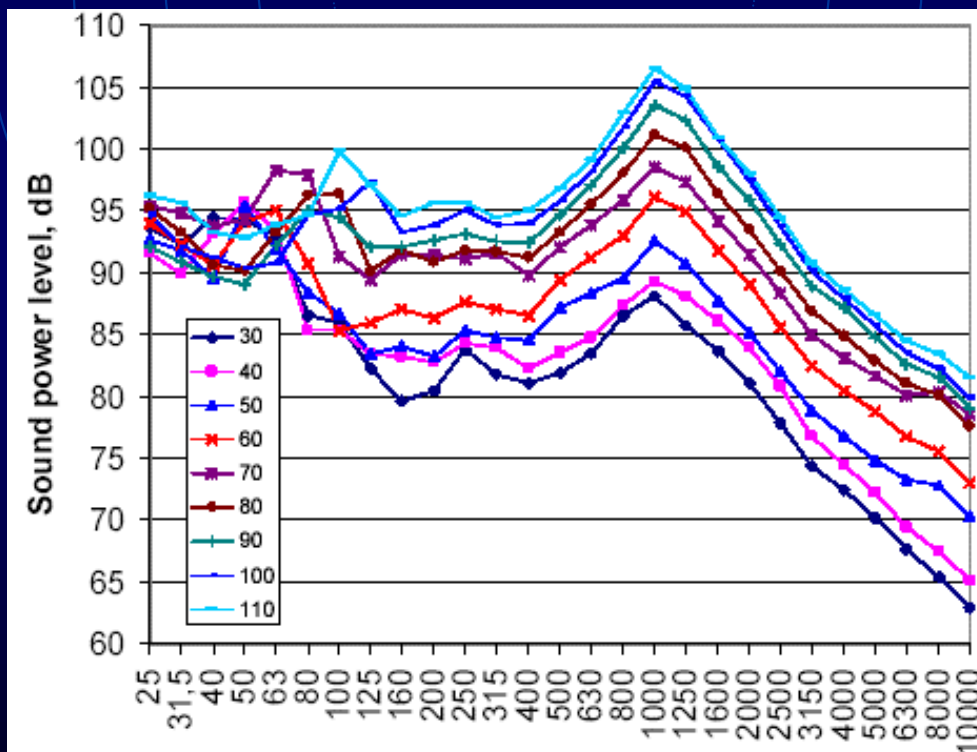


Source modelling of road vehicles

siła źródła

- Nord 2000 – opisuje siłę źródła jako poziom mocy akustycznej w funkcji prędkości dla różnych kategorii pojazdów

$$L_{W,i} = a_i + b_i \lg(v)$$



f [Hz]	passenger car	lorry		motorcycle
	25<v<170 $A_+ + B \cdot \lg(v)$	mean 34<v<120 $A_+ + B \cdot \lg(v)$	heavy 23<v<120 $A_+ + B \cdot \lg(v)$	40<v<195 $A_+ + B \cdot \lg(v)$
63	$75,5 - 0,5 \cdot \lg(v)$	$80,3 - 0,2 \cdot \lg(v)$	$66,0 + 9,8 \cdot \lg(v)$	$26,7 + 28,9 \cdot \lg(v)$
125	$37,7 + 24,6 \cdot \lg(v)$	$60,5 + 16,6 \cdot \lg(v)$	$70,4 + 11,4 \cdot \lg(v)$	$35,4 + 28,9 \cdot \lg(v)$
250	$37,4 + 27,6 \cdot \lg(v)$	$92,5 + 2,5 \cdot \lg(v)$	$92,9 + 2,6 \cdot \lg(v)$	$41,8 + 28,9 \cdot \lg(v)$
500	$44,3 + 26,1 \cdot \lg(v)$	$51,4 + 26,6 \cdot \lg(v)$	$62,0 + 23,2 \cdot \lg(v)$	$44,4 + 28,9 \cdot \lg(v)$
1000	$50,1 + 26,8 \cdot \lg(v)$	$62,2 + 22,3 \cdot \lg(v)$	$68,1 + 20,8 \cdot \lg(v)$	$40,9 + 28,9 \cdot \lg(v)$
2000	$56,2 + 22,5 \cdot \lg(v)$	$69,8 + 16,6 \cdot \lg(v)$	$74,7 + 15,0 \cdot \lg(v)$	$41,2 + 28,9 \cdot \lg(v)$
4000	$48,7 + 22,2 \cdot \lg(v)$	$64,0 + 16,2 \cdot \lg(v)$	$72,7 + 12,4 \cdot \lg(v)$	$37,8 + 28,9 \cdot \lg(v)$
8000	$58,7 + 11,7 \cdot \lg(v)$	$89,1 - 1,9 \cdot \lg(v)$	$92,7 - 3,1 \cdot \lg(v)$	$31,6 + 28,9 \cdot \lg(v)$
SRMI	$16,9 + 27,6 \cdot \lg(v)$	$38,1 + 19,0 \cdot \lg(v)$	$43,0 + 17,9 \cdot \lg(v)$	$14,8 + 28,9 \cdot \lg(v)$

vehicles of type 1a, roads of type 2a

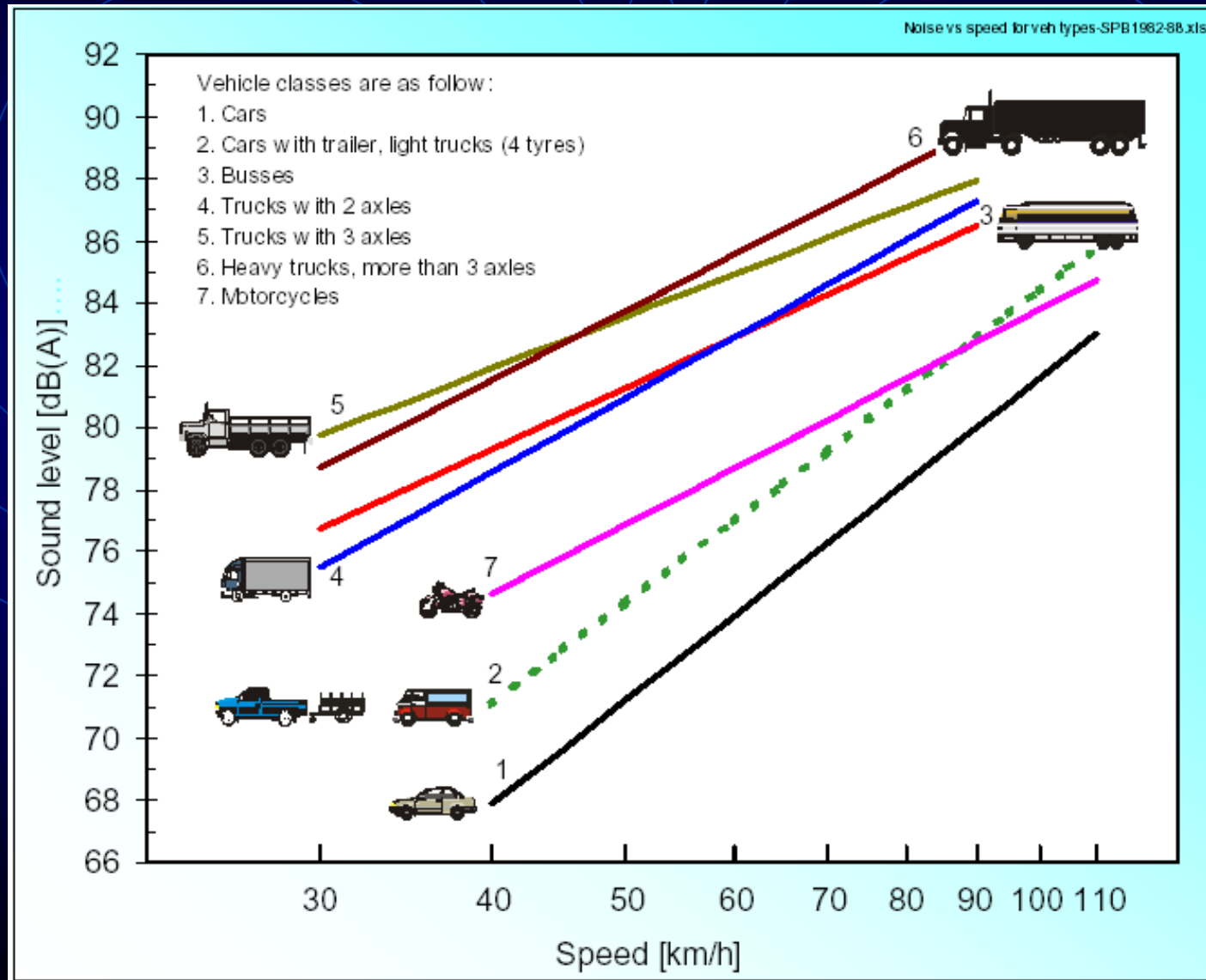
Source modelling of road vehicles

Kategorie pojazdów

Main type	No	Example of vehicle types	Notes	Number of tyres	Example of wheel configuration	Influence on sound level in dB(A)	
						Ideal case	Corr. for wheel base
Light vehicles	1a	Cars (incl MPV:s up to 7 seats)	2 axles, max 4 wheels	1		-6.0	-6.0
	1b	Vans, SUV, pickup trucks, RV, car+trailer or car+caravan ⁽¹⁾ , MPV:s with 8-9 seats	2-4 axles*, max 2 wheels per axle	2		-3.0	-3.1
	1c	Electric vehicles		4		REFERENCE	REFERENCE
	1d	Hybrid vehicles					
Medium heavy vehicles	2a	Buses	2 axles (6 wheels)	6		+1.8	+1.5
	2b	Light trucks and heavy vans	2 axles (6 wheels) ⁽²⁾	8		+3.0	+2.8
	2c	Medium heavy trucks	2 axles (6 wheels) ⁽²⁾	10		+4.0	+3.7
	2d	Trolley buses	2 axles (6 wheels) ⁽²⁾	10		+4.0	+2.6
	2e	Low noise design	2 axles (6 wheels) ⁽²⁾	12		+4.8	+3.2
Heavy vehicles	3a	Buses	3-4 axles	14		+5.4	+4.3
	3b	Heavy trucks ⁽³⁾	3 axles	16		+6.0	+4.7
	3c	Heavy trucks ⁽³⁾	4-5 axles	18		+6.5	+5.1
	3d	Heavy trucks ⁽³⁾	≥6 axles	20		+7.0	+5.5
	3 e	Low noise design	≥3 axles	22		+7.4	+5.9
Other heavy vehicles	4a	Construction trucks (partly off-road use) ⁽³⁾					
	4b	Agr. tractors, machines, dumper trucks, tanks					
Two-wheelers	5a	Mopeds, scooters	Include also 3-wheel motorcycles				
	5b	Motorcycles					

Source modelling of road vehicles

po co dzielić na kategorie?



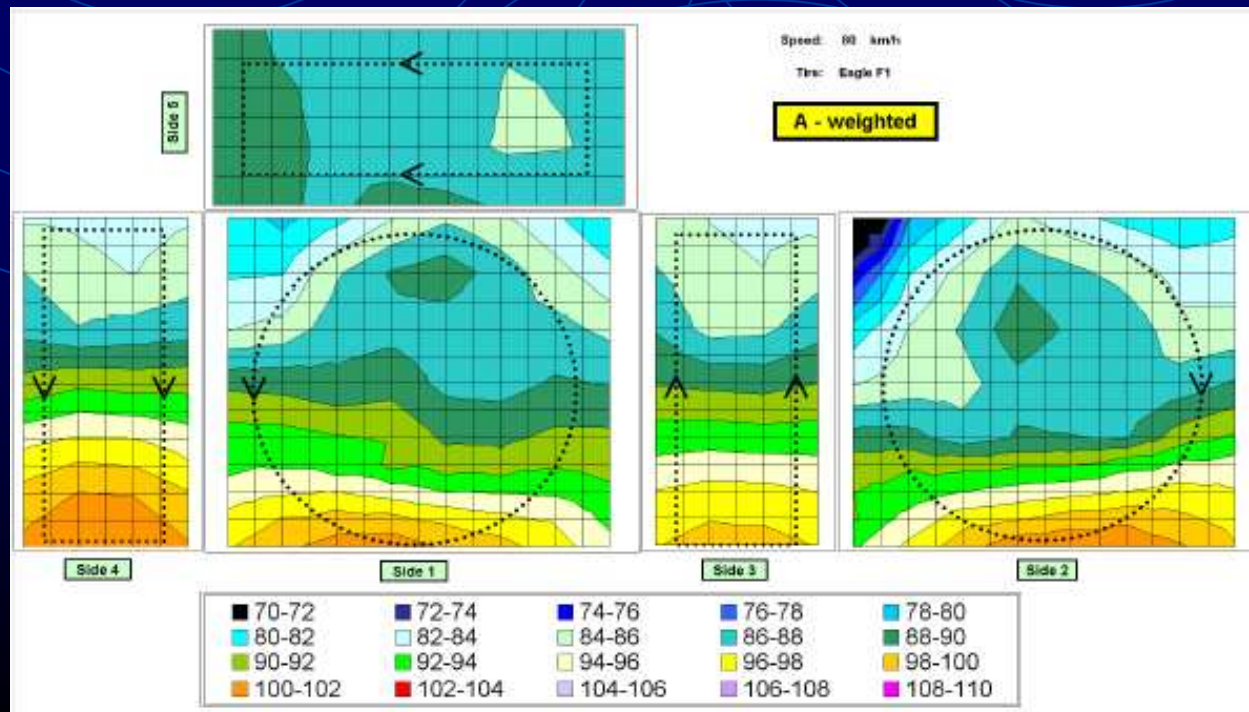
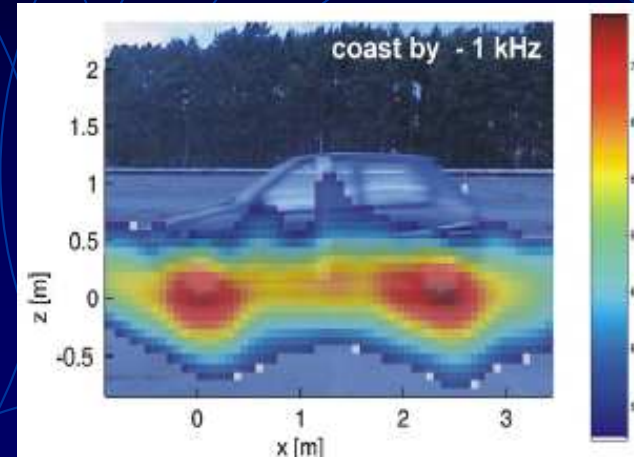
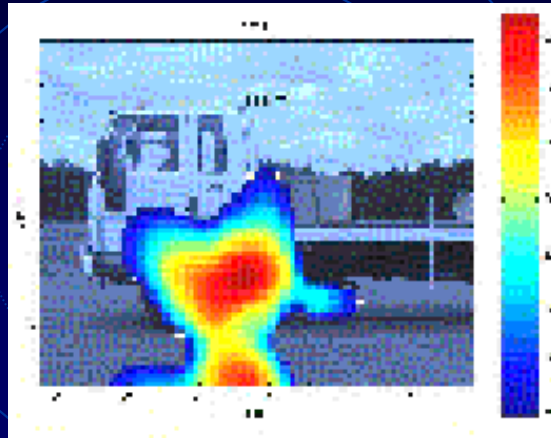
Source modelling of road vehicles

Kategorie nawierzchni

Measure or description	Example	Notes
Basic surface type (incl type of binder)	Dense asphalt concrete, porous asphalt concrete, cement concrete, surface dressing, stone mastic asphalt, hot rolled asphalt, paving stones	Man
Maximum chipping size	11 mm, 16 mm	Man
Grading curve of mix	(Percent passing by sieve size)	Opt
Age of the surface	4 years	Man
Total traffic exposure (No. of axles passing)	3 300 500 axles	Opt
Composition of traffic (% of heavies, % of studded tyres)	11 % heavies, 55 % of tyres are studded in wintertime	Opt
Posted speed limit	70 km/h	Man
Type of road, measured lane	Motorway, 2x3 lanes, rightmost lane	Man
Grade (longitudinal slope)	2,5 %	Opt
Condition of surface (subjective, incl homogeneity)	Surf in partly worn cond., tracks visible but not deep, lateral variation clearly visible, binder worn away in wheel tracks only	Man
Surface texture - MPD (ISO 13473-1)	1,03 mm	Opt
Surface texture - L_{T63} (ISO/FDIS 13473-2)	0,87 mm	Opt
Surface texture - L_{T4} (ISO/FDIS 13473-2)	0,57 mm	Opt
Sound absorpt coeff as a function of freq (ISO 13472-1)*	(sound absorp coeff versus frequency)	Opt (porous surf)
Unevenness (CEN prEN 13036-x)	2,2 IRI	Opt

Source modelling of road vehicles

położenie źródeł hałasu



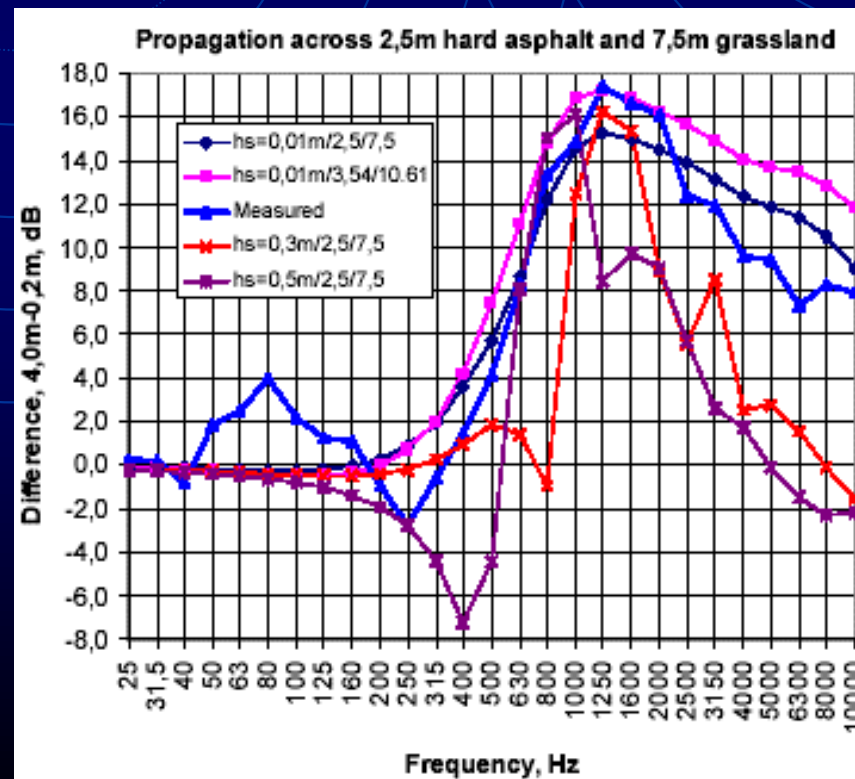
Source modelling of road vehicles

położenie źródeł hałasu

Badania wykazują iż optymalnymi wysokościami, które wiążą symulacje z pomiarami są:

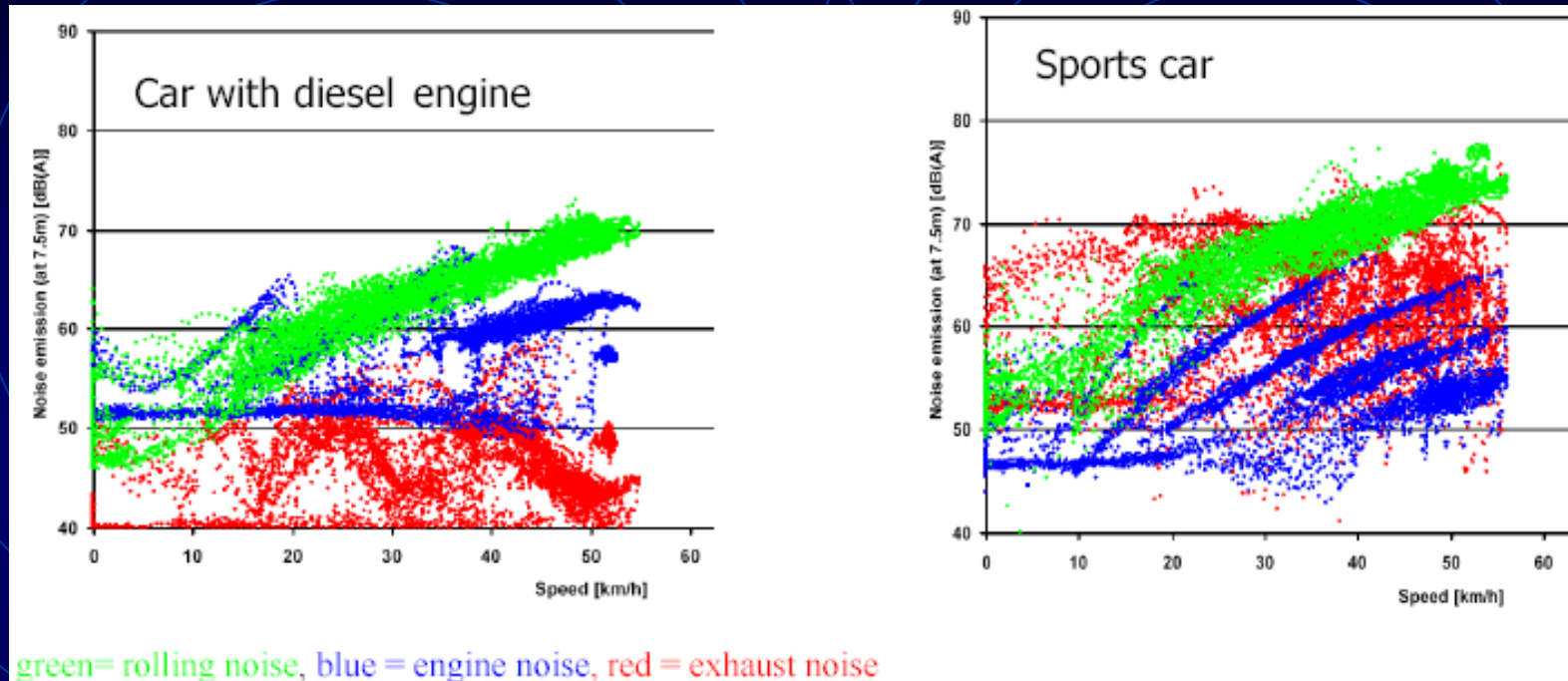
dla szumu opon: $h_s=0.01\text{m}$

dla hałasu silnika: $h_s=0.3\text{m}$



Source modelling of road vehicles

położenie źródeł hałasu



The sound power level of power train noise is given by

$$L_{W,prop,z,m,i}(v_{eng}, load) = A_{z,m,i} + B_{z,m,i} \lg \left[\frac{v_{eng}}{v_{ref}} \right] + 10 \lg(f_{z,m,i,prop}(\phi, \theta)) + C_{z,m,i}(v_{eng}, load) + C_{region,prop,z,m,i}$$

and for rolling noise

$$L_{W,roll,z,m,i}(\phi, v) = A_{z,m,i} + B_{z,m,i} \lg \left[\frac{v}{v_{ref}} \right] + 10 \lg(f_{z,m,i,roll}(\phi, \theta)) + \alpha_{road,m,i}(\phi, \theta) + \beta_{road,m,i} \lg \left[\frac{v}{v_{ref}} \right] + C_{weather,road,z,m,i} + C_{region,roll,z,m,i}$$

i – indeks filtru tercjowego; z – wysokość źródła; m – kategoria pojazdu

Source modelling of road vehicles

zebrane parametry modelu na przykładzie *Harmonoise*

- Pojazd każdej kategorii (min 3) jest reprezentowany przez źródła dwupunktowe, każde odzwiecziedlające inny typ emitowanego hałasu (opony, silnik)
- Wszystkie dane dotyczą stałych warunków: prędkości, temp. (20°C), nawierzchni. Odchyłka od tych warunków wymaga wprowadzenia odpowiedniego współczynnika korekcji
- Moc akustyczna źródła hałasu pochodzącego od:
 - a) opon: $L_{WR}(f) = a_R(f) + b_R(f) \lg \left[\frac{v}{v_{ref}} \right]$ (podział mocy 80%/20%)
(0.01m/0.3m(0.75m))

Source modelling of road vehicles

zebrane parametry modelu na przykładzie *Harmonoise*

b) silnika: $L_{WP}(f) = a_p(f) + b_p(f) \left[\frac{v - v_{ref}}{v_{ref}} \right]$

- Hałas pochodzący od opon jest korygowany o rodzaj i wilgotność nawierzchni, temp. powietrza, ilość kół, rodzaj opon
- Hałas pochodzący od silnika jest korygowany o przyspieszenie/opóźnienie

Hałas kolejowy

Kolej w Polsce:

Długość linii: 22 560 [km]

Gęstość linii kolejowych: 7,1 [km/100km²]

Transport kolejowy przewozi
około 15% towarów
i prawie 28 % pasażerów.



Hałas kolejowy

Modele źródeł hałasu kolejowego:

- **RMR, SRM II (Netherlands, EC-Interim)**
- Schall03, Schall Transrapid, VBUSch (Germany)
- Schall03 new, draft (Germany)
- DIN 18005 (Germany)
- ONR 305011 (Austria)
- Semibel (Switzerland)
- NMPB-Fer (France)
- CRN (United Kingdom)
- TemaNord 1996:524 (Scandinavia)
- FTA/FRA (USA)

Hałas kolejowy

Składowe hałasu kolejowego:

- hałas toczny (rolling noise)
- hałas aerodynamiczny (aerodynamic noise)
- hałas trakcji (traction noise = motor + auxiliary noise)
- hałas przyspieszania, hamowania, mosty, zderzenia...



Hałas kolejowy

Czynniki determinujące hałas kolejowy w zależności od prędkości:

< 50 km/h

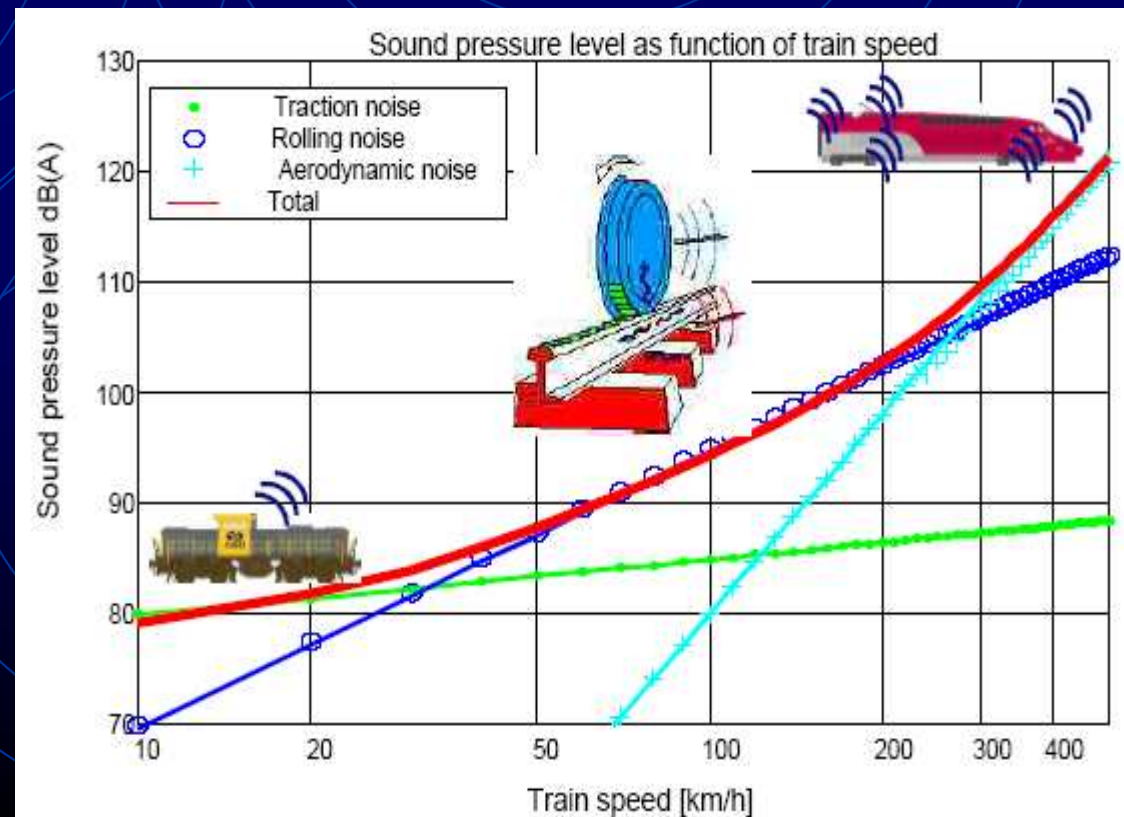
hałas silnika i zewnętrzny

50 – 300 km/h

hałas toczenia

300 km/h

hałas aerodynamiczny



Hałas kolejowy

Hałas toczny zależy od:

- Szorstkości powierzchni kół i szyn
- Stanu technicznego podwozia pociągu i szyn
- Prędkości pociągu
- Ilości kół
- Ilości spójnych szyn
- Charakterystyk mechanicznych

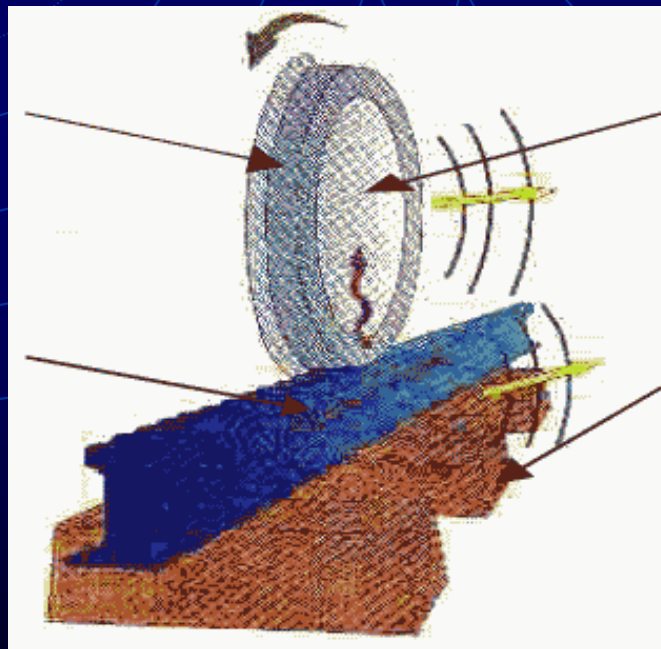


Hałas kolejowy

Mechanizm powstawania hałasu tocznego:

nieregularności
koła

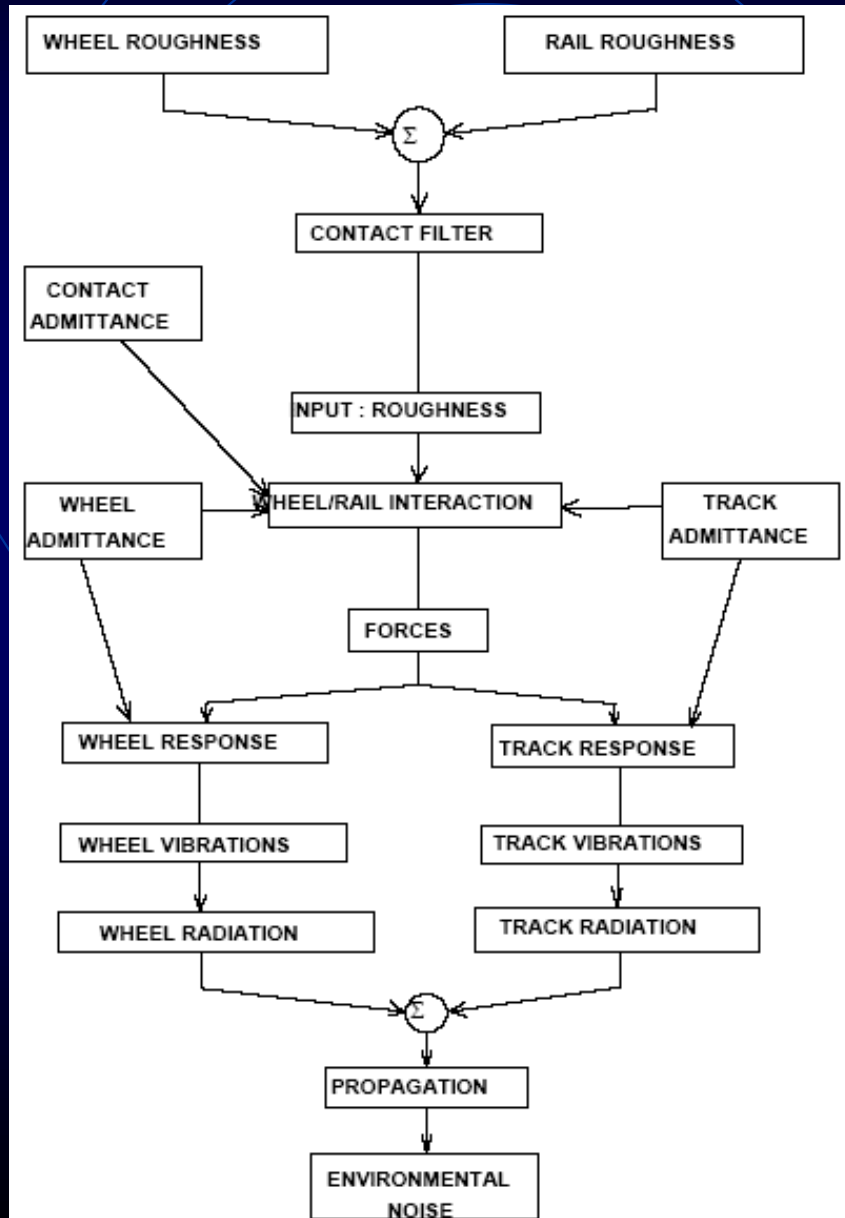
propagacja drgań
w szynie - ok. 1 kHz



wibracje koła
> 1600 Hz
głównie 2-4 kHz

emisja wibracji
< 400 Hz

Hałas kolejowy



Algorytm obliczania hałasu tocznego :

- chropowatość
- filtr kontaktu
- admitancja kół i szyn
- odpowiedzi impulsowe kół i szyn
- określenie wibracji
- określenie promieniowania
- propagacja
- hałas

Hałas kolejowy

Na hałas trakcji mają wpływ:

- silnik elektryczny lub spalinowy
- inne hałasy zewnętrzne
 - chłodzenie
 - kompresory
 - wydech spalin



Hałas kolejowy

Hałas trakcji zależy od:

- typu i mocy silnika
- prędkości obrotów silnika
- projektu systemu chłodzącego
- specyfikacji pociągu
- stanu technicznego składu
- **przyspieszenia**



Hałas kolejowy

Inne czynniki wpływające na hałas kolejowy:

- hałas pisku skręcania pociągu (irytuje 7% pasażerów)
- hałas hamowania
- hałas przejazdu przez most (stalowy most $L_a \pm 15$ dB)



Hałas kolejowy

Hałas aerodynamiczny...

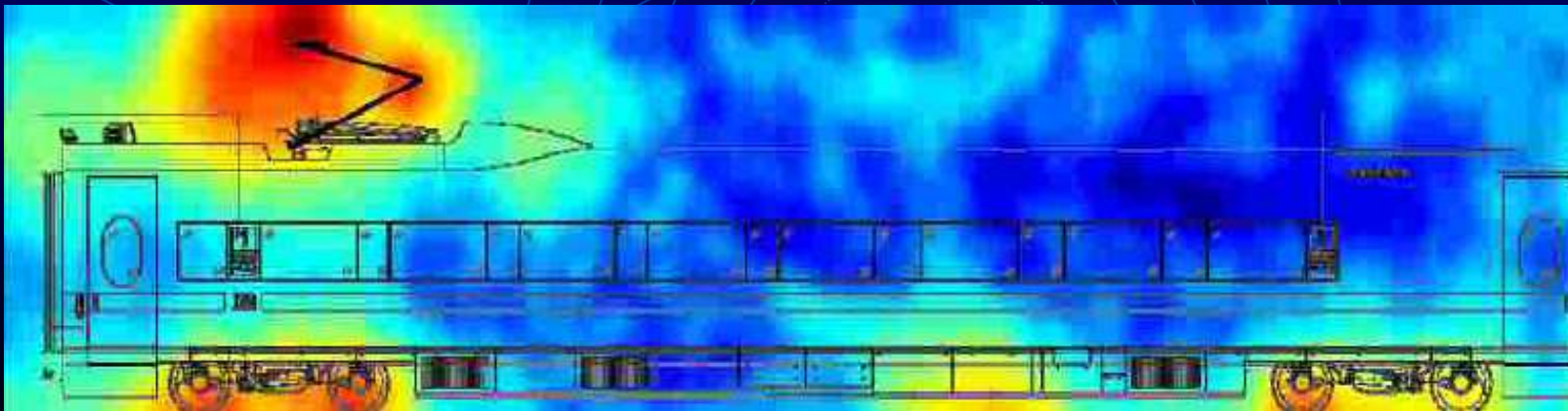


...występuje dla dużych prędkości.
Zależy od prędkości, wysokości
i budowy pociągu.

Hałas kolejowy

Źródła hałasu kolejowego aerodynamicznego:

- pantograf
- układ jezdny
- nieregularności w budowie bryły



Hałas kolejowy

Przykład German Model:

- German Schall 03 opublikowany w 1990r.
- pomiary są dokonywane w odległości 25 od trasy, na wysokości 3,5m nad torowiskiem
- Ciśnienie akustyczne jest obliczane jako wartość standardowa (51 dB) plus składowe



Hałas kolejowy

German Model...

- pod uwagę bierze się składowe związane z:
 - Kategoria pociągu
 - Prędkość
 - Struktura trasy
 - Mosty
 - Hamowania
 - Skrzyżowania szyn
 - zakręty

$$L_{pE} = 51 + C_{cat} + C_{intensity} + C_{speed} + C_{angle} + C_{track} + C_{bridge} + C_{DI} + C_{brake} + C_{crossing} + C_{radius} \text{ in dB(A).}$$

Hałas kolejowy

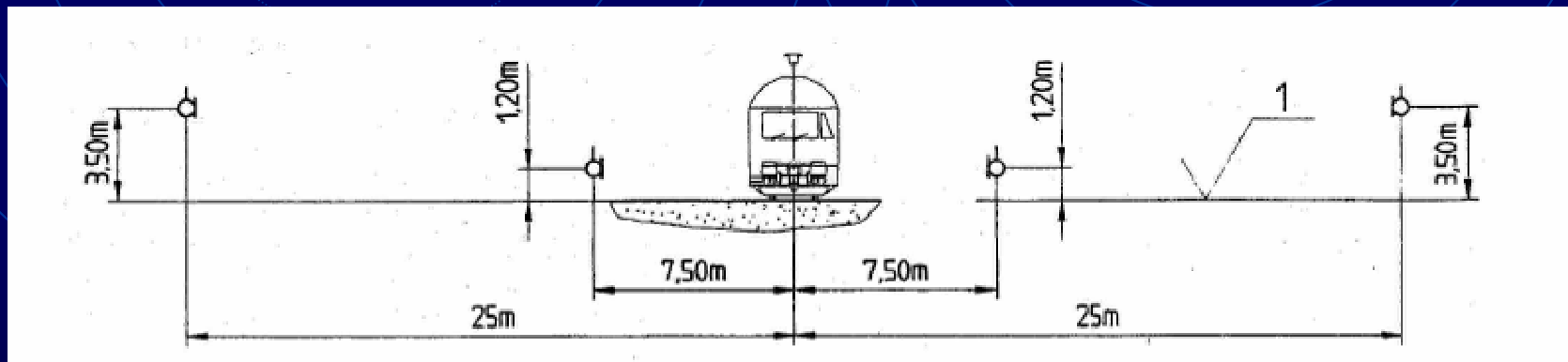
German Model...

- współczynniki korekcji dla konkretnych składów zależą od:
 - Typu pociągu (14 typów)
 - Prędkości maksymalnej
 - Długość składu
- 4 typy tras
- 5 kategorii pociągów
- uwzględnia typ hamulców, pochłaniacze, metro...

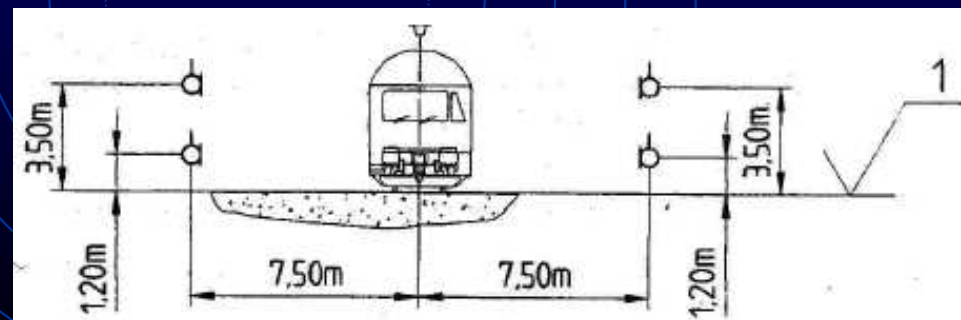
Hałas kolejowy

Projekt HARMONISE – projekt europejski.

Ustawienie mikrofonów przy stałej prędkości...



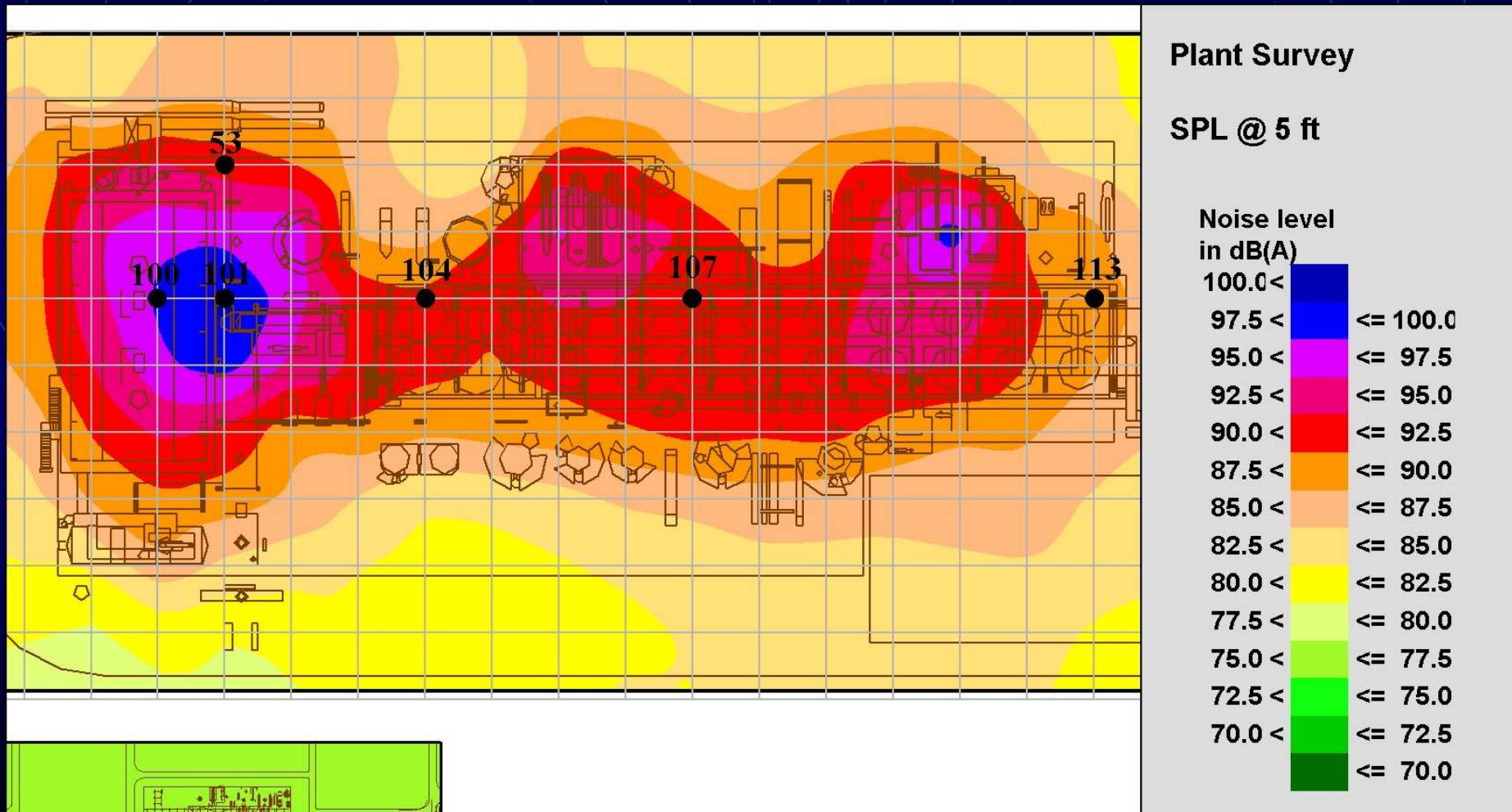
przy przyspieszaniu
lub hamowaniu



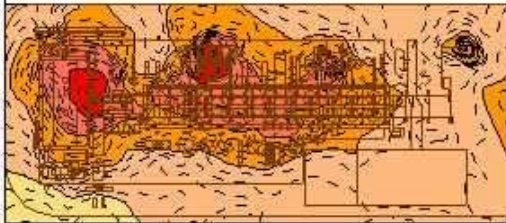
Hałas przemysłowy

Znaczną uciążliwość dla środowiska stanowią zakłady przemysłowe – zarówno duże jak i małe – przede wszystkim ze względu na hałaśliwe procesy technologiczne, hałaśliwe urządzenia i maszyny, jak też wadliwą lokalizację w środowisku.

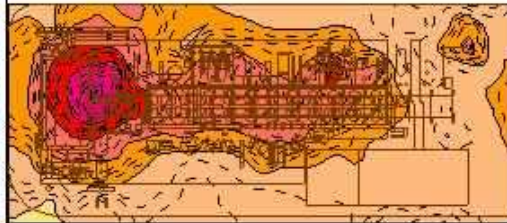
Hałas przemysłowy – przykład



1/3 Octave Band: 1.6 kHz



1/3 Octave Band: 2 kHz

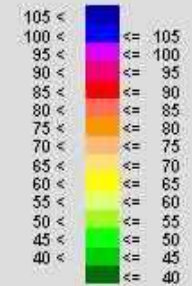


1/3 Octave Band: 2.5kHz

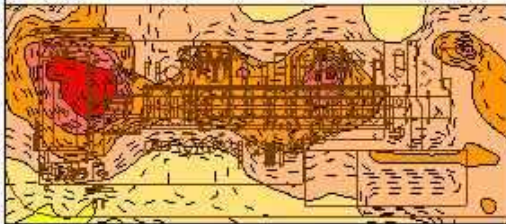


Sound Pressure Level

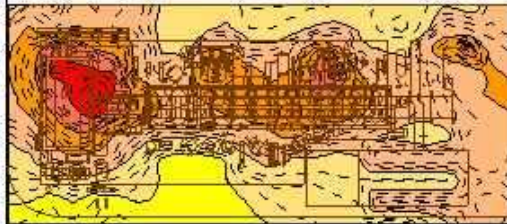
[dB(A)]



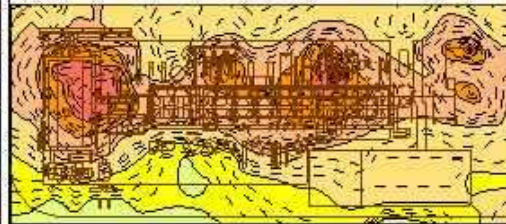
1/3 Octave Band: 3.1 kHz



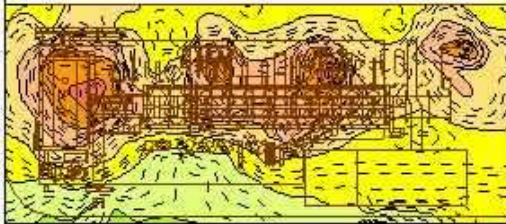
1/3 Octave Band: 4 kHz



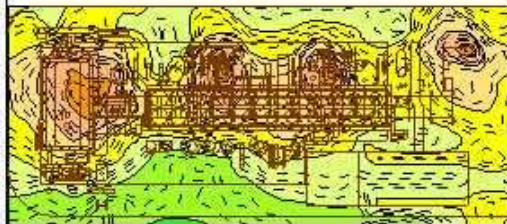
1/3 Octave Band: 5 kHz



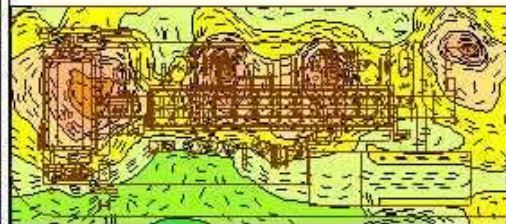
1/3 Octave Band: 6.3 kHz



1/3 Octave Band: 8 kHz



1/3 Octave Band: 10 kHz



Lp dB(A) - Overall



Metody modelowania źródeł hałasu przemysłowego

- The European Noise Directive **ISO 9613-2**:
„Acoustics Attenuation of sound
propagation outdoors; Part 2: General
Method of Calculation”
- ISO 8297 (Stuber method)
- ISO 3744 & ISO 3746
- CONCAWE

Czynniki, brane pod uwagę podczas modelowania źródeł hałasu przemysłowego

- zawartość częstotliwościowa
- typ źródła: punktowe, liniowe, powierzchni.
- warunki pracy
- wysokość źródła
- źródło statyczne/mobilne
- ekrany/osłony/źródła zamknięte
- warunki pogodowe

ISO 9613-2

Hemi-spherical propagation method

- Do określenia poziomu hałasu używa źródeł emitujących w pasmach oktawowych lub (jeżeli są dostępne) całościowych wartości L_A [dB(A)]. Pierwsza metoda jest dokładniejsza, ale wymaga większej mocy obliczeniowej (tudzież pomiarów)
- Metoda nie bierze pod uwagę źródeł, które nie działają przez cały czas (patrz: day, evening, night)

ISO 8297

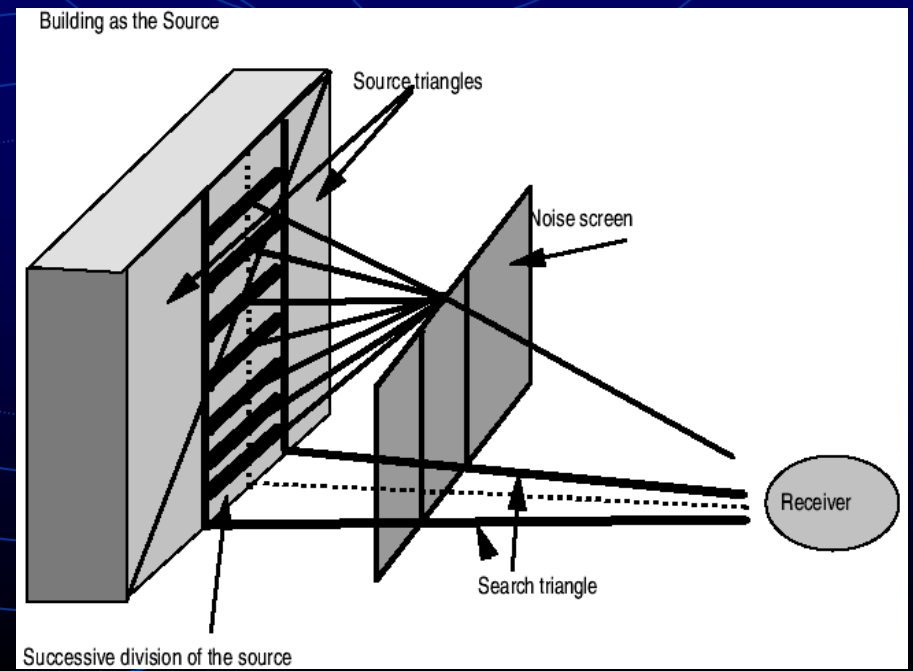
Stüber method

- Standard obejmuje wyznaczanie poziomu hałasu (SPL) wieloźródłowych zakładów przemysłowych
- Jej stosowanie ogranicza się do dużych zakładów gdzie większość maszyn pracuje na zewnątrz, czyli nie jest zamknięta w budynku
- Sam standard powstał na podstawie pomiarów dokonanych dookoła zakładu, w bliskiej odległości, i traktuje zakład jako pojedyncze źródło dookólne
- Wysokość źródła: $h = H + 0.025\sqrt{S_m} \geq 5m$

H – średnia wysokość źródeł hałasu (maszyn), S_m – pole powierzchni

ISO 3744 & ISO 3746

- Oba standardy prezentują podobne podejście do określania poziomu hałasu emitowanego przez źródło umieszczone za ekranem akustycznym



CONCAWE

- Standard ConcaWE został stworzony na potrzeby przemysłu naftowego i opisuje propagację fali dźwiękowej na duże odległości nad płaską powierzchnią (wody lub łądu)
- Nie może być stosowany dla obliczeń na dystansie mniejszym niż 100m ze względu na brak opracowanych metod włączenia wpływu odbić od powierzchni ziemi (tzw. ground effect) i lokalnych zjawisk meteorologicznych

Modelowanie źródeł

Podstawowe równanie:

$$L_S = [L_W + D_I + K_0] - [D_S + \Sigma D]$$

L_S – poziom hałasu dla pojedynczej częstotl.

L_W – moc akustyczna źródła

D_I – kierunkowość źródła

K_0 – model sferyczny ($K_0 = 10 * \log(4\pi/\Omega)$ [dB])

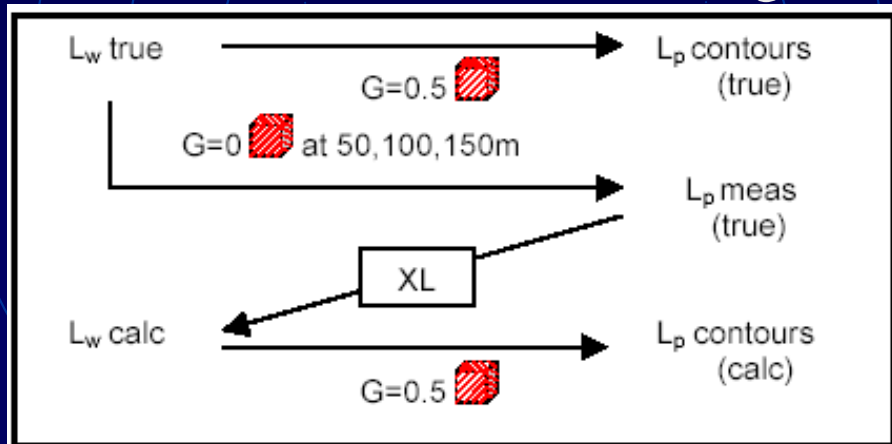
D_S – rozprzestrzenianie ($D_S = 20\log(\text{dist}) + 11\text{dB(A)}$)

ΣD – czynniki takie jak: absorpcja w powietrzu oraz ziemi, zjawiska meteorologiczne, odbicia od ekranów

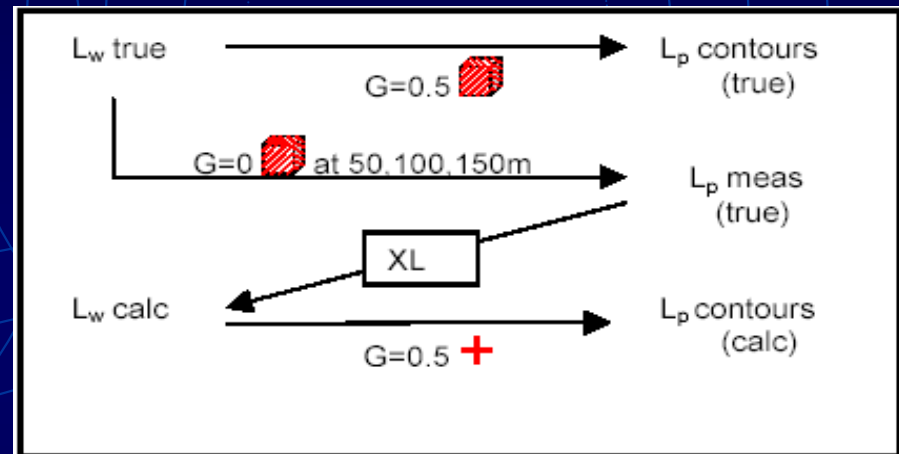
Modelowanie budynku

Na przykładzie ISO 9613

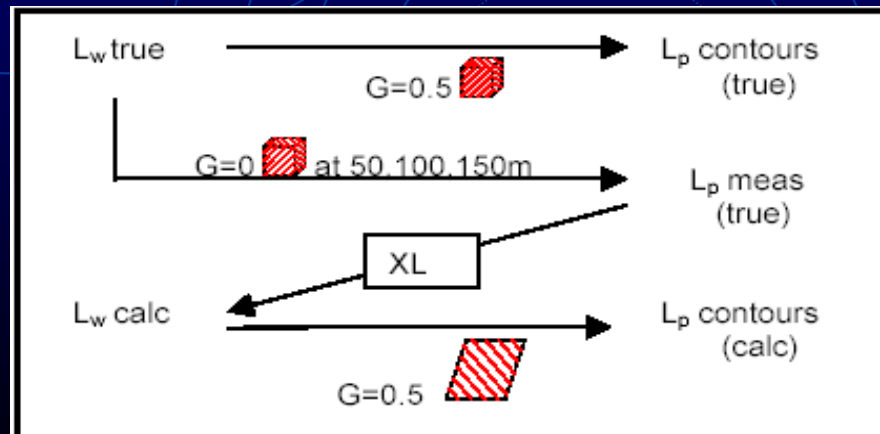
Building with even radiation



Re-modelled by smearing



Re-modelled as a point source



Re-modelled as a 2D area source

Modelowanie budynku

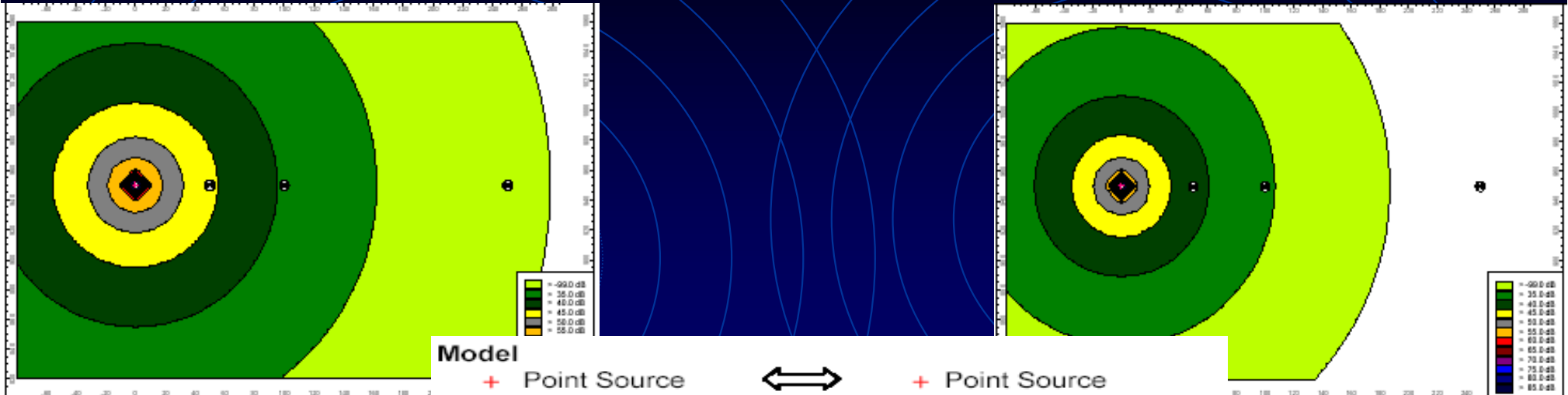
Na przykładzie ISO 9613

- Wyniki analiz pokazują, że najlepszym modelem budynku z równomiernym promieniowaniem hałasu jest zestaw źródeł powierzchniowych o rozmytej gęstości emisji dźwięku, a których widmo jest podzielone w pasmach oktawowych

To był tylko przykład.
Jedna z wielu możliwości...

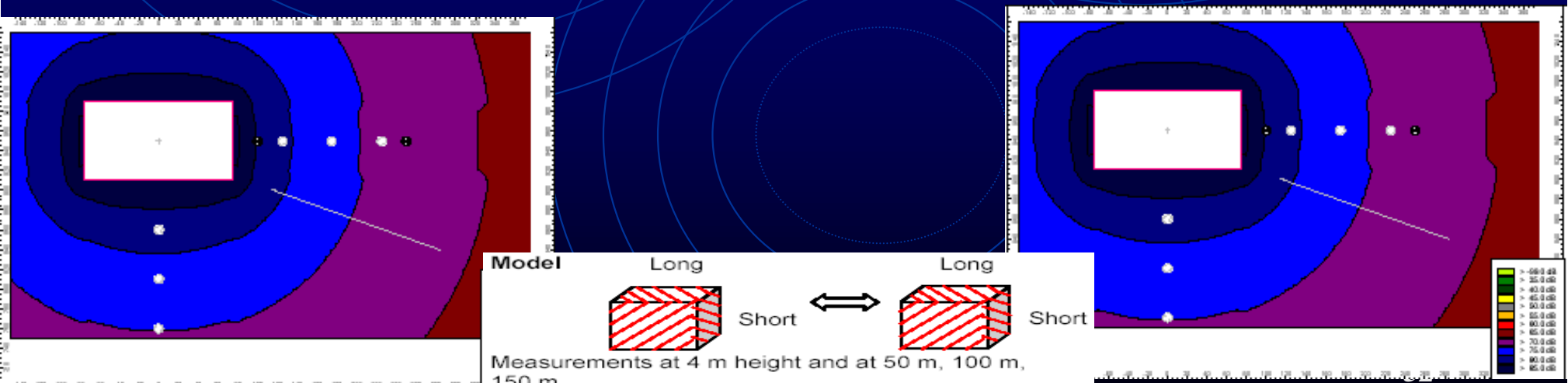
Jak więc radzą sobie z tym problemem
programy modelujące rozkład poziomu
hałasu w wielkich zakładach
przemysłowych?

How to stay close to reality?



Model
 + Point Source ↔ + Point Source

Point Source at 2 m height
 "Measurements" at 1.5 m height
 Contours at 50 m, 100 m, 250 m, 500 m, 1000 m, 2000 m
 For back calculation, the distance between the source and the measurements has been set at 100 m.

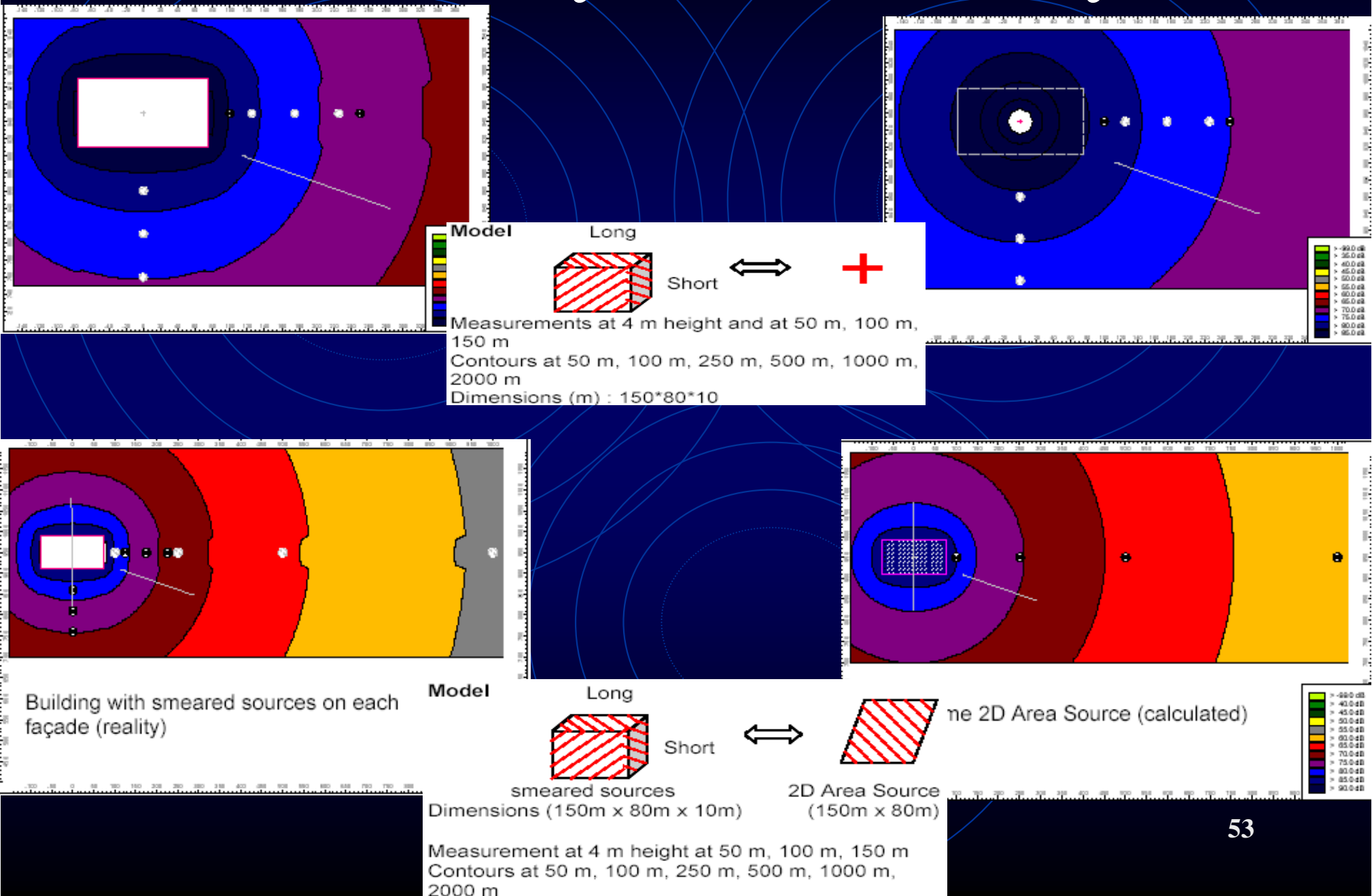


Model Long Long

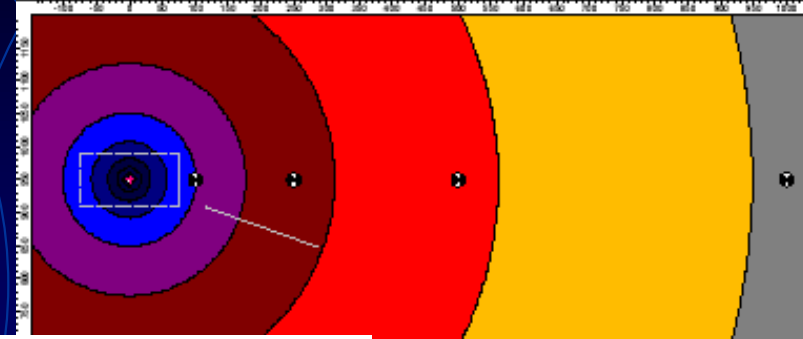
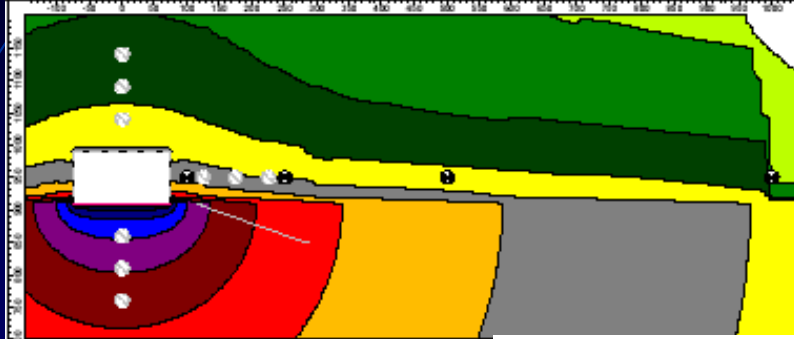
Short ↔ Short

Measurements at 4 m height and at 50 m, 100 m, 150 m
 Contours at 50 m, 100 m, 250 m, 500 m, 1000 m, 2000 m
 Dimensions (m) : 150*80*10

How to stay close to reality?



How to stay close to reality?



Model

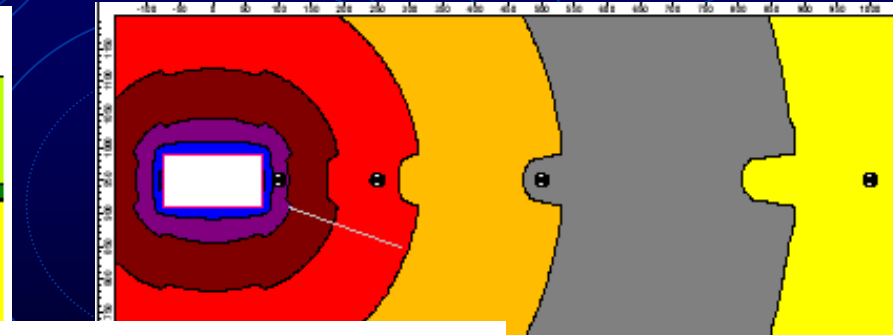
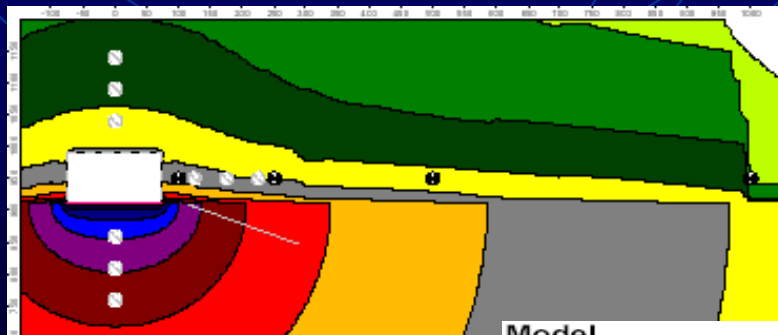
W N E S

one façade

↔

point source

Measurement at 4 m height and at 50 m, 100 m, 150 m
Contours at 50 m, 100 m, 250 m, 500 m, 1000 m, 2000 m
Dimensions (m): 150 x 80 x 10



Model

W N E S

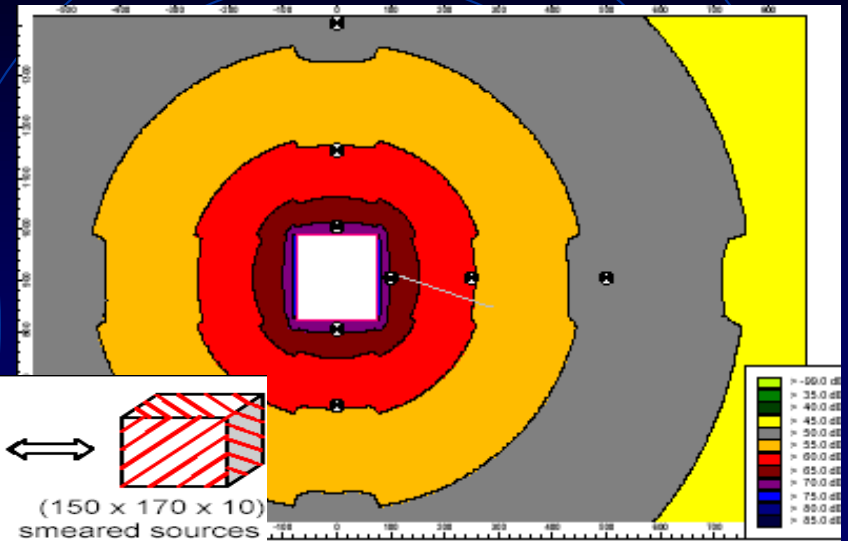
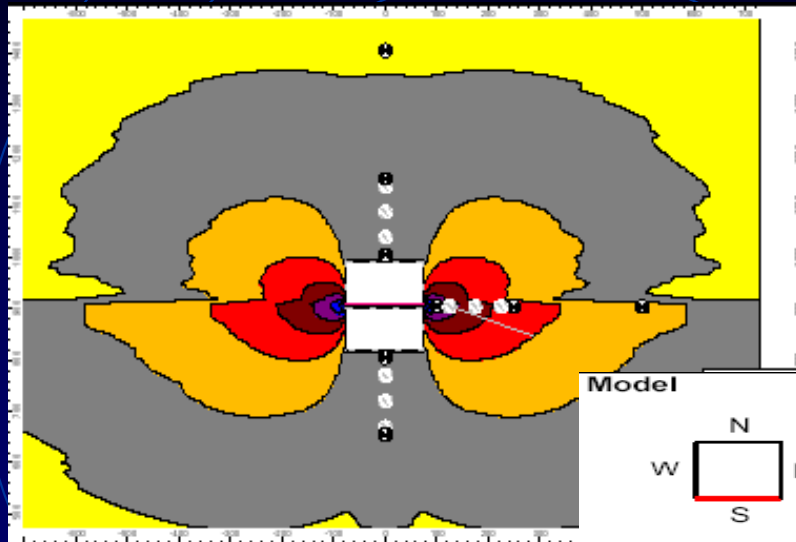
one façade

↔

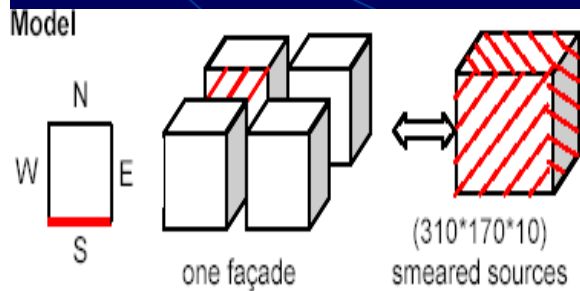
smeared sources

Measurement at 4 m height and at 50 m, 100 m, 150 m
Contours at 50 m, 100 m, 250 m, 500 m, 1000 m, 2000 m
Dimensions (m): 150 x 80 x 10

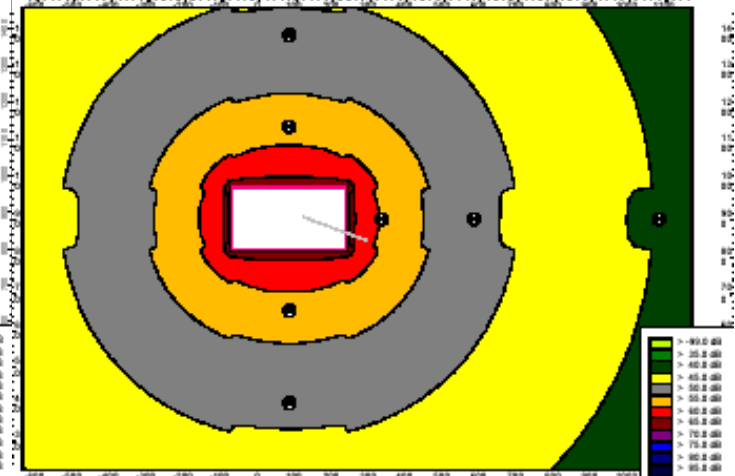
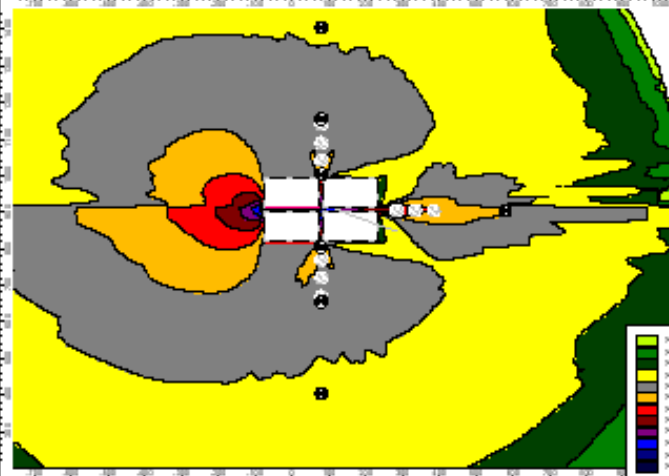
How to stay close to reality?



Measurement at 4 m height and at 50 m, 100 m, 150 m
 Contours at 50 m, 100 m, 250 m, 500 m, 1000 m, 2000 m
 Dimensions (m) : 150 x 80 x 10

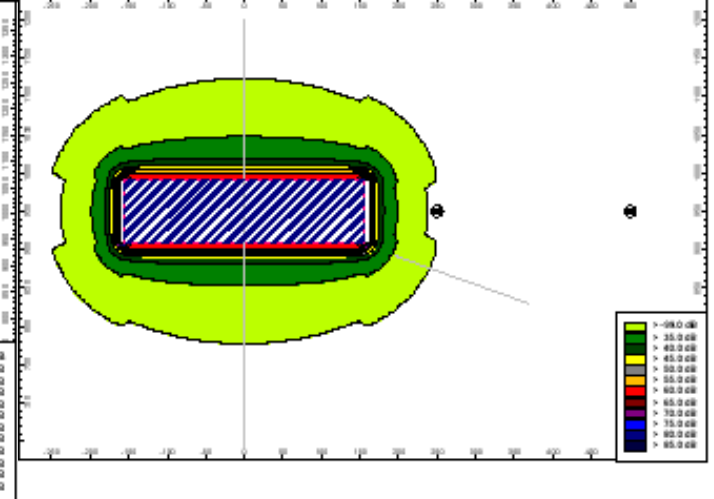
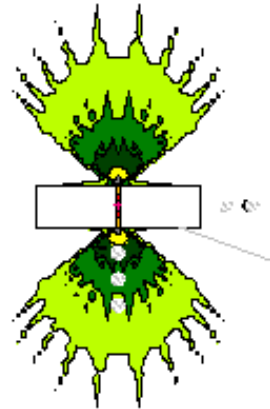
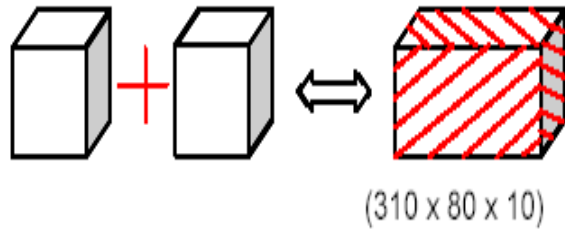


Measurement at 4 m height and at 50 m, 100 m, 150 m
 Contours at 50 m, 100 m, 250 m, 500 m, 1000 m, 2000 m
 Dimensions (m) : 150 x 80 x 10



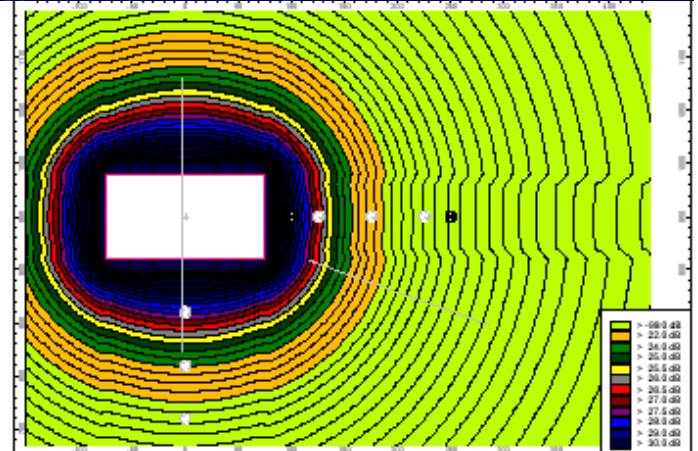
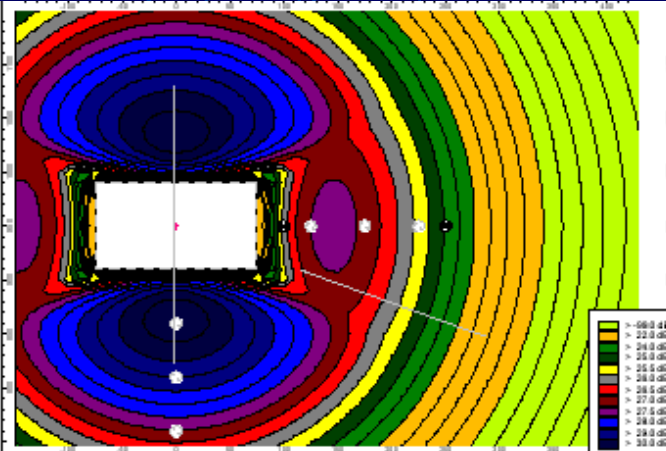
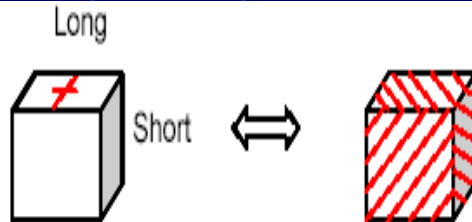
How to stay close to reality?

Model



Measurement at 4 m height and at 50 m, 100 m, 150 m
 Contours at 50 m, 100 m, 250 m, 500 m, 1000 m,
 2000 m
 Dimensions (m) : 150 x 80 x 10

Model



Measurement at 1.5 m height and 50, 100, 150 m
 Contours at 50 m, 100 m, 250 m, 500 m, 1000 m,
 2000 m
 Dimensions (m) : 150 x 80 x 10

Modelowanie wnętrzbudynków

Główne źródła hałasu

- Maszyny elektryczne
 - Hałas pochodzenia mechanicznego (niewyważenie wirnika, drgania łożysk, tarcia)
 - Magnetycznego
 - Związany z opływem powietrza chłodzącego wirnik

$$L_p = 10 \log(Nn^2 + R_C^2) + K \text{ [dB]}$$

R_C – odległość od korpusu do punktu oceny poziomu

N – nominalna moc elektryczna

n – liczba obrotów na minutę

Modelowanie wnętrza budynków

Główne źródła hałasu

- Przekładnie zębate
 - Uderzenia zazębiających się części zębów
 - Tarcie przesuwających się powierzchni zębów
 - Drganie powietrza lub oleju oraz zębów

$$L_p = L_o + 10\log V^x \text{ [dB]}$$

L_o – stała, 40-55 dB w zależności od wykonania

V – prędkość obrotowa kół [m/s^{-1}]

x – stała, 1,5-3

Modelowanie wnętrza budynków

Główne źródła hałasu

- Transformatory
 - Drgania związane ze zjawiskiem magnetostrykcji oraz siłami magnetycznymi
 - Poziom hałasu zależy od mocy transformatora

$$L_p = 10 \log N + K \text{ [dB]}$$

K – stała; 60 dla $U < 350 \text{ kV}$, 63 dla $350 < U < 650 \text{ kV}$, 65 dla $U > 650 \text{ kV}$

N – ekwiwalentna moc odniesiona dla pracy z dwoma uzwojeniami (jako półsuma mocy wszystkich uzwojeń)

Modelowanie wnętrzbudynków

Główne źródła hałasu

- Sprężarki tłokowe
 - Pulsacja czynnika na wlocie
 - Drgania korpusu i poszczególnych części maszyny

$$L_{NA} = 91 + 12,5 \log N \pm 5 \text{ [dB]}$$

N – moc napędu sprężarki [kW]

Modelowanie wnętrzbudynków

Główne źródła hałasu

- Silniki spalinowe (z dostatecznie oddalonym wydechem)
 - Uderzenia tłoka o ścianki cylindra
 - Drgania korpusu
 - Praca mechanizmów rozrządu i wtrysku

$$L_r = 15,8 \log (D * n s^{1/2}) + B \text{ [dB]}$$

D – średnica tłoka [m]

S – liczna cylindrów

n – liczba obrotów na minutę

B – składnik zależny od materiału korpusu (np. 70dB dla żeliwa, 80 dB dla aluminium)

Modelowanie wnętrza budynków

Główne źródła hałasu

- Wentylatory
 - Hałas wywołany jest pracą części mechanicznych i zależy od prędkości obr. Łopatek
 - Hałas aerodynamiczny, początkowo współmierny, staje się dominujący dla prędkości obr. $> 15\text{m/s}$

$$L_N = 60 + 10 \log Q + 20 \log \Delta\rho \text{ [dB]}$$

L_N – poziom mocy akustycznej [dB]

Q – wydajność [m^3/s]

$\Delta\rho$ – spiętrzenie całkowite [mm H_2O]

Modelowanie hałasu lotniczego

Modelowania hałasu lotniczego dokonujemy dla okolic lotnisk w celu określenia parametrów akustycznych tych terenów.

W tym celu tworzone są modele hałasu.

Modelowanie hałasu lotniczego

Cykl życia modelu hałasu lotniczego:

- Określenie czynników wpływających na hałas lotniczy - założeń wejściowych
- Określenie obliczanych parametrów
- Określenie algorytmów
- Pomiar i weryfikacja modelu

Modelowanie hałasu lotniczego

Założenia modelu można podzielić na grupy:

- Parametry ruchowe (traffic)
- Parametry operacyjne (1)
- Parametry samolotów i przelotów



Modelowanie hałasu lotniczego

Założenia ruchowe modelu muszą uwzględniać:

- **Jakie operacje generujące hałas będą wykonywane na terenie lotniska (starty, lądowania, samoloty, helikoptery...)**
- **Ilość operacji w zależności od ich typu**
- **Zależność od typów obiektów lotniczych**
- **Zależność intensywności i charakteru tych operacji od pory dnia**

Modelowanie hałasu lotniczego

Parametry modelu związane z zagospodarowaniem i wykorzystaniem terenu oraz przestrzeni lotniska jakie należy wziąć pod uwagę to:

- **Kierunek, długość, typ nawierzchni pasów startowych**
- **Wykorzystanie pasów startowych w zależności od warunków pogodowych**
- **Tor lotu samolotów, definiowany przez ścieżki lub sektory przelotów**
- **Rozkład hałasu na poszczególne tory przelotów** ⁶⁷

Modelowanie hałasu lotniczego

Przy obliczeniach modelu niezbędne są informacje o parametrach samolotów i przelotów, czyli:

- **Poziom dźwięku w zależności od odległości od samolotu oraz mocy silników**
- **Poziom dźwięku w zależności od parametrów startów i lądowań, czyli wysokości, prędkości, długości kołowania samolotu w zależności od mocy silników**
- **Poziom dźwięku w zależności od trasy przelotu**
- **Kierunkowość źródła**

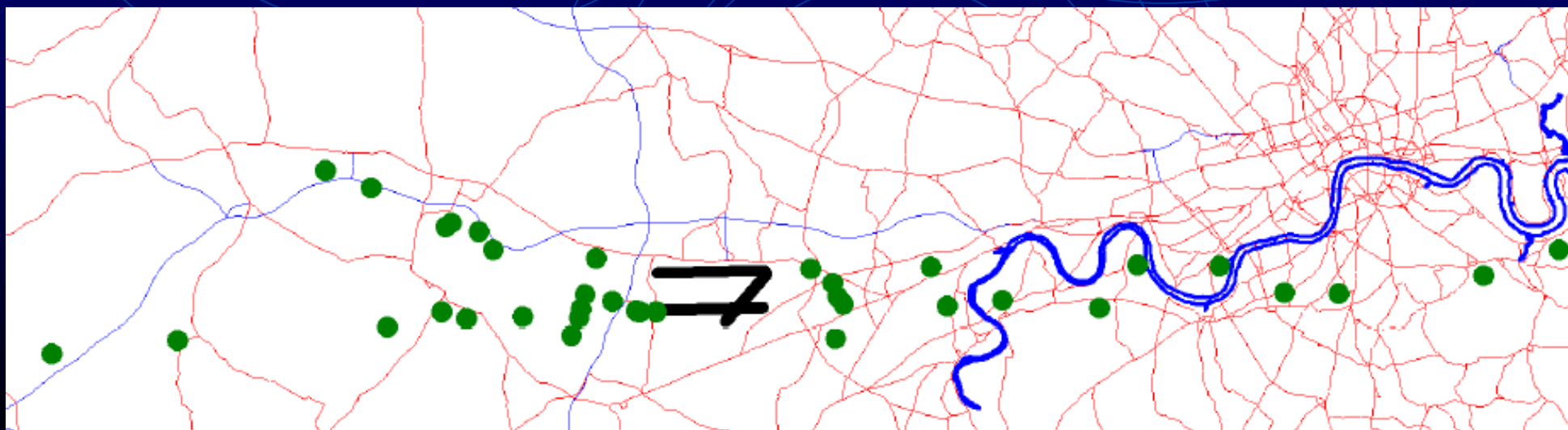
Modelowanie hałasu lotniczego

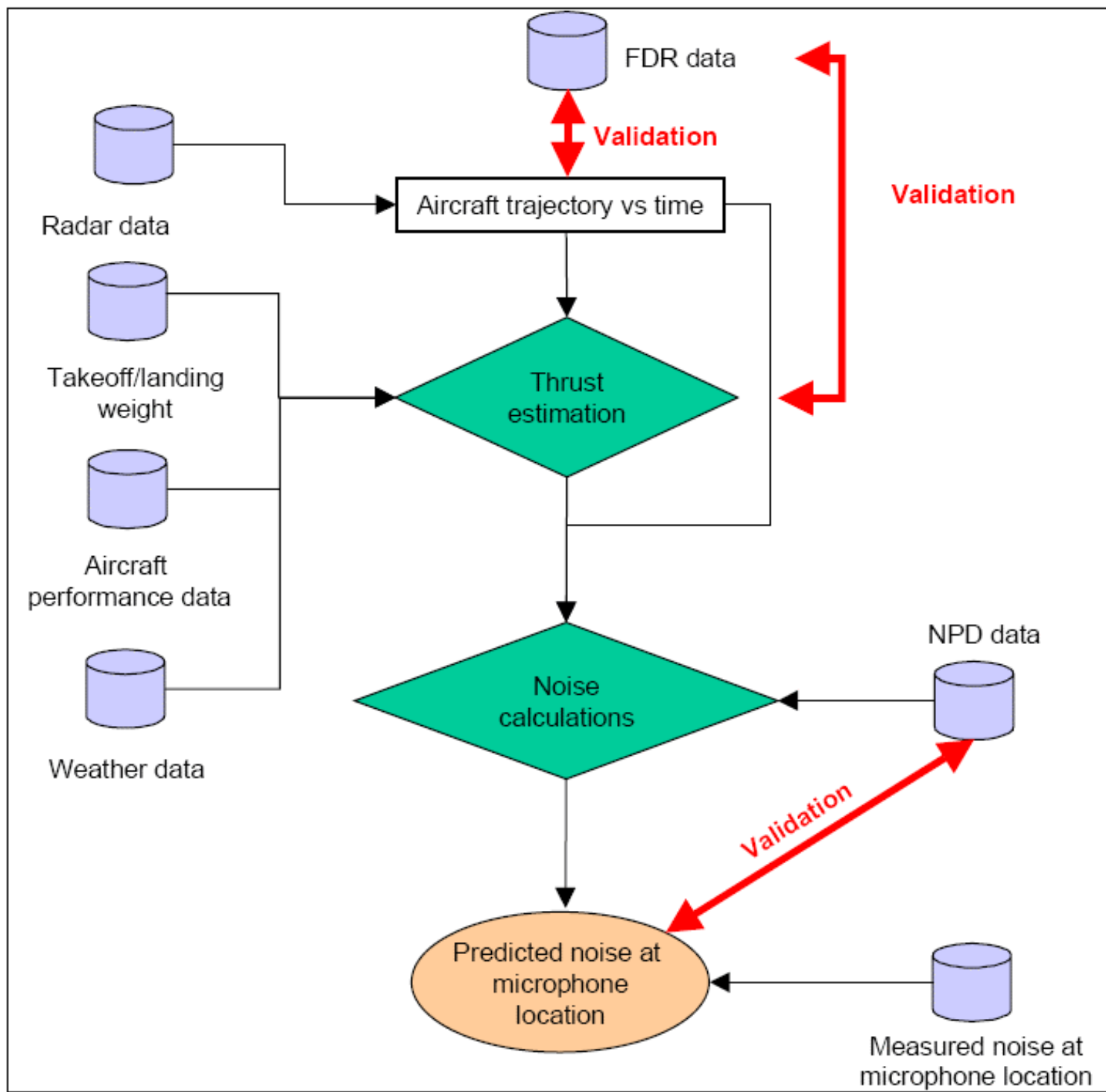
Wynikiem obliczeń modelu powinien być przestrzenny rozkład natężenia poziomu równoważnego dźwięku (L_{Aeq}) oraz maksymalnego poziomu dźwięku (L_{Amax})



Modelowanie hałasu lotniczego

Weryfikacja modeli dokonywana jest poprzez konfrontację wyników obliczeń z pomiarami. Pomiarów dokonuje się za pomocą mikrofonów. Na rysunku widzimy schemat rozkładu mikrofonów.





Modelowanie hałasu lotniczego

Sankcje związane z hałasem dotyczą głównie lotniska.

Należy mieć jednak świadomość, że to samoloty, a nie lotniska generują hałas.

Modelowanie hałasu lotniczego

Przydatne dokumenty dla członków Unii Europejskiej:

Dyrektywa 2002/49/WE

Dokument ECAC.CEAC Doc. 29



Modelowanie źródeł hałasu osiedlowego

Szczególnie uciążliwymi źródłami hałasu w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej są nadmiernie hałaśliwe urządzenia i instalacje stanowiące wyposażenie tych budynków takie jak instalacje c.o., wodne, wentylacyjne, dźwigowe, transformatorowe. Poziomy hałasów wytwarzanych przez te źródła przenikające do pomieszczeń, znacznie przekraczają wartości dopuszczalne.

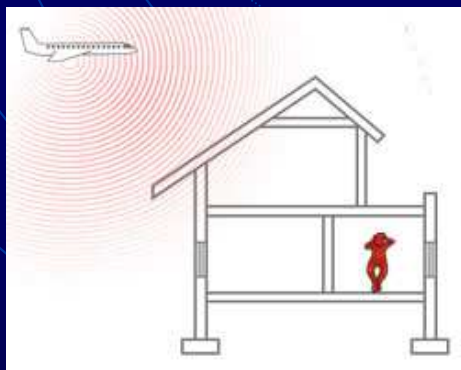
Modelowanie źródeł hałasu osiedlowego

Ponad 25 % mieszkańców jest narażonych na ponadnormatywny hałas w mieszkaniach, występujący wskutek stosowania oszczędnych materiałów i konstrukcji budowlanych. Hałas wewnątrzosiedlowy jest spowodowany przez pracę silników samochodowych, wywożenie śmieci, dostawy do sklepów, pracę zakładów usługowych, głośną muzykę radiową, dzwony kościelne, itp. Do tych hałasów dołącza się niejednokrotnie bardzo uciążliwy hałas wewnątrz budynku, spowodowany wadliwym funkcjonowaniem instalacji wodno-kanalizacyjnych, centralnego ogrzewania, dźwigów, hydroforów, zsypów. Według polskiej normy, poziom hałasu pochodzący od instalacji i urządzeń budynku może wynosić w ciągu dnia 30-40 dB, nocą 25-30 dB.

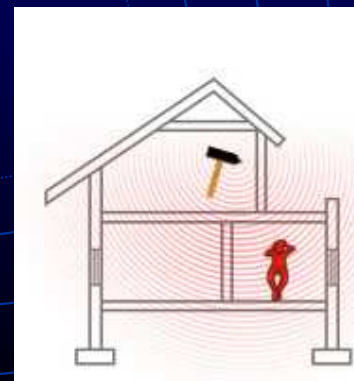
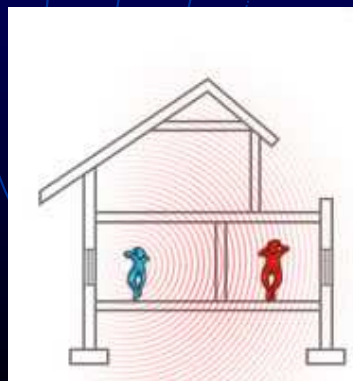
Modelowanie źródeł hałasu osiedlowego

Hałas osiedlowy możemy (pod względem sposobu modelowania) podzielić na:

Zewnętrzny, np.:



- Wewnętrzny
 - Powietrzny
 - Uderzeniowy
 - Generowany przez wyposażenie techniczne



Modelowanie źródeł hałasu osiedlowego

Postępowanie jest identyczne z tym przyjętym przez normy opisujące modelowanie hałasu przemysłowego:

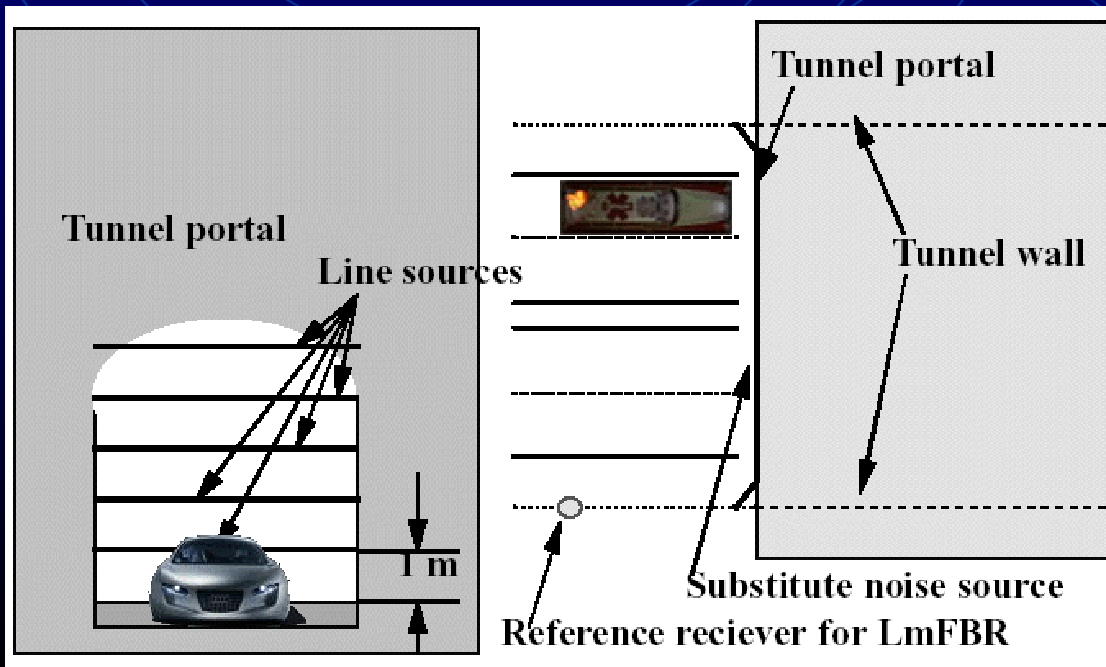
Ustalamy model źródła (ch-ka promieniowania kierunkowa, częstotliwościowa)

Określamy rodzaj modelowanego hałasu osiedlowego (zewnątrzny, wewnętrzny)

3. Wprowadzamy rozkład pomieszczeń/pomieszczenia i korzystając z dostępnych metod (promieniowa, źródeł pozornych) otrzymujemy rozkład hałasu osiedlowego.

Modelowanie innych źródeł hałasu (tunel)

Wlot tunelu ma ch-kę jak źródło powierzchniowe. Ze względu na zjawiska akustyczne mające miejsce w jego wnętrzu, wykazuje on dużą kierunkowość. Ponieważ nie ma modelu hałasu drogowego, biorącego pod uwagę kierunkowość źródeł, więc źródło powierzchniowe (wlot) jest zastępowane serią źródeł liniowych oddalonych o 1m.

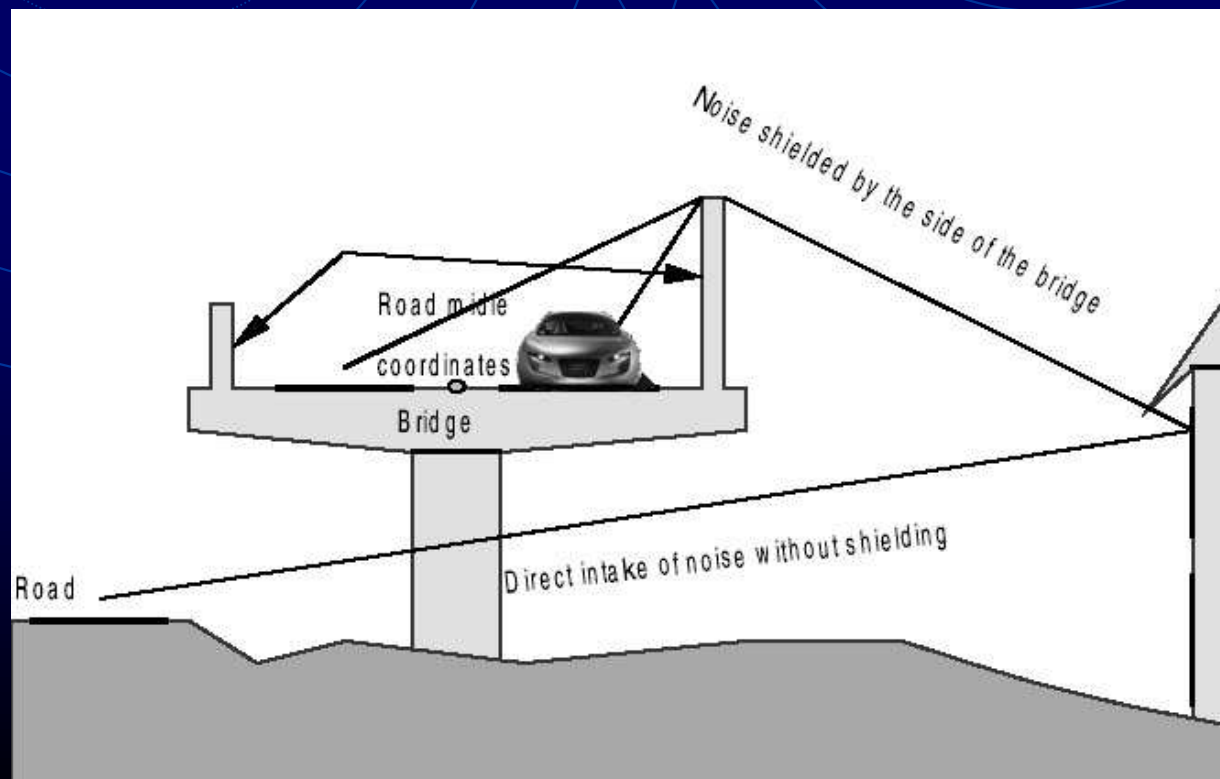


$$L_{m25} = L_{mFBR} + D_{Tunnel} - 19.2 + K \text{ dB(A)}$$

L_{m25}	Emission of the line sources per meter of tunnel portal
L_{mFBR}	Noise level calculated for the curb position from an infinitely long line source
D_{Tunnel}	Adjustment factor for the tunnel (derived from Internoise papers) reflecting walls of the tunnel (concrete) addition = + 13 dB absorbent walls with absorbent material inside the tunnel at least as far as 3 times the diameter of the tunnel. addition = + 5 dB
K	= 3dB for transmission of the noise into the quarter sphere

Modelowanie innych źródeł hałasu (most)

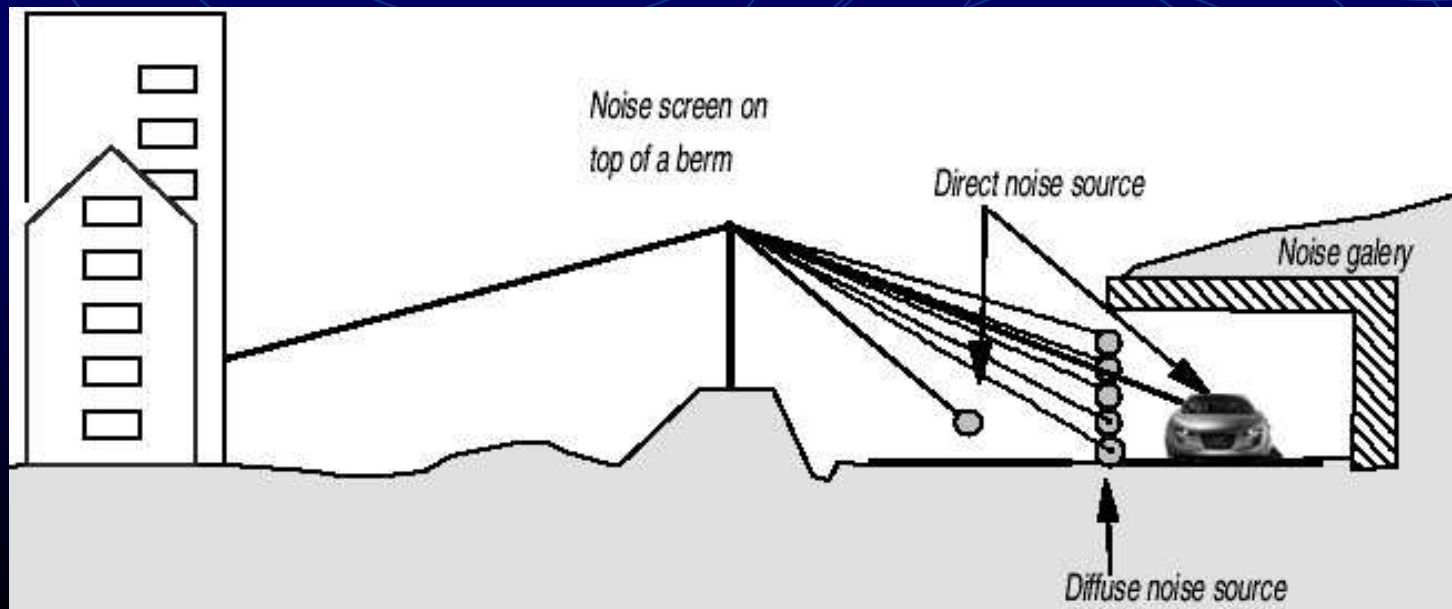
Zamodelowanie mostów sprawia często duże kłopoty. Często po bokach umieszczone są ekrany dźwiękowe izolujące przed hałasem komunikacyjnym. Inne typy źródeł (poza drogowymi i kolejowymi) nie są jednak ekranowane.



Modelowanie innych źródeł hałasu (galeria)

Aby prawidłowo zamodelować hałas powstały w obrębie tzw. galerii musimy wziąć pod uwagę zarówno drogę bezpośrednią jak i odbicia od sufitu oraz ścian. Jedną z metod jest wprowadzenie źródła odwzorowującego drogę bezpośr. oraz zestawu źródeł opisujących odbicia i rozproszenia.

$$L_{w,diffuse} = L_{mE} + 10 * \log (Sb^0) - 10 * \log (a_m) - 10 * \log (h_{open}) - 10 * \log(n) - 14.6 \quad [dB(A)]$$



Co zrobić gdy nie da rady postawić ekranu akustycznego w mieście?

- Zmniejszenie prędkości ruchu
- Korzystanie z:
 - „Cichych” opon
 - Cichszych silników i układów wydechowych
- Lepsza i równiejsza nawierzchnia drogi
- Porowate nawierzchnie drogowe
- Zarządzanie ruchem pojazdów
- Ronda

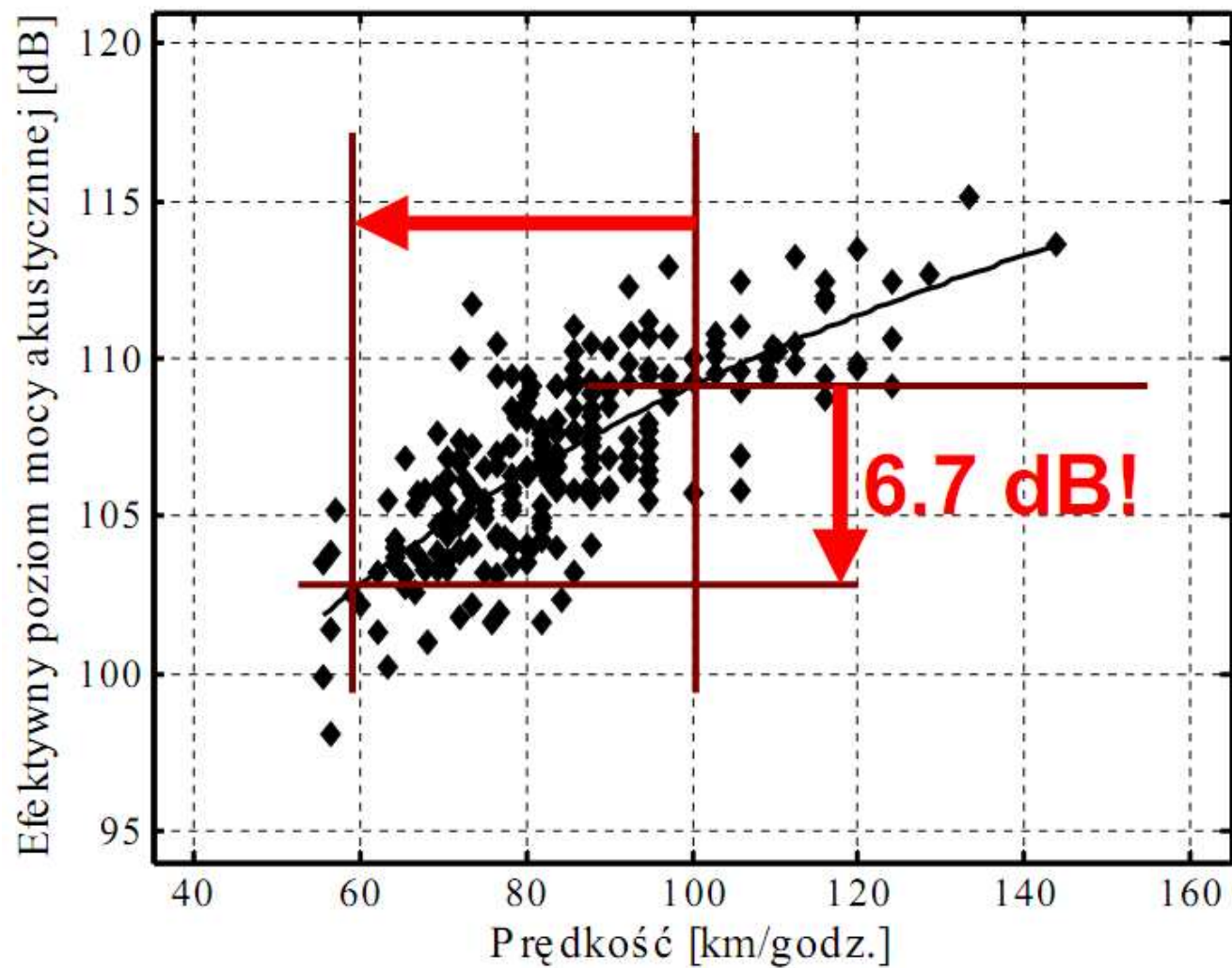




Efektywny poziom mocy akustycznej

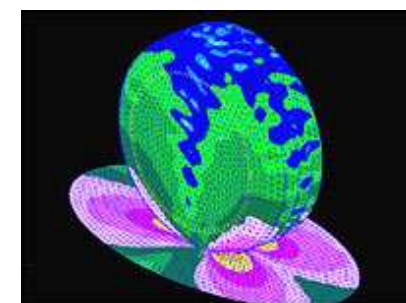
- Zależy od:
 - Prędkości ruchu
 - Rodzaju pojazdu
 - Rodzaju nawierzchni jezdni
 - Stanu technicznego nawierzchni jezdni

Zmniejszenie prędkości ruchu



„Ciche opony”

- Prace zapoczątkowane w 2004 roku
- Badacze i naukowcy z Southampton pod kierownictwem **dr. Rogera Pinningtona**
- Cel: znalezienie lub stworzenie materiału, który byłby jednocześnie gładki w kontakcie z powietrzem i porowaty dla cząsteczek wody



Pomiary na różnych nawierzchniach



A PP1

Pomiary na różnych nawierzchniach



A PP2

Pomiary na różnych nawierzchniach



D PP1

Pomiary na różnych nawierzchniach



D PP2

Pomiary na różnych nawierzchniach



D
PP4

Pomiary na różnych nawierzchniach

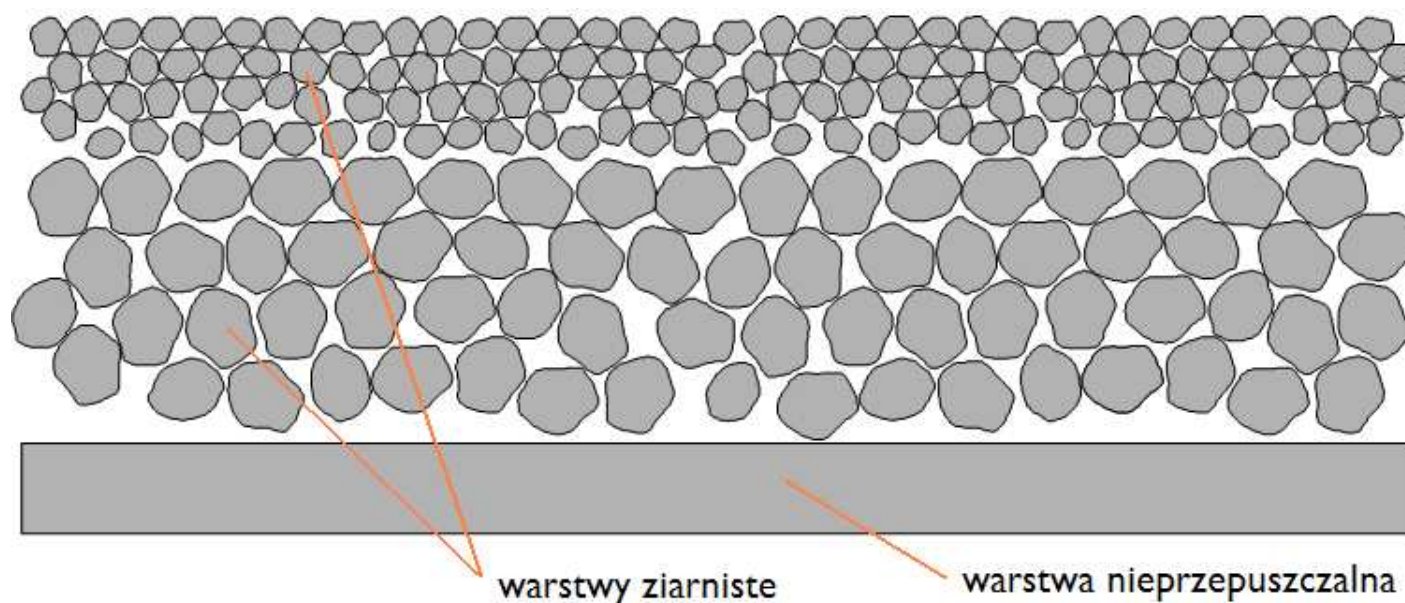
Nawierzchnia	Liczba punktów pomiarowych	Charakterystyka ulicy
A	2	Asfalt tradycyjny, nawierzchnia drogi zniszczona, niewielkie koleiny, łaty
B	2	Nowa nawierzchnia porowata (tuż po wymianie)
C	1	Nawierzchnia porowata, dwa lata od wymiany
D	4	Asfalt tradycyjny, nawierzchnia drogi zniszczona, liczne łaty i pęknięcia poprzeczne, podłużne koleiny
E	1	Asfalt tradycyjny, nawierzchnia drogi nowa, równa

Pomiary na różnych nawierzchniach

Nawierzchnia	Punkt pomiarowy	V [km/godz.]	\tilde{L}_{WA} [dB]
A	PP1	48.9	99.3
	PP2		100.3
B	PP1	52.1	93.5
	PP2		94.1
C	PP1	44.1	100.7
D	PP1	50.9	100.4
	PP2		100.7
	PP3	61.9	100.8
	PP4	49.8	99.2
E	PP1	40.2	99.8

Nawierzchnie porowate

- Nawierzchnie porowate posiadają dużo wolnej przestrzeni – tzw. **pory** (niewielkie wnęki wypełnione powietrzem)





Zalety nawierzchni porowatych

- Zmniejszają hałas toczenia oraz hałasu podczas propagacji
- Stosowanie w przypadku przekroczeń dopuszczalnych poziomów dźwięków o kilka decybeli
- Metoda redukcji tańsza niż inne metody
- Lepiej odprowadzana woda z powierzchni jezdni – wzrost bezpieczeństwa jazdy

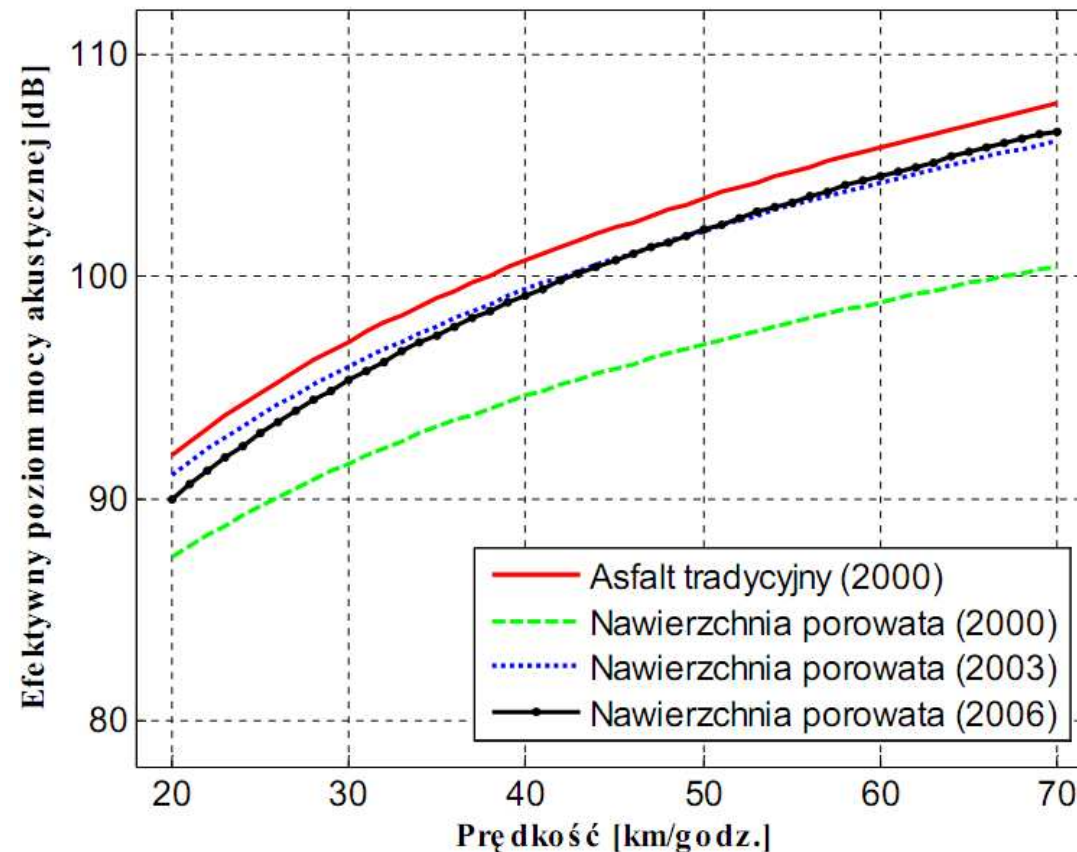


Nawierzchnie porowate – jak to działa?

- Fala akustyczna padająca na powierzchnię drogi wymusza drgania powietrza we wnękach
- Na skutek tarcia powietrza o ich ścianki hałas jest tłumiony (niewielka część energii akustycznej zostaje odbita)
- Im większa liczba wnęk i im większe są ich rozmiary tym tłumienie fali akustycznej większe

Wady nawierzchni porowatych

- Większe koszty utrzymania w stosunku do nawierzchni tradycyjnych (szczególnie w okresie zimowym)
- Zanikanie właściwości tłumiacznych



Zastosowanie ronda jako metody redukcji hałasu w mieście





Założenia

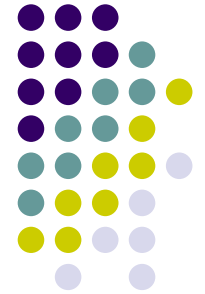
- Prawdopodobieństwa dojazdu pojazdu po każdej z czterech dróg do skrzyżowania są takie same
- Prawdopodobieństwa ruchu w lewo, prawo lub prosto są takie same
- Przy dojeździe/wyjeździe ze skrzyżowania pojazd porusza się ruchem jednostajnie opóźnionym/przyspieszonym
- Po rondzie pojazd porusza się ruchem jednostajnym
- **Badanie przeprowadzone dla pojazdów lekkich**



Wnioski

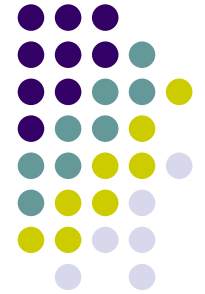
- Zastosowanie ronda zamiast skrzyżowania powoduje obniżenie poziomu hałasu
- Redukcja hałasu zauważalna jest dla stosunkowo niskich prędkości
 - w pobliżu ronda i na małej wysokości dla prędkości mniejszych od ok. **25km/h**
 - w pobliżu ronda i na dużej wysokości dla prędkości mniejszych od ok, **50km/h**
 - w oddaleniu od ronda i na małej wysokości dla prędkości mniejszych od około **50km/h**
 - w oddaleniu od ronda i na dużej wysokości dla prędkości mniejszych od około **50km/h**

Hałas kolejowy

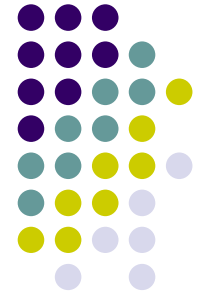


- Przegląd parametrów
 - parametry związane ze składem i jego ruchem
 - parametry związane z torowiskiem
 - hałas aerodynamiczny

Parametry związane ze składem

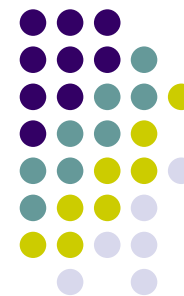


- typ ruchu, w jakim znajduje się pociąg
- charakterystyka pociągu: długość pociągu, pojedynczych wagonów, typ hamulców, liczba osi oraz średnica kol



Parametry torowiska

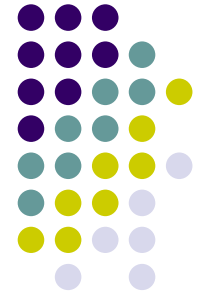
- rodzaj zastosowanego podkładu
- obecność krzywizn
- obecność tuneli, zwrotnic
- ilość styków oraz technika ich wykonania
- stan faktyczny torowiska



Hałas aerodynamiczny

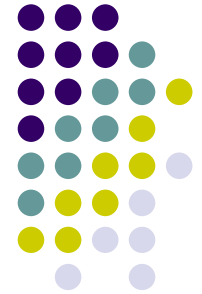
- Jak się okazuje prędkość pociągu ma znaczenie z punktu widzenia pomiaru – dla prędkości powyżej 90 km/h powinniśmy uwzględniać dodatkowe obliczenia. W Polsce nie przeprowadza się ich, gdyż wymagana prędkość nie jest osiągnięta na dostatecznie długich odcinkach.

Modele



- Modele hałasów kolejowego
 - Niemiecki
 - Holenderski
 - Nordycki (nord2000, NMT 96)

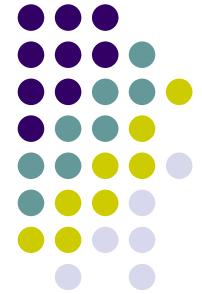
Model Niemiecki schall 03



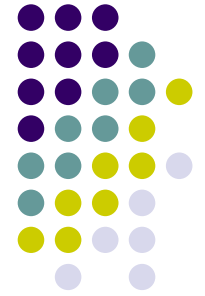
Model ten uwzględnia wpływ dziesięciu czynników powodujących zwiększenie się poziomu hałasu

- Natężenie dźwięku ($C_{intensity}$)
- Prędkość pociągu (C_{speed})
 $C_{speed} = 20\log(v/100)$
- Kąt pomiędzy kierunkiem poruszania się pociągu a miejscem odbioru (C_{angle})
- Rodzaj torowiska (C_{track})
Drewniany nieabsorbujący ? / Drewniany z podsypką +0dB
Betonowy nieabsorbujący +5dB / Betonowy z podsypką +2dB
- Przejazd pod mostem (C_{bridge}) +3dB
- Kierunkowość w płaszczyźnie pionowej i poziomej (C_{di})
 $C_{di} = 10\log(0,22 + 1,27*\cos^2(\Phi))$
- Rodzaj hamulca (C_{brake}) określa procentową zawartość hamulca tarczowego w całym układzie hamulcowym, wartość jest odniesiona do długości całego pojazdu
- Obecność zwrotnicy ($C_{crossing}$) +3dB
- Krzywizna toru (C_{radius})
300 – 500 m korekta 3dB
mniej niz 300 m korekta 8dB
- Kategoria pociągu (C_{cat})

Model Niemiecki schall 03



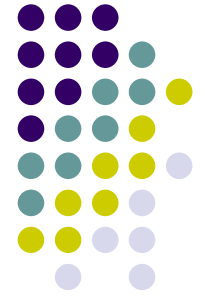
Kategoria	Podkategoria	Prędkość Maksymalna
Pociągi towarowe		do 100 km/h
Tramwaje i metra		do 80 km/h
Pociągi lokalne	osobowe	do 120 km/h
	pospieszne	
Pociągi długodystansowe	międzyregionalne	do 200 km/h
	intercity	
	eurocity	
Pociągi wysokich szybkości	intercity	do 300 km/h



Model Niemiecki schall 03

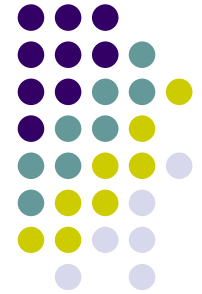
Wynikowy poziom hałasu to wartość 51dB
(standardowa wartość hałasu ustalona przez
twórców modelu) powiększona o wartość
wymienionych parametrów.

$$L = 51 + C_{\text{intensity}} + C_{\text{speed}} + C_{\text{angle}} + C_{\text{track}} + C_{\text{bridge}} + C_{\text{di}} + C_{\text{brake}} + C_{\text{radius}} + C_{\text{crossing}} + C_{\text{cat}}$$



Model Holenderski SMR II

- Obliczanie hałasu podzielone jest na pasma oktawowe w zakresie 63 do 8000 Hz, a otrzymywanym wynikiem jest poziom równoważny hałasu w przeliczeniu na kilometr toru Leq.
- Model ten uwzględnia wysokości na których źródło emituje hałas, od określonych składowych pociągu.
- uwzględnienie wpływu gruntu na wzmocnienie propagacji lub tłumienie hałasu w zależności od rodzaju podłoża



Model Holenderski SMR II

- Emisja hałasów dla każdego z pasm oktafowych, jest wyznaczana wedle wzoru:

$$E_c = a_c + b_c \cdot \log v_c + 10 \log Q_c + K_{tr}$$

c – indeks kategorii pociągu,

a_c – emisja dla danego pasma oktafowego, zależna od częstotliwości i kategorii,

b_c – stała wartość dla pasma oktafowego, wysokości źródła i kategorii pociągów, używana do wprowadzenia korekty zależnej od prędkości pociągu,

K_{tr} – wartość stała zależna od typu toru,

N_c – prędkość pociągów z kategorii c określona w km/h,

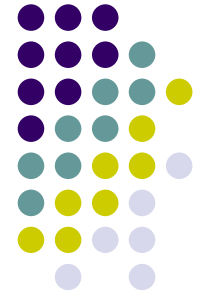
Q_c – liczba przejazdów pociągów z kategorii c na godzinę

Model Holenderski SMR II



Klasy pociągów wedle modelu holenderskiego:

Kategoria	Opis pociągu
1	Pociągi pasażerskie z hamulcami klockowymi
2	Pociągi pasażerskie z hamulcami mieszanymi (tarczowe + klockowe)
3	Pociągi pasażerskie z hamulcami tarczowymi
4	Pociągi towarowe z hamulcami klockowymi
5	Pociągi z napędem typu diesel i hamulcami klockowymi
6	Pociągi z napędem typu diesel i hamulcami tarczowymi
7	Metra miejskie i szybkie tramwaje
8	Pociągi Intercity z hamulcami tarczowymi i wolne pociągi
9	Pociągi dużych prędkości z hamulcami tarczowymi i klockowymi
10	Pociągi dużych prędkości typu ICE-3(M)10



Model Holenderski SMR II

- Znając dane pomiarowe oraz wyznaczone współczynniki emisji w pasmach oktawowych, wyznacza się model emisyjny hałasu wedle wzoru:

$$L_{E,i}^h = 10 \cdot \log \left(\sum_{c=1} n \cdot 10^{0.1 \cdot E_{nb,i,c}^h} + \sum_{c=1} n \cdot 10^{0.1 \cdot E_{br,i,c}^h} \right)$$

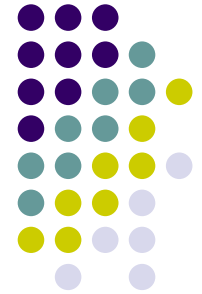
$E_{br,i,c}^h$

Emisja hamujących pociągów w pasmach oktawowych, określona dla wysokości źródła I kategorii pociągu

$E_{nb,i,c}^h$

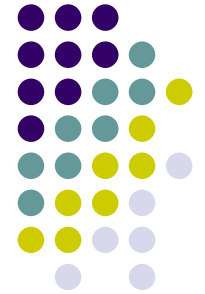
Emisja niehamujących pociągów w pasmach oktawowych, określona dla wysokości źródła I kategorii pociągu

Model Nordycki NMT96 I NORD 2000



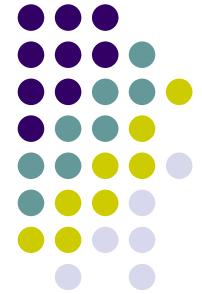
- Wśród parametrów, które należy zaobserwować podczas pomiarów znajdują się między innymi:
 - liczba lat eksploatacji szyn
 - czas ostatniego szlifowania
 - miejsce hamowania
 - rodzaj podkładu
 - typ przytwierdzenia szyn do podkładu
 - kąt zakrzywienia toru
 - typ pociągu
 - zespół trakcyjny
 - typy wagonów kolejowych
 - chropowatość powierzchni
- Należy dodatkowo zwrócić uwagę na topografię terenu na którym odbywa się pomiar i zweryfikować panujące tam warunki akustyczne i poprawność ustawienia aparatury pomiarowej

Model Nordycki NMT96 I NORD 2000



- Z czasem uznano wersje NMT96 za niewystarczającą i udoskonalono ją do wersji NORD2000
- Oprócz wymienionych powyżej parametrów uwzględnia się:
 - prędkość wiatru
 - standardowe odchylenie prędkości wiatru
 - kierunek wiatru
 - gradient temperaturowy
 - standardowe odchylenie gradientu temperaturowego
 - siła zmian wiatru
 - siła zmian temperatury
 - chropowatość toru

Model Nordycki NMT96 I NORD 2000



Kategoria	Podkategoria	Nazwa
1	Pociągi wysokich prędkości (> 180 km/h)	
	1a	Pociąg typu 71
	1b	Ekspresowy pociąg pasażerski, typ BM 73
2	Pociągi Intercity/Express	
	2a	Typ BM 70 (zbiór pociągów pasażerskich)
	2b	Elektryczny (z lokomotywą elektryczną E1 18)
	2c	N-Pass (pociąg z lokomotywą elektryczną)
	2d	Diesel (pociąg z lokomotywą spalinową Di8)
3	Zbiór pociągów pasażerskich	
	3a	Typ BM 69 (lokalne)
	3b	Typ BM 92 (lokalne)
	3c	Typ BM 72 (lokalne)
	3d	Typ BM 93
4	Pociągi towarowe	
	4a	Elektryczne E1 16
	4b	Elektryczne E1 18 (ograniczone użycie)
	4c	Diesel Di8
5	Inne	

Klasyfikacja
pociągów
według modelu
Nordyckiego

Hałas kolejowy

- przykłady rozwiązań stosowanych w walce z hałasem kolejowym



Walka z hałasem kolejowym

- Obecnie z hałasem kolejowym walczy się przez:
 - zabiegi urbanistyczne – wyprowadzanie torowisk na obrzeża miast, naturalne bariery akustyczne – zalesianie, tunele
 - zabiegi prawne – obszary o określonych zakazach prędkości, wyłączone z ruchu pociągów towarowych itp.

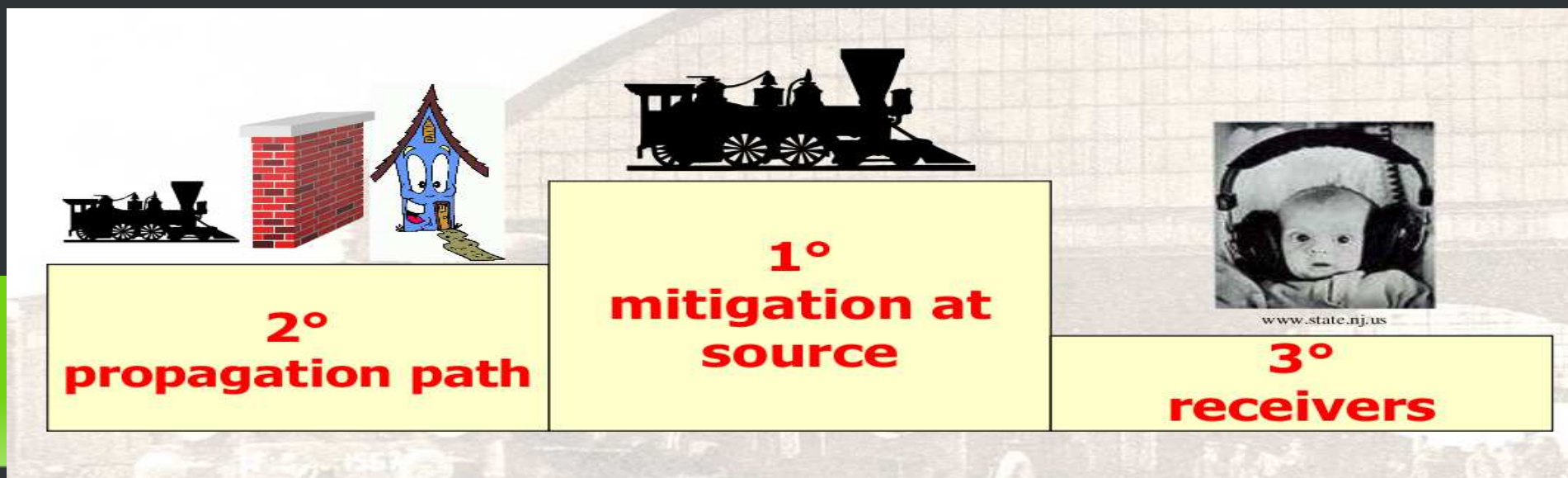


Walka z hałasem kolejowym

- Musimy sobie zdawać jednak sprawę, iż są miejsca, gdzie już istnieją linie kolejowe, z których nie możemy wysiedlic ludności, bądź przebudować, a także iż kolej musi przebiegać w pewnym zakresie przez tereny zaludnione, a tym samym trzeba opracować szereg praktycznych metod redukcji hałasu pochodzącego od ruchu pociągów.

Projekty europejskie związane z hałasem

- Unia europejska sponsorowała w przeszłości i sponsoruje obecnie wiele projektów związanych z hałasem kolejowym. Postanowiono podjąć walkę z hałasem na kilku płaszczyznach:



Projekty europejskie związane z hałasem

- Aby zmniejszyć emisje hałasu u samego źródła przeprowadzono szereg badań w ramach projektów:
 - Eurosabot (układ hamulcowy)
 - Silent freight (koła)
 - Silent Track (torowisko)
 - STAIRRS



Eurosabot

- Dążono do opracowania nowej technologii hamulców, które pozwoliłyby zredukować hałas małym kosztem. W ramach projektu:
 - zidentyfikowano źródło problemów – szorstkość szyny oraz koła
 - zbadano rozbieżności między wynikami laboratoryjnymi i w środowisku
 - odkryto, iż hamulce kompozytowe dają redukcję hałasu tocznego na poziomie 10 dB przy prędkości 100 km/h!

Eurosabot

- Opracowano dwa typy hamulców – K oraz LL



Silent freight

- Optymalizowano koła pod kątem ekranowania, powierzchni, wielkości;
 - Odkryto, iż koła o gładkiej powierzchni wydają mniej dźwięku podczas hamowania – zaproponowano okresowe szlifowanie kół oraz zmiany w układzie hamulcowym, aby koła wolniej się niszczyły;



Silent freight

- wprowadzono preforacje powierzchni koła (mało efektywne) oraz tłumiki (redukcja rzędu 6 dB(A))



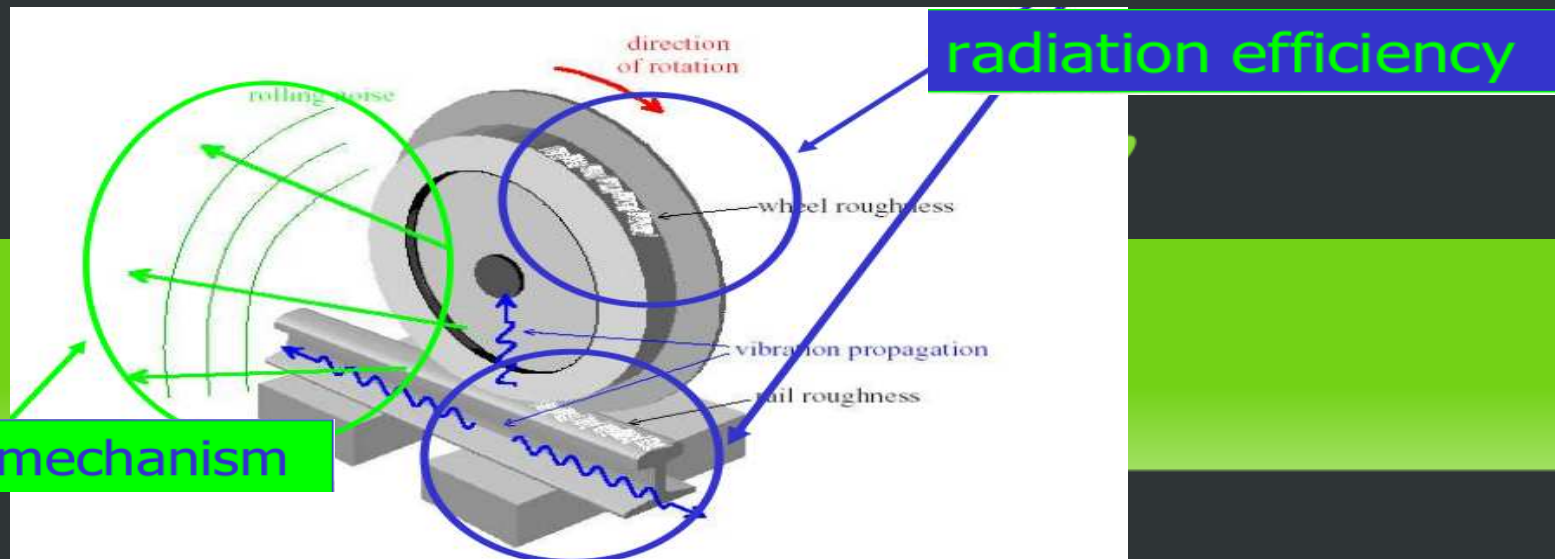
Silent freight

- zastosowano absorbery na kołach oraz specjalne otarczowanie



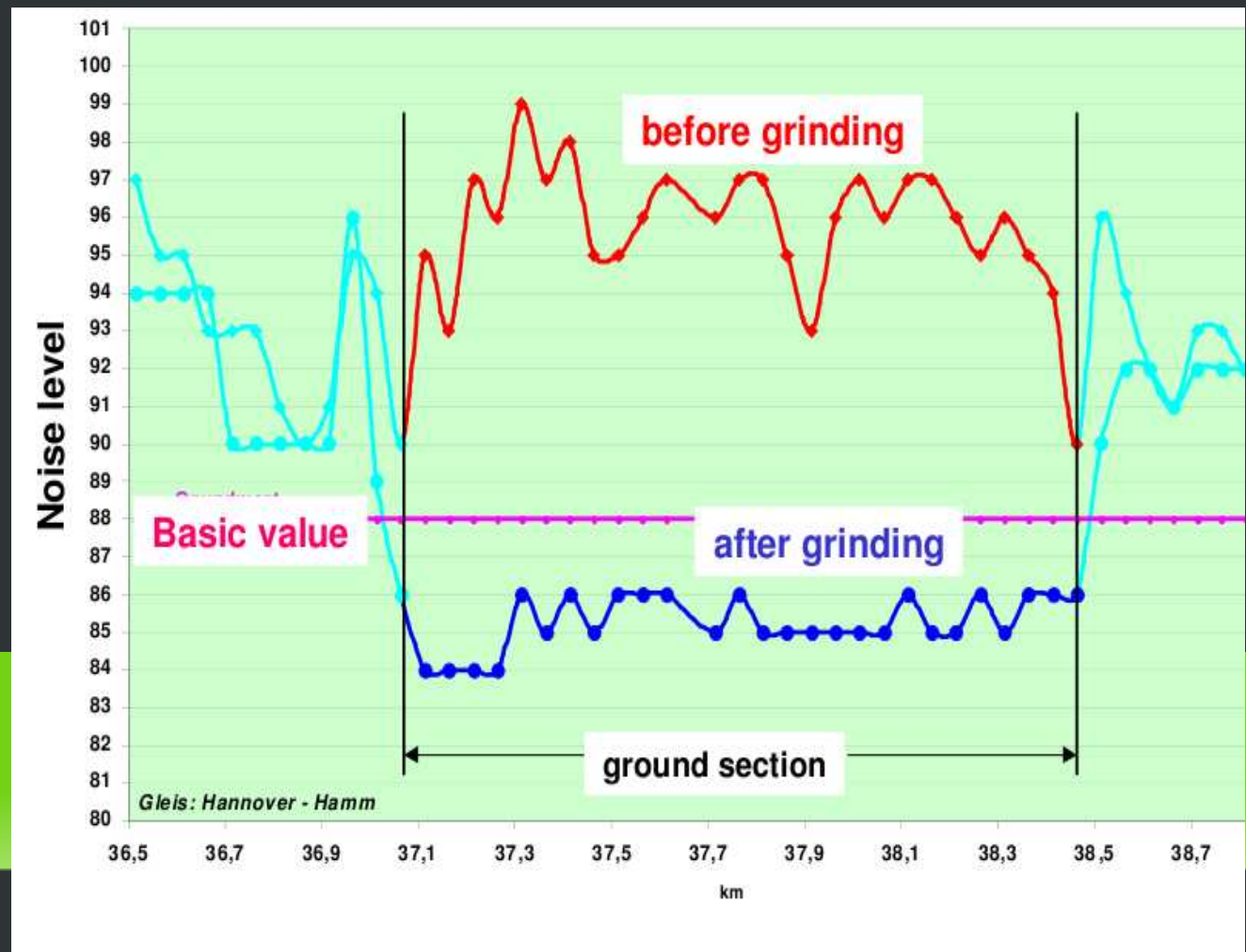
Silent track

- Przeprowadzono szereg eksperymentów z torowiskiem. Wyciągnięto następujące wnioski:
 - aby osiągnąć zmniejszenie poziomu hałasu o kolejne 10 dB(A) należy wprowadzić ekranowanie torowiska oraz regularnie szlifować powierzchnię szyny



Silent track

- szlifowanie torowiska:



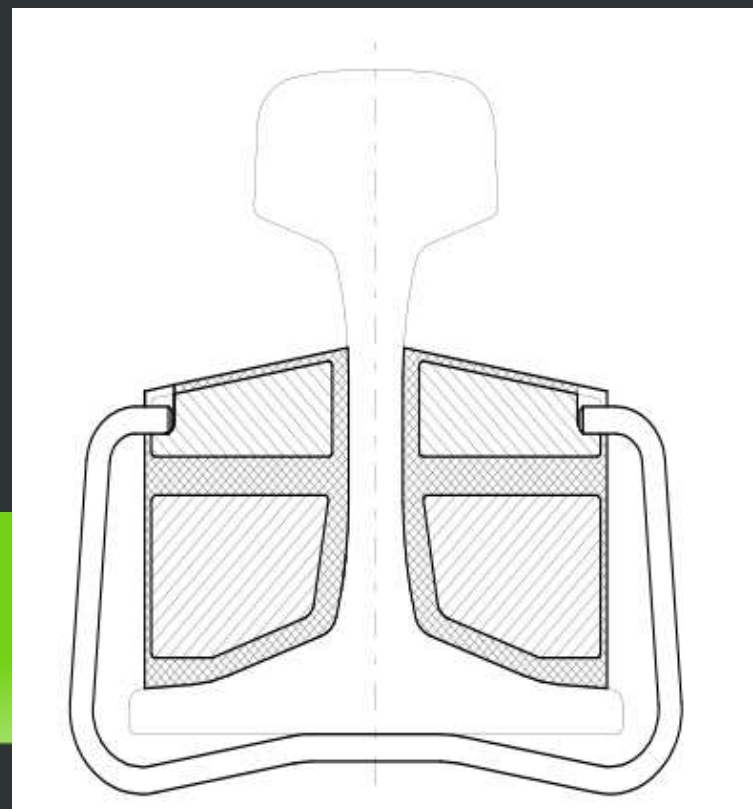
Silent track



Grinding stones

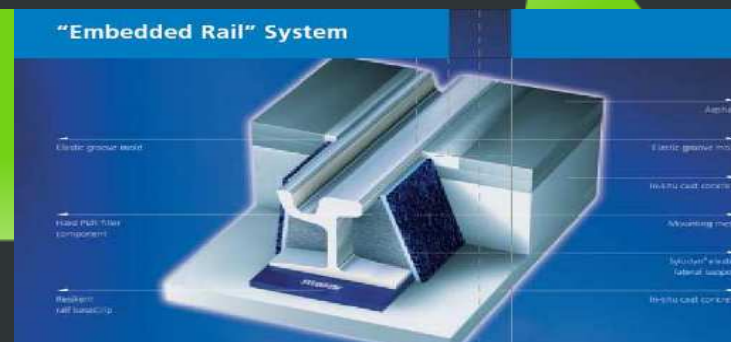
Silent track

- Ekranowanie torowiska: stosujemy specjalną obudowę dla toru. Składa się ona ze stalowej ramy okalającej tor oraz znajdujących się w niej materiałów dźwiękochłonnych



Silent track

- idąc dalej tym tokiem rozumowania dochodzimy do obudowywania toru:
 - rozwiązanie takie jest:
 - funkcjonalne
 - tanie i wytrzymałe
 - proste w instalacji
 - wydajne

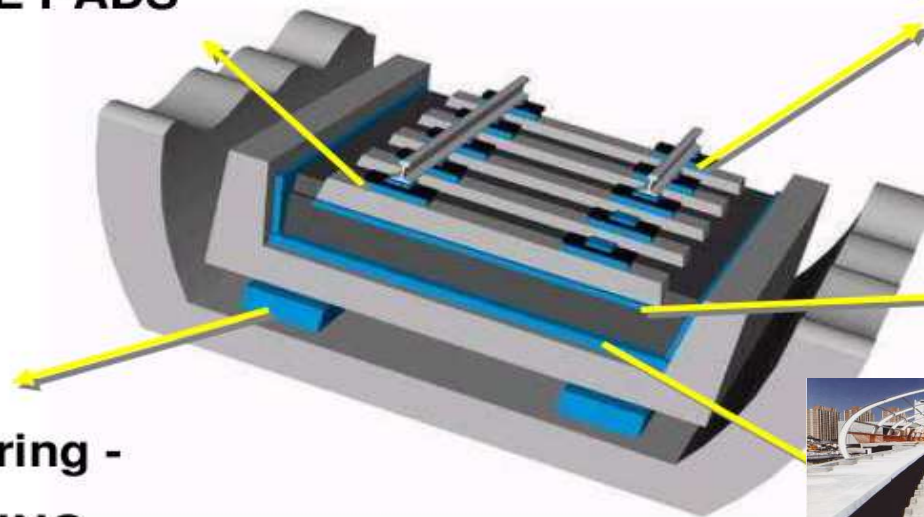


Silent track

- amortyzacja torowiska (rozwiązań poniższych nie stosujemy jednocześnie)

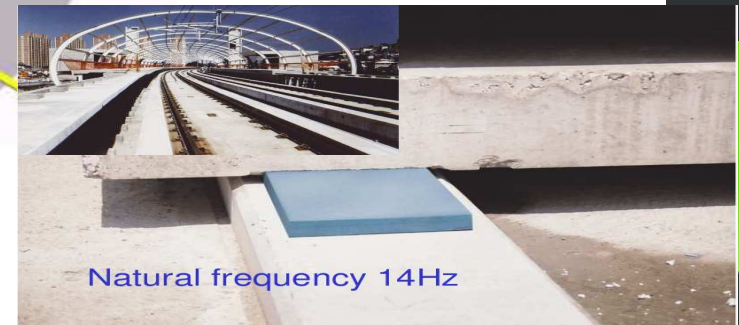
BASEPLATE PADS

RAIL PADS



SLEEPER PADS

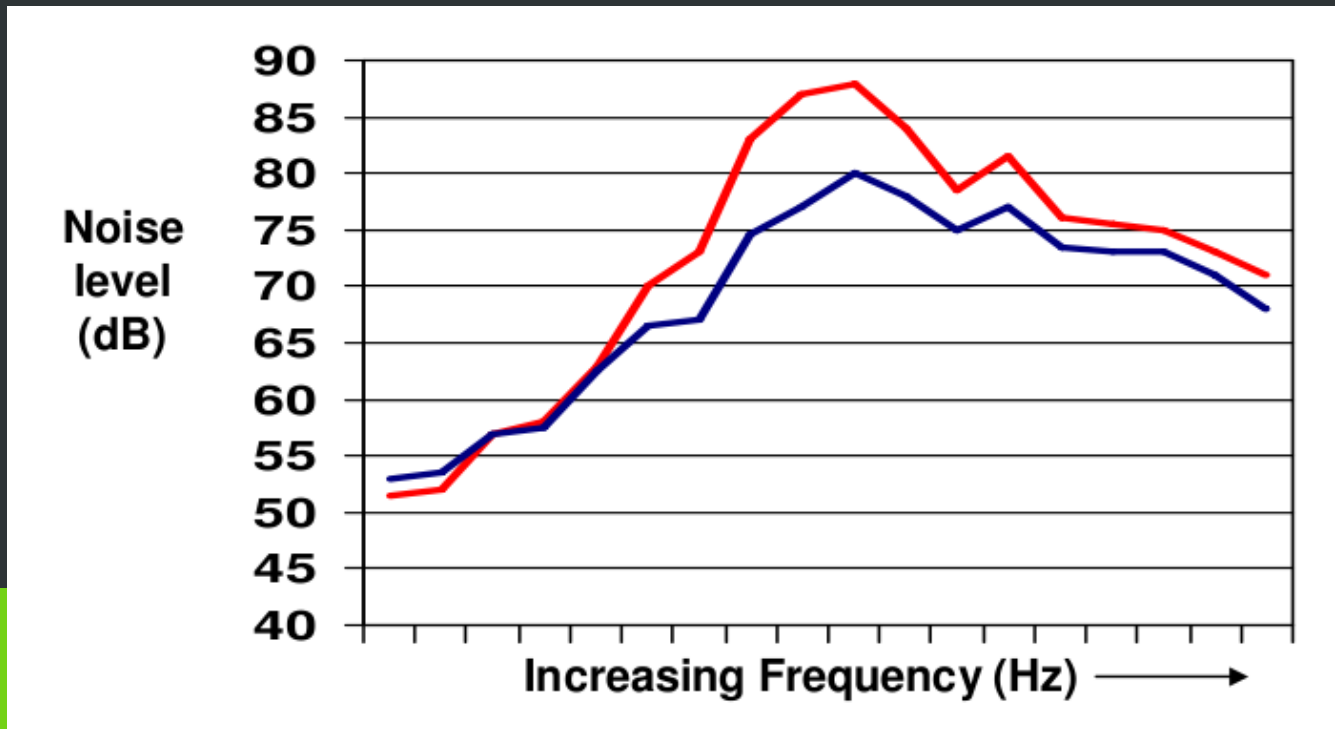
**Elastic bearing -
MASS-SPRING-
SYSTEMS**



Natural frequency 14Hz

Silent track

- Zysk uzyskany dzięki amortyzacji torowiska:



Silent track

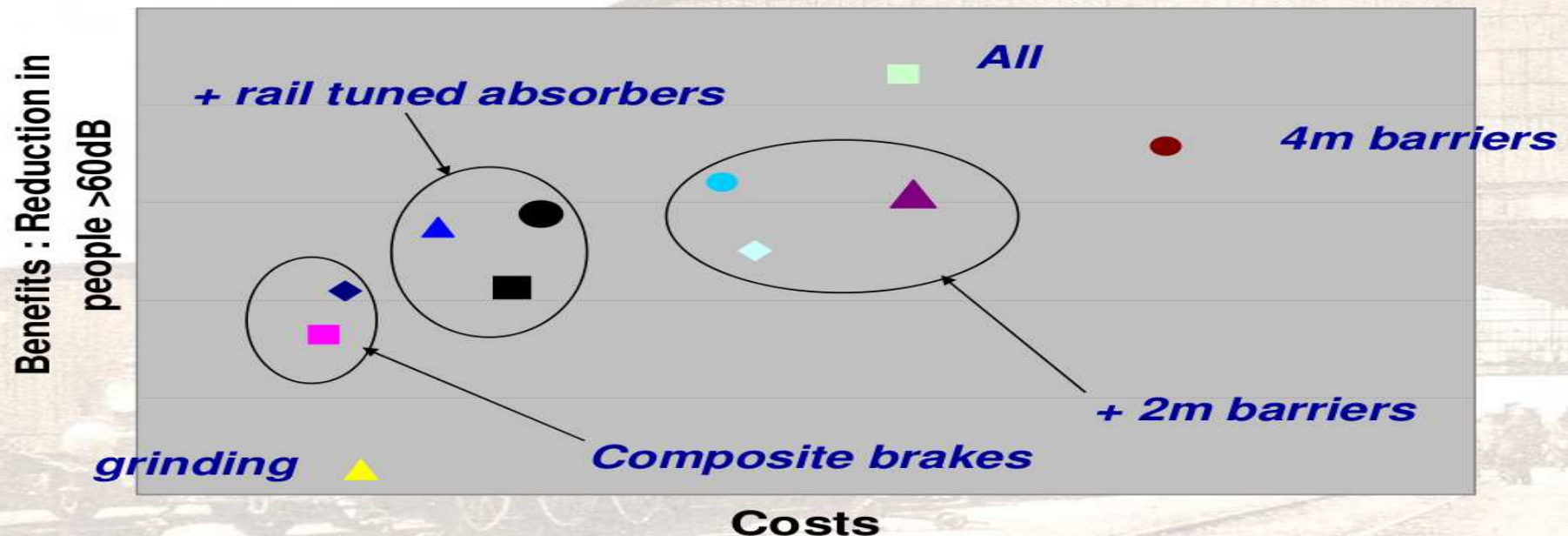
- ekranowanie torowiska – jak się okazuje budowa ekranów akustycznych jest najmniej efektywną metodą walki z hałasem – skuteczna jest tylko w tłumieniu hałasu bezpośrednio przy poziomie torów. Stąd ciekawa konstrukcja:



STAIRRS

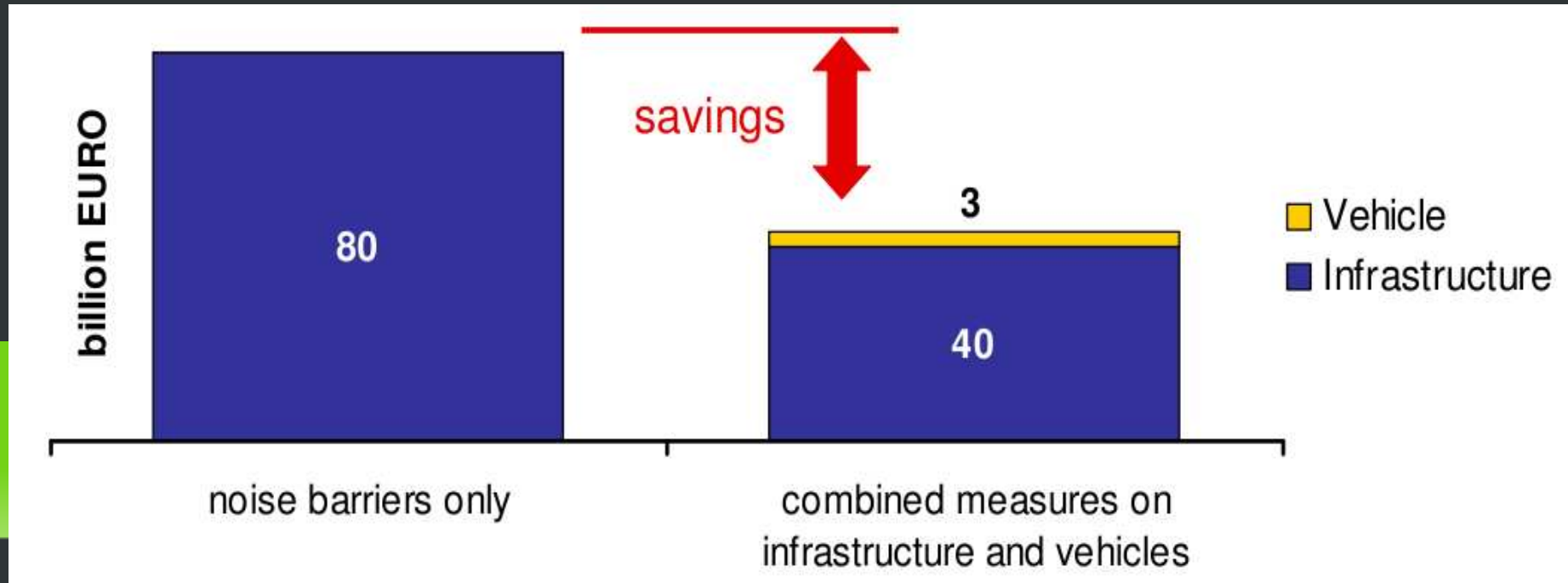
- Obecny projekt Unii, gdzie poza opracowywaniem nowych rozwiązań rozważa się możliwości zastosowań wszystkich dotychczasowych pod kątem pieniędzy/efektywności

STAIRRS *cost effectiveness analysis*



STAIRRS

- Badania wykazały, iż próby eliminacji hałasu na drodze propagacji - zalesianie, ekranowanie - są nieopłacalne w stosunku do rozwiązań 'u źródła'. W związku z tym powinniśmy je stosować tylko tam gdzie to niezbędne.



Ścieżka propagacyjna - Zapory akustyczne

- Stawiamy ekrany akustyczne na tej asmej zasadzie, na jakiej ekranujemy hałas drogowy. Musimy sobie jednak zdawać sprawę, iż rozwiązanie to jest drogie i efektywne tylko przy powierzchni torowiska.

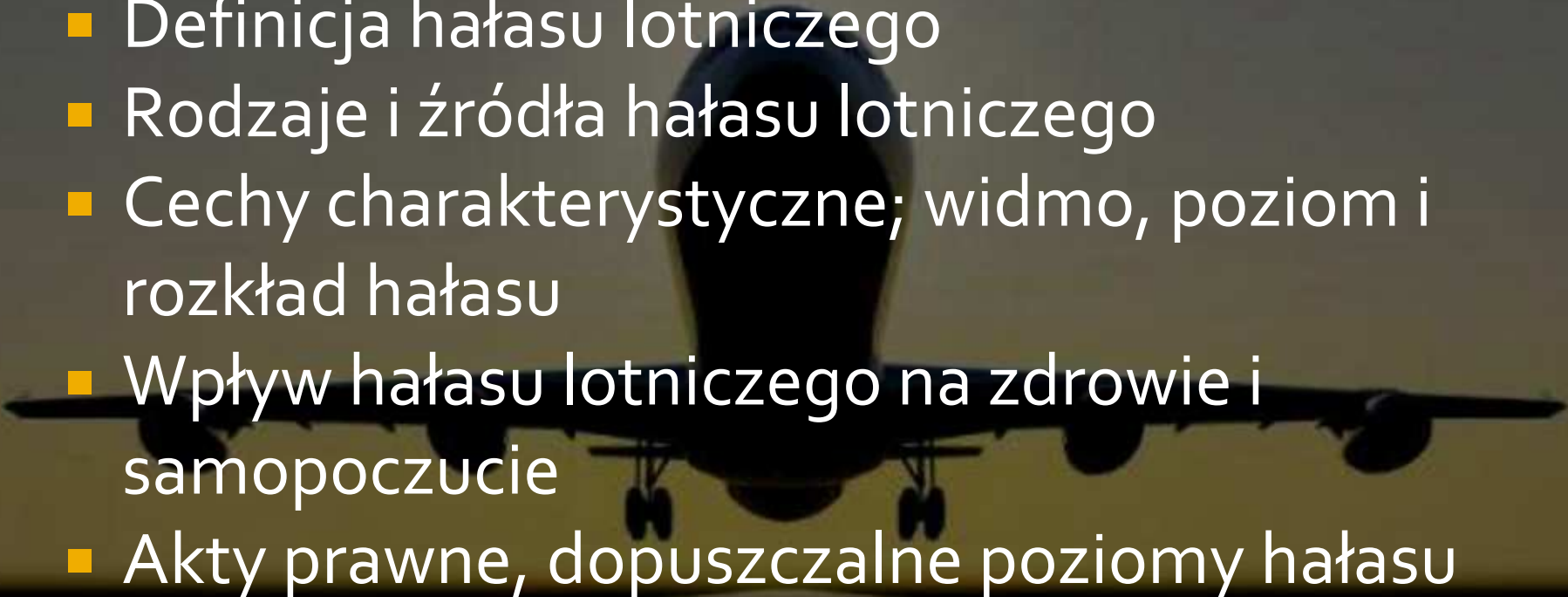


Ochrona Przeciwdźwiękowa

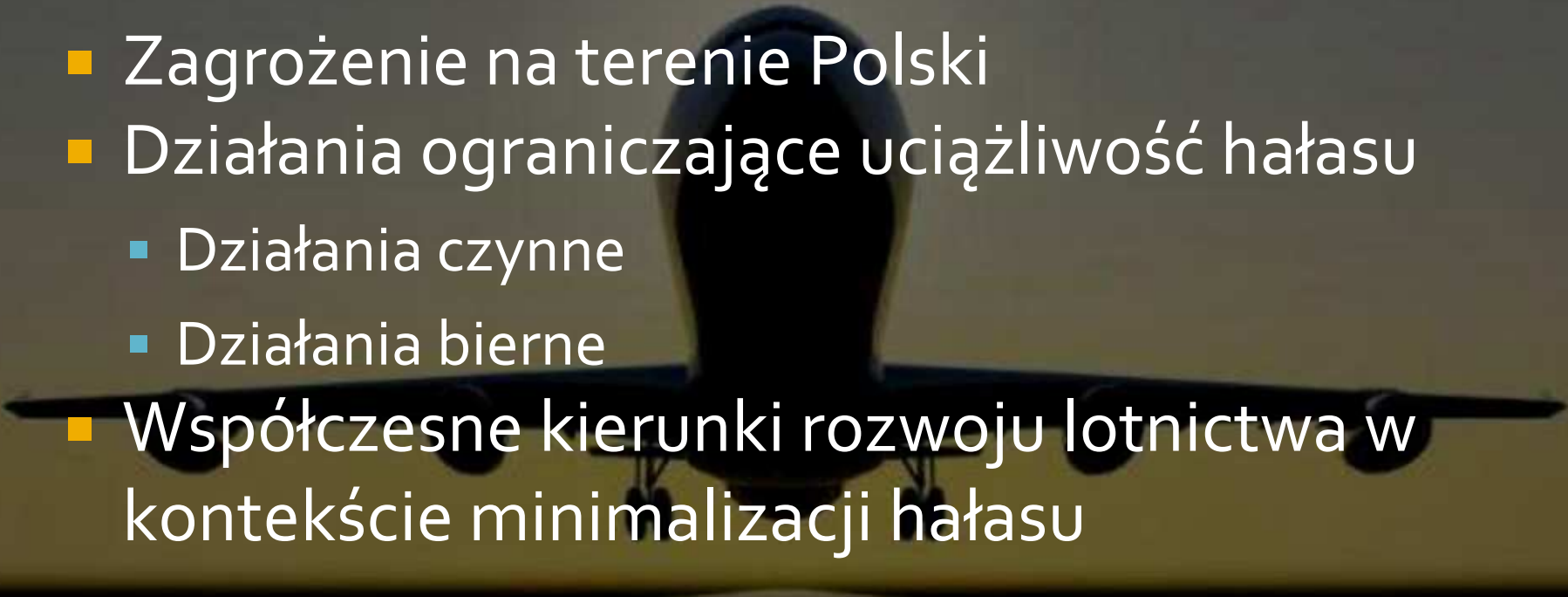


Charakterystyka hałasu lotniczego

Plan prezentacji

- Definicja hałasu lotniczego
 - Rodzaje i źródła hałasu lotniczego
 - Cechy charakterystyczne; widmo, poziom i rozkład hałasu
 - Wpływ hałasu lotniczego na zdrowie i samopoczucie
 - Akty prawne, dopuszczalne poziomy hałasu
 - Pomiar hałasu lotniczego
 - Model hałasu lotniczego
 - Mapy hałasu, planowanie, ochrona zabudowy
- 

Plan prezentacji – c.d.

- 
- Zagrożenie na terenie Polski
 - Działania ograniczające uciążliwość hałasu
 - Działania czynne
 - Działania bierne
 - Współczesne kierunki rozwoju lotnictwa w kontekście minimalizacji hałasu

Hałas lotniczy

Zdefiniowany jest jako hałas wytworzony przez statek powietrzny lub jego komponenty podczas poszczególnych faz lotu i innych operacji, tzn. podczas:

- postoju
- kołowania
- prób silników
- rozpędzania śmigieł, turbin lub odrzutu silnika
- operacji startu i lądowania
- właściwego lotu



Klasyfikacja hałasu lotniczego

Rodzaje hałasu lotniczego ze względu na sposób oddziaływania (emisja):

- wewnętrzny – oddziałuje na pasażerów i załogę samolotu;
- zewnętrzny – oddziałuje na personel naziemny i pasażerów portu lotniczego, mieszkańców stref sąsiadujących z lotniskiem.

Klasyfikacja hałasu lotniczego

- mechanizm powstawania hałasu lotniczego

Rodzaje hałasu lotniczego ze względu na źródło (emisja):

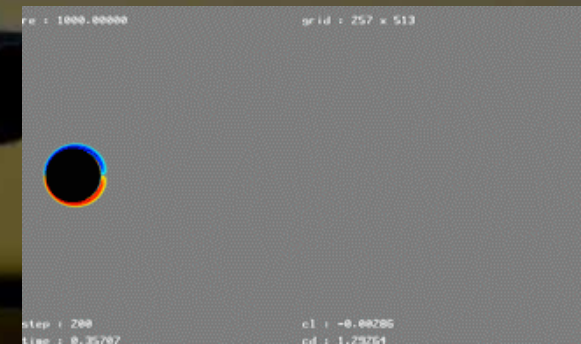
- hałas aerodynamiczny
- hałas silników, wirników i układów mechanicznych
- hałas pochodzący z systemów pokładowych samolotu

Hałas aerodynamiczny

- powstaje na skutek przepływu powietrza wokół kadłuba, płatów i powierzchni sterowych.
- zależy od prędkości samolotu i gęstości powietrza
- charakter szerokopasmowy

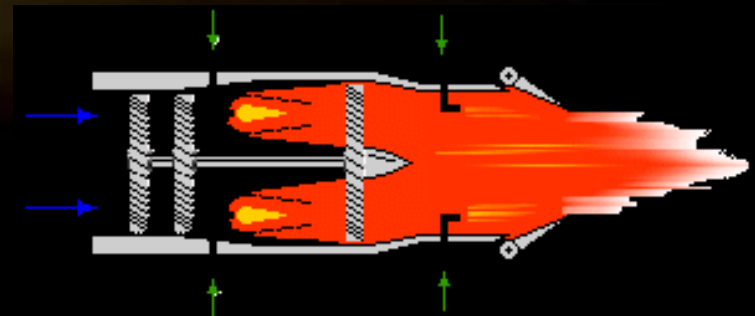
Dwa główne typy:

- wzbudzenia wirowe pojawiające się w trakcie opływu powietrza wokół konstrukcji
- fluktuacje ciśnienia na skutek gwałtownego oderwania strumienia powietrznego na profilach ostrych krawędzi (np. łopatkę śmigła)



Hałas silników i mechaniki

- wytwarzany przez silniki samolotu oraz inne źródła mechaniczne
- źródła mechaniczne - charakter wąskopasmowy, wysokie poziomy widma odpowiadające prędkości obrotowej części ruchomych; w samolotach wielosilnikowych występuje dodatkowy hałas
- głównym źródłem są silniki odrzutowe; natężenie hałasu zależy od różnicy prędkości między spalinami a otoczeniem, co powoduje, że w czasie lotu z dużymi prędkościami hałas jest mniejszy

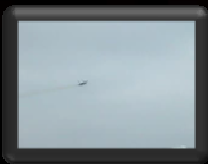
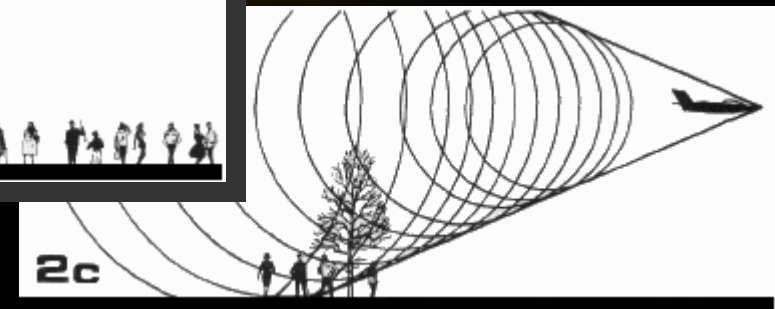
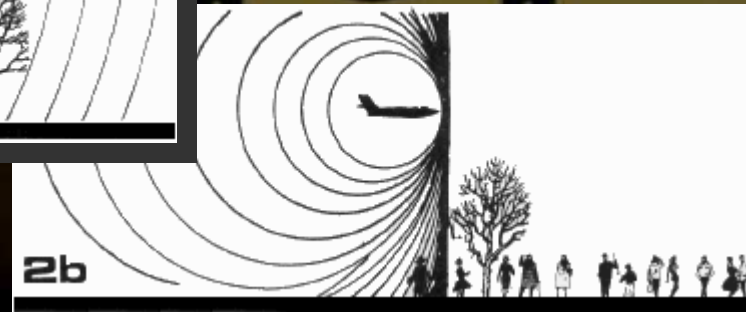
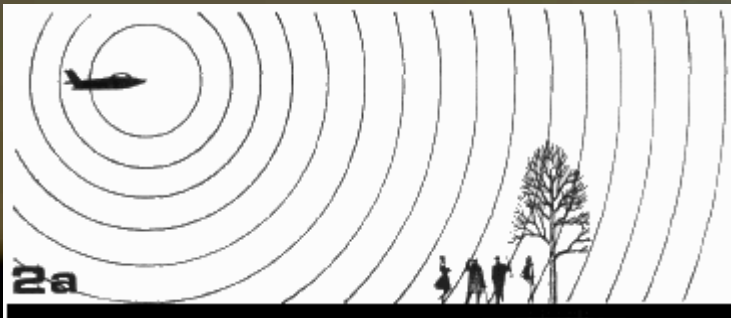


Hałas systemów pokładowych

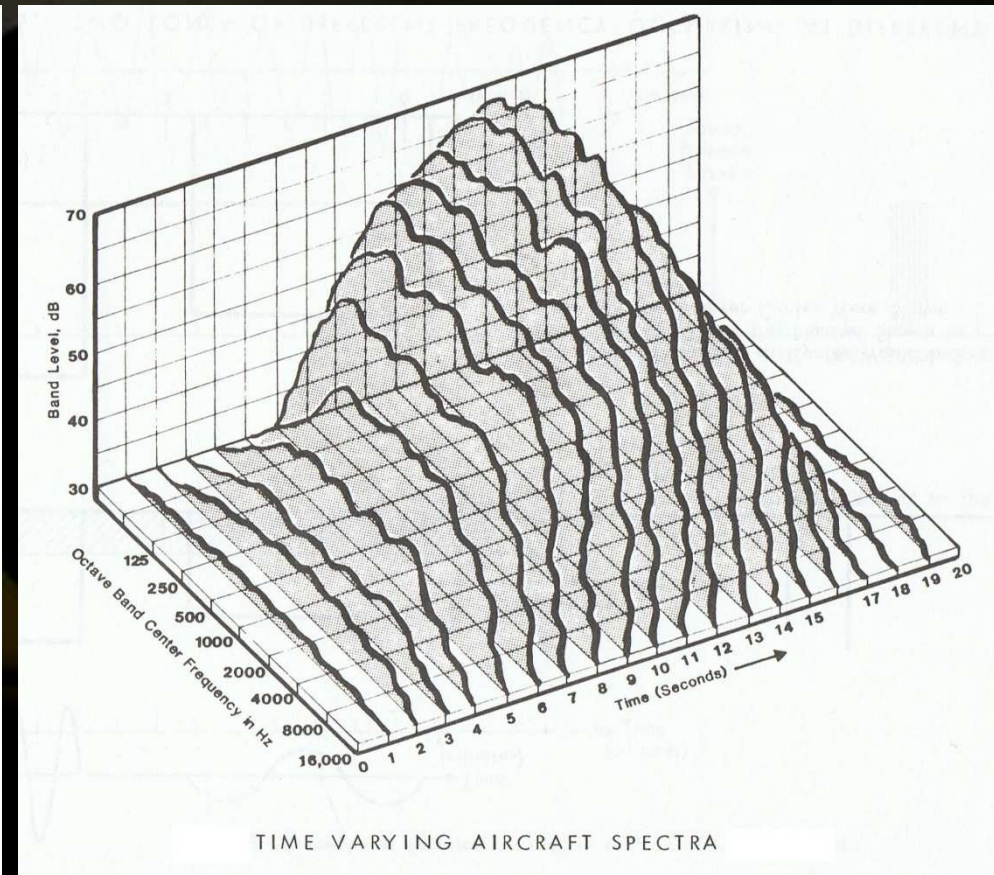
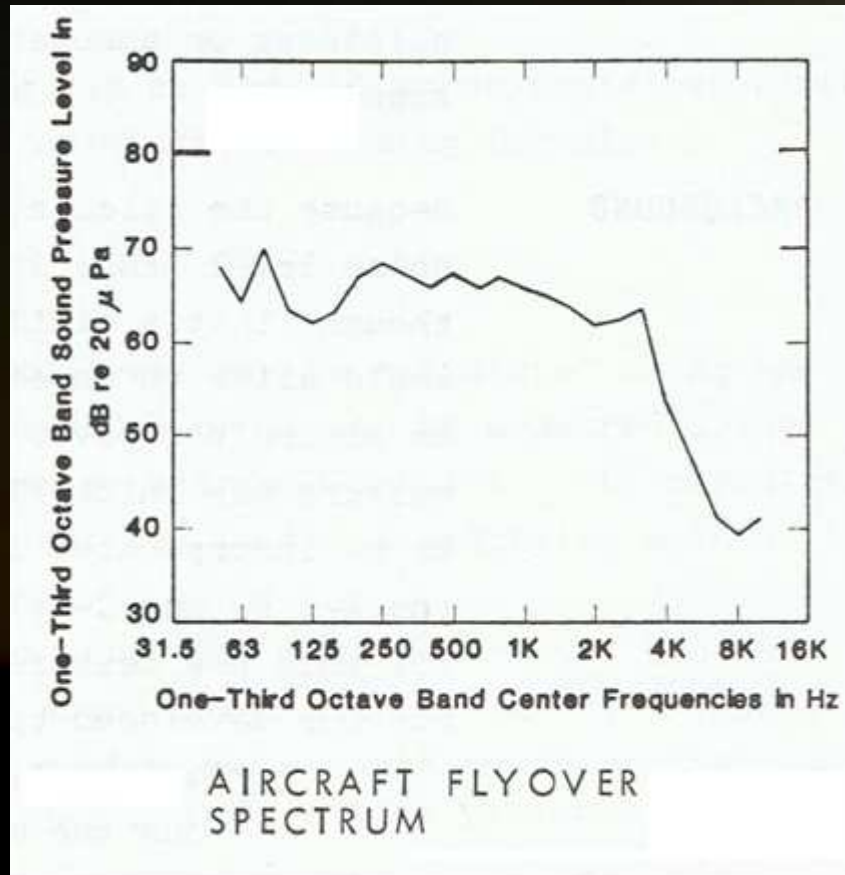
- Wytwarzany przez systemy i agregaty znajdujące się na pokładzie statku powietrznego , przede wszystkim przez:
 - APU (*Auxiliary power unit*) - pomocniczą jednostkę mocy: niezależny generator używany do uruchamiania głównych silników, zazwyczaj przy pomocy sprężonego powietrza, zapewnienia energii elektrycznej, ciśnienia w układach hydraulicznych, oraz klimatyzacji wnętrza
 - Inne podsystemy, m.in. system wyrównywania ciśnienia kokpitu i kabiny.

Grom dźwiękowy

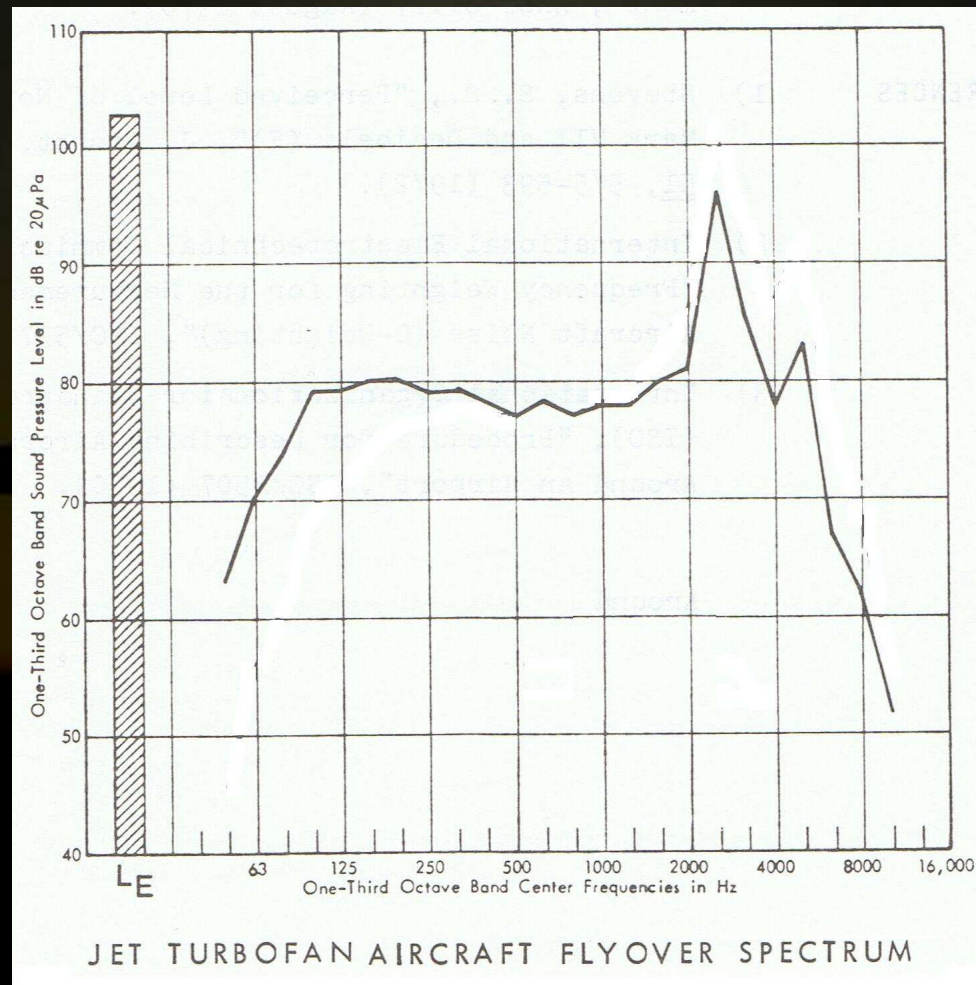
- Gdy samolot osiągnie prędkość dźwięku, rozchodzące się fale zagęszczają się przed samolotem, tworząc warstwę ściśniętego powietrza. To zjawisko nazywamy barierą dźwięku.
- Biegąca ku dołowi silna fala uderzeniowa będzie na ziemi słyszana jako grom dźwiękowy. Sumująca się fala uderzeniowa formuje się na ogół na grzbiecie profilu skrzydła.



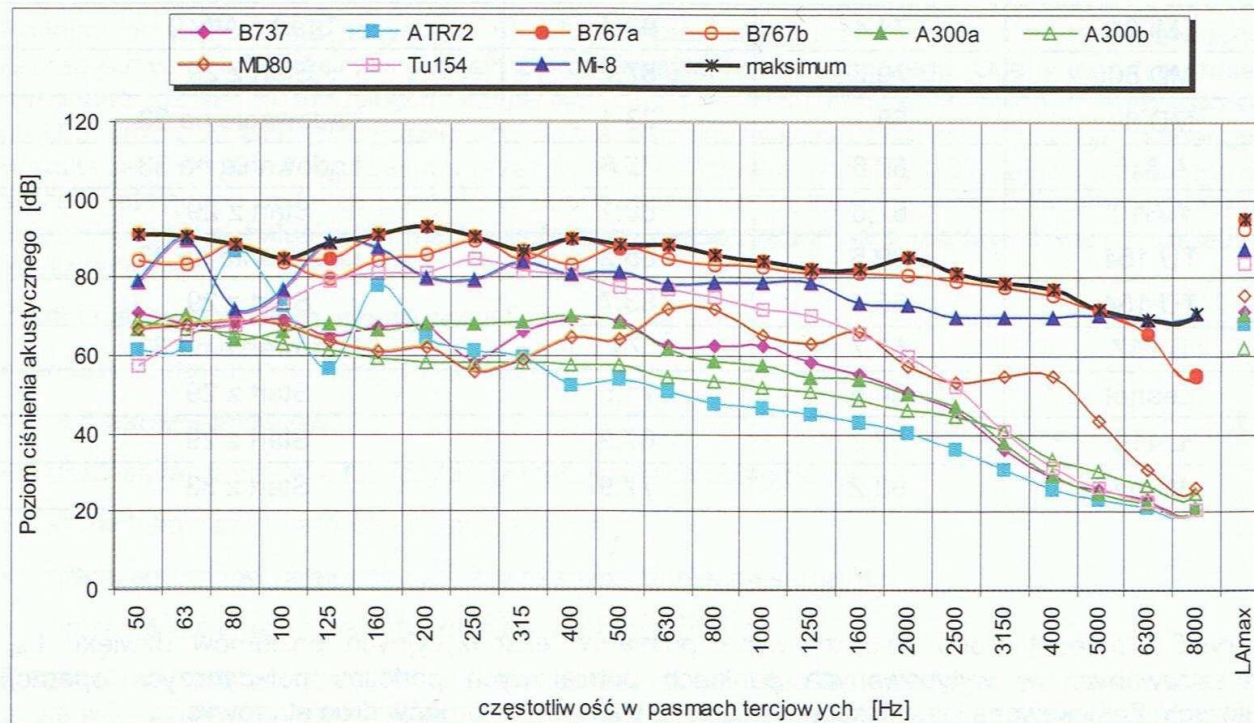
Charakterystyka częstotliwościowa



Charakterystyka częstotliwościowa

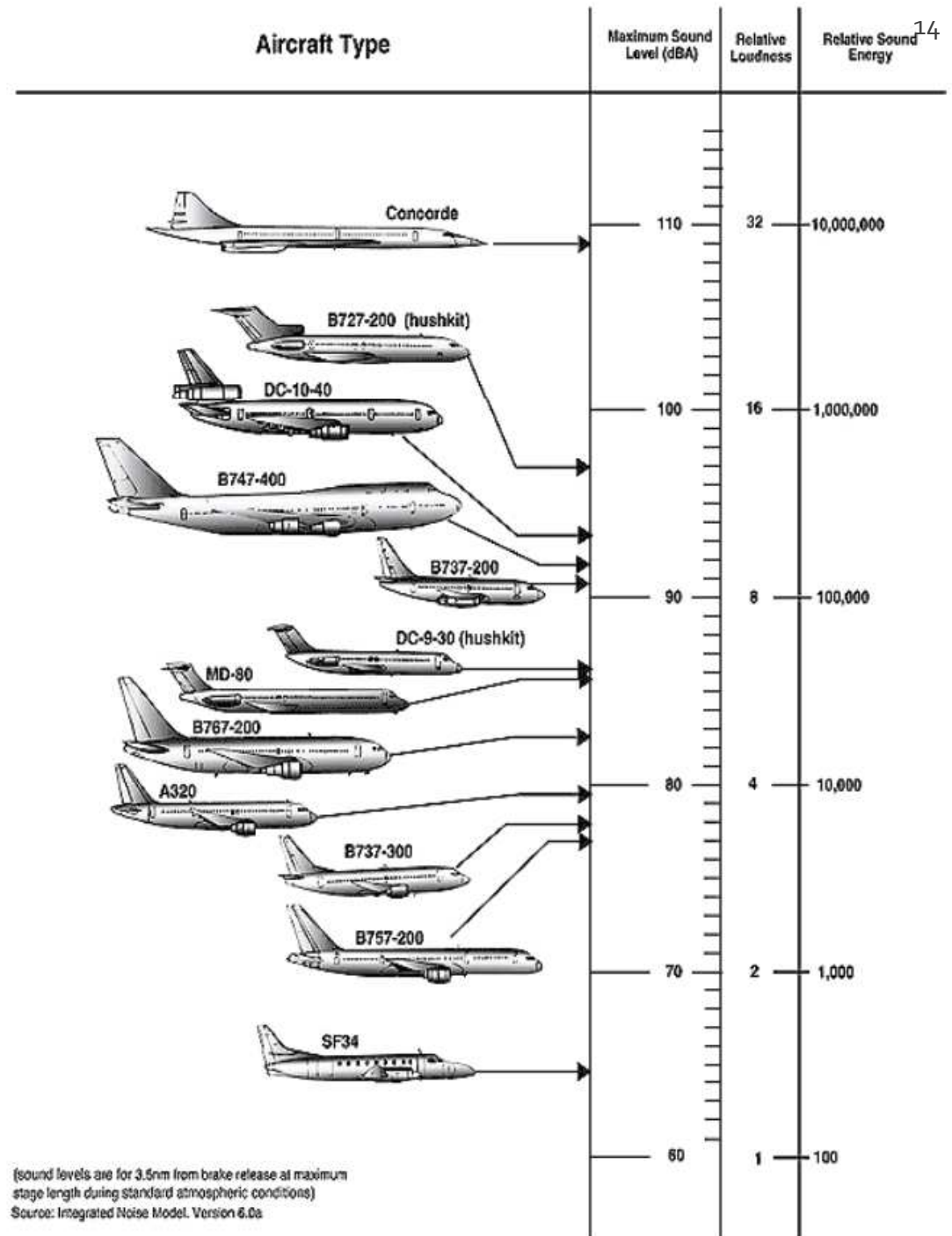


Charakterystyka częstotliwościowa - pomiary



Wyniki pomiarów widma maksymalnego poziomu dźwięku od pojedynczych operacji lotniczych

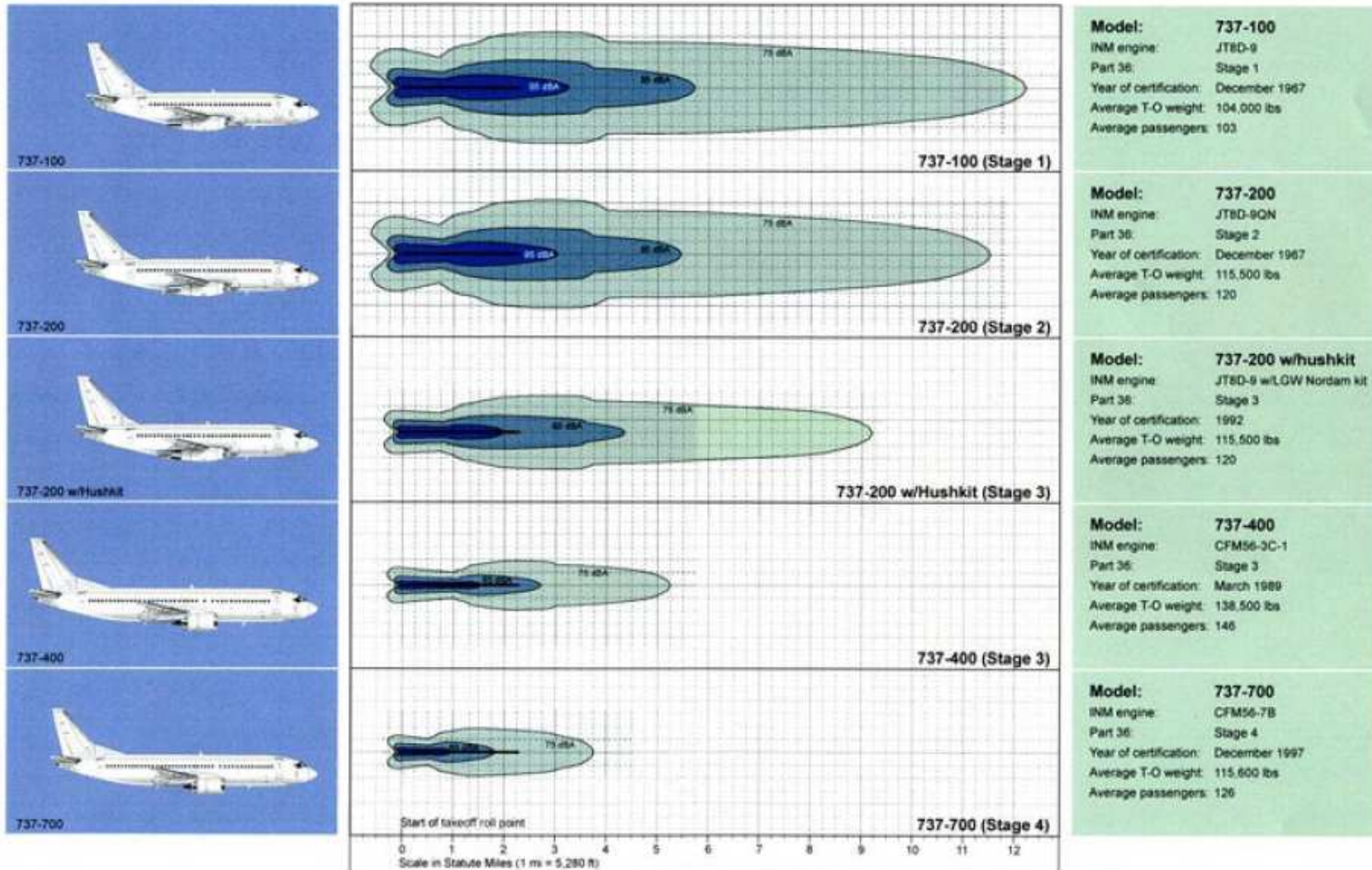
Poziomy hałas lotniczego



(sound levels are for 3.5m from brake release at maximum stage length during standard atmospheric conditions)
 Source: Integrated Noise Model, Version 6.0a

Rozkład hałasu podczas startu – Boeing 737

Evolution of the Boeing 737 Comparison of Maximum Noise Level on Takeoff



Noise contours were computed with the Integrated Noise Model (INM) version 6.0b, using standard atmospheric conditions and the stagelength weight that was similar to the Average T-O weight (in most cases it was the maximum).

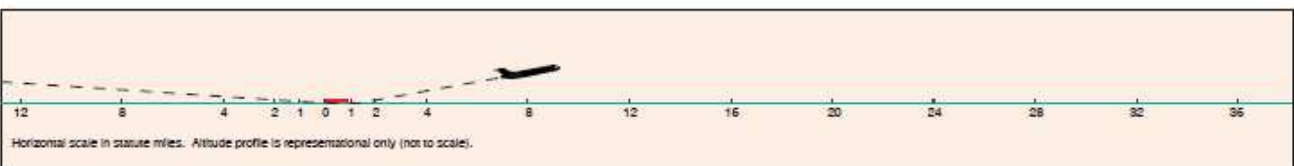
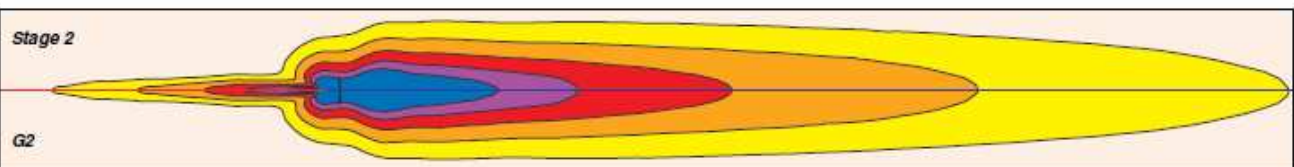
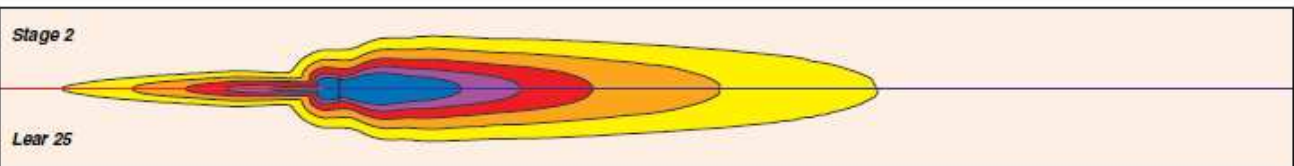
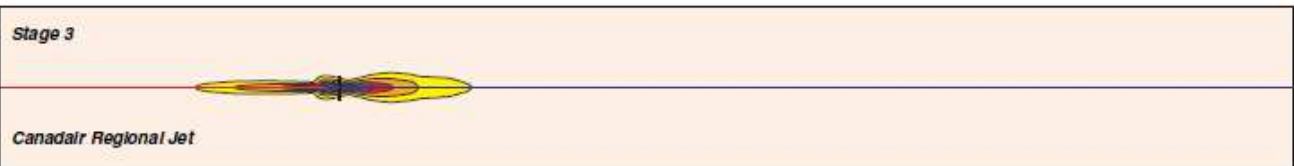
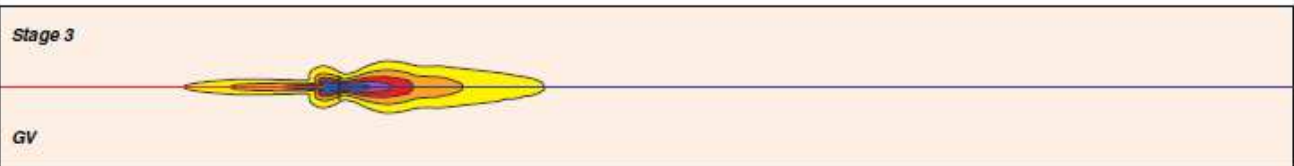
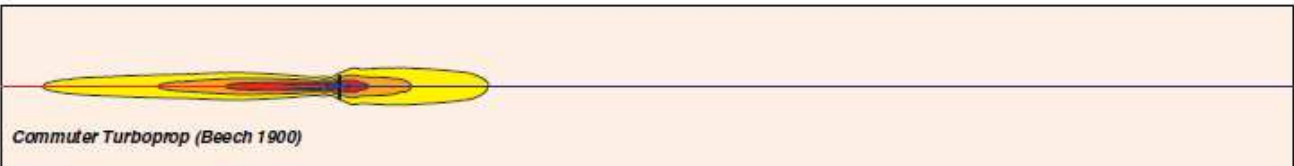
Sound levels of 75 dBA Lmax may cause speech interference indoors, assuming normal construction techniques (10 dB reduction outdoors-to-indoors).

HARRIS MILLER MILLER & HANSON INC.
Consultants in Noise and Vibration Control
www.hmmh.com

BOMBARDIER AIRCRAFT
Q400



James Probst Illustration
www.jamesprobst.com



95 SEL

90 SEL

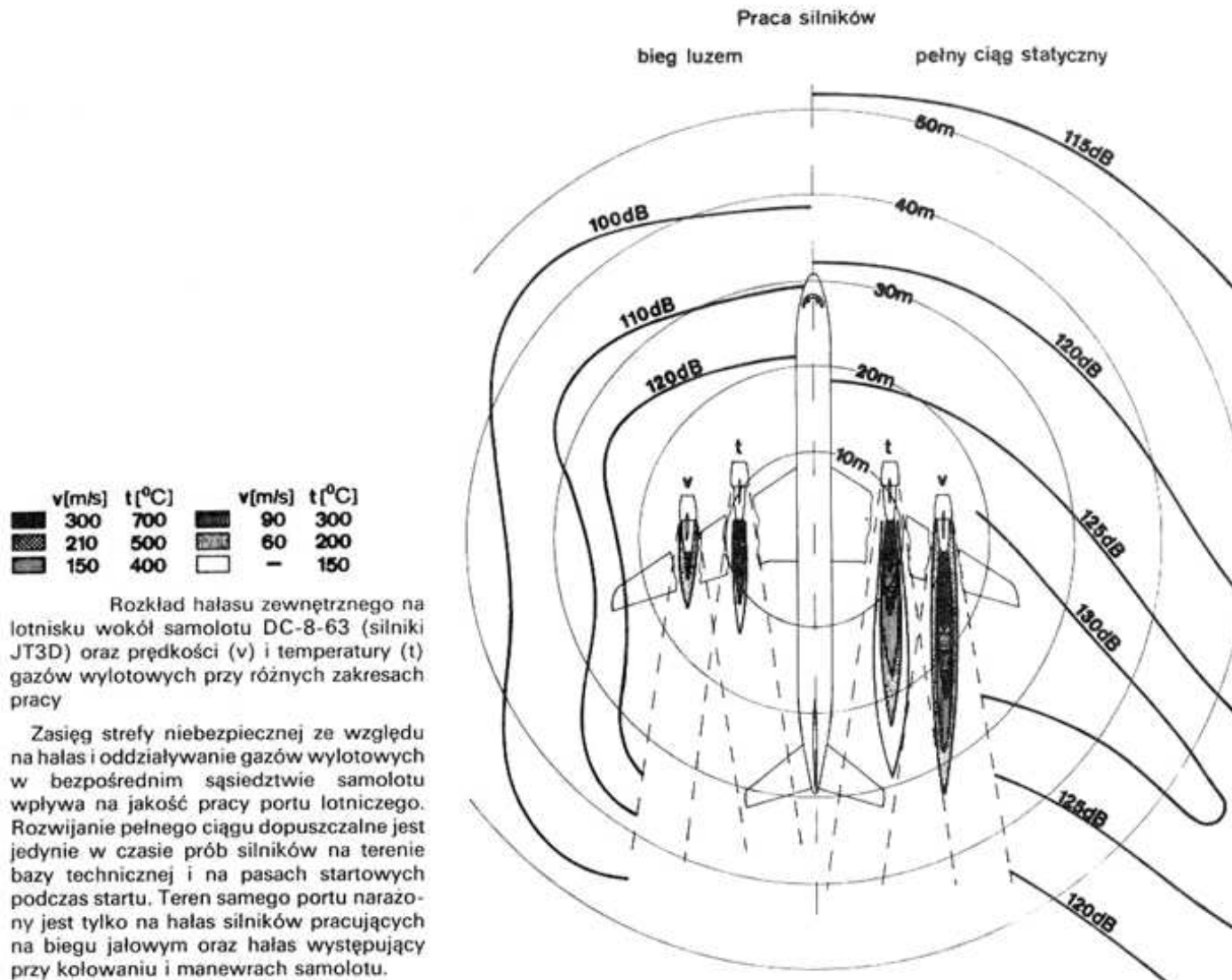
85 SEL

80 SEL

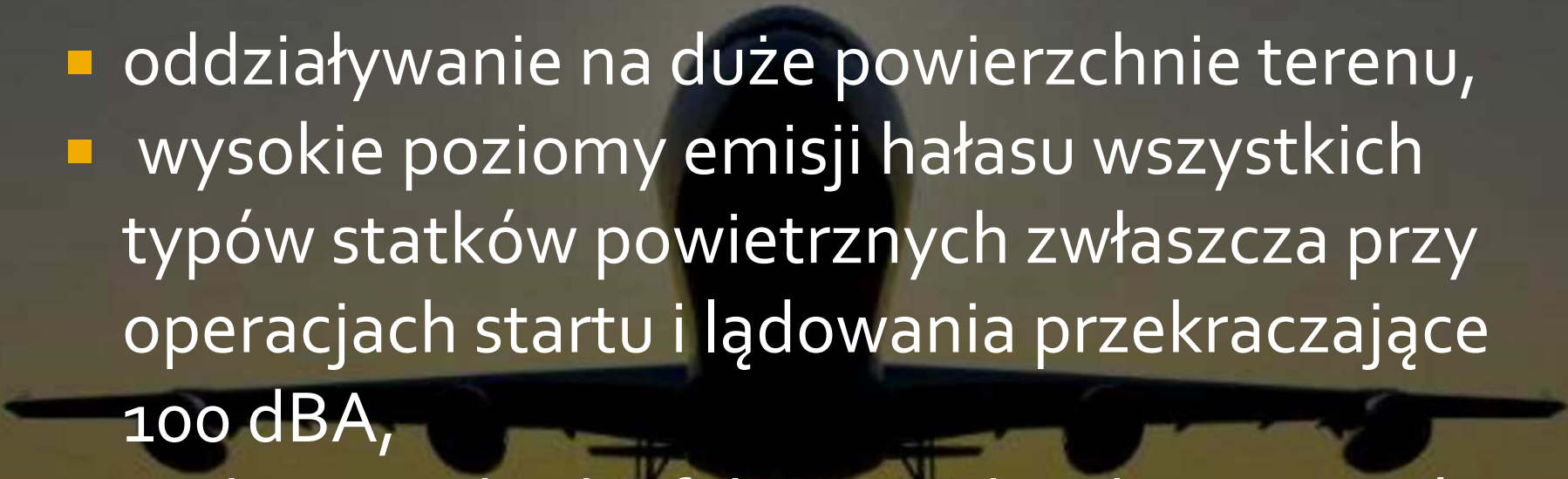
75 SEL

Rozkłady hałasu
podczas lądowania
i startu

Rozkład poziomu dźwięku wokół samolotu

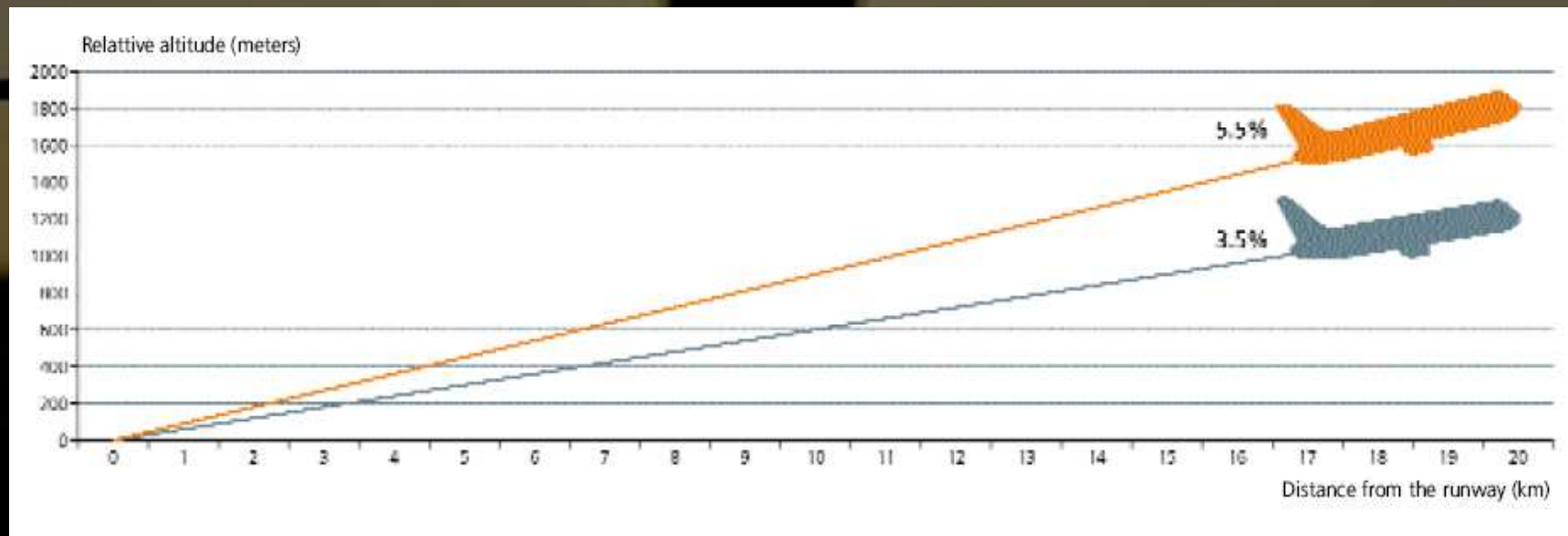


Charakterystyczne cechy hałasu lotniczego

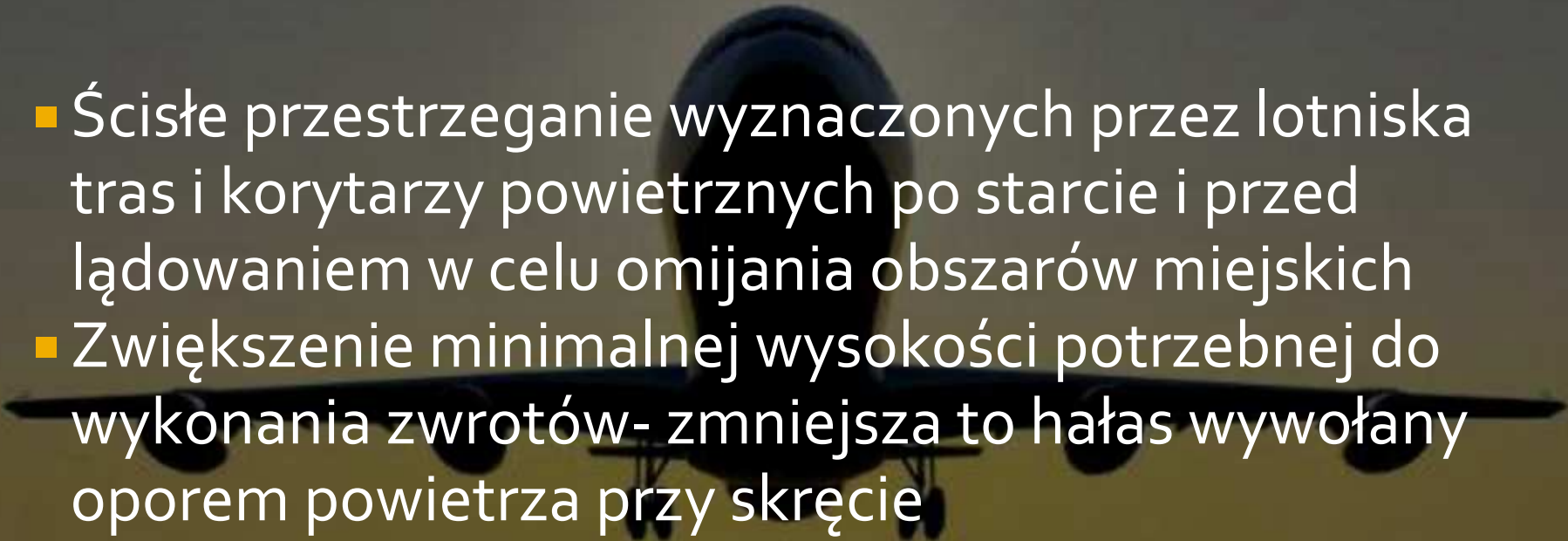
- oddziaływanie na duże powierzchnie terenu,
 - wysokie poziomy emisji hałasu wszystkich typów statków powietrznych zwłaszcza przy operacjach startu i lądowania przekraczające 100 dBA,
 - praktyczny brak efektywnych zabezpieczeń środowiska przed hałasem lotniczym.
- 

Sposoby redukcji hałasu lotniczego

- Zwiększenie kąta wznoszenia się przy starcie samolotu- oznacza to szybsze osiągnięcie wyższej odległości

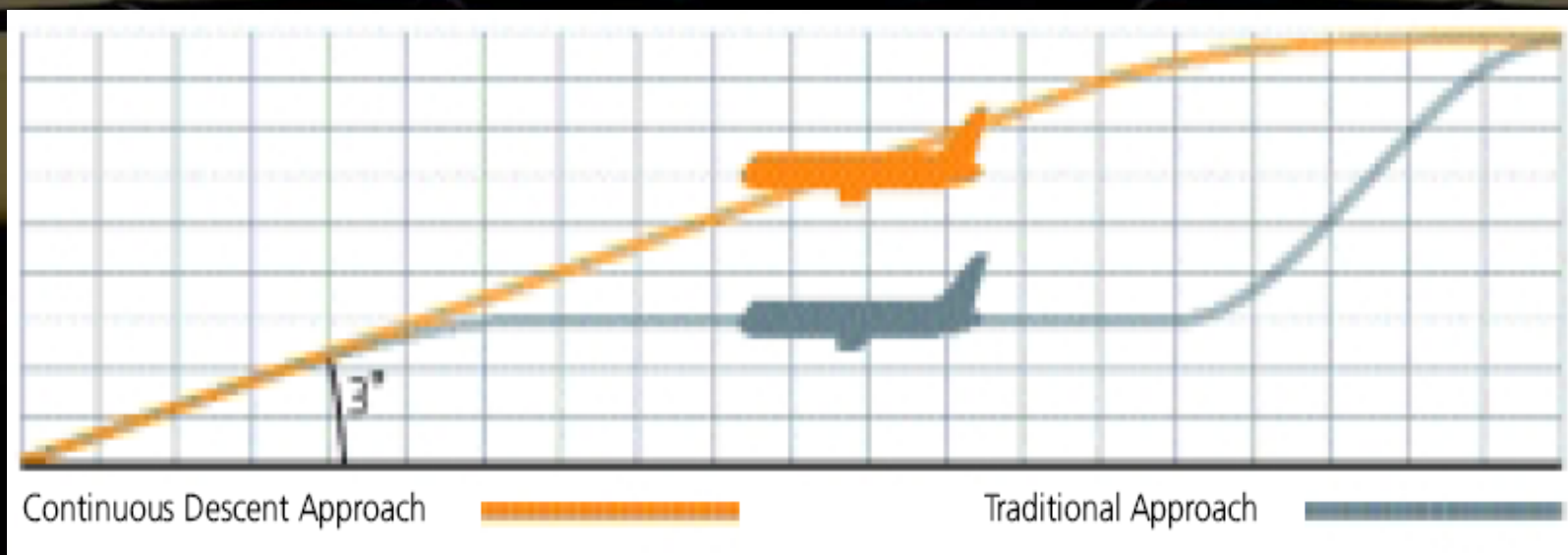


Sposoby redukcji hałasu lotniczego (2)

- 
- Ścisłe przestrzeganie wyznaczonych przez lotniska tras i korytarzy powietrznych po starcie i przed lądowaniem w celu omijania obszarów miejskich
 - Zwiększenie minimalnej wysokości potrzebnej do wykonania zwrotów- zmniejsza to hałas wywołany oporem powietrza przy skręcie
 - Ograniczenia prędkości dla startujących i lądujących samolotów- oznacza to mniejszy ciąg silnika i mniejszą ilość generowanego hałasu

Sposoby redukcji hałasu lotniczego (3)

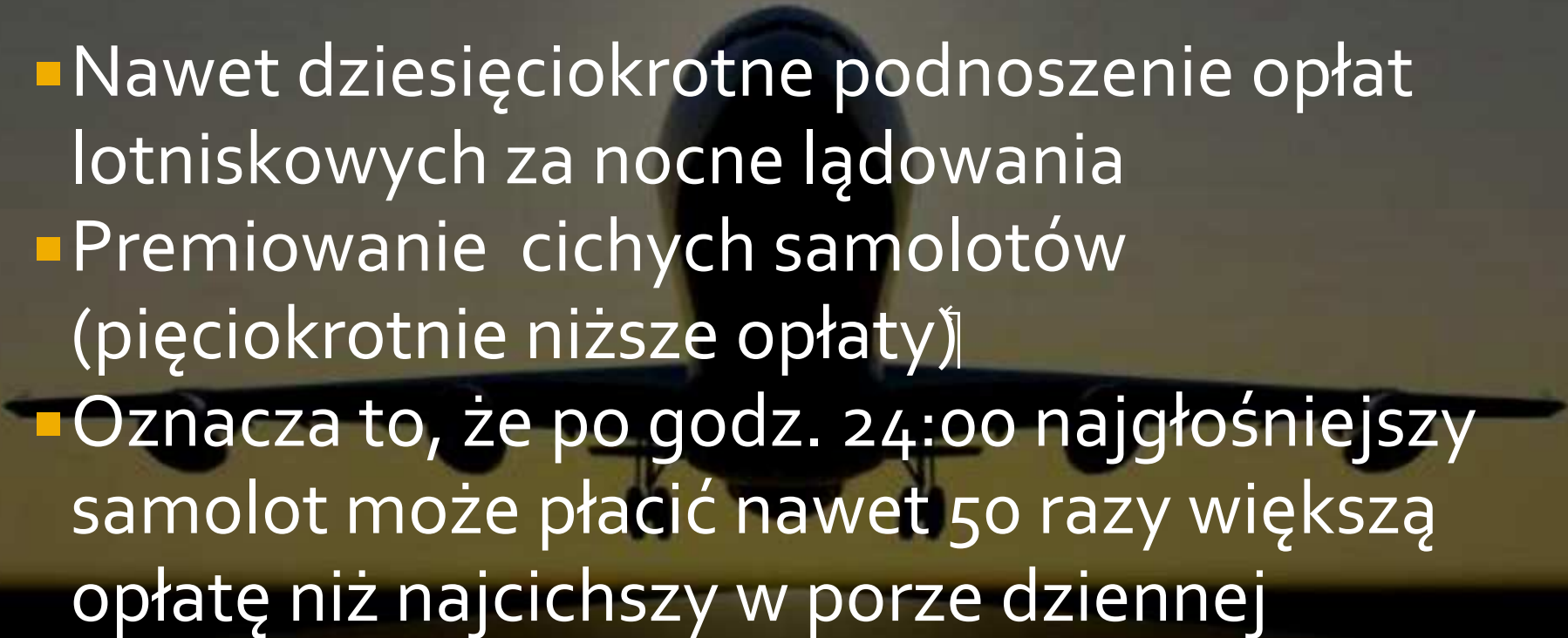
- Unikanie zwrotów i skrętów nad terenami zabudowanymi
- Zmiana sposobu podchodzenia do lądowania na opadanie pod stałym kątem 3 stopni



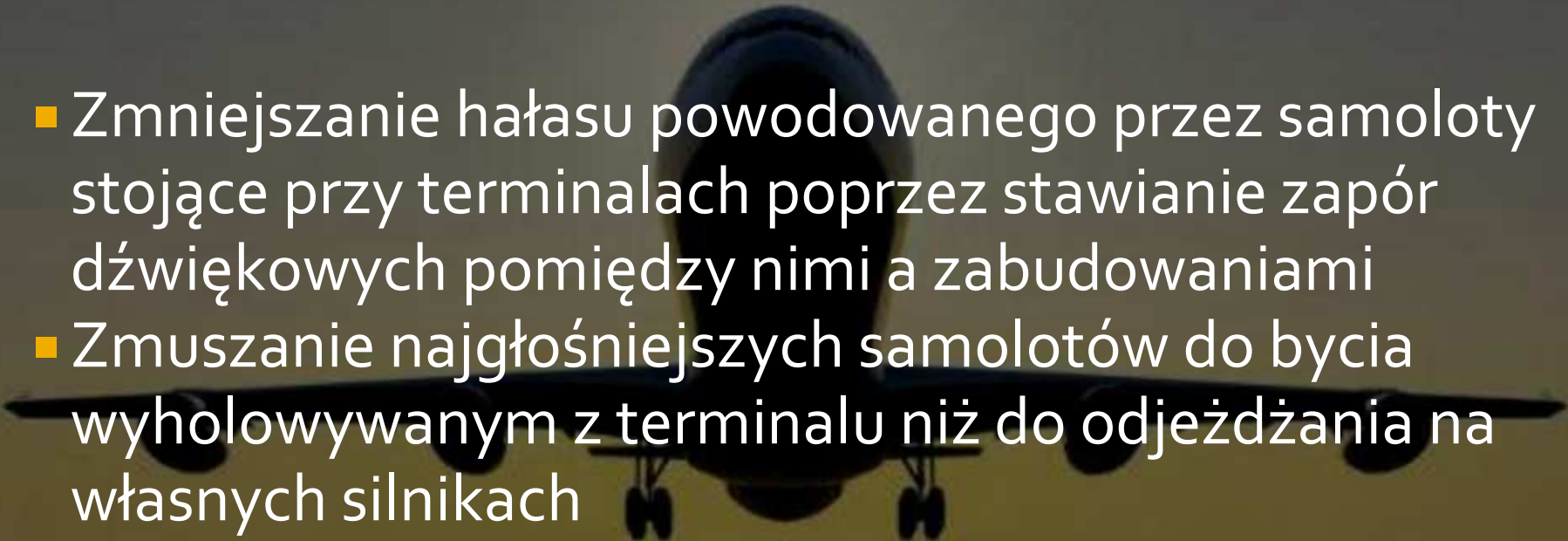
Sposoby redukcji hałasu lotniczego (4)

- Zakaz używania wstecznego ciągu silników podczas nocnych lądowań w celu szybszej utraty prędkości, poza wyjątkami bezpieczeństwa (np. mokra, lub oblodzona czy ośnieżona powierzchnia)
- Ograniczenie typów samolotów, które mogą lądować w porze nocnej (wykluczenie najgłośniejszych)

Sposoby redukcji hałasu lotniczego (5)

- 
- Nawet dziesięciokrotne podnoszenie opłat lotniskowych za nocne lądowania
 - Premiowanie cichych samolotów (pięciokrotnie niższe opłaty)
 - Oznacza to, że po godz. 24:00 najgłośniejszy samolot może płacić nawet 50 razy większą opłatę niż najcichszy w porze dziennej
 - Ma to zniechęcić linie lotnicze do nocnych lądowań

Sposoby redukcji hałasu lotniczego (6)

- 
- A silhouette of a large commercial airplane is centered in the background, positioned on a runway. The sky behind it is a gradient of colors from a sunset or sunrise, with a bright yellow glow near the horizon that fades into a darker blue at the top. The airplane's wings, tail, and landing gear are clearly visible against the lighter part of the sky.
- Zmniejszanie hałasu powodowanego przez samoloty stojące przy terminalach poprzez stawianie zapór dźwiękowych pomiędzy nimi a zabudowaniami
 - Zmuszanie najgłośniejszych samolotów do bycia wyholowywanym z terminalu niż do odjeżdżania na własnych silnikach
 - Zaopatrywanie samolotów w energię elektryczną do instrumentów pokładowych, oświetlenia i klimatyzacji z terminali, a nie z własnych zasobów.

Sposoby redukcji hałasu lotniczego (7)

- Kołowanie samolotów na jałowych obrotach silnika- pozwoli zmniejszyć hałas, a także oszczędzić paliwo
- Stawianie barier dźwiękowych, odgradzanie stref emitujących duży poziom hałasu
- Przebudowa pobliskich domów- instalacja dźwiękoszczelnych szyb i systemów wentylacji