

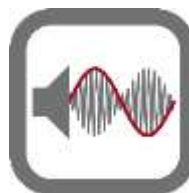


**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**



**ÚSTAV
TECHNIKY
PROSTŘEDÍ**

Hluk zdrojů tepla



Miroslav Kučera

email: miroslav.kucera@fs.cvut.cz

Témata dnešní prezentace

- Veličiny v technické akustice
- Šíření hluku ve venkovním prostoru
- Šíření hluku ve vnitřním prostoru
- Zdroje hluk v kotelnách a způsoby šíření zvuku
- Hygienické hodnocení hluku podle nařízení vlády

Hluk jako faktor životního prostředí

- Zvuk je přirozeným projevem přírodních jevů a životní aktivity člověka
- Hluk je každý nežádoucí zvuk – nelze jinak přesněji hluk fyzikálně definovat
- Záleží na vztahu člověka k danému zvuku, pro jednoho může být hlukem pro druhého významným zdrojem informací
- Zdravé lidské ucho vnímá signály v rozsahu kmitočtů 20 Hz až 20 kHz
- Nejnižší hodnota akustického tlaku, kterou vnímá lidské ucho $p_0 = 0,00002 \text{ Pa}$

Úvod do technické akustiky

Účinky hluku na člověka

- Hodnoty okolo **20 dB** považuje většina lidí za hluboké ticho
- Hladinu **30 dB** hodnotí lidé jako příjemné ticho
- Od **65 dB** výše se začínají nepříznivě projevovat účinky hluku zejména změnami vegetativních funkcí, např. hluk ze stavby
- Při trvalém pobytu v prostředí s hladinami **85 dB** a vyššími již vznikají trvalé poruchy sluchu, např. hluk ve výrobním provozu.
- Hodnoty okolo **130 dB** bolest, např. proudový motor
- Hodnoty okolo **160 dB** protržení bubínků, např. výbuch, výstřel.

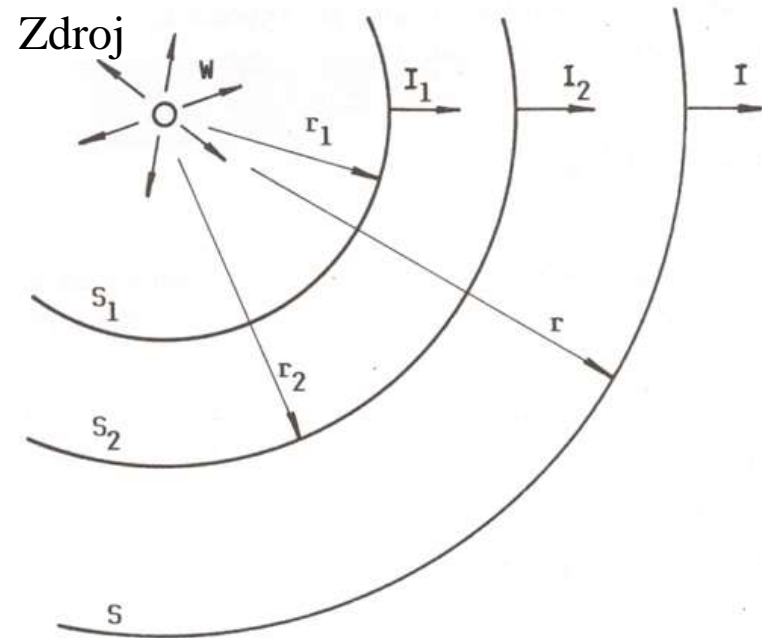
**Lidské ucho rozliší
nejmenší změnu o
velikosti 1 dB!!!**

Akustický výkon zdroje

$$W = konst = I \cdot S$$

$$I_1 \cdot S_1 = I_2 \cdot S_2$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{S_2}{S_1} = \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^2$$



Úvod do technické akustiky

Decibelové stupnice

Akustické veličiny:

W [W] akustický výkon

p [Pa] akustický tlak

I [W/m²] intenzita zvuku

Tyto veličiny se v praxi mění řádově!

Šepot 10^{-9} W

Křik 10^{-3} W

Orchestr 10 W

Letadlo 10^5 W

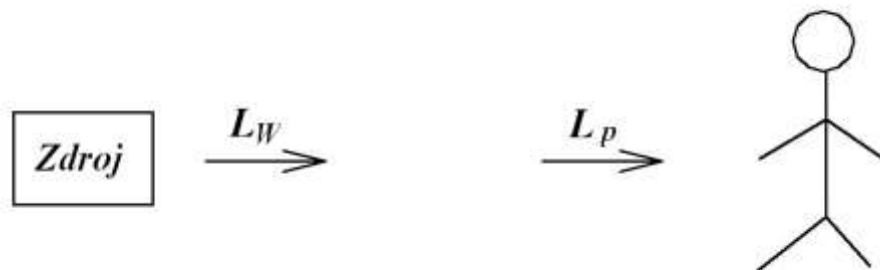
Důvodem zavedení decibelové stupnice jsou nejen významné rozdíly, ale i platnost
Weber- Fechnerova zákona

$$L_w = 10 \cdot \log \frac{W}{W_0} \quad [dB]$$

$$L_I = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \quad [dB]$$

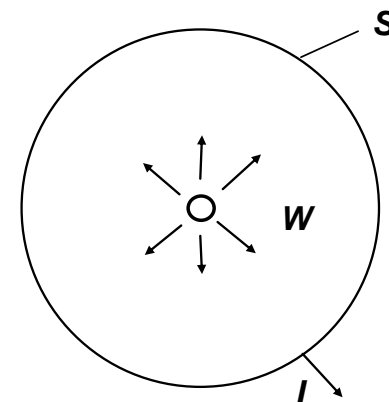
$$L_p = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0} \quad [dB]$$

Vzájemný vztah mezi L_p a L_W



$$L_W = L_p + 10 \log S$$

Hladina akustického výkonu je vlastnost zdroje!



Hladina akustického tlaku určuje stav prostředí v daném místě a závisí na vzdálenosti od zdroje a směru šíření!!!

Např. ve vzdálenosti 1 m od bodového zdroje je rozdíl $L_W - L_p$ přibližně 10 dB

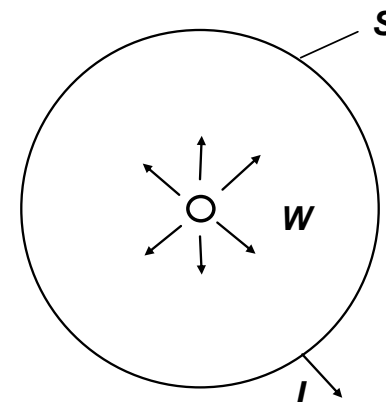
Úvod do technické akustiky

Vzájemný vztah mezi L_p a L_I

Pro běžné klimatické podmínky

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{\frac{p^2}{\rho \cdot c}}{\frac{p_0^2}{\rho_0 \cdot c_0}} = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} + 10 \log \frac{\rho_0 \cdot c_0}{\rho \cdot c} = L_p - 0,2$$

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c}$$



Výsledek

$$L_p = L_I$$

číselně

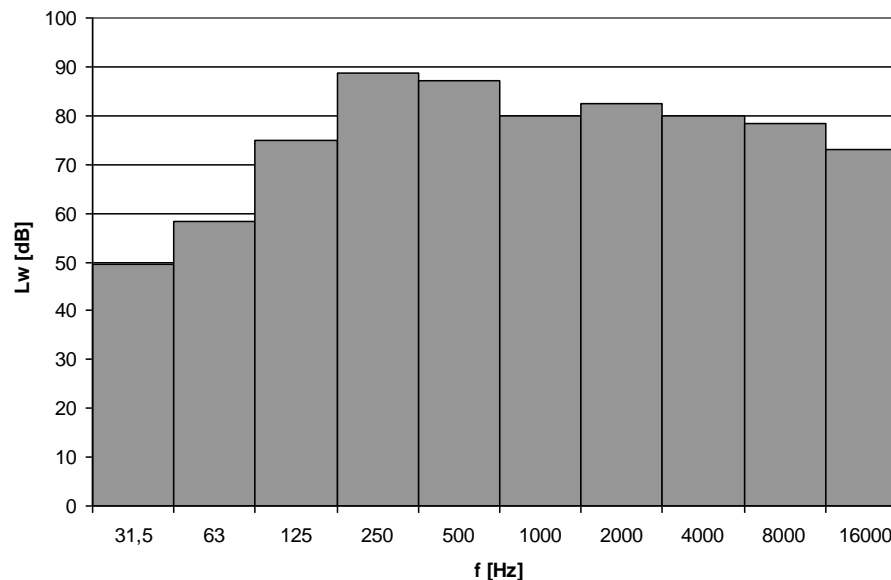
Decibelové stupnice

Celková hladina akustického tlaku L_{pc} [dB] **jednočíselná hodnota**

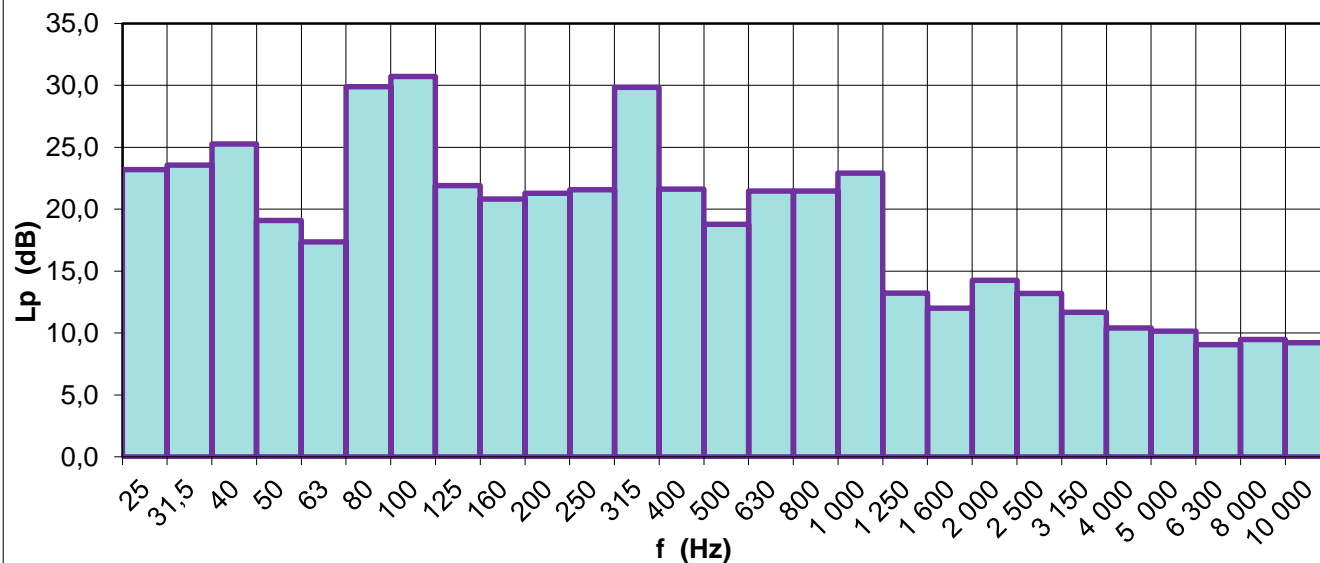
- informace o celkovém akustickém tlaku v celém slyšitelném pásmu

Hladina akustického tlaku v oktávovém pásmu L_{pi} [dB] **spektrum**

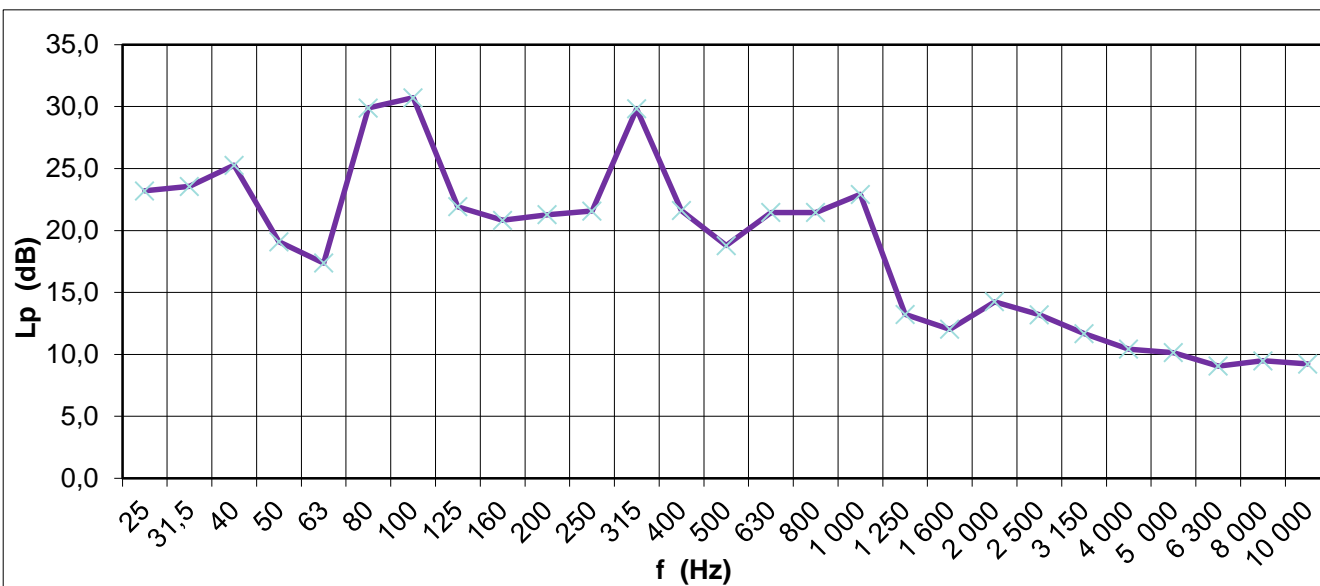
- jaký akustický tlak je soustředěn ve frekvenčním pásmu o šířce jedné oktávy o určitém středním kmitočtu f_m



Úvod do technické akustiky



**1/3 oktavové
pásmo**



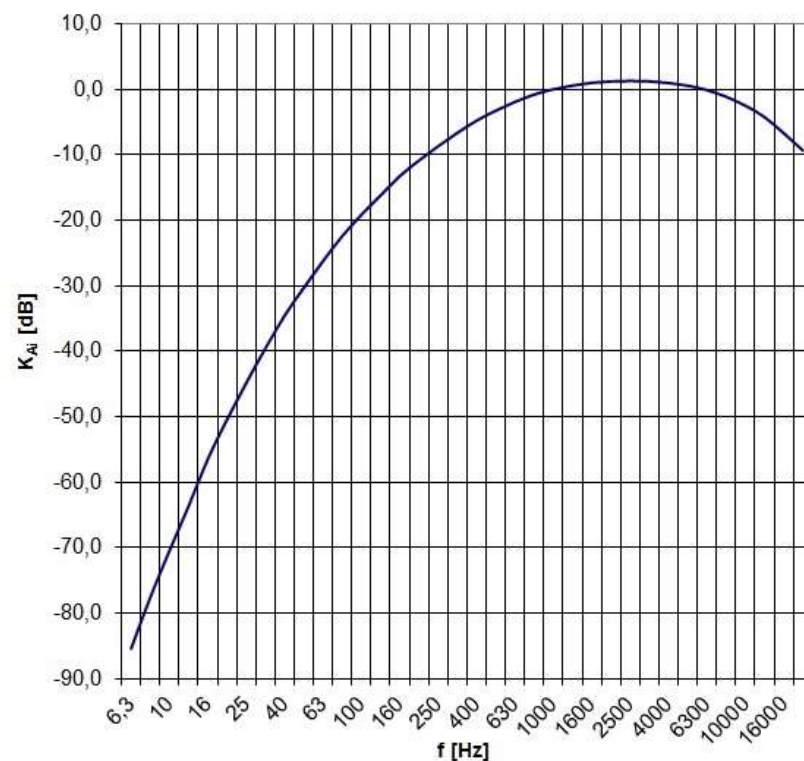
Úvod do technické akustiky

Hladina akustického tlaku A L_{pA}

- údaj zvukoměru při zapnutém váhovém filtru A
- slouží k jednočíselnému hodnocení hlučnosti na pracovišti nebo v oblasti komunální hygieny

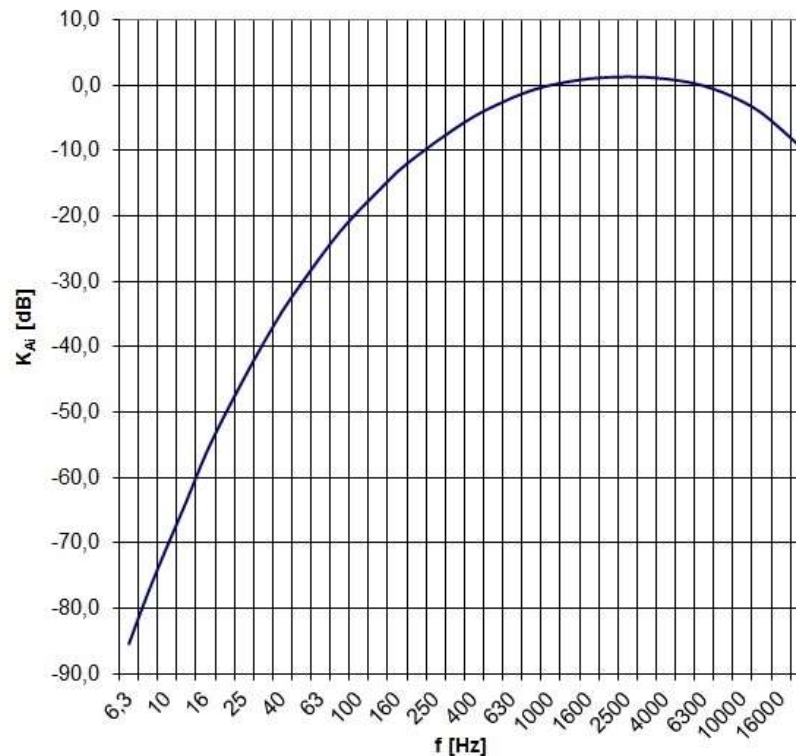
$$L_{pA} = 10 \log \Sigma \left(10^{0,1 \cdot (L_{pi} + K_{Ai})} \right)$$

$f[\text{Hz}]$	$A[\text{dB}]$
31,5	-39,4
63	-26,2
125	-16,1
250	-8,6
500	-3,2
1000	0
2000	1,2
4000	1
8000	-1,1
16000	-6,6



Hladina akustického tlaku A L_{pA}

$$A = 10 * \text{Log} \left(\frac{3.5041384 * 10^{16} * f^8}{(20.598997^2 + f^2)^2 * (107.65265^2 + f^2) * (737.86223^2 + f^2) * (12194.217^2 + f^2)^2} \right) \quad [dB]$$



Příklad:

Určete hladinu akustického tlaku přes celé oktavové pásmo. Dále hladinu akustického tlaku váženou filtrem A

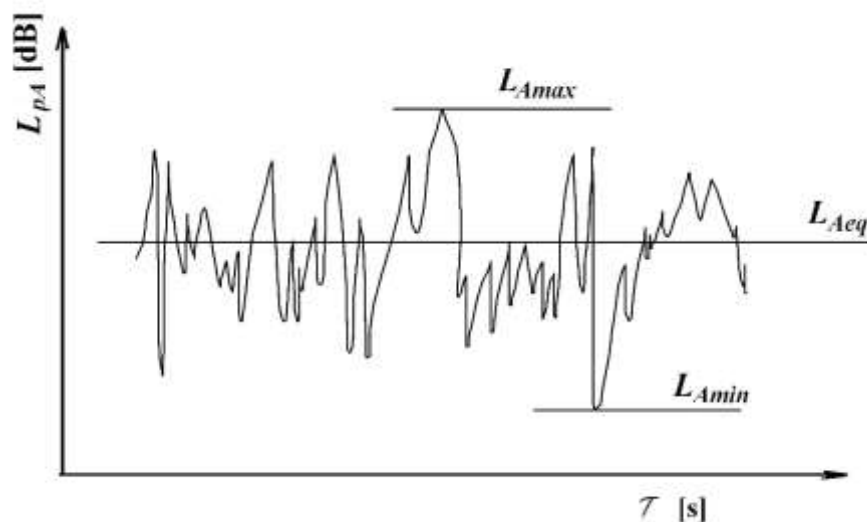
$f[\text{Hz}]$	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
L_{p_i}	97	99	83	65	62	63	61	60	55	51
A_i	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	-6,6
$L_{p_i}+A_i$	56,7	72,8								

$$L_{pc} = 10 \log \Sigma \left(10^{0,1 \cdot (L_{p_i})} \right) = 10 \log \left(10^{0,1 \cdot (97)} + 10^{0,1 \cdot (99)} + \dots \right) = 101,2 \text{ dB}$$

$$L_{pA} = 10 \log \Sigma \left(10^{0,1 \cdot (L_{p_i} + A_i)} \right) = 10 \log \left(10^{0,1 \cdot (97 + (-39,4))} + 10^{0,1 \cdot (99 + (-26,2))} + \dots \right) = 74,9 \text{ dB}$$

Ekvivalentní hladina akustického tlaku A

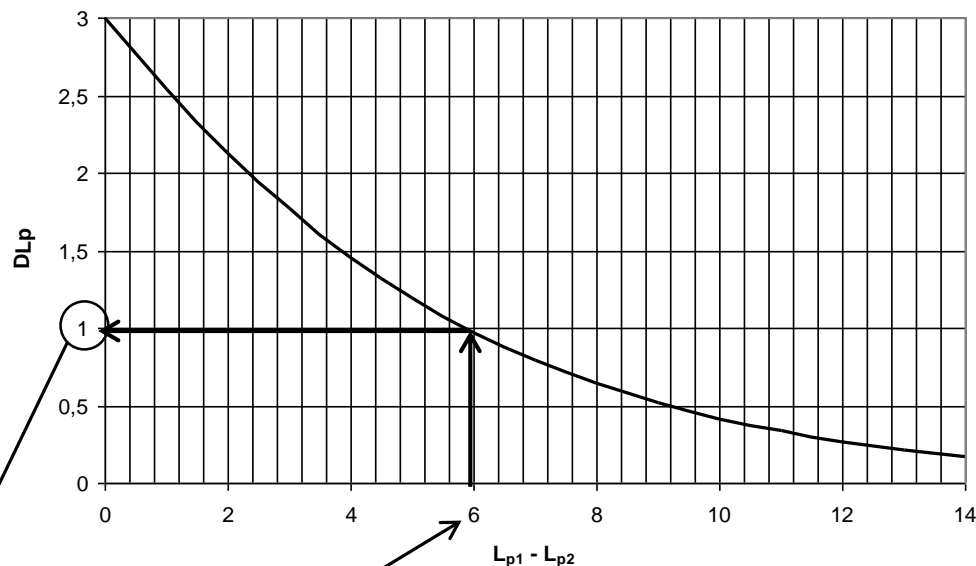
$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{0,1 L_{pA}} \cdot d\tau \right]$$



L_{Aeq} je ustálená fiktivní hladina akustického tlaku A, která má na člověka během sledovaného časového intervalu T stejné účinky jako proměnlivá hladina akustického tlaku A za stejný čas.

Součet více zdrojů

$$L_C = 10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i}$$



$$L_1 = L_2 \rightarrow L = 10 \cdot \log (2 \cdot 10^{0,1L_1}) = L_1 + 3 \text{ dB}$$

$$(L_1 - L_2) = 6 \text{ dB} \rightarrow L = L_1 + 1 \text{ dB}$$

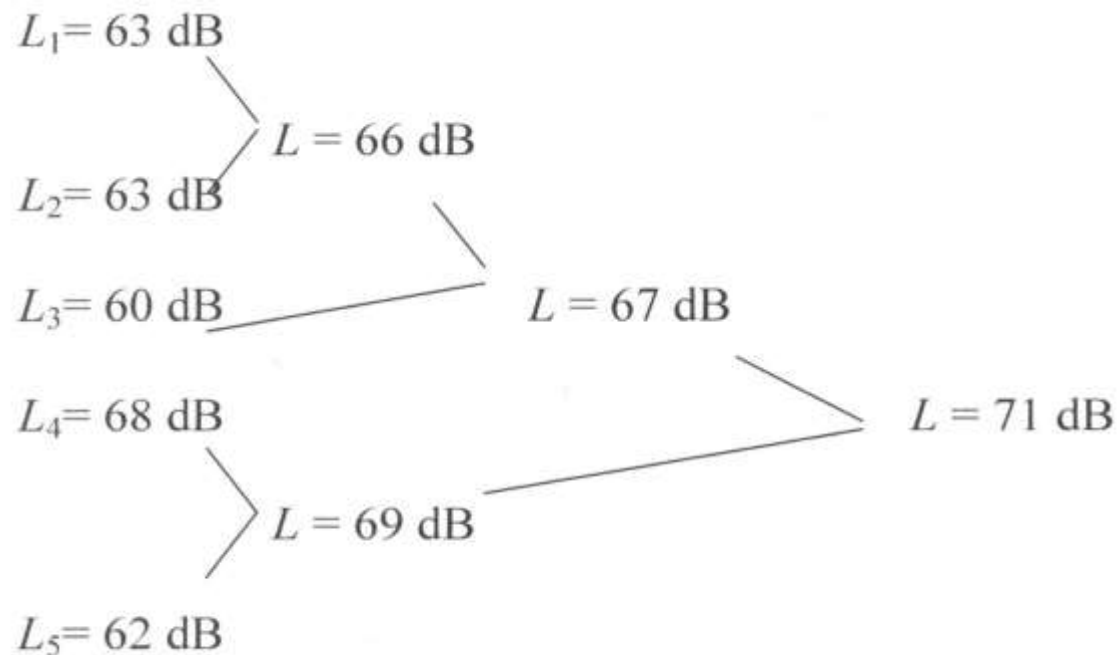
$$L_1 - L_2 = 10 \text{ dB} \rightarrow L = L_1 + 0,4 \text{ dB}$$

Stejné zdroje

$$L_C = L_1 + 10 \cdot \log n$$

Decibelové stupnice

Součet více zdrojů - příklad



$$L = 10 \log(10^{0,1 \cdot 63} + 10^{0,1 \cdot 63} + 10^{0,1 \cdot 60} + 10^{0,1 \cdot 68} + 10^{0,1 \cdot 62}) = 71.1 \text{ dB}$$

Příklad:

Je dána místnost v níž je instalováno 5 zdrojů hluku. Každý jednotlivě vytváří v kontrolním místě $L_{p1} = 45$ dB.

a) Jaká je výsledná hladina od těchto 5 zdrojů?

$$L_{p5} = 10 \log \left(5 \cdot 10^{0,1 \cdot L_{p1}} \right) = 10 \log \left(5 \cdot 10^{0,1 \cdot 45} \right) = 52 \text{ dB}$$

b) Přibyl ventilátor pro větrání $L_{pv} = 55$ dB.

$$L_{p5+v} = 10 \log \left(10^{0,1 \cdot L_{p5}} + 10^{0,1 \cdot L_{pv}} \right) = 10 \log \left(10^{0,1 \cdot 52} + 10^{0,1 \cdot 55} \right) = 56,8 \text{ dB}$$

c) Přibyl šestý zdroj s hladinou ak. tlaku $L_{p1} = 45$ dB. Poznává to obsluha? [c) – b)]

$$L_{p6+v} = 10 \log \left(10^{0,1 \cdot L_{p5+v}} + 10^{0,1 \cdot L_{p1}} \right) = 10 \log \left(10^{0,1 \cdot 56,8} + 10^{0,1 \cdot 45} \right) = 57 \text{ dB}$$

$$L_{p6+v} - L_{p5+v} = 57 - 56,8 = 0,2 \text{ dB}$$

Úvod do technické akustiky

Metody boje proti hluku

1) Redukce hluku ve zdroji

- Spočívá v odstranění zdroje nebo snížení jeho hlučnosti
- Možnosti tlumení sání, výfuků ...



Úvod do technické akustiky

Metody boje proti hluku

1) Redukce hluku ve zdroji



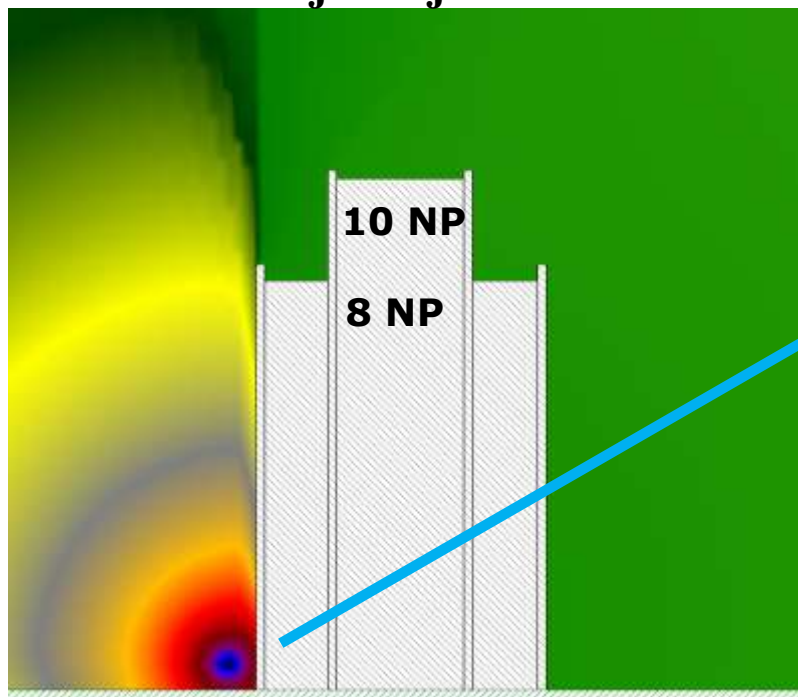
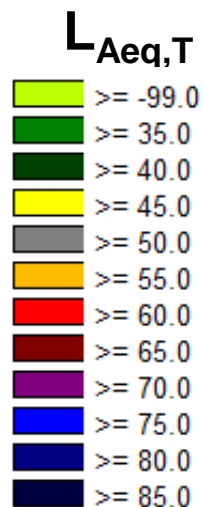
$\Delta L = 18 \text{ dB}$

Metody boje proti hluku

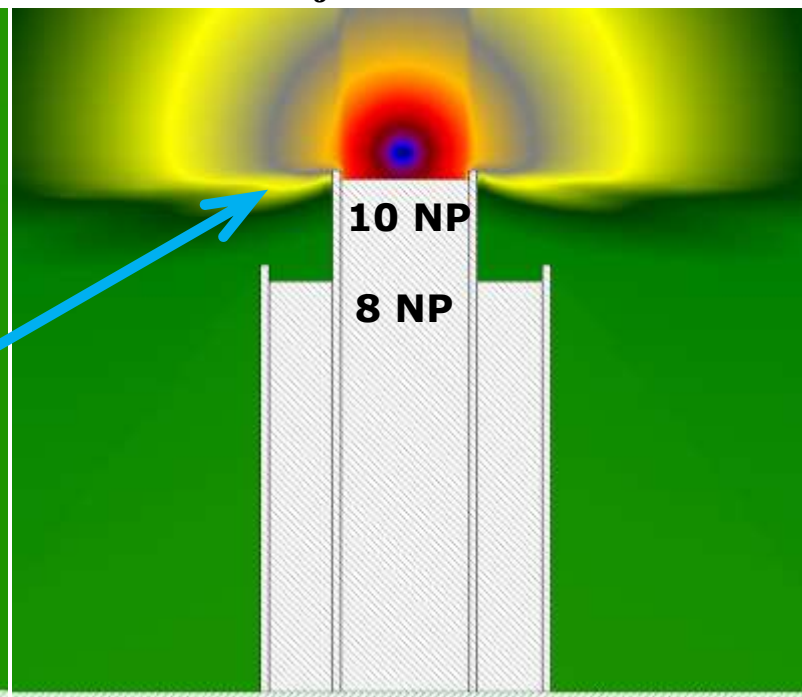
2) Metoda dispozice

- Spočívá v umístění hlučných strojů v dostatečné vzdálenosti od chráněných míst
- Možnosti v budovách – místnosti odlehlé ...

Zdroj u objektu



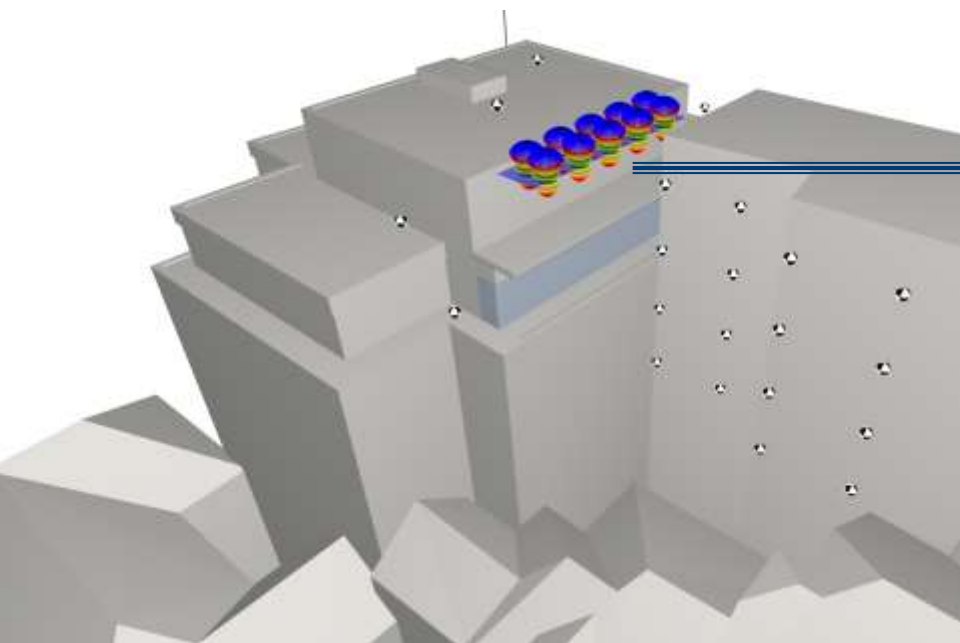
Zdroj na střeše



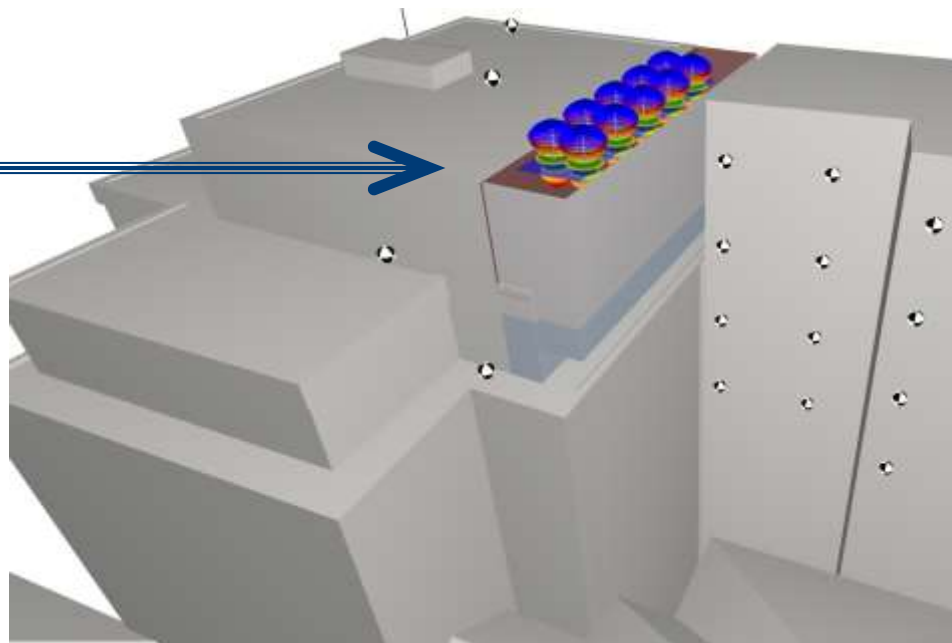
Metody boje proti hluku

3) Metoda izolace

- Spočívá ve zvukovém odizolování hlučného stroje, zařízení nebo celého prostoru
- Prostředky stavební akustiky, akustické zástěny, ...
- Možnosti návrhu zvukoizolačních příček, stropů, krytů ...



BEZ ÚPRAV

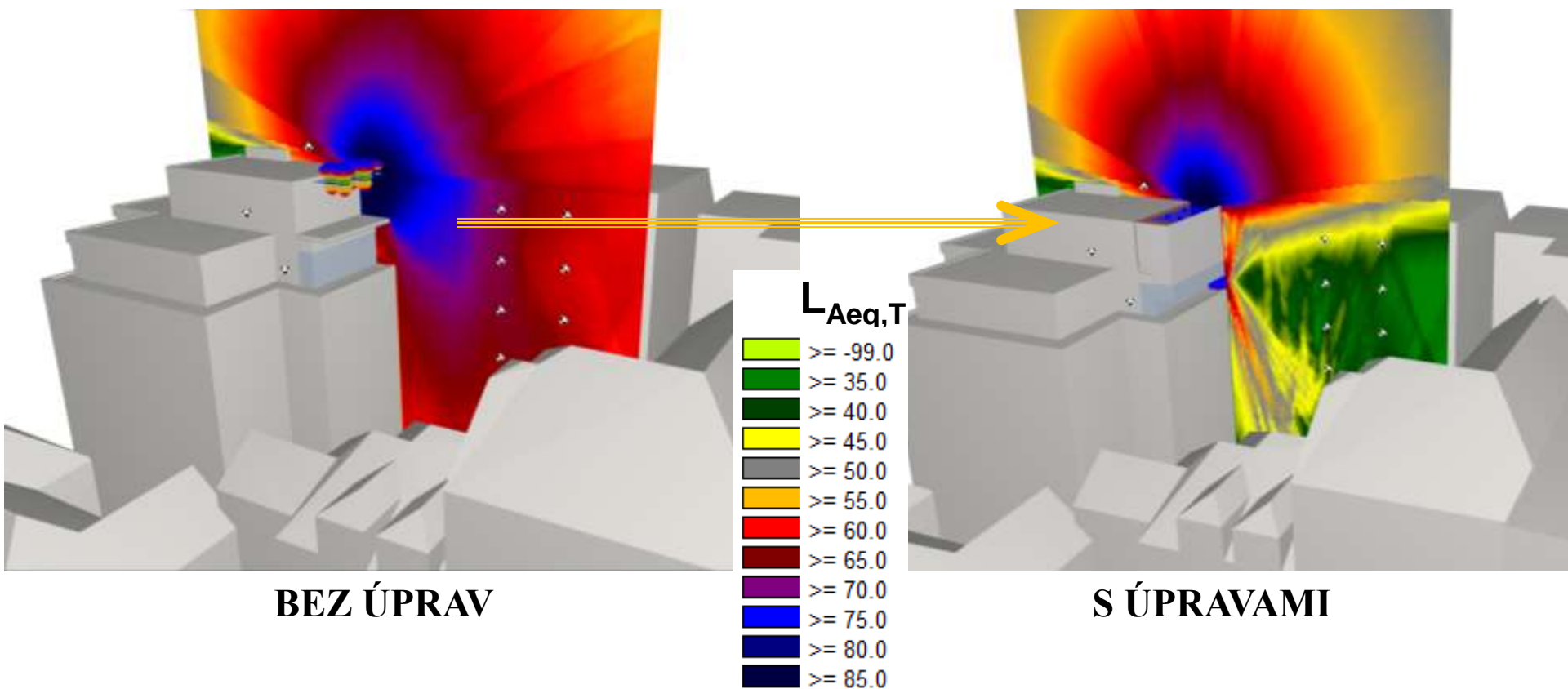


S ÚPRAVAMI

Úvod do technické akustiky

Metody boje proti hluku

3) Metoda izolace



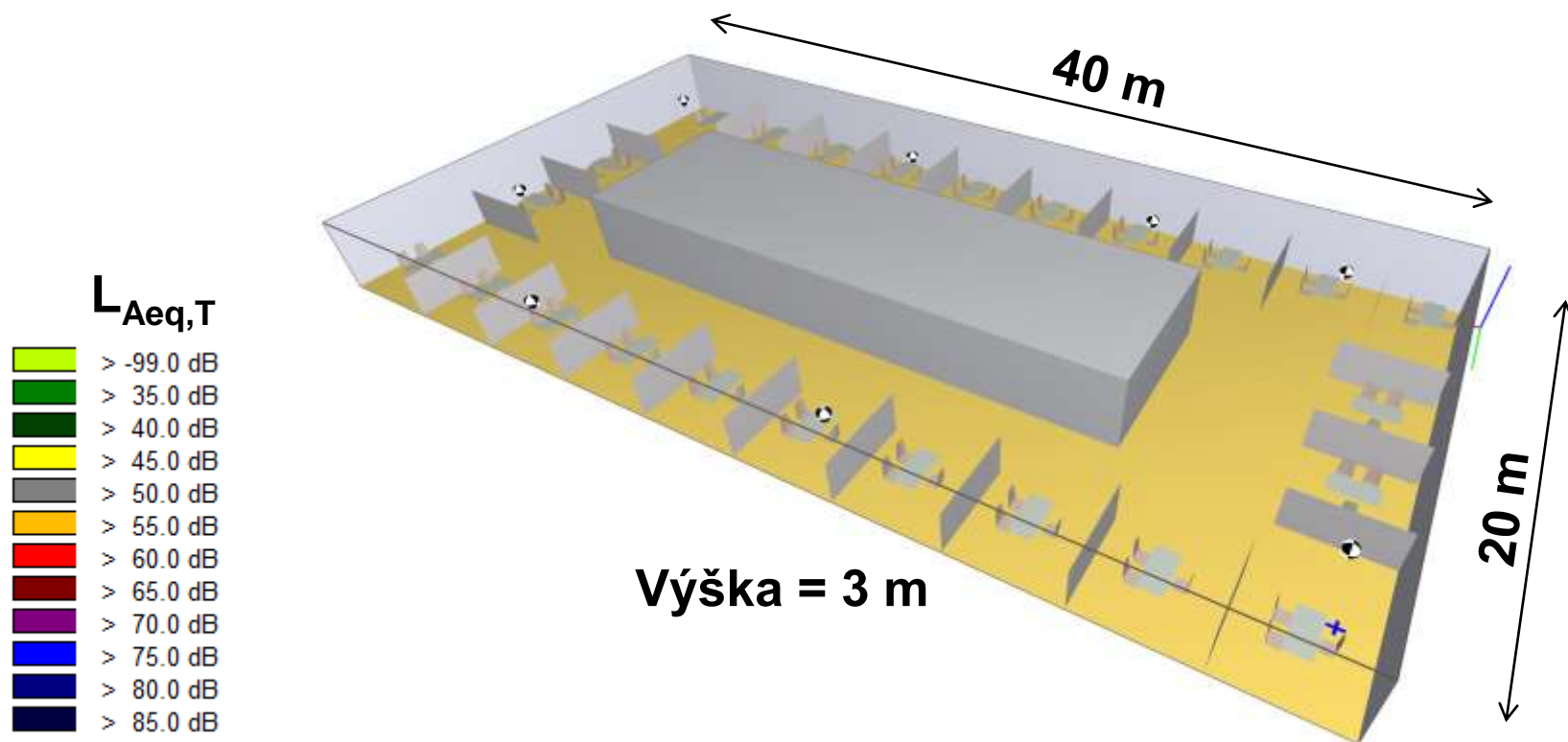
Úvod do technické akustiky

Metody boje proti hluku

4) Metoda prostorové akustiky

- Spočívá ve využití materiálů schopných pohlcovat zvuk
- Přeměna zachycené akustické energie v teplo
- Využití uvnitř místností a náročných prostorech

Open space

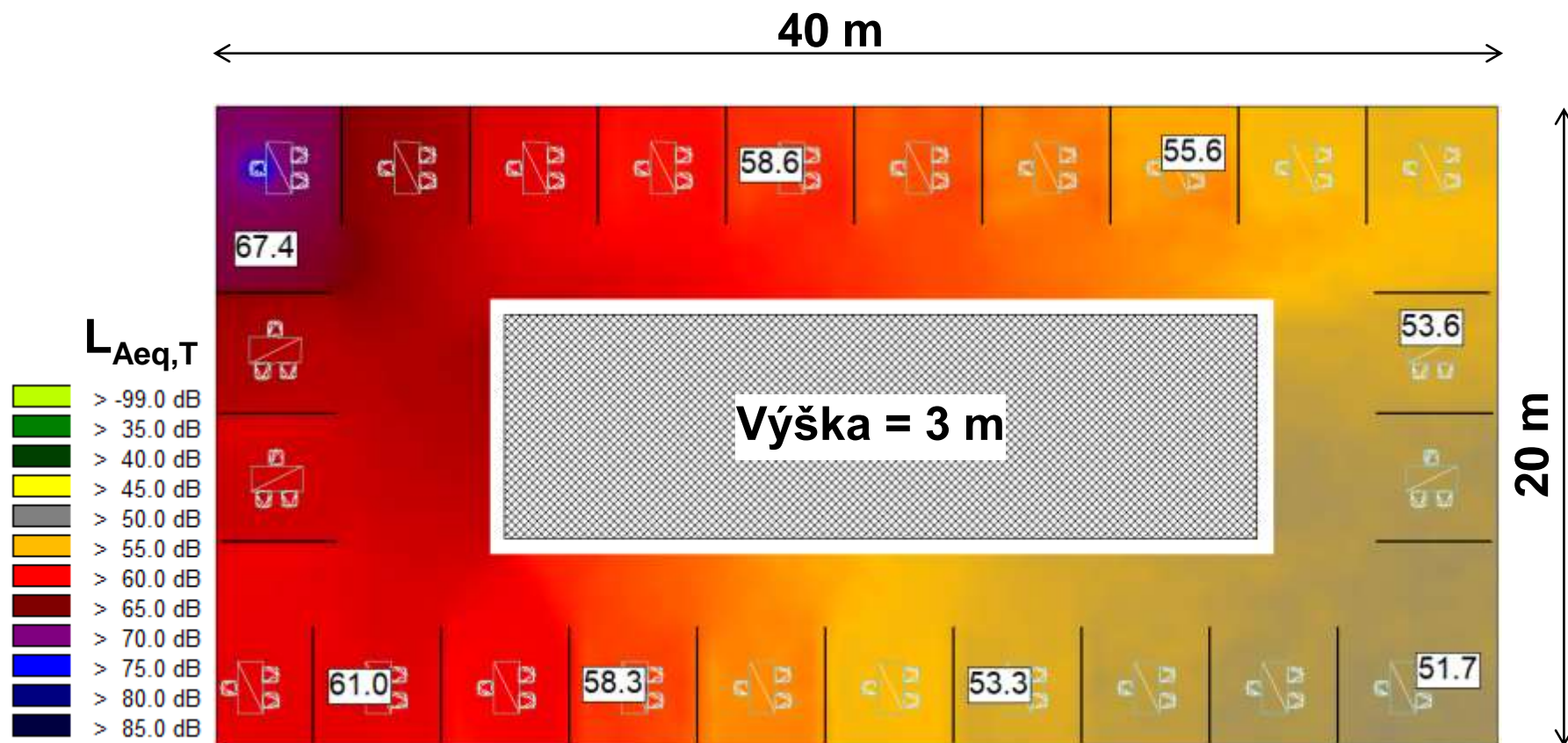


Úvod do technické akustiky

Metody boje proti hluku

4) Metoda prostorové akustiky

ODRAZIVÉ PROSTŘEDÍ: Betonový strop + betonová podlaha

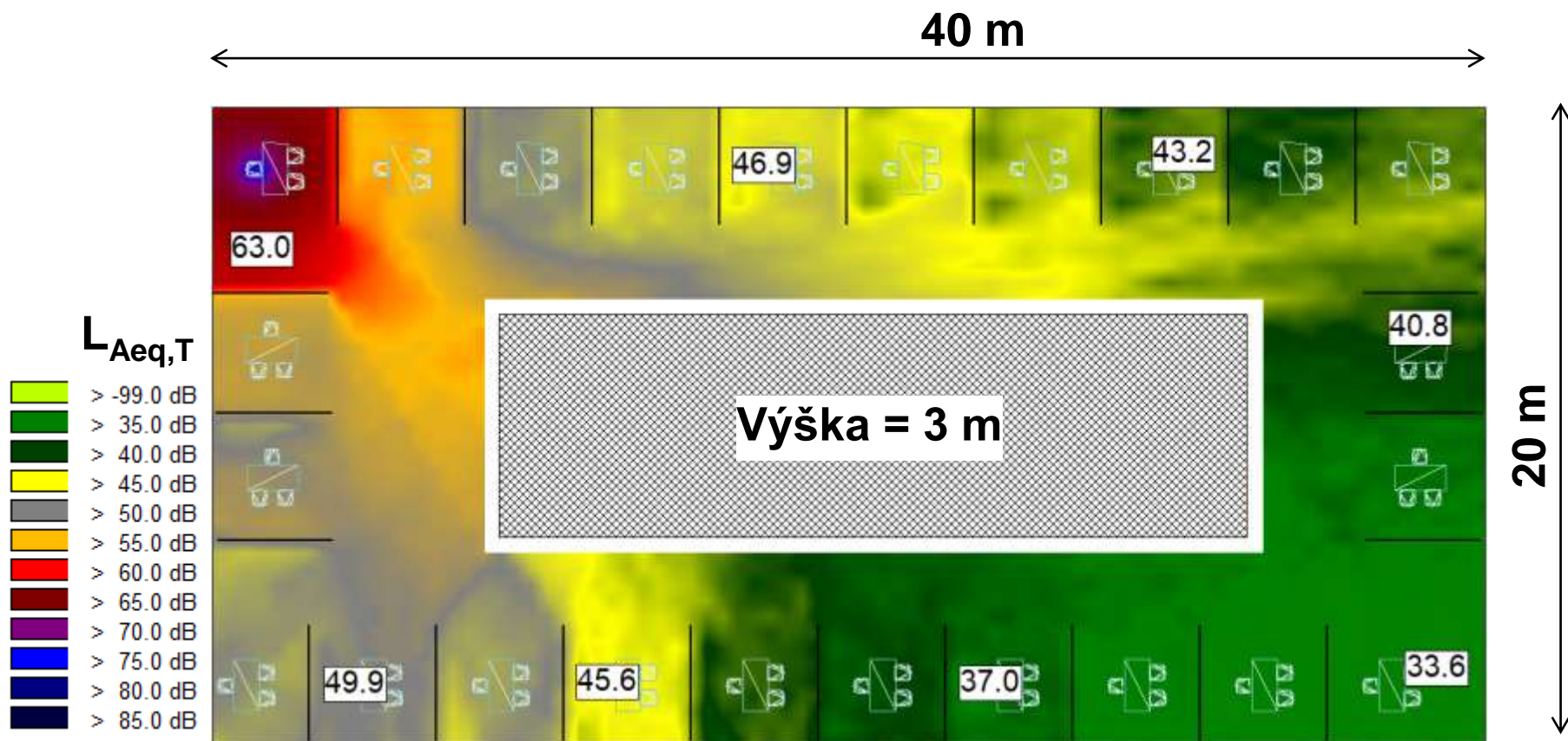


Úvod do technické akustiky

Metody boje proti hluku

4) Metoda prostorové akustiky

ZVUKOPOHLTIVÉ PROSTŘEDÍ: Pohltivý strop + kobercová podlaha



Metody boje proti hluku

5) Metoda osobních ochranných pomůcek

- Využívá se tehdy pokud nedostačují předchozí možnosti snížení hluku
- Tlumící zátky, sluchátka, přilby ...



Metody boje proti hluku

6) Metoda organizační

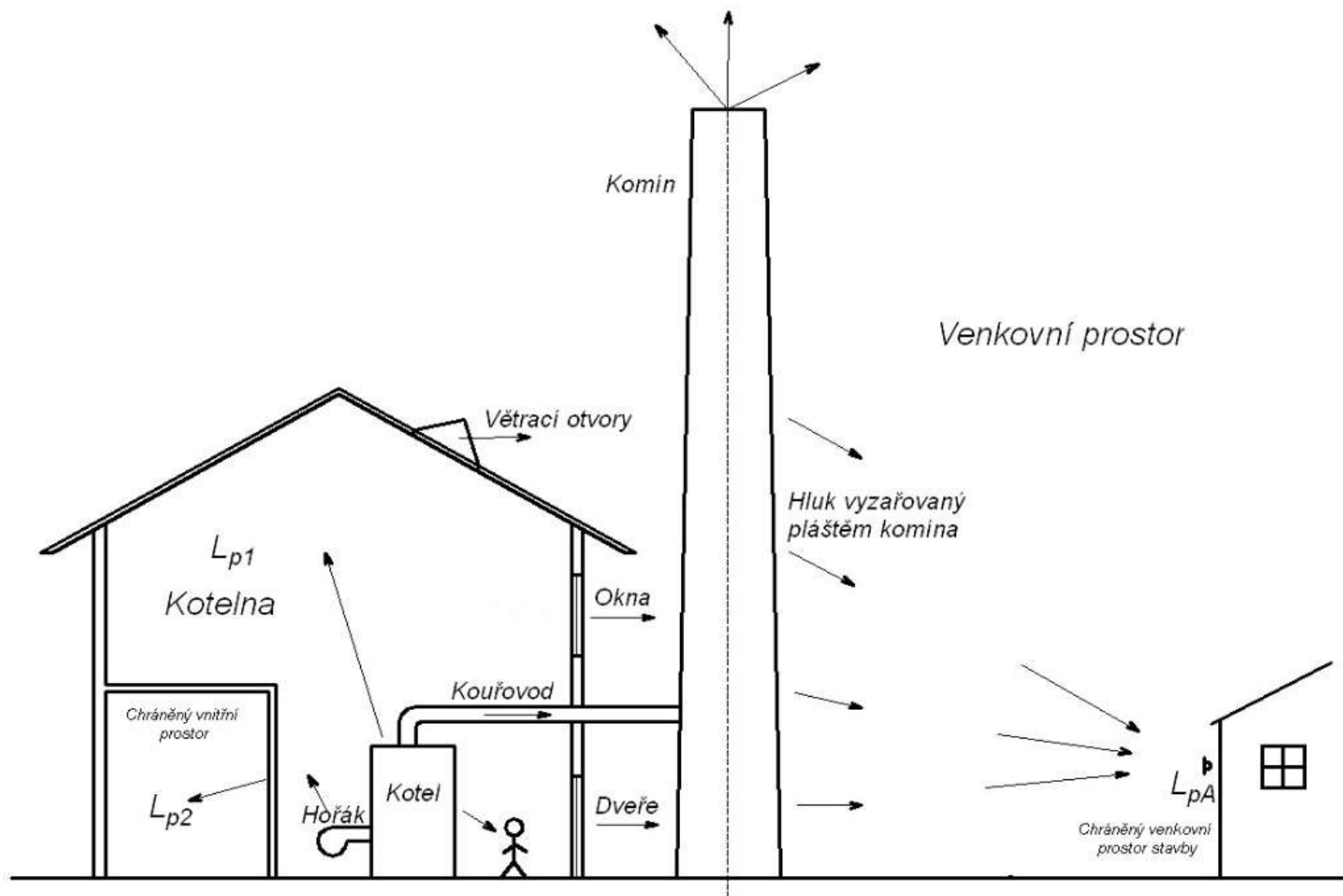
- Spočívá v řízení doby pobytu pracovníků v hlučném prostředí
- Střídání pracovníků v tichém a hlučném provozu, pracovní přestávky



Volí se takové metody, které vykazují nejlepší útlumy zvuku v souladu ekonomického a technického řešení.

Úvod do technické akustiky

Zdroje hluku v kotelnách



Úvod do technické akustiky

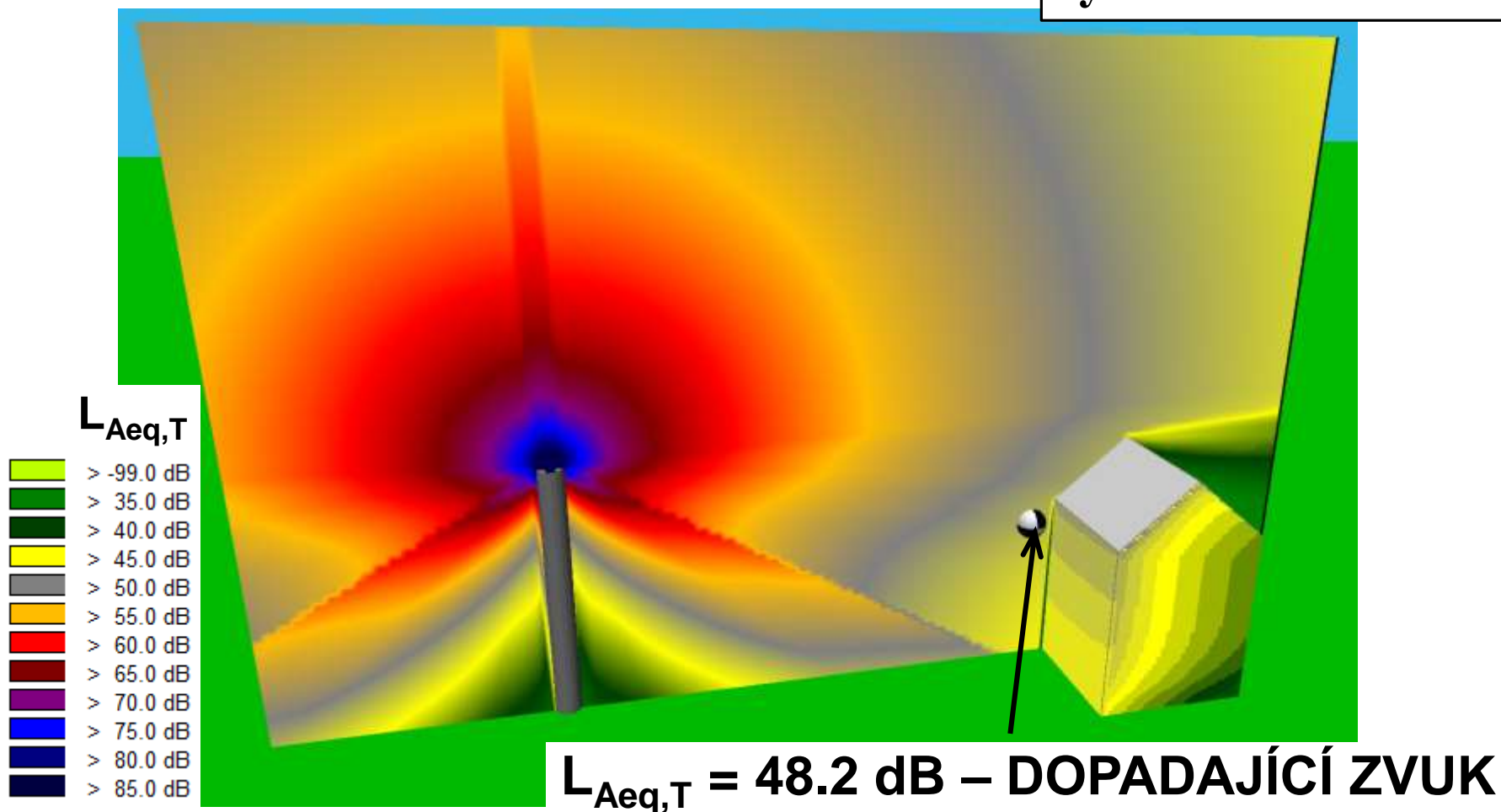
Hluk generovaný komíny - směrovost

Směrovost dle německé normy VDI 3733

Rychlost spalin **2 m/s**

Teplota spalin: 35°C

Rychlost větru: 3 m/s

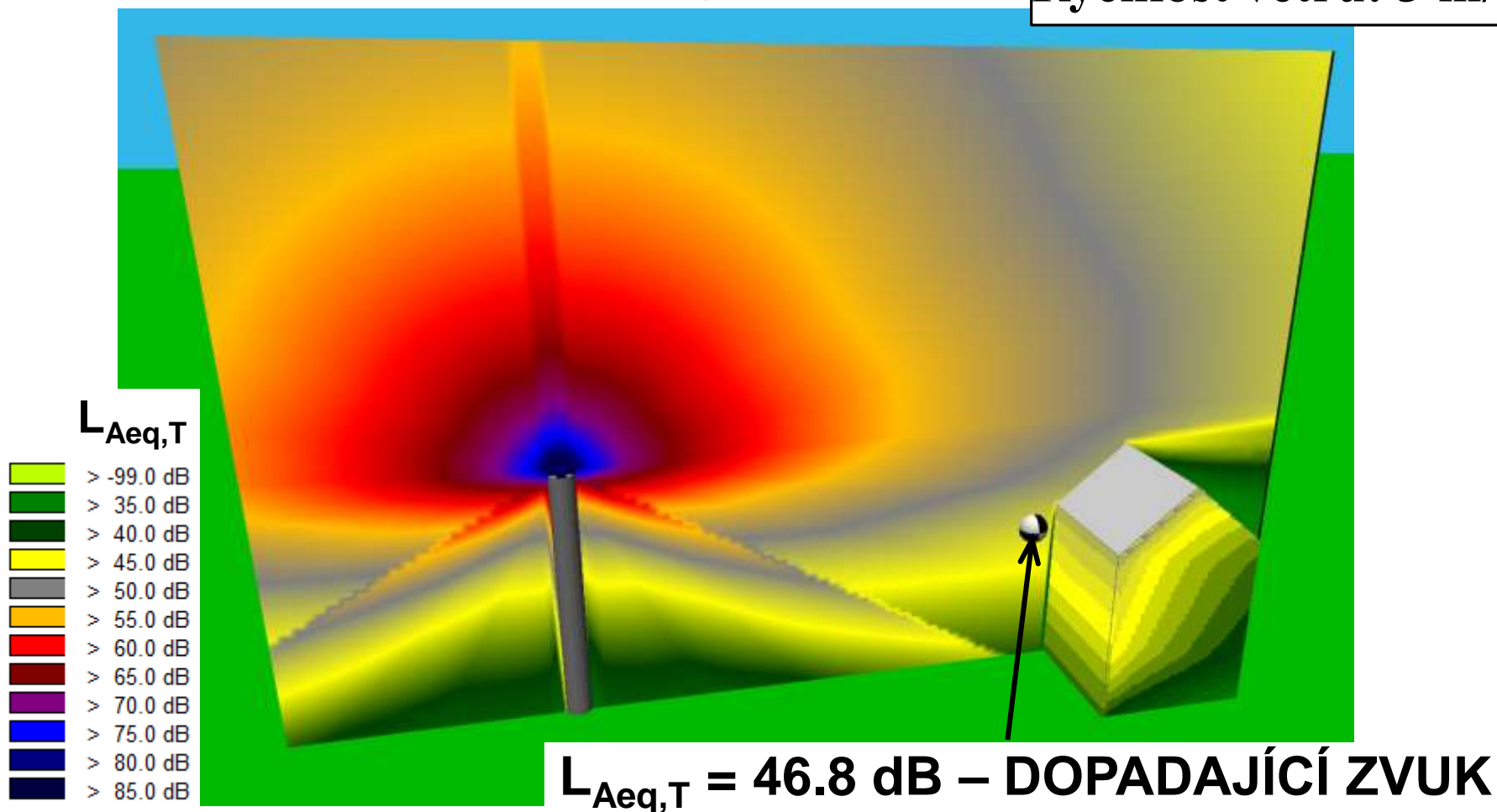


Úvod do technické akustiky

Hluk generovaný komínou - směrovost

Směrovost dle německé normy VDI 3733

Rychlost spalin **5 m/s**
Teplota spalin: 35°C
Rychlost větru: 3 m/s



Úvod do technické akustiky

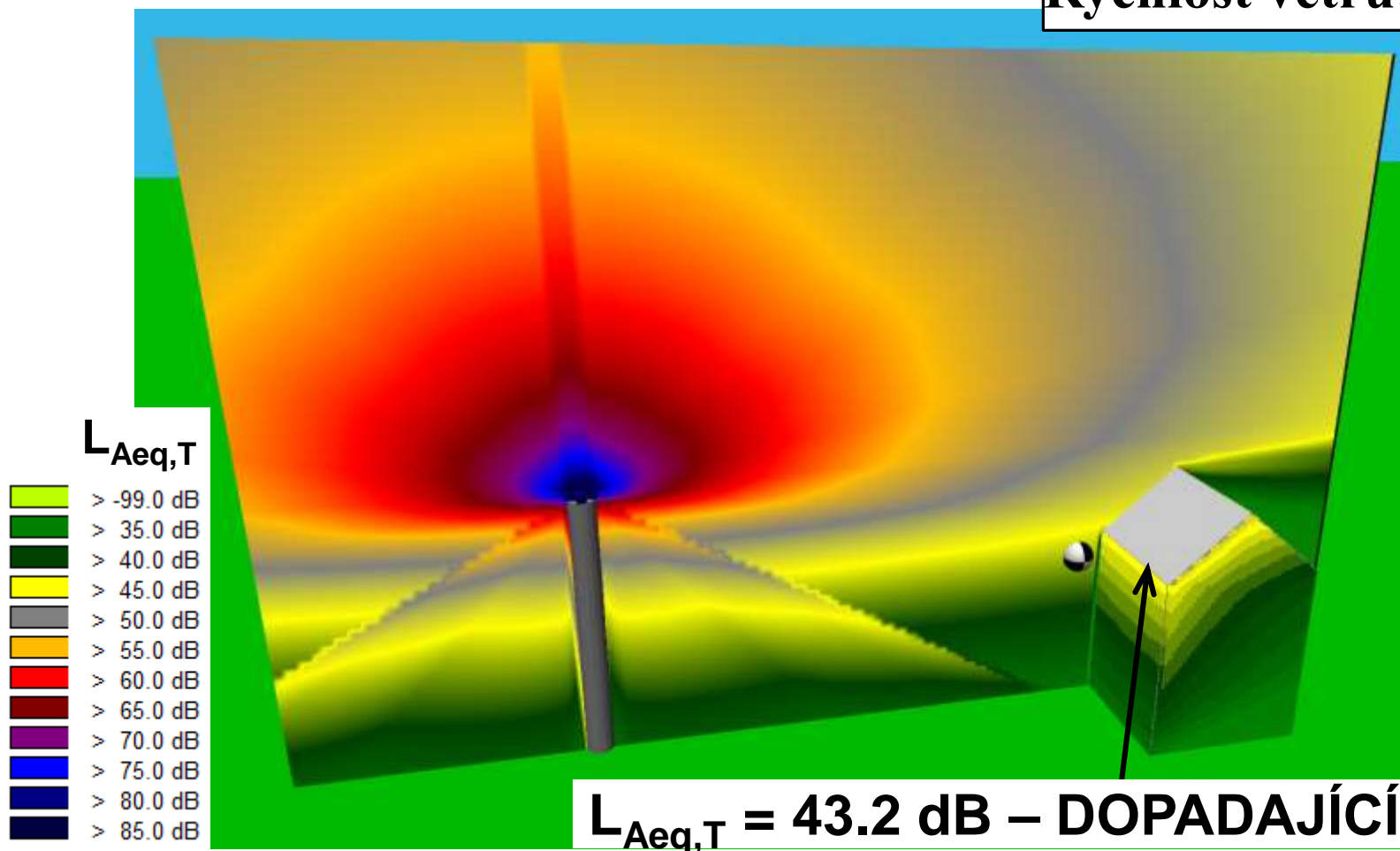
Hluk generovaný komínou - směrovost

Směrovost dle německé normy VDI 3733

Rychlost spalin **10 m/s**

Teplota spalin: 35°C

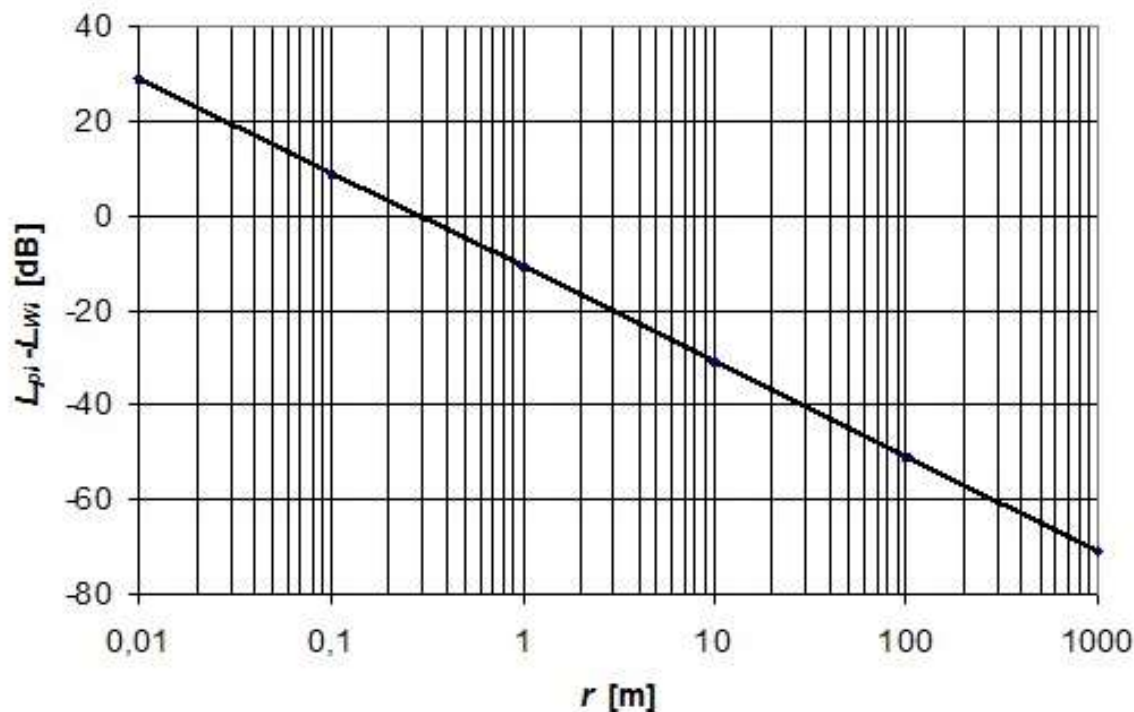
Rychlost větru: 3 m/s



Šíření zvuku ve volném prostoru

Akustické pole bodového zdroje

$$\Delta L = 6 \text{ dB} / 2. r$$



$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \right)$$

$$L_{p2} = L_{p1} + 20 \log \left(\frac{r_1}{r_2} \right)$$

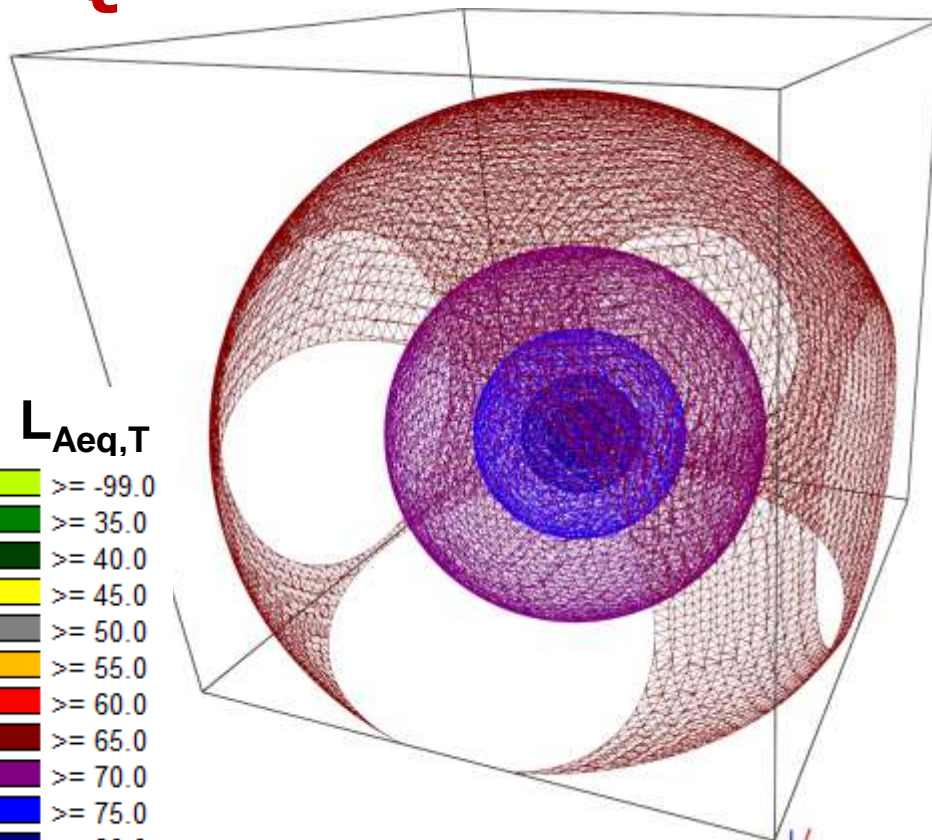
Šíření zvuku ve volném prostoru

Akustické pole bodového zářiče

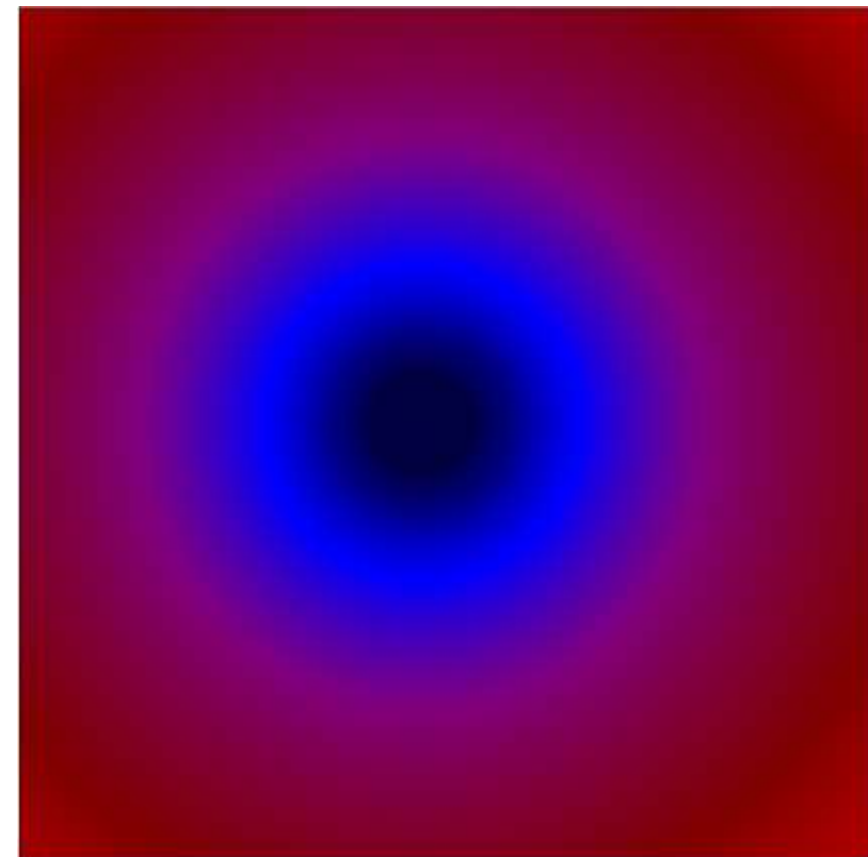
BODOVÝ ZDROJ VE VOLNÉM POLI

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \right)$$

Q=1



30 m



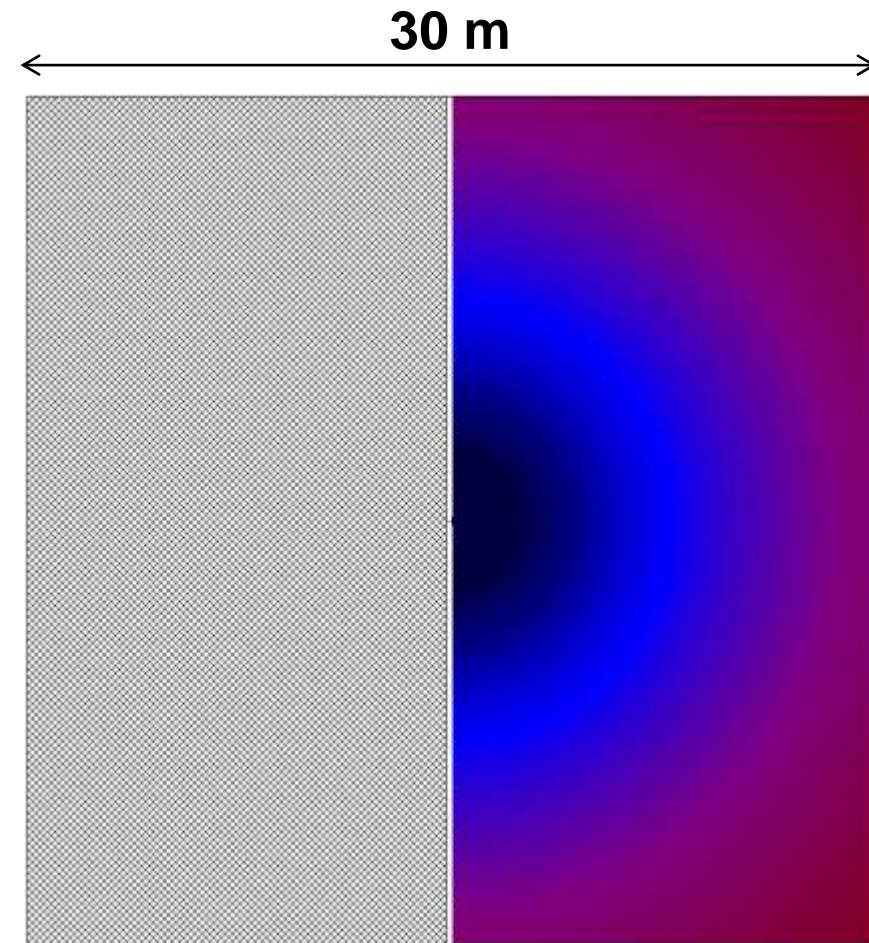
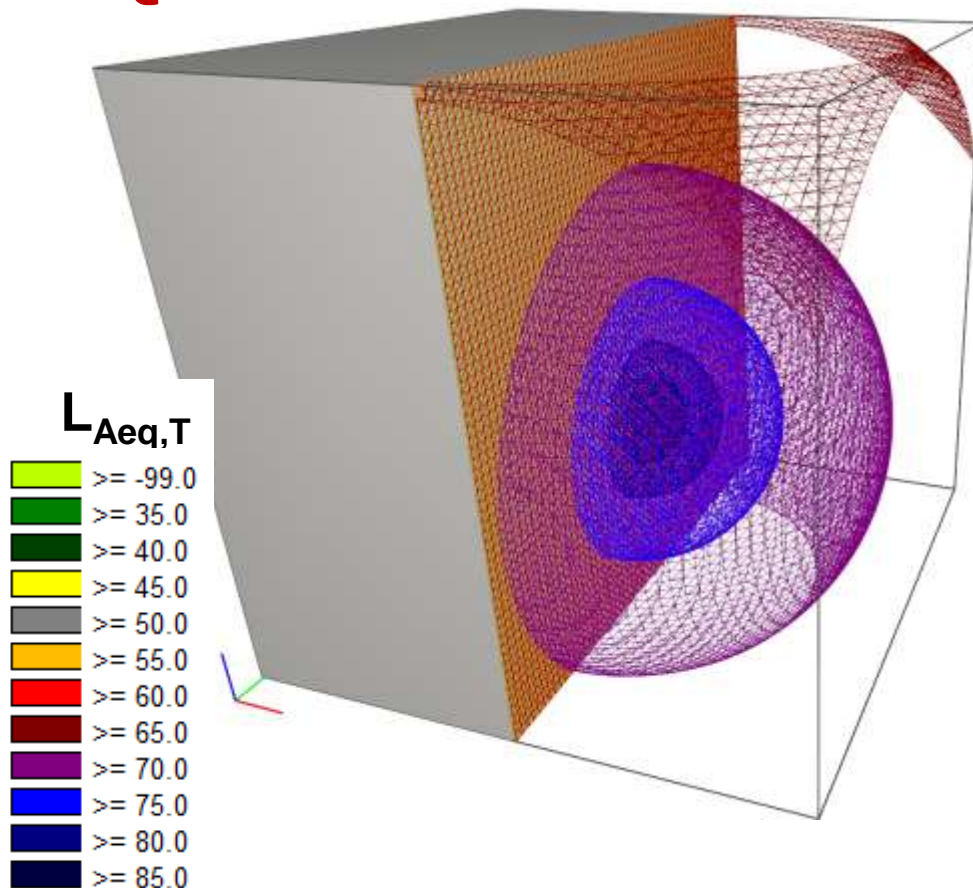
Šíření zvuku ve volném prostoru

Akustické pole bodového zářiče

BODOVÝ ZDROJ NA ROVINĚ

Q=2

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \right)$$



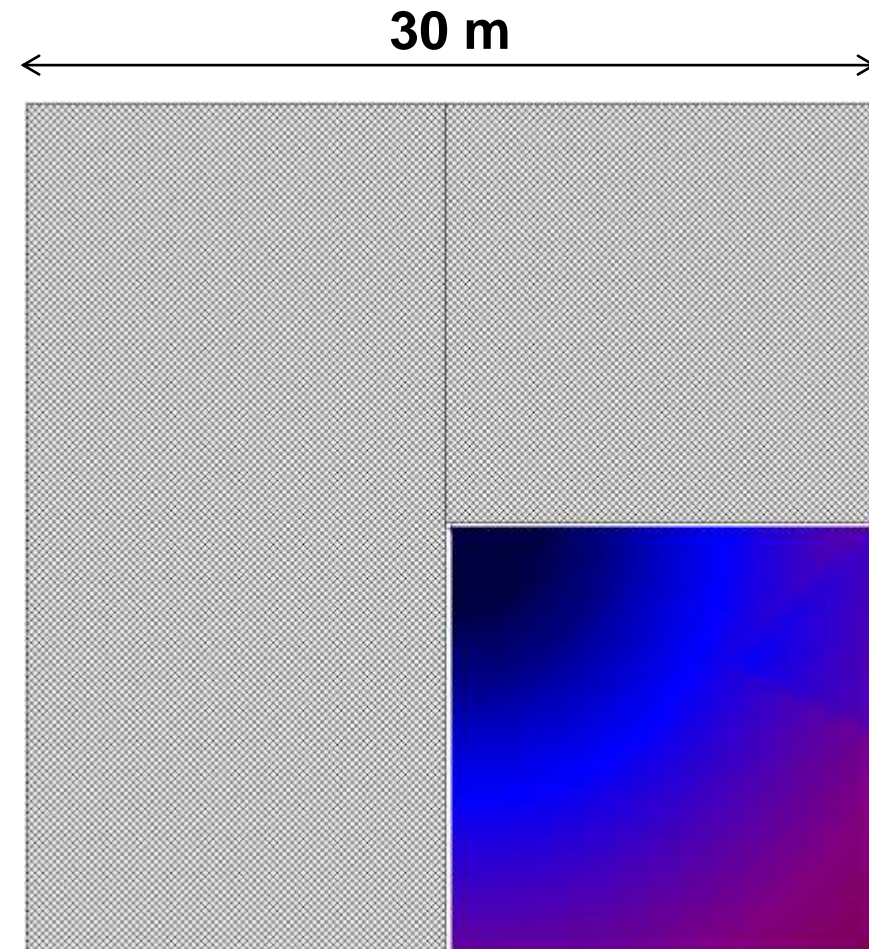
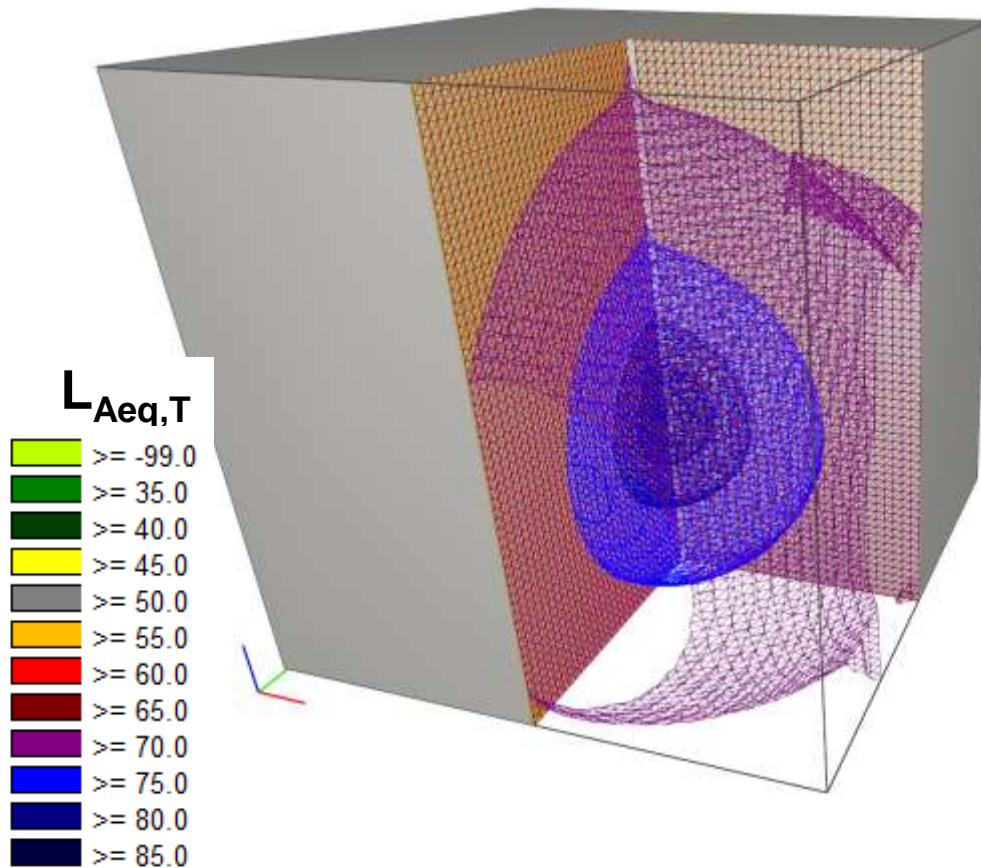
Šíření zvuku ve volném prostoru

Akustické pole bodového zářiče

BODOVÝ ZDROJ U DVOU KOLMÝCH ROVIN

Q=4

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \right)$$



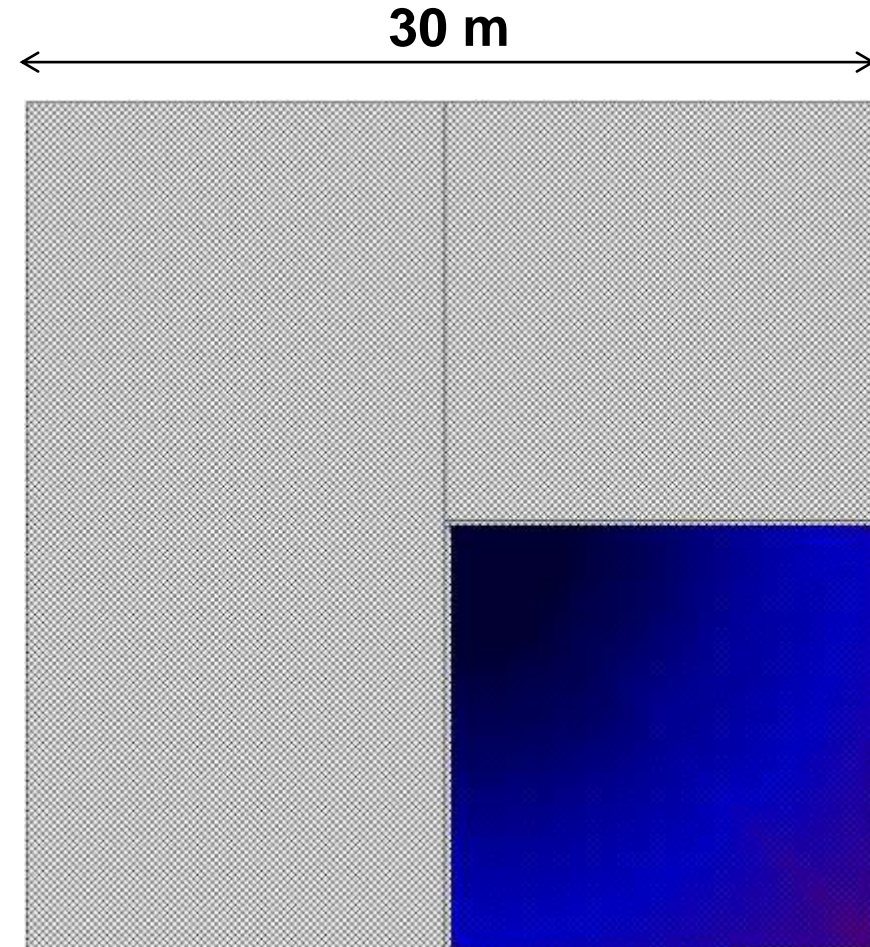
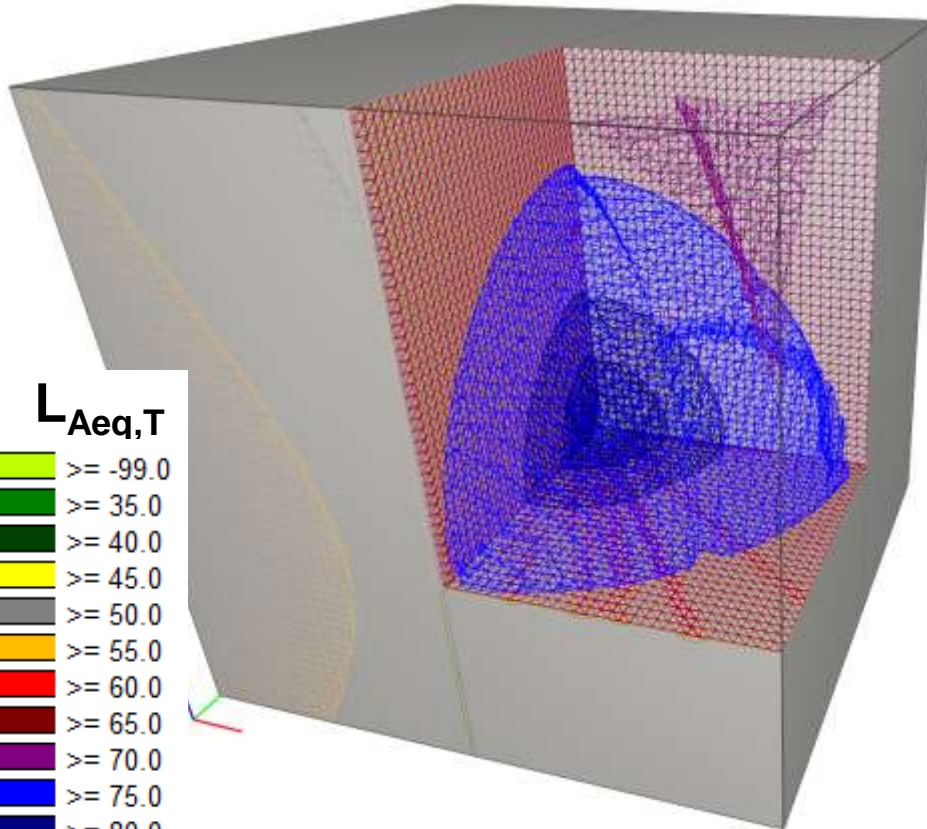
Šíření zvuku ve volném prostoru

Akustické pole bodového zářiče

BODOVÝ ZDROJ V ROHU

Q=8

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \right)$$



Šíření zvuku ve volném prostoru

Příklad:

Určete výslednou hladinu akustického tlaku od dvou zdrojů. Vzdálenost zdrojů $x = 20$ m.

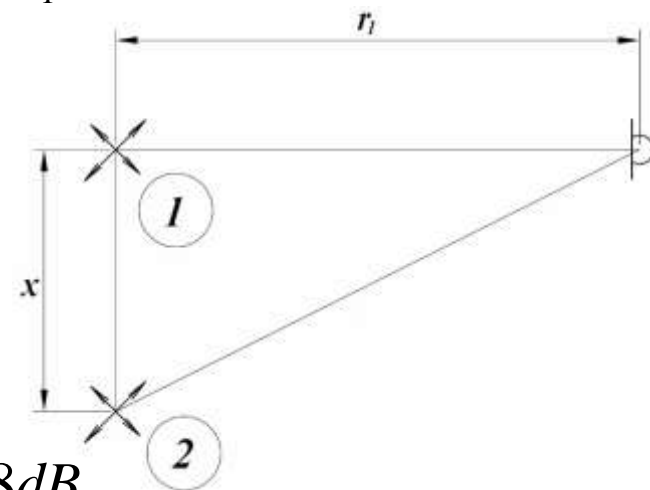
1.zdroj $L_w = 120$ dB

$Q = 2$

$r_1 = 50$ m

2.zdroj $L_{p40} = 73$ dB

$r_i = 40$ m



$$r_2 = \sqrt{r_1^2 + x^2} = \sqrt{50^2 + 20^2} = 53,8 \text{ m}$$

$$L_{p1} = L_w + 10 \log \frac{Q}{4\pi r_1^2} = 120 + 10 \log \frac{2}{4\pi 50^2} = 78 \text{ dB}$$

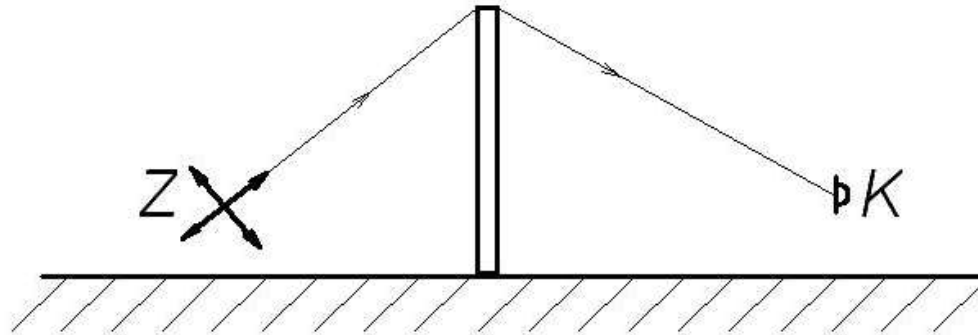
$$L_{p2} = L_{p40} + 20 \log \frac{r_{40}}{r_2} = 73 + 20 \log \frac{40}{53,8} = 70,4 \text{ dB}$$

$$L_{pc} = 10 \log \left(10^{0,1 \cdot L_{p1}} + 10^{0,1 \cdot L_{p2}} \right) = 10 \log \left(10^{0,1 \cdot 78} + 10^{0,1 \cdot 70,4} \right) = 78,7 \text{ dB}$$

Šíření zvuku ve volném prostoru

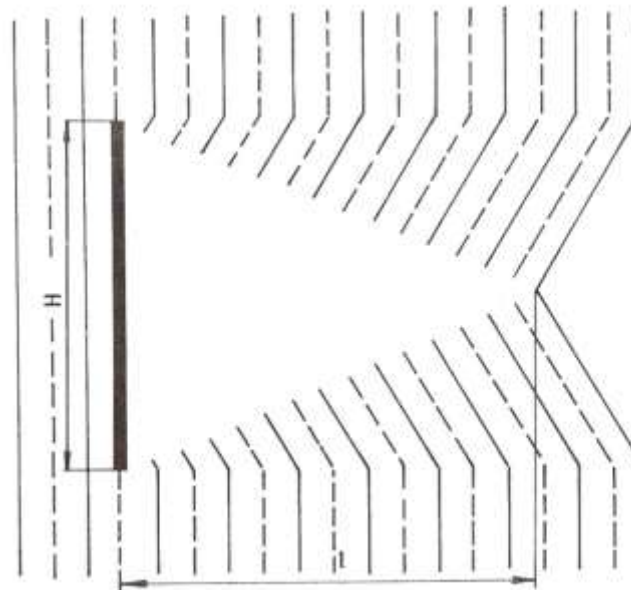
d) Útlum vlivem překážek

Pokles intenzity - "dodatečný útlum vlivem překážek"



Délka zvukového stínu:

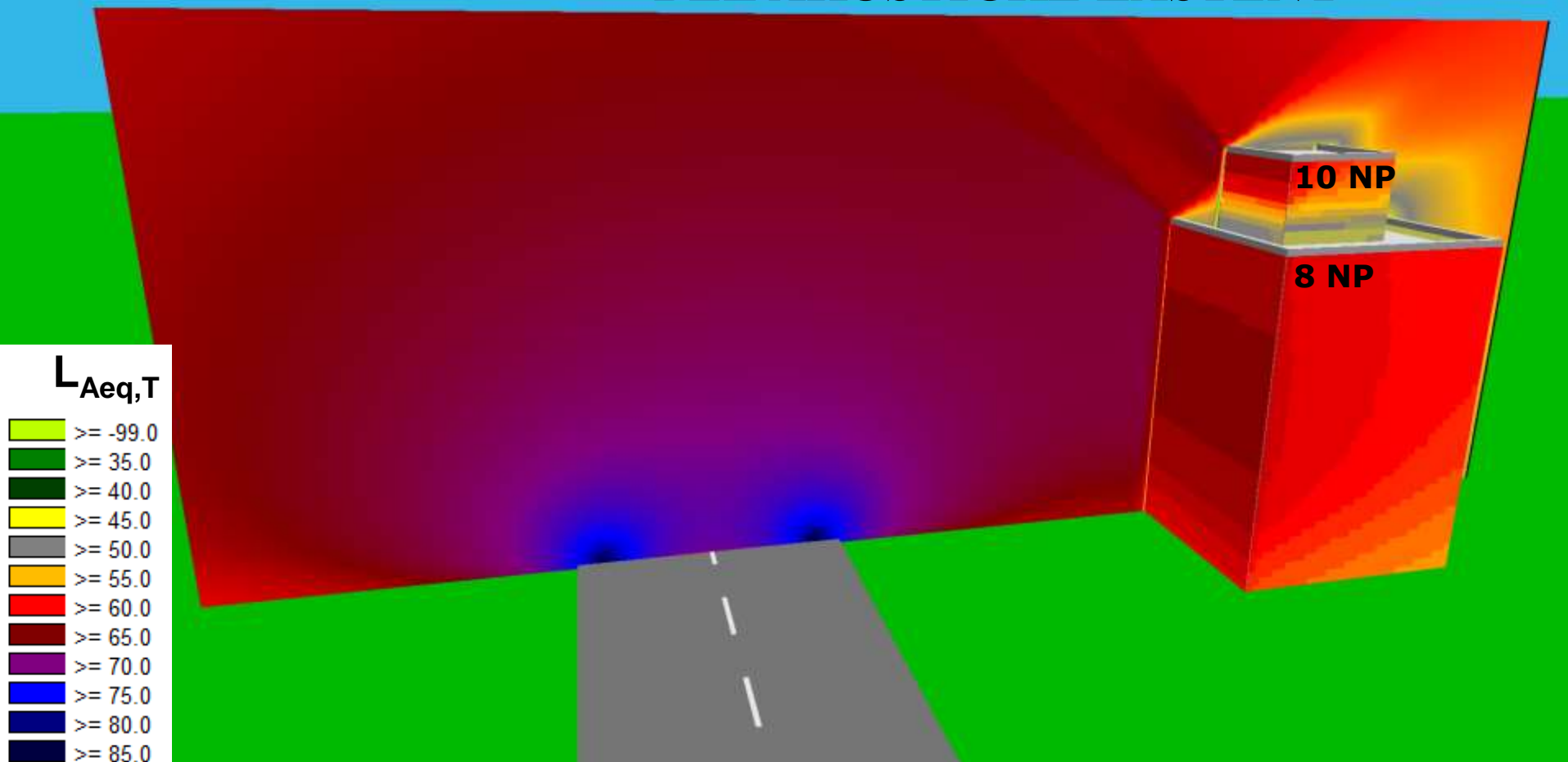
$$l = \frac{H^2}{4 \cdot \lambda}$$



Šíření zvuku ve volném prostoru

d) Útlum vlivem překážek

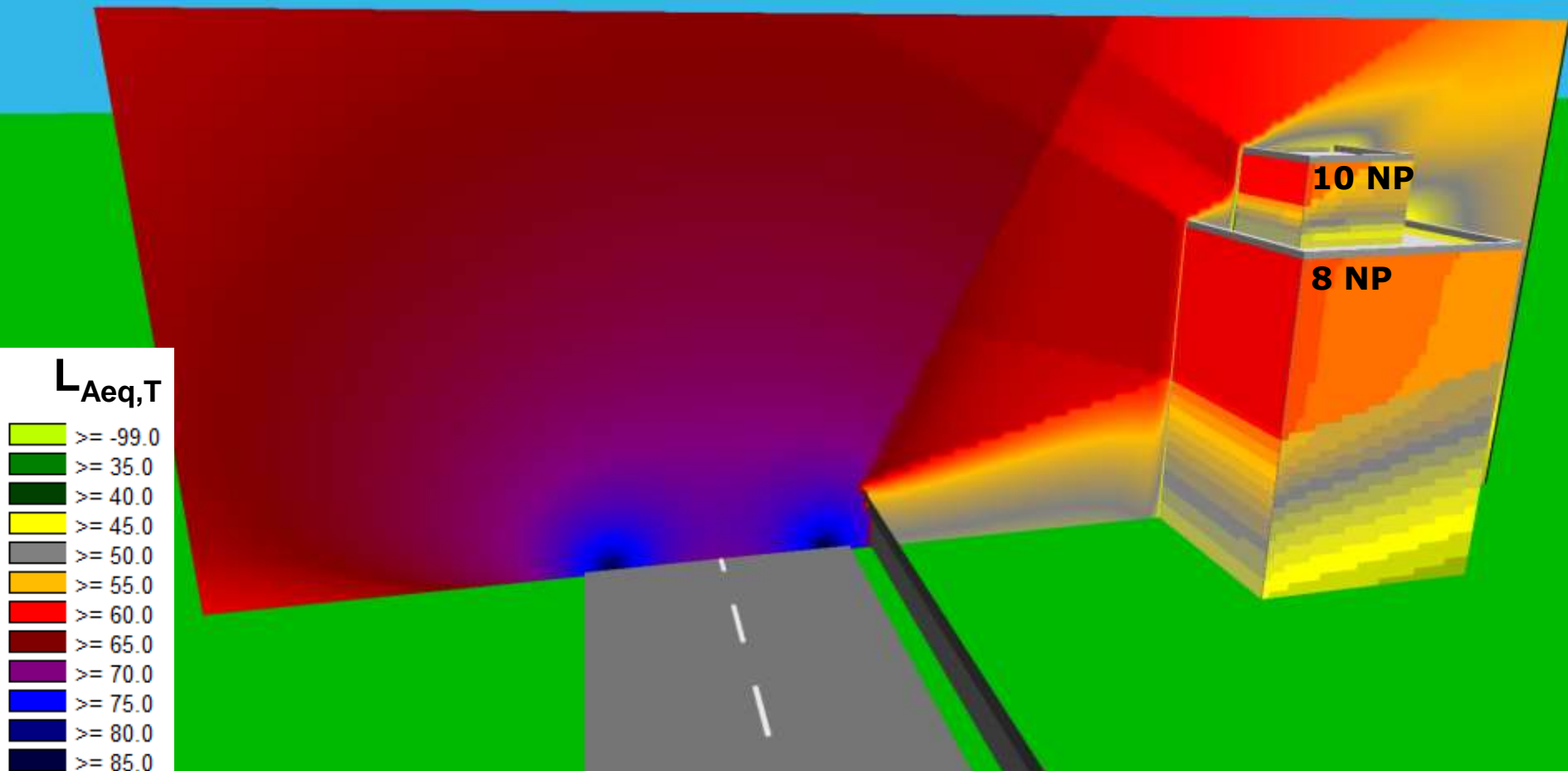
BEZ AKUSTICKÉ ZÁSTĚNY



Šíření zvuku ve volném prostoru

d) Útlum vlivem překážek

S AKUSTICKOU ZÁSTĚNOU – $v = 6 \text{ m}$



Šíření zvuku ve volném prostoru

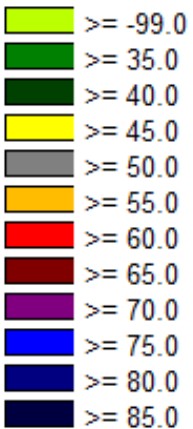
d) Útlum vlivem překážek – **POZOR NA EFEKTIVNOST!!!**

BEZ AKUSTICKÉ ZÁSTĚNY

63 m

10 NP

$L_{Aeq,T}$

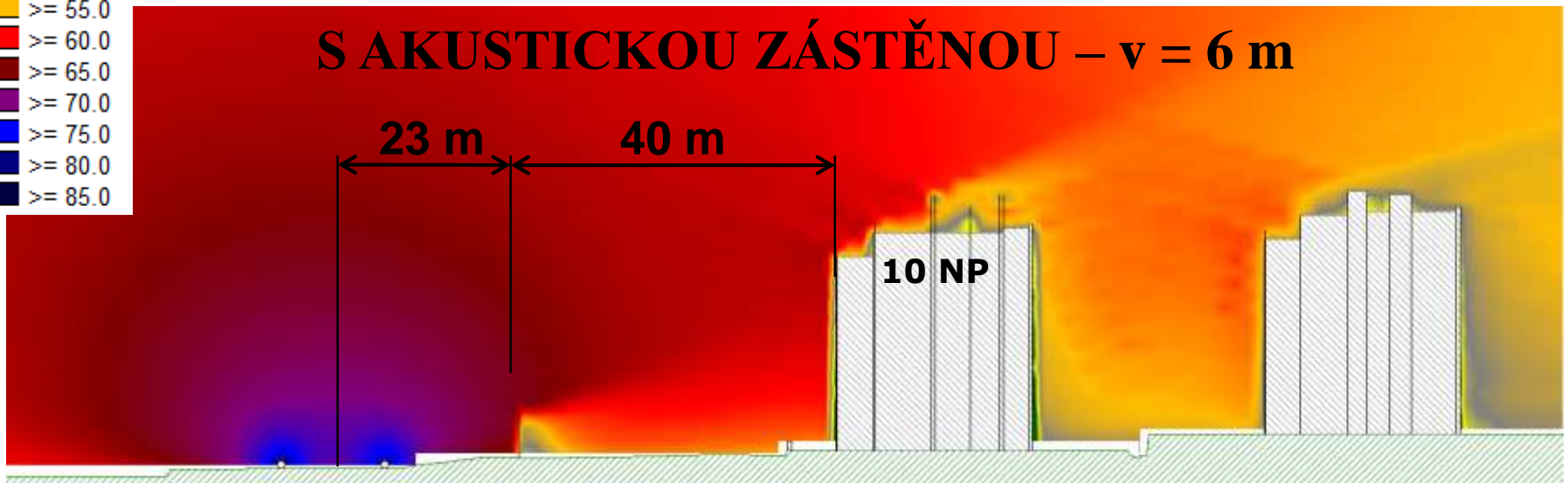


S AKUSTICKOU ZÁSTĚNOU – $v = 6$ m

23 m

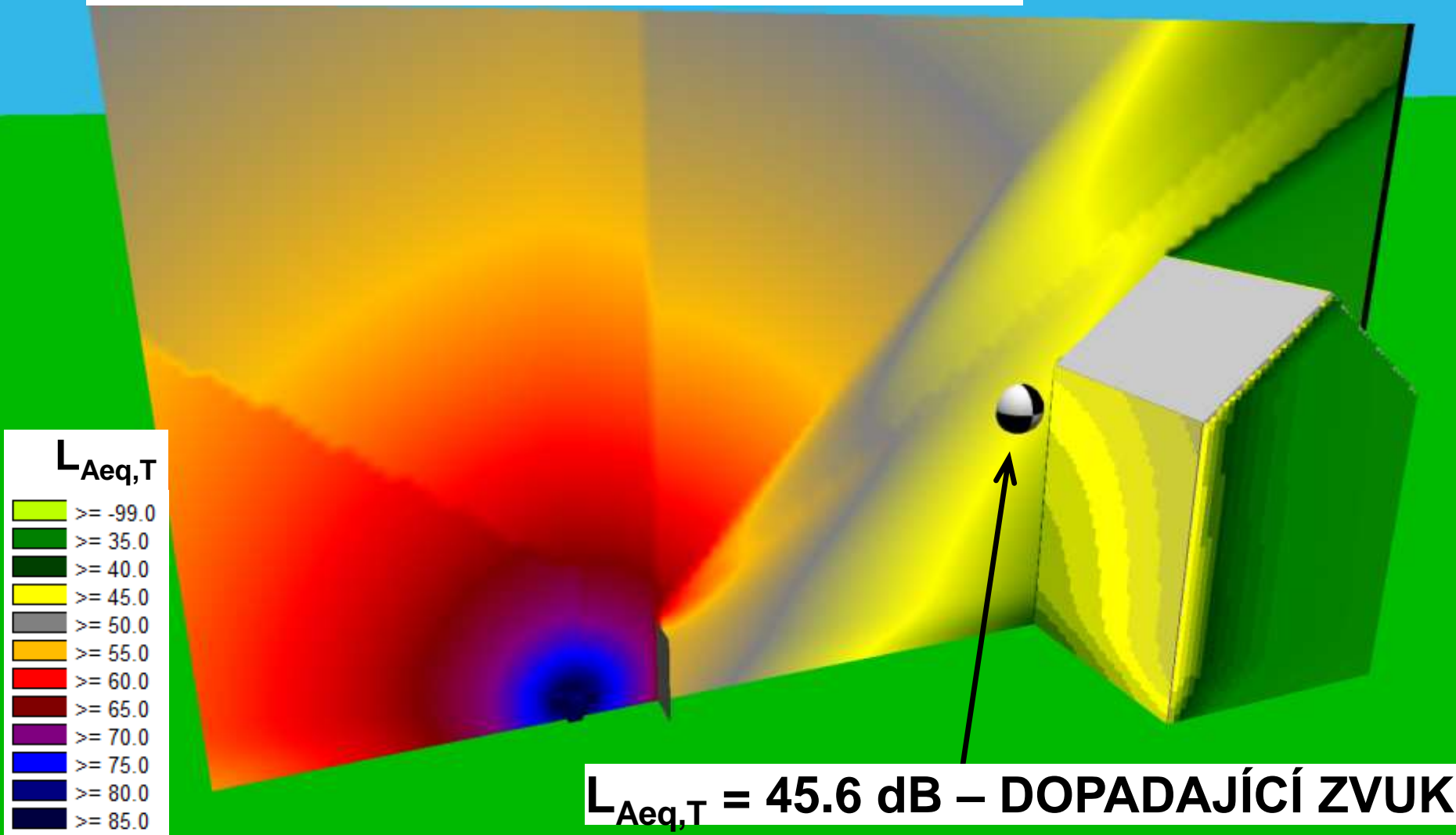
40 m

10 NP

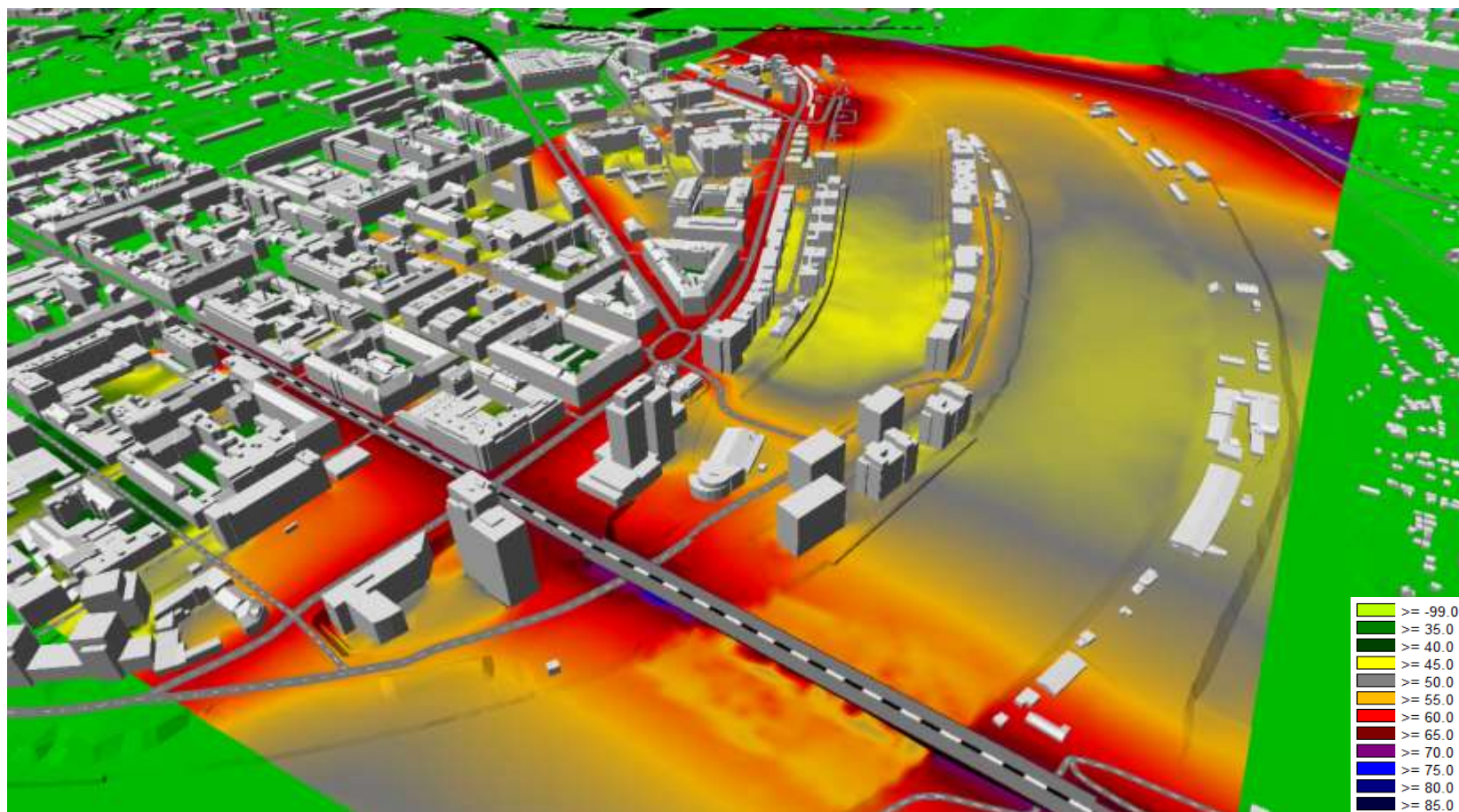


Šíření zvuku ve volném prostoru

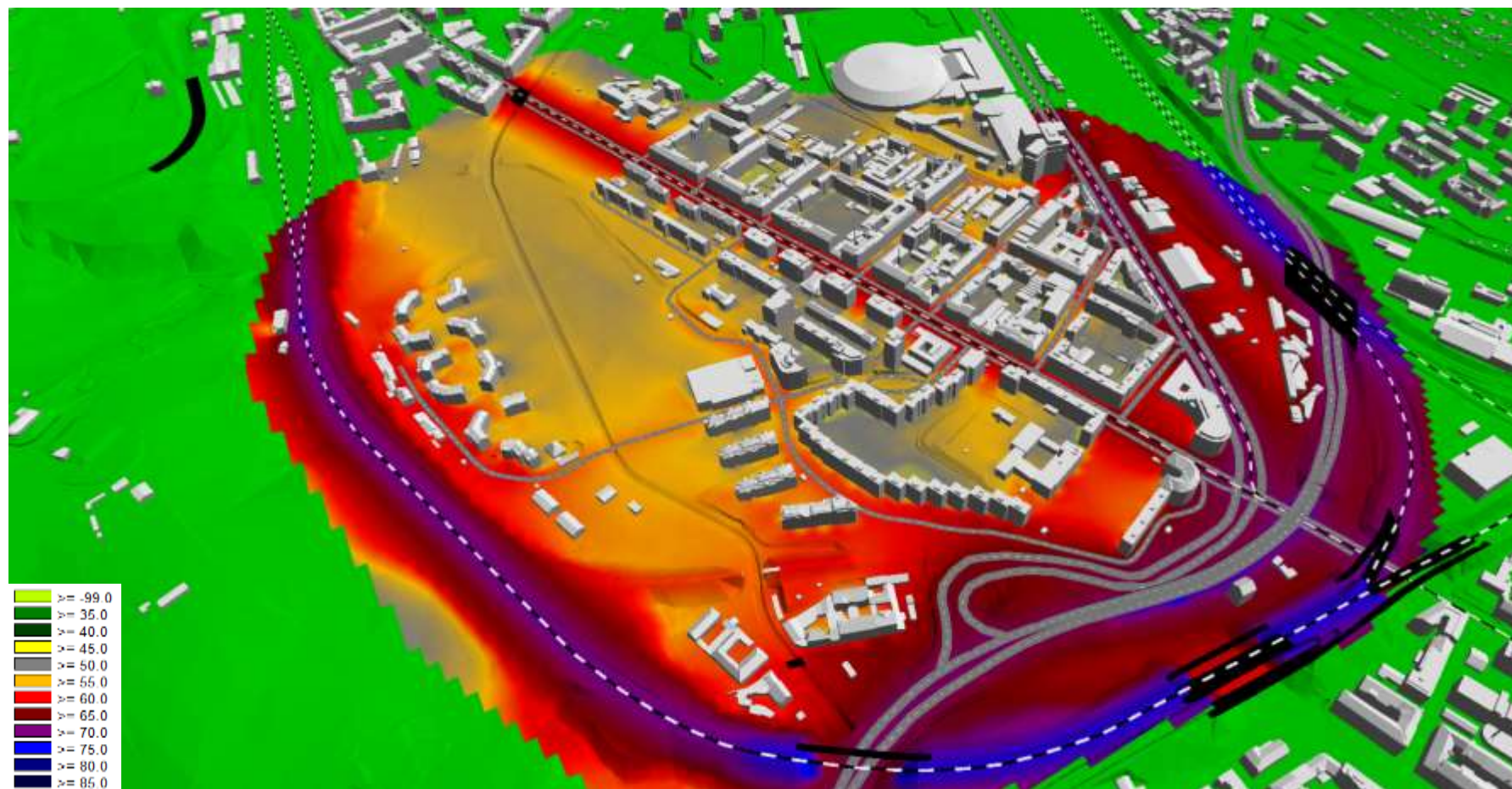
VÝPOČET V SOFTWARE Cadna A



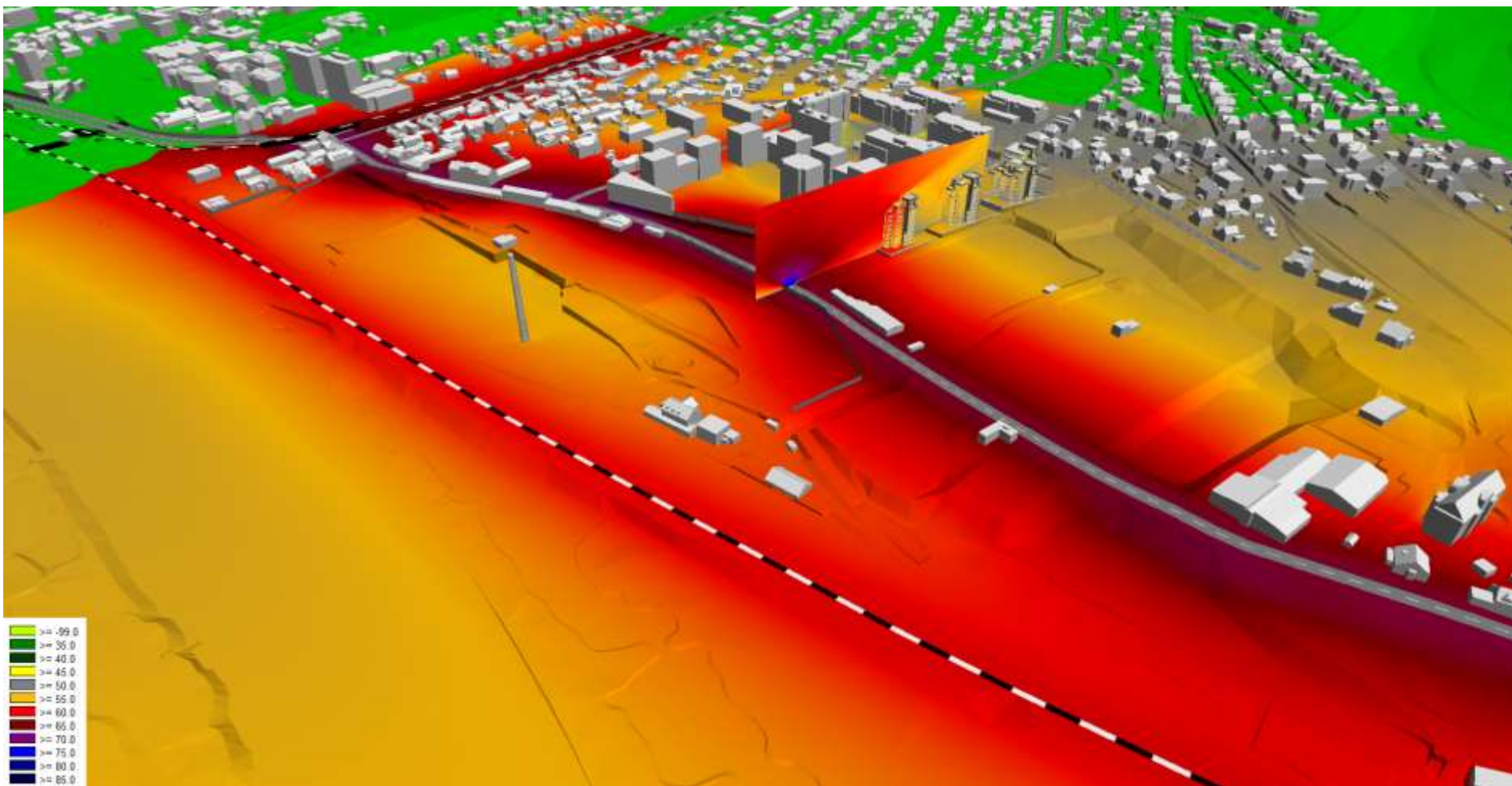
Ukázky výpočtů hluku



Ukázky výpočtů hluku



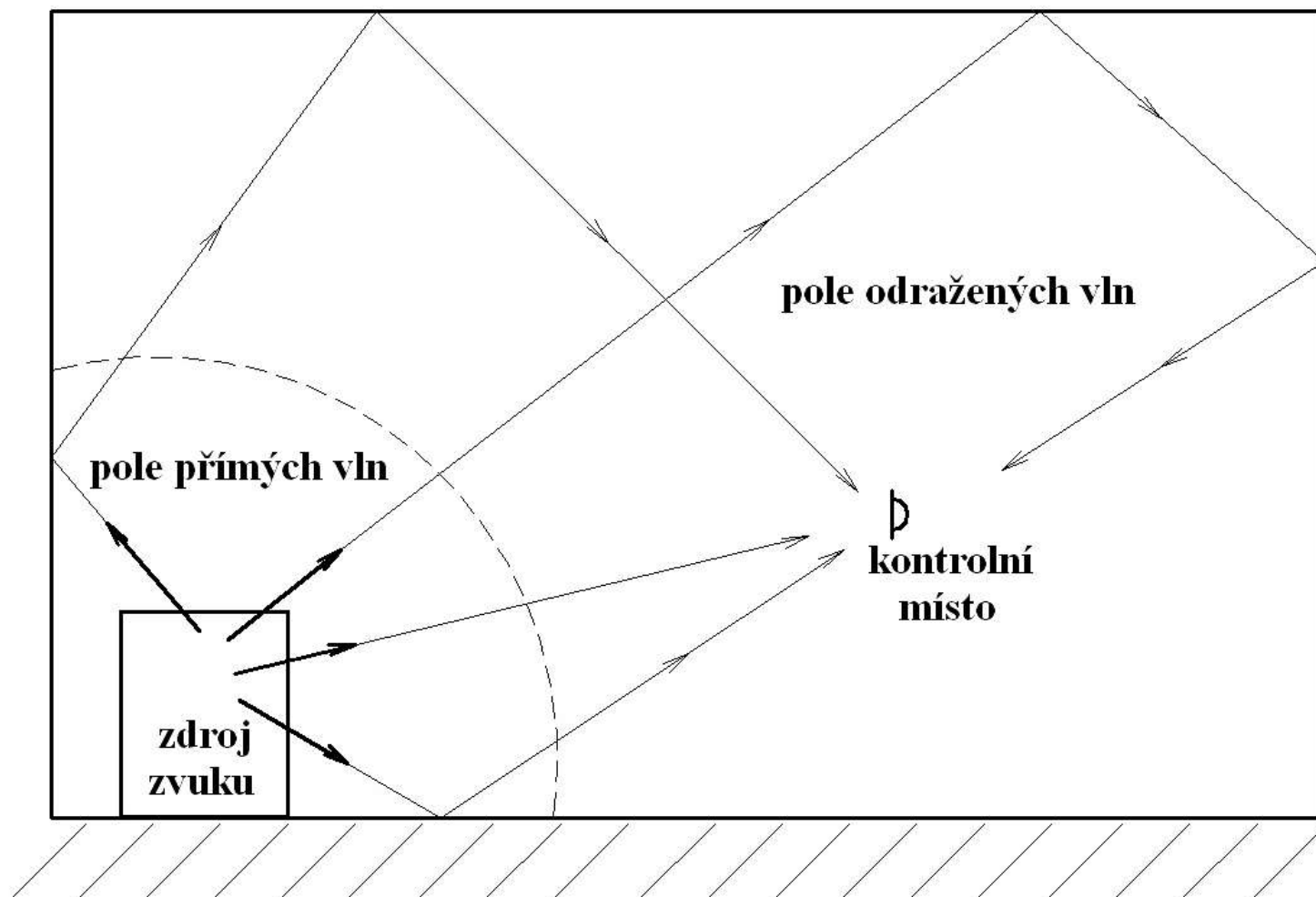
Ukázky výpočtů hluku



Šíření zvuku v ohraničeném prostoru

V praxi rozeznáváme dva typy akustických polí:

- a) Pole přímých vln
- b) Pole odražených vln



Akustické pole v uzavřeném prostoru

Pole přímých vln

$$L_p = L_w + 10 \cdot \log \left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \right)$$

Pole odražených vln

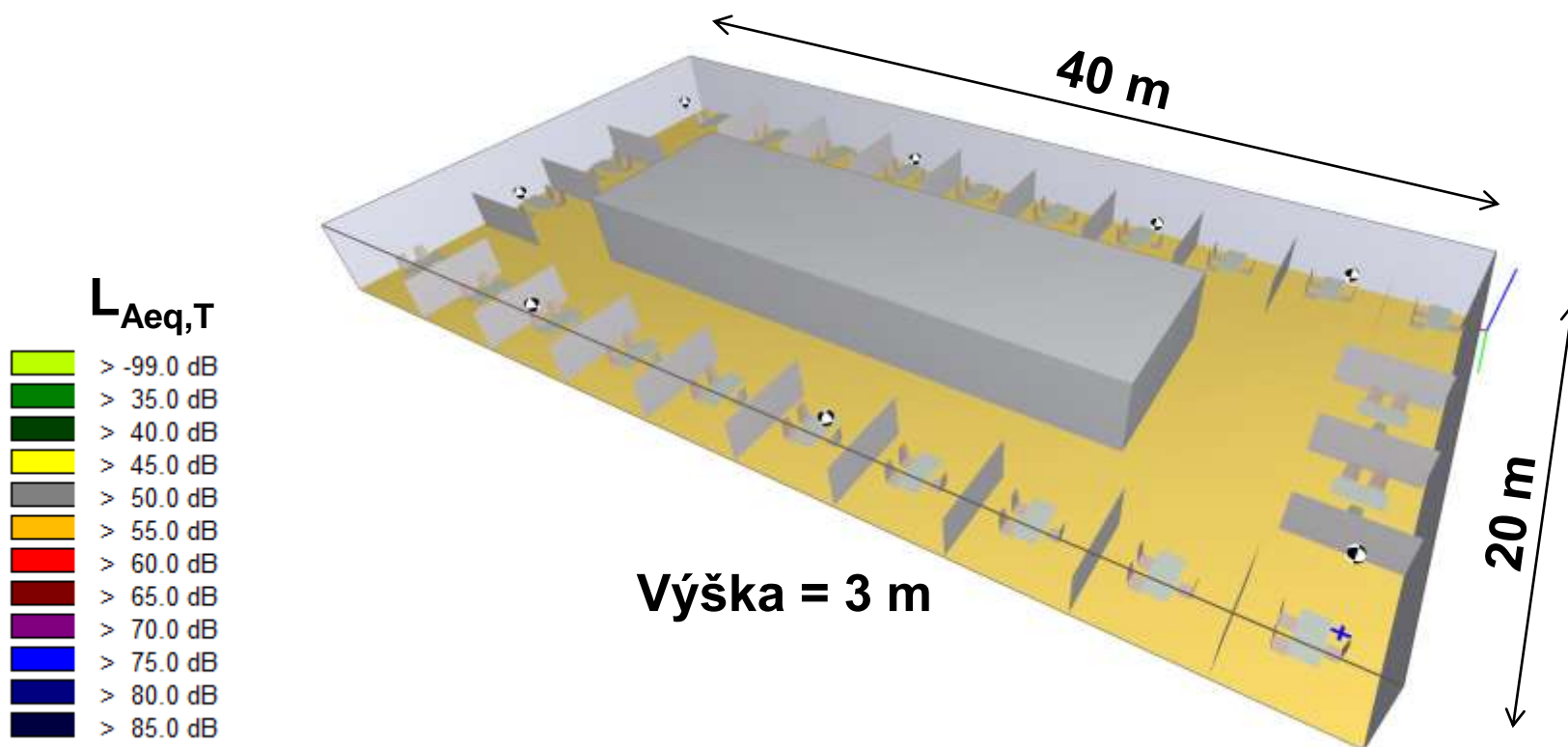
$$L_p = L_w + 10 \cdot \log \left(\frac{4(1 - \alpha_m)}{S \cdot \alpha_m} \right)$$

$$L_p = L_w + 10 \cdot \log \left(\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4(1 - \alpha_m)}{S \cdot \alpha_m} \right)$$

Šíření zvuku v ohraničeném prostoru

Ukázka rozdílu pohltivosti prostoru:

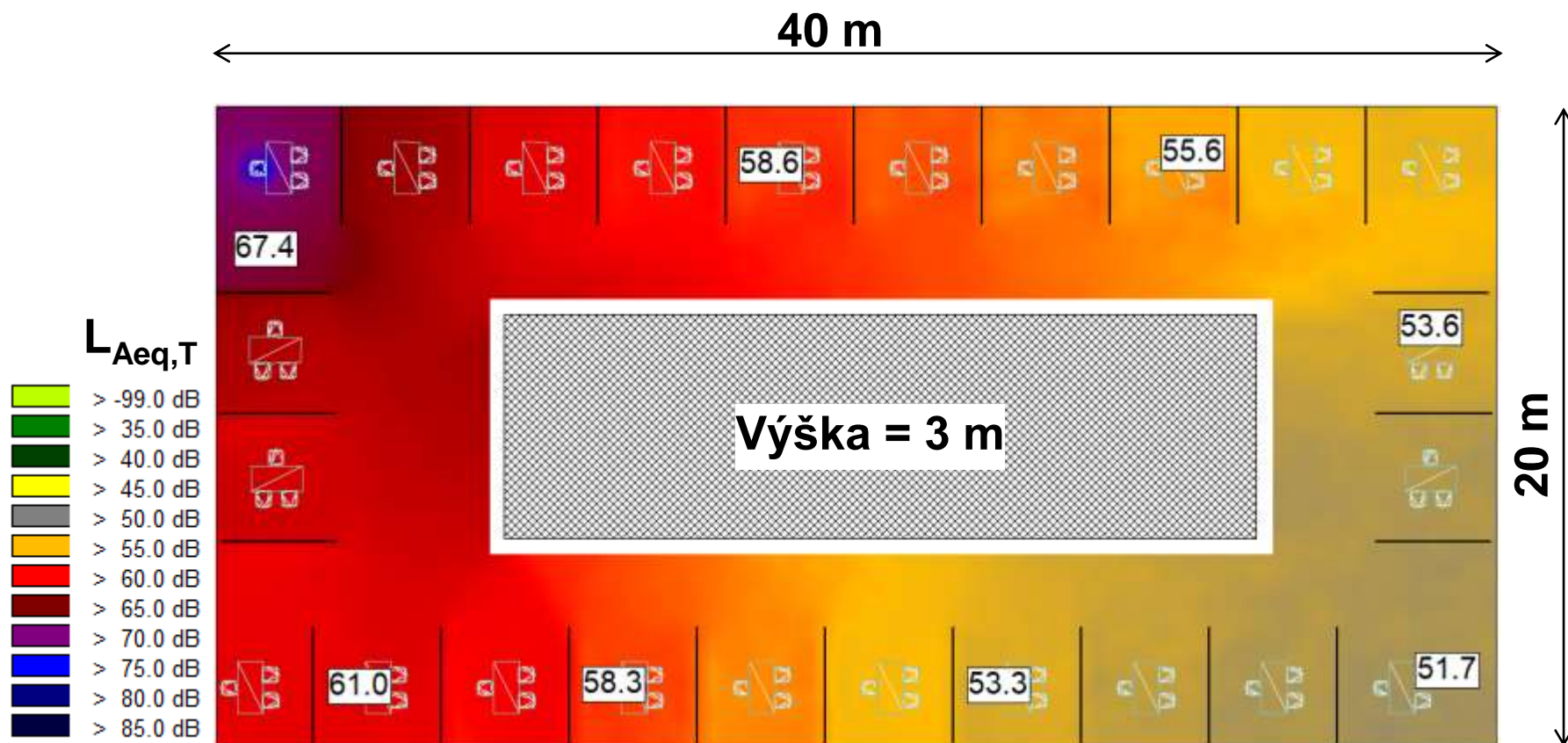
Open space



Šíření zvuku v ohraničeném prostoru

Ukázka rozdílu pohltivosti prostoru:

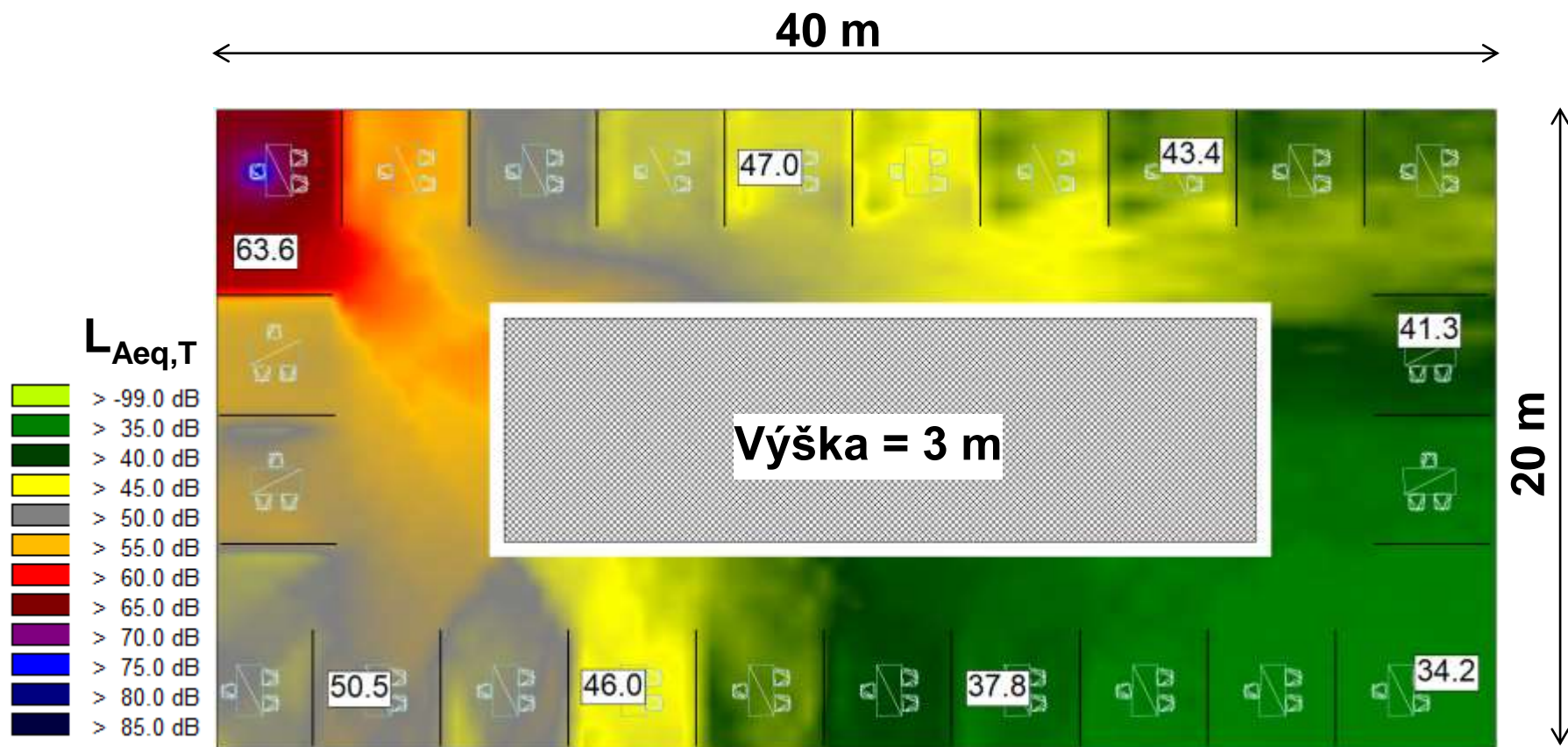
ODRAZIVÉ PROSTŘEDÍ: Betonový strop + betonová podlaha



Šíření zvuku v ohraničeném prostoru

Ukázka rozdílu pohltivosti prostoru:

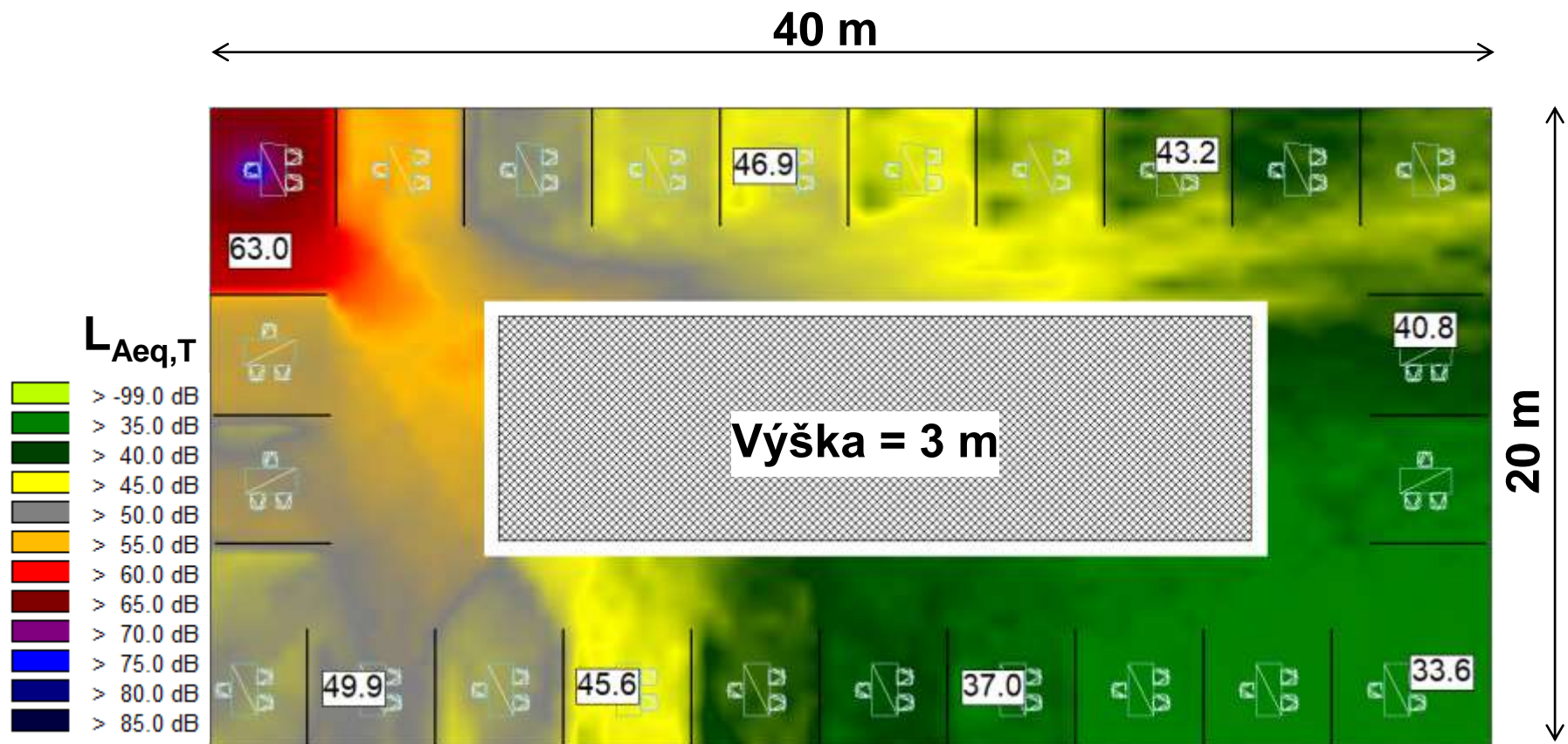
POHLTIVÉ PROSTŘEDÍ: ZVUKOPOHLTIVÝ STROP + betonová podlaha



Šíření zvuku v ohraničeném prostoru

Ukázka rozdílu pohltivosti prostoru:

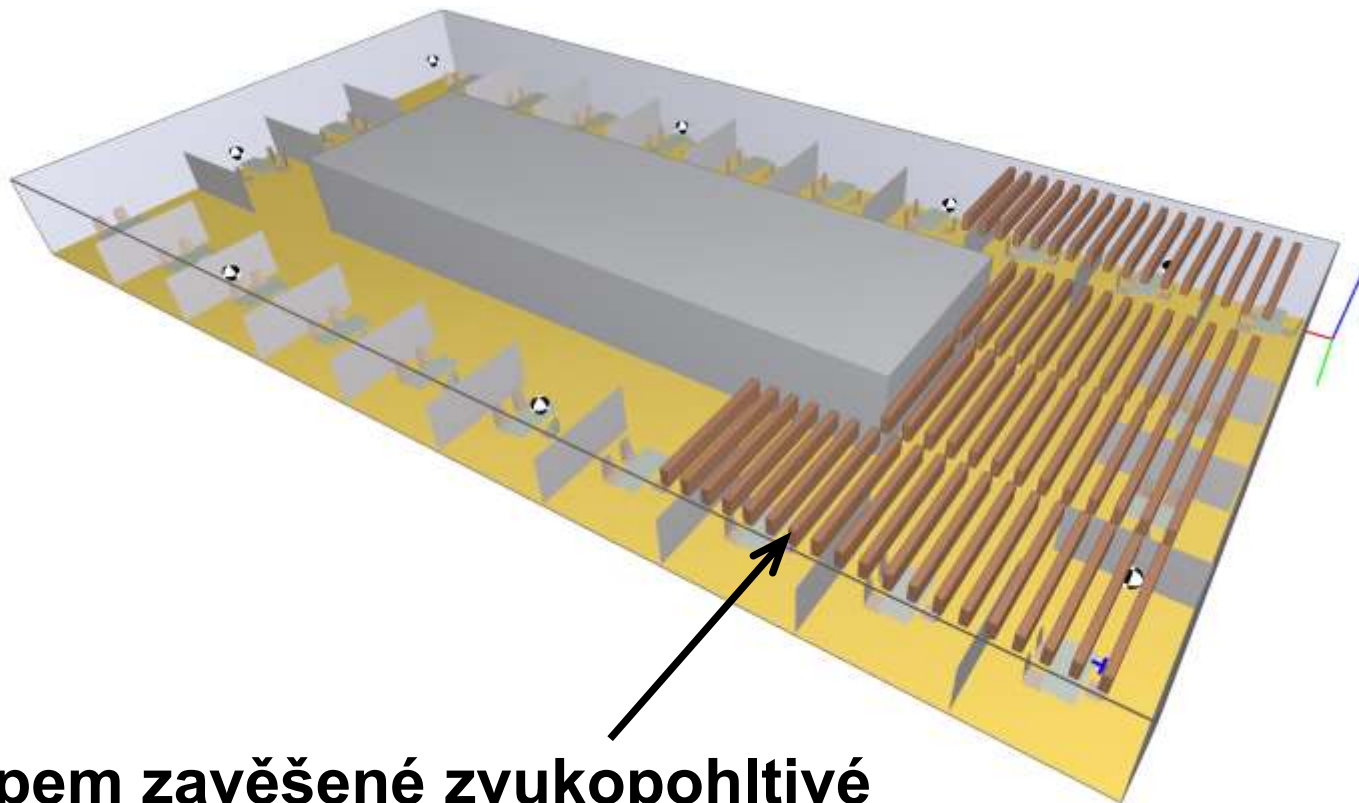
**POHLTIVÉ PROSTŘEDÍ:
ZVUKOPOHLTIVÝ STROP + KOBERCOVÁ PODLAHA**



Šíření zvuku v ohraničeném prostoru

Ukázka rozdílu pohltivosti prostoru:

POHLTIVÉ PROSTŘEDÍ: ZVÝŠENÍ POHLTIVOSTI U ZDROJE (BAFFLE) + ZVUKOPOHLTIVÝ STROP + KOBERCOVÁ PODLAHA

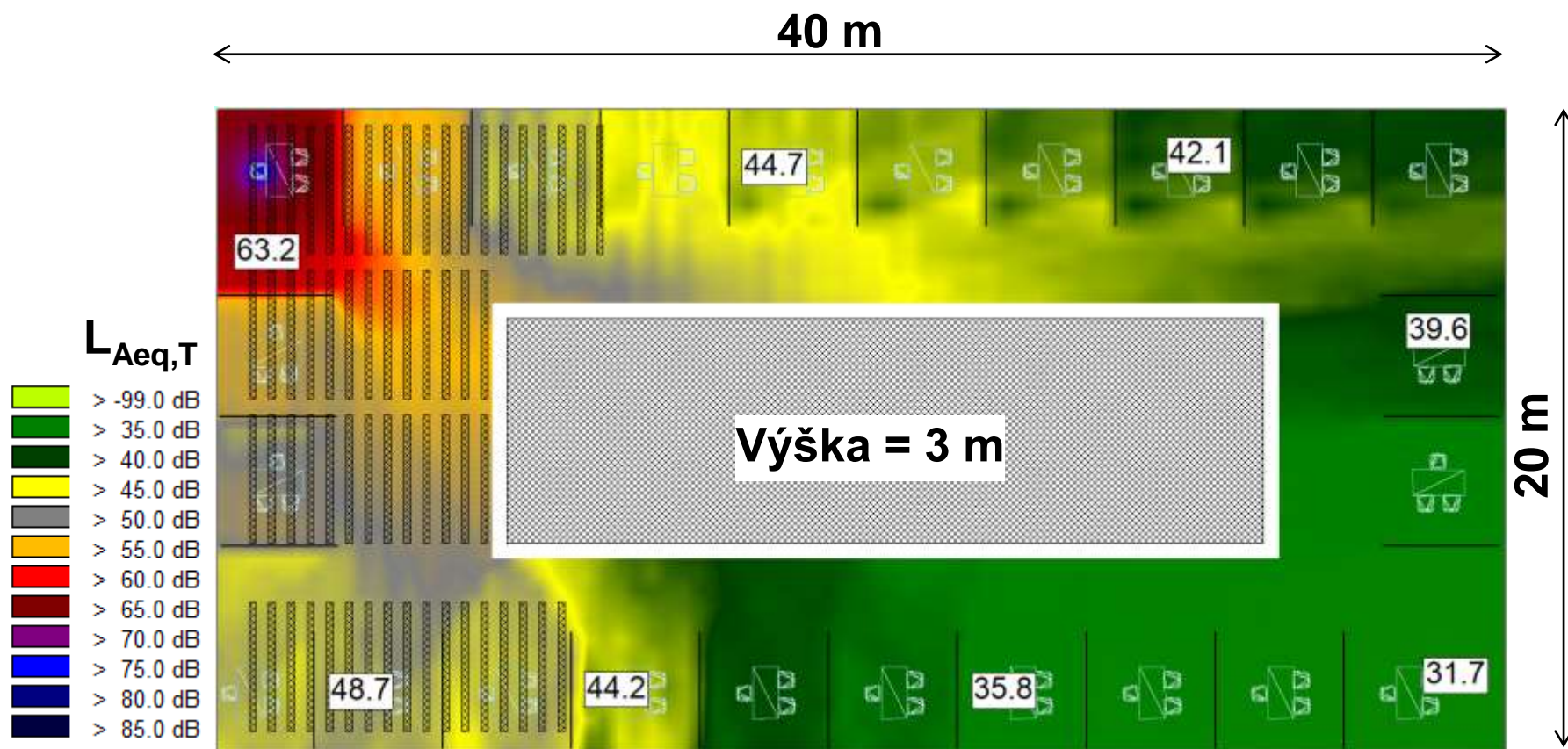


Pod stropem zavěšené zvukopohltivé panely – baffle v místě zdroje hluku

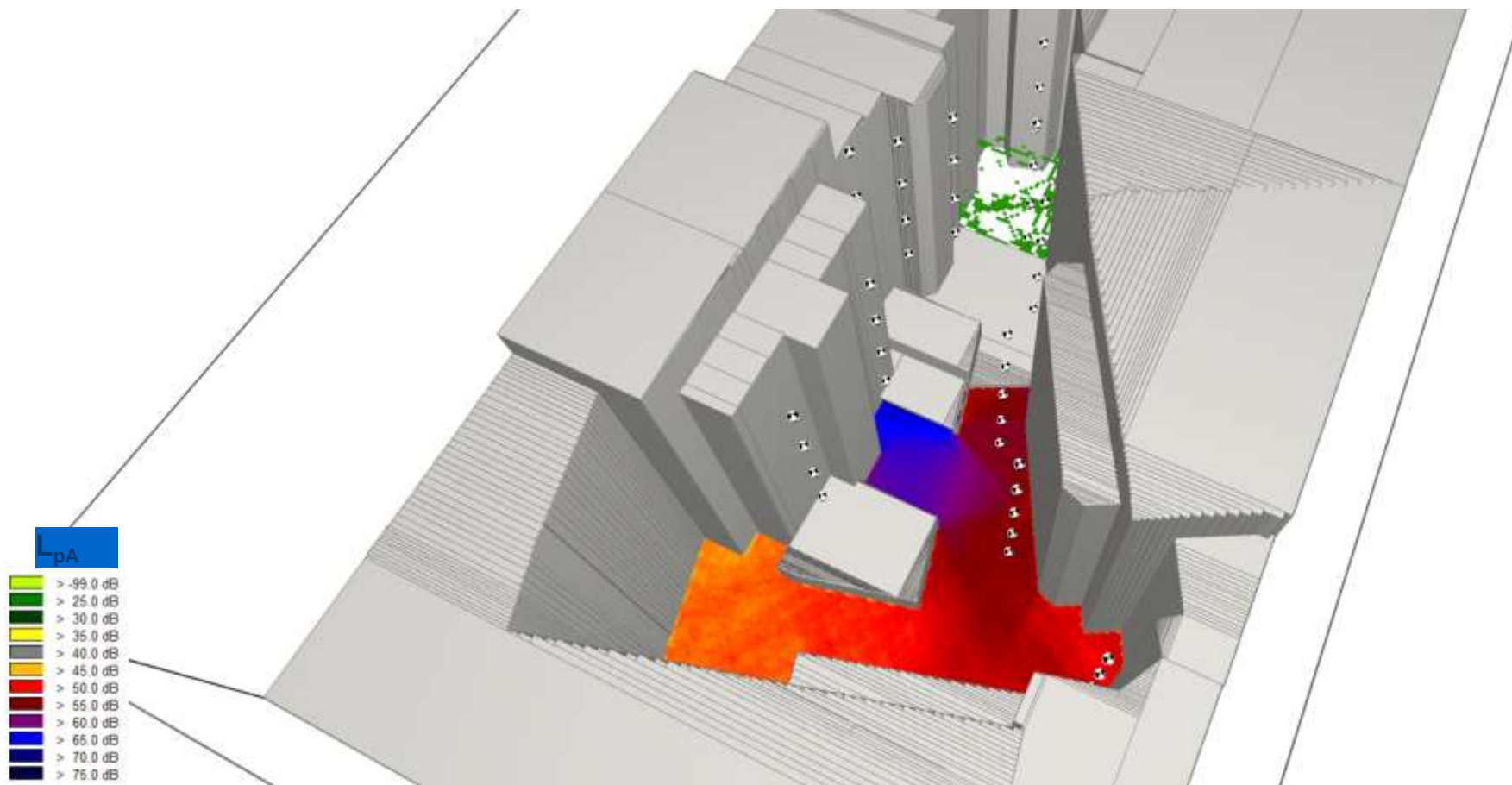
Šíření zvuku v ohraničeném prostoru

Ukázka rozdílu pohltivosti prostoru:

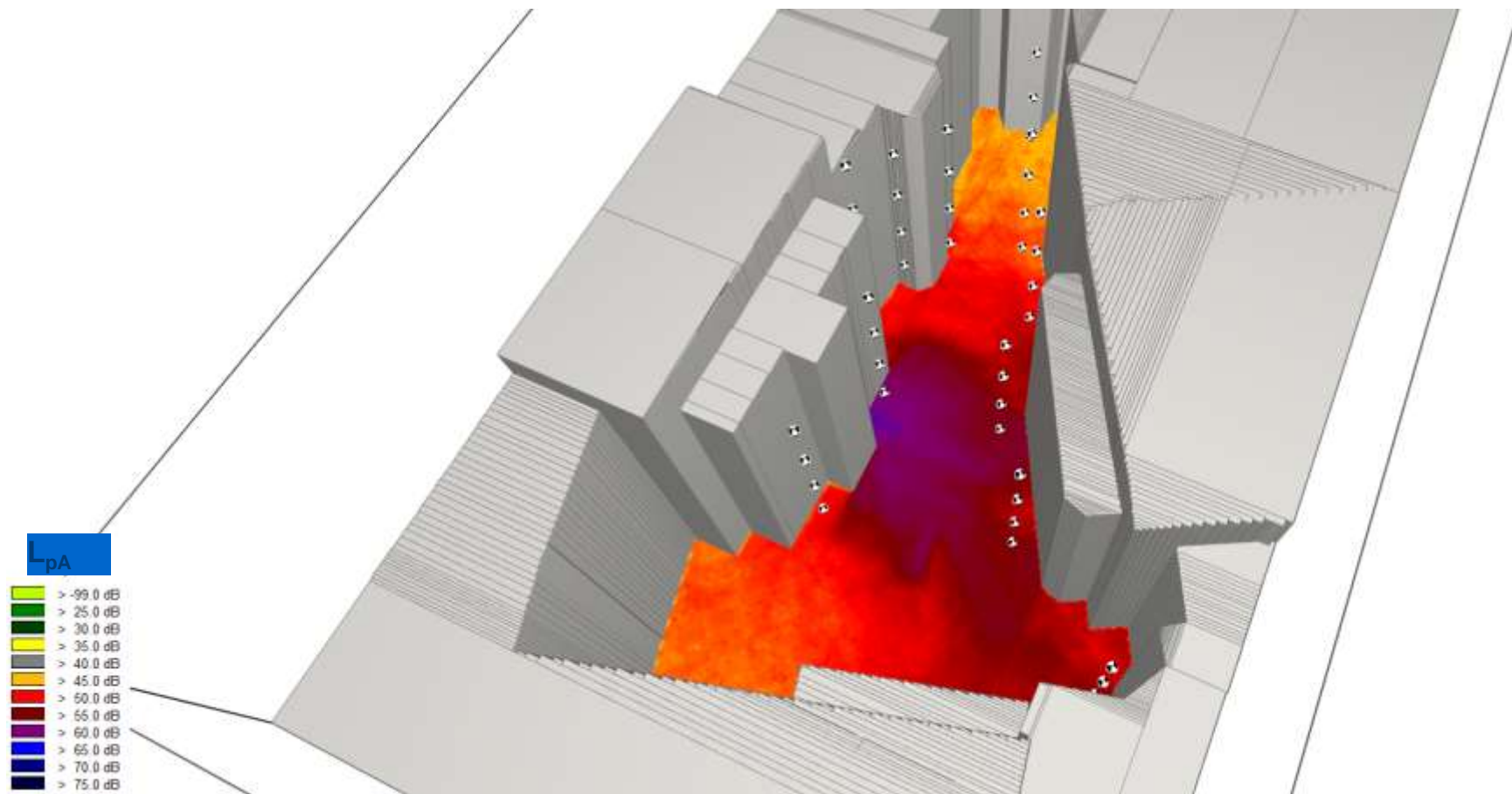
POHLTIVÉ PROSTŘEDÍ: ZVÝŠENÍ POHLTIVOSTI U ZDROJE (BAFFLE) + ZVUKOPOHLTIVÝ STROP + KOBERCOVÁ PODLAHA



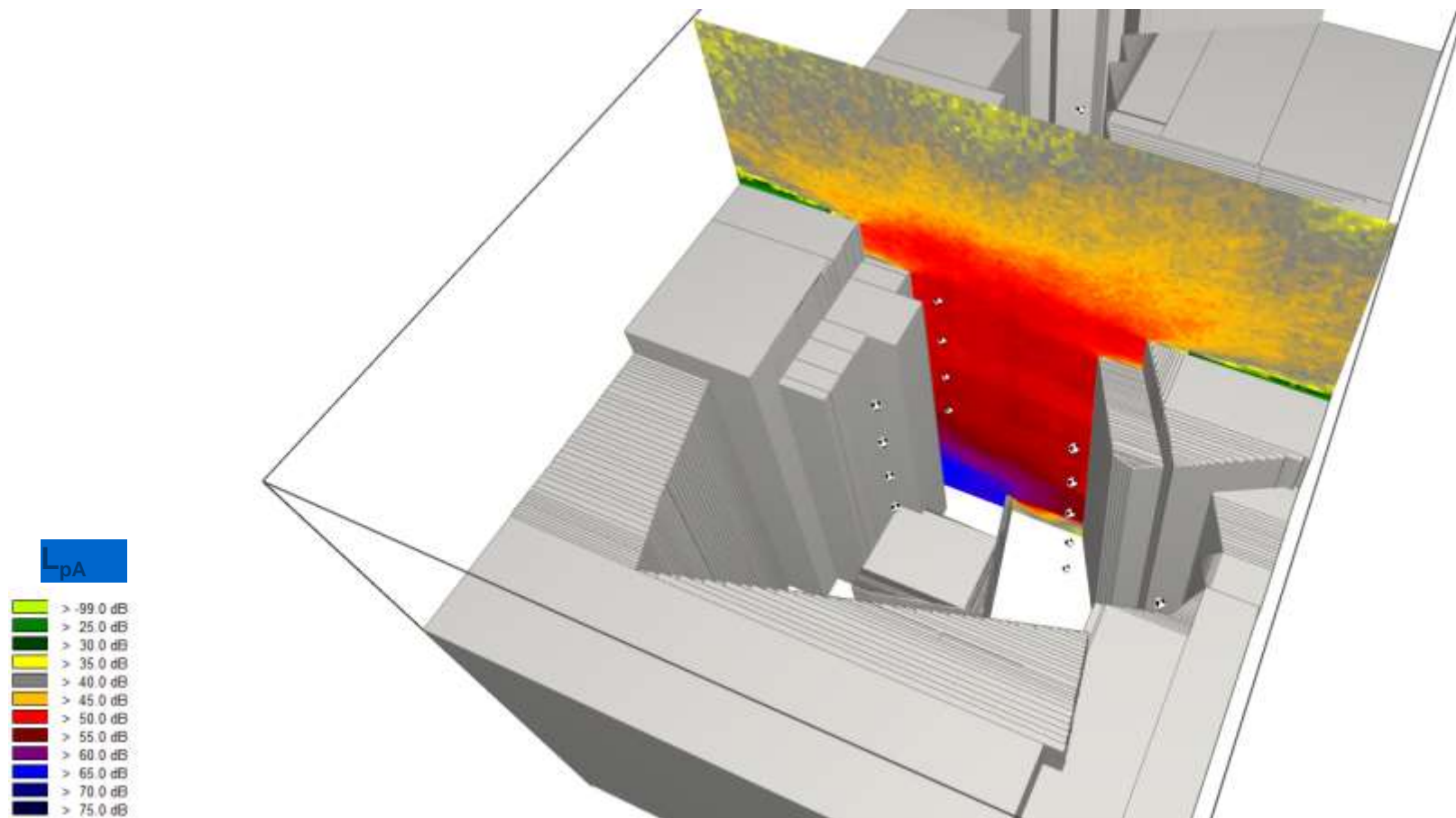
Ukázky výpočtů hluku



Ukázky výpočtů hluku



Ukázky výpočtů hluku



Nařízení vlády 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

bylo novelizováno v listopad 2016 a je platné ve znění

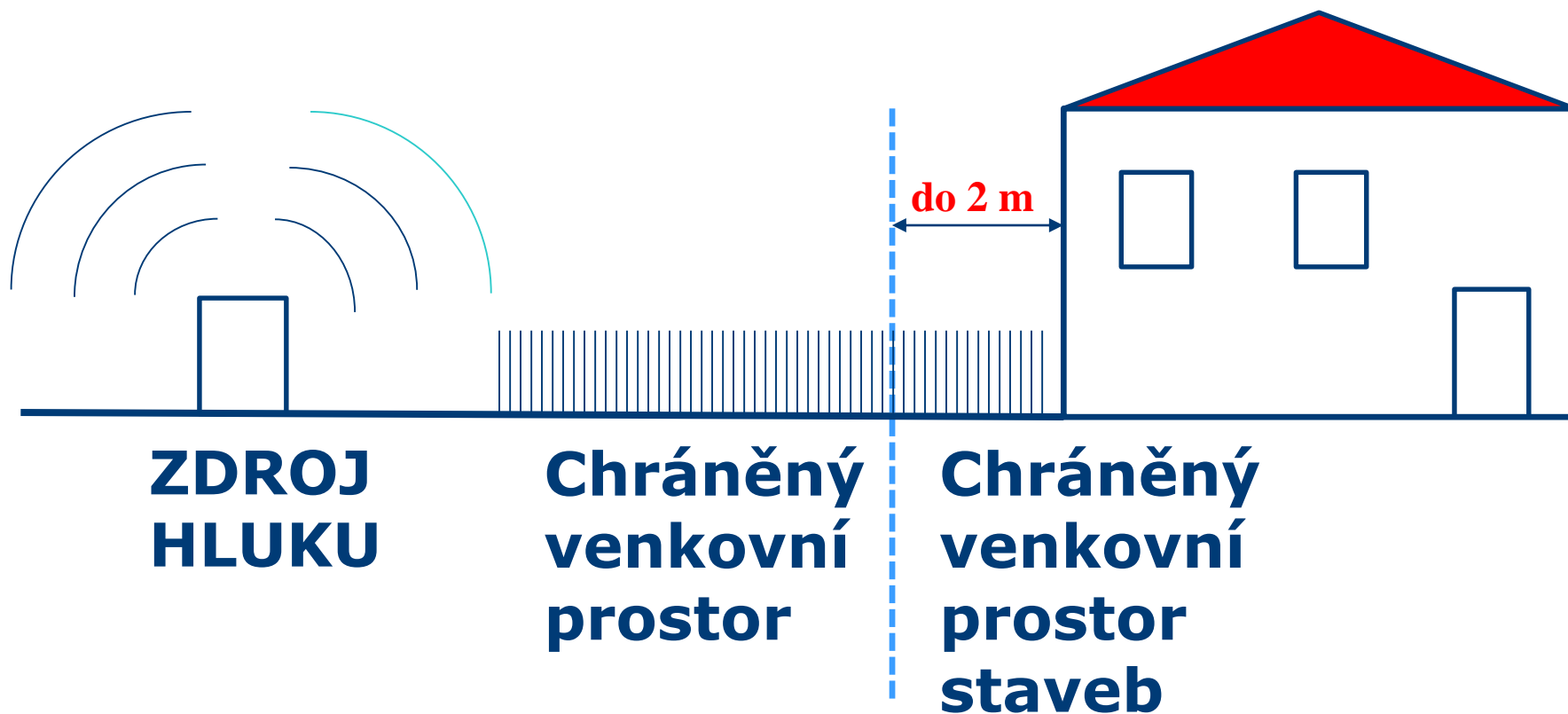
217/2016 Sb.

Nařízení zpracovává:

- Hygienické limity hluku a vibrací na pracovištích, způsob jejich zjišťování a hodnocení.
- Hygienické limity hluku pro:
 - chráněný venkovní prostor,
 - chráněný venkovní prostor staveb,
 - chráněné vnitřní prostory staveb.
- Hygienické limity vibrací pro chráněné vnitřní prostory staveb.
- Způsob měření a hodnocení hluku a vibrací pro denní a noční dobu.

Základní pojmy

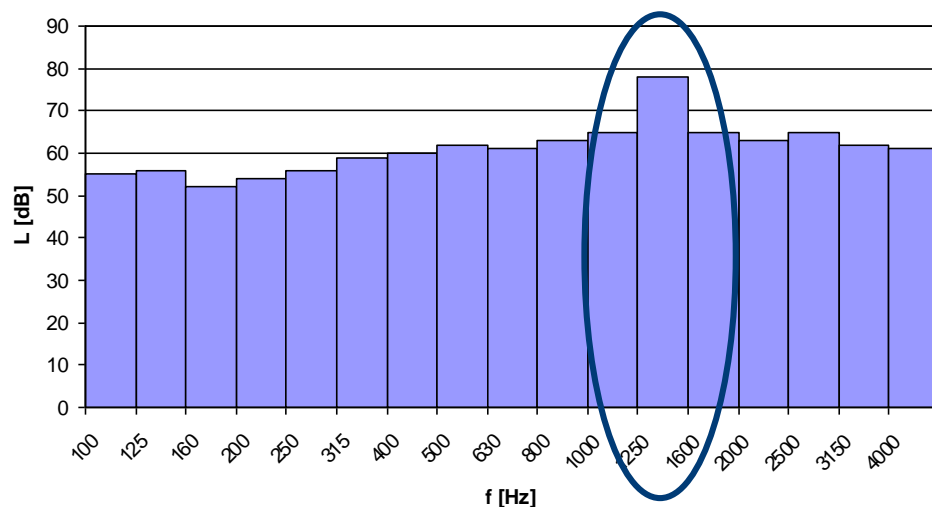
Chráněné venkovní prostory:



Obytné domy, Ordinace, Pokoje pacientů, Školy

Základní pojmy

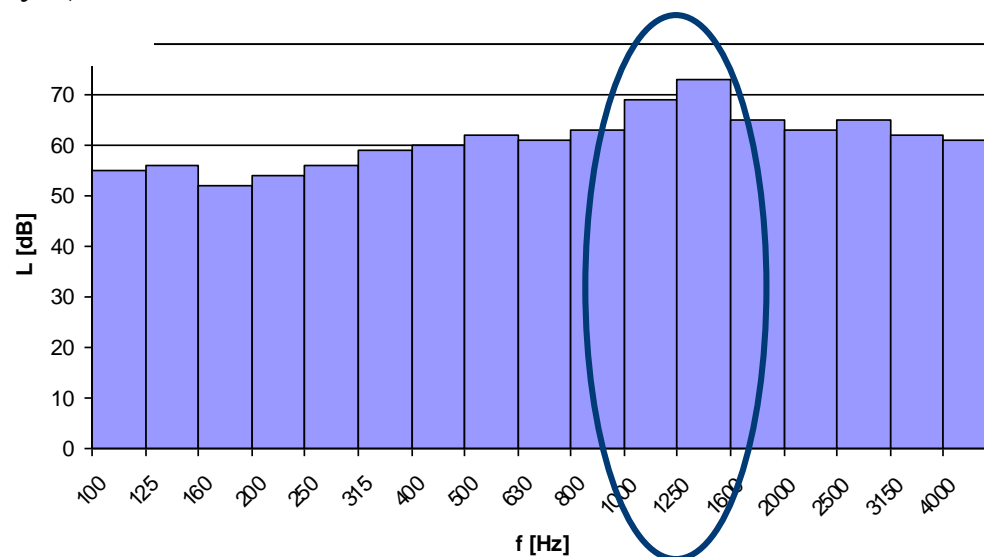
Hluk s tónovými složkami



Posouzení v 1/3 okt. pásmu

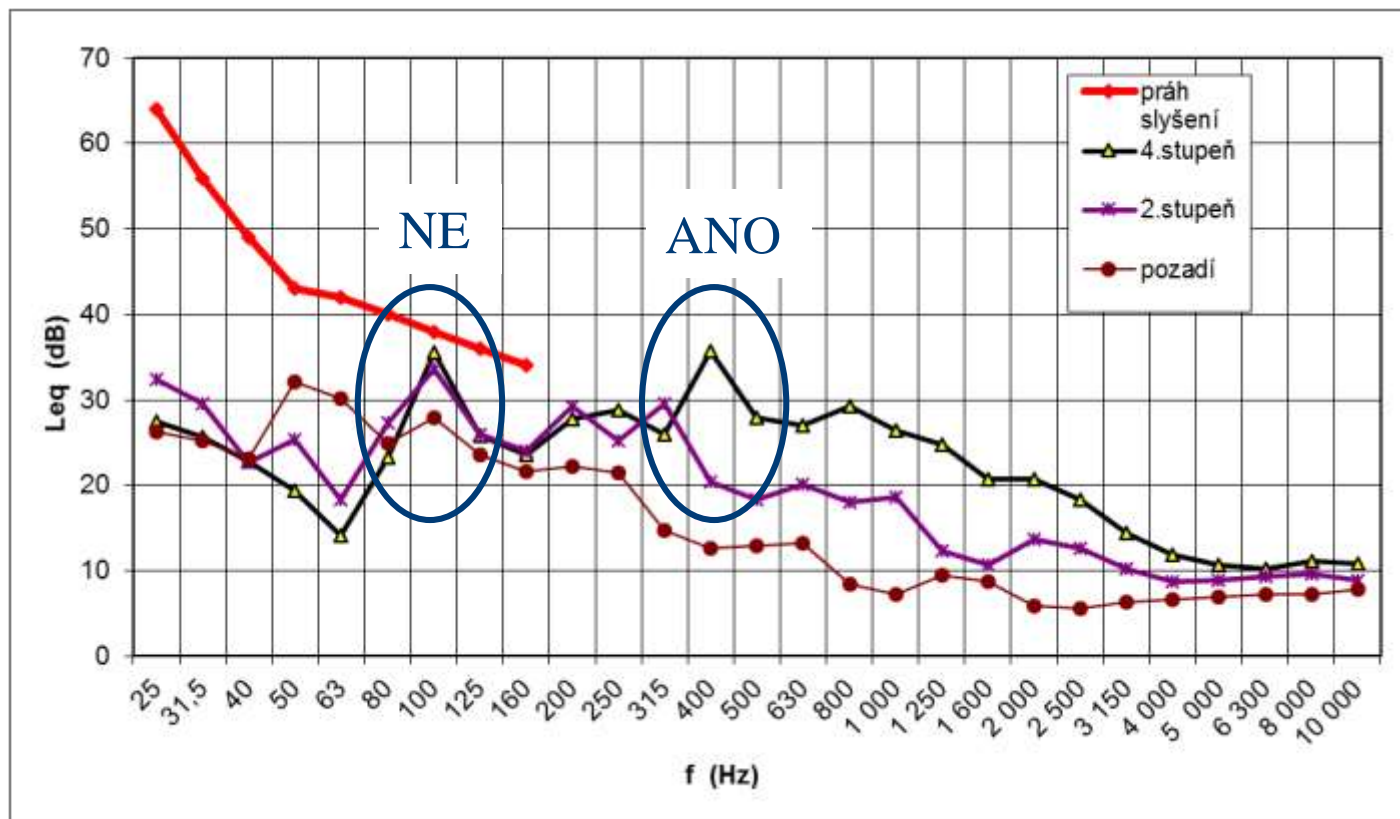
Sousední pásmo o 5 dB nižší

Typické zdroje: ventilátory, čerpadla



Hluk s tónovými složkami

Posouzení v 1/3 okt. pásmu



Sousední pásmo o 5 dB nižší

Hluk na pracovišti

Platí pro ustálený a proměnlivý hluk - §3

Přípustný expoziční limit

Platí pro součet dílčích zdrojů hluku od výrobní činnosti a od zdrojů hluku TZB.

$$L_{Aeq,8h} = 85 \text{ dB}$$

Práce náročná na pozornost a soustředění, tvůrčí práce (kanceláře)

$$L_{Aeq,8h} = 50 \text{ dB}$$

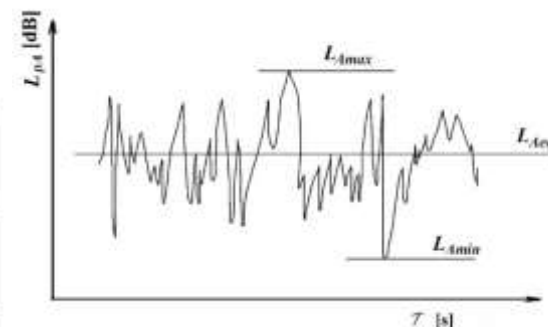
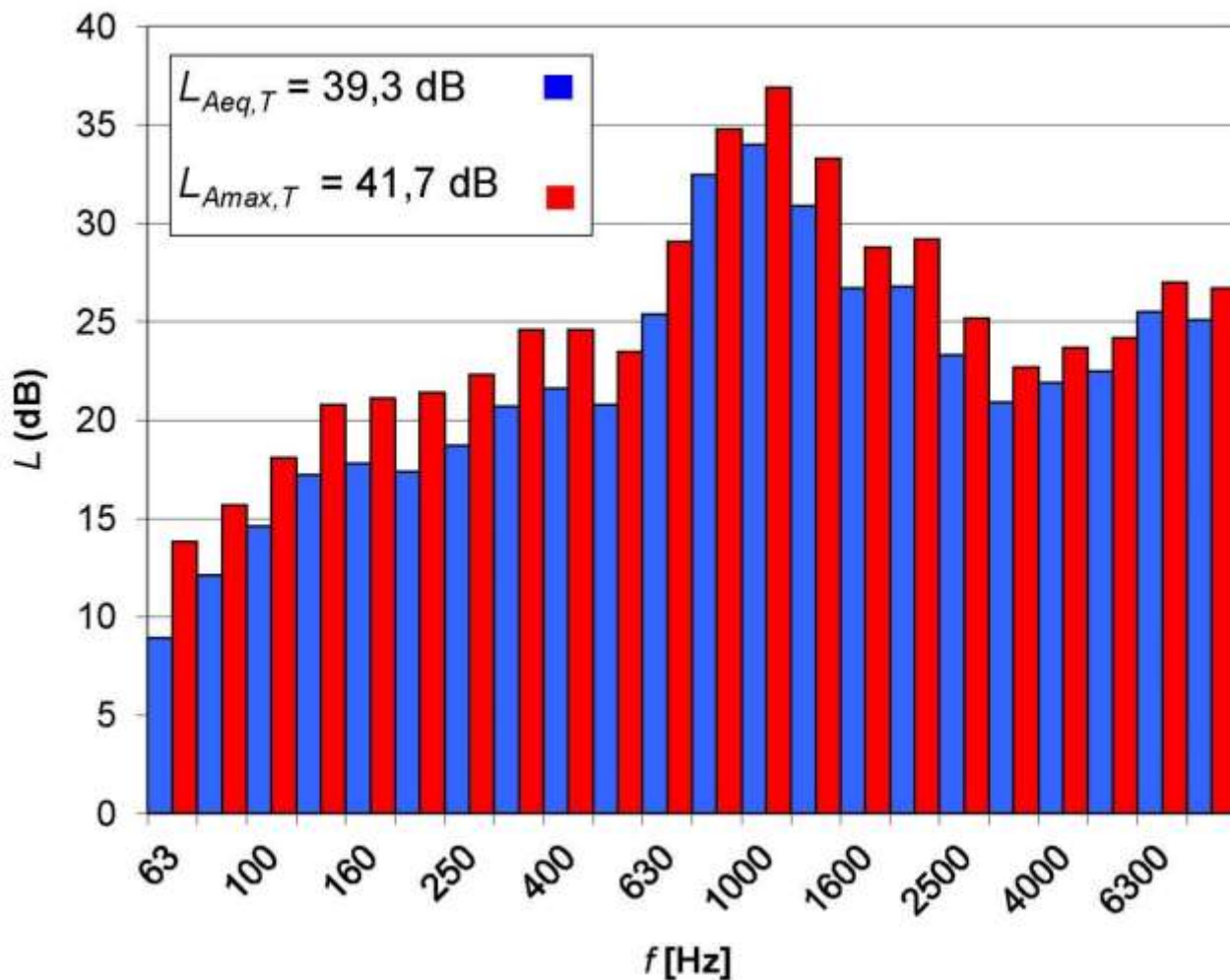
Pracoviště ve stavbách pro výrobu a skladování (od zdrojů TZB)

$$L_{Aeq,T} = 70 \text{ dB}$$

Hluk nevzniká výrobou, ale je způsoben větracím či vytápěcím zařízením !!!

Hluk v chráněných vnitřních prostorech staveb

Porovnání L_{Aeq} a L_{Amax}



Hluk v chráněných vnitřních prostorech staveb

Ekvivalentní hladina akustického tlaku A

$$L_{Aeq,T} = 40 \text{ dB}$$

- Hluk pronikající vzduchem zvenčí (zejména doprava).

Maximální hladina akustického tlaku A

$$L_{Amax} = 40 \text{ dB}$$

- Hluk od zdrojů uvnitř objektu.
- Hluk od zdrojů mimo objekt, který do objektu proniká jinými cestami než vzduchem (konstrukcemi, podloží, např. strukturální hluk od metra).

+ korekce:

- Na denní (0 dB) a noční dobu (-10 dB)
- Na přítomnost tónových složek (-5 dB)

Pozn. Hluk ze stavební činnosti je samostatná kategorie zdrojů hluku.

Hluk v chráněných vnitřních prostorech staveb

Korekce pro určení hygienických limitů hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb

Druh chráněného vnitřního prostoru	Doba pobytu	Korekce [dB]	Limit 40 dB	Limit 40 dB Tónové složky
Nemocniční pokoje	doba mezi 6 00 a 22 00 hodinou	0	40	35
	doba mezi 22 00 a 6 00 hodinou	-15	25	20
Lékařské vyšetřovny, ordinace	po dobu používání	-5	35	30
Obytné místnosti	doba mezi 6 00 a 22 00 hodinou	0	40	35
	doba mezi 22 00 a 6 00 hodinou	-10	30	25
Hotelové pokoje	doba mezi 6 00 a 22 00 hodinou	+10	50	45
	doba mezi 22 00 a 6 00 hodinou	0	40	35
Přednáškové síně, učebny a pobytové místnosti škol, jeslí, mateřských škol a školských zařízení	po dobu používání	+5	45	40

Hluk v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru

Hluk je vyjádřen:

Ekvivalentní hladinou akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$

Denní doba 6 – 22 hod $L_{Aeq,8h} = 50$ dB

Hodnocený časový interval - 8 souvislých na sebe navazujících nejhlučnějších hodin.

Noční doba 22 – 6 hod $L_{Aeq,1h} = 40$ dB

Hodnocený časový interval - nejhlučnější 1 hodina.

+ korekce:

- Na přítomnost tónových složek (-5 dB).
- Na typ zdroje.

Způsob hodnocení hluku

Příklad:

nejvyšší přípustná hladina je prokazatelně dodržena

$$L_{Aeq} + U \leq L_{LIM} \quad \text{tj. např.} \quad L_{Aeq,1h} = 38 + 1,3 < L_{LIM} = 40 \text{ dB}$$

nejvyšší přípustná hladina je prokazatelně překročena

$$L_{Aeq} - U > L_{LIM} \quad \text{tj. např.} \quad L_{Aeq,1h} = 42,5 - 1,3 > L_{LIM} = 40 \text{ dB}$$

nejvyšší přípustná hladina leží v pásmu nejistoty měření

$$L_{Aeq} - U \leq L_{LIM} < L_{Aeq} + U$$

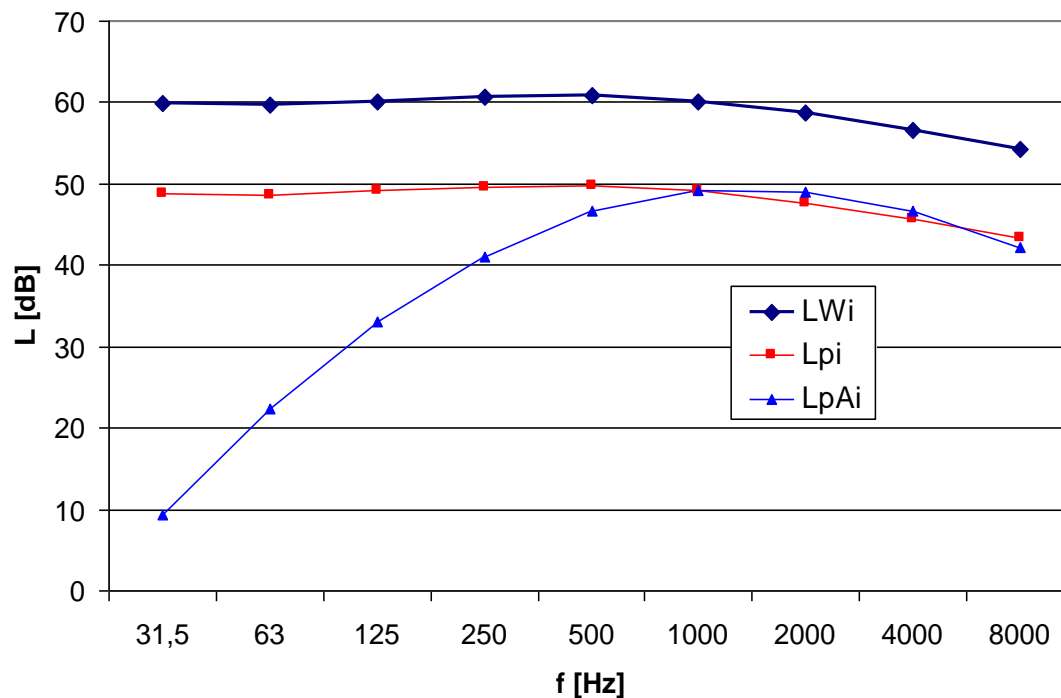
tj. např. je-li naměřena hodnota $L_{Aeq,1h} = 41,2 \text{ dB}$ a rozšířená nejistota $U = 1,3 \text{ dB}$

$$L_{Aeq} - U = 41,2 - 1,3 = 39,9 \text{ dB}$$

$$39,9 \text{ dB} \leq L_{LIM} = 40 \text{ dB} < 42,5 \text{ dB}$$

$$L_{Aeq} + U = 41,2 + 1,3 = 42,5 \text{ dB}$$

Decibelové stupnice – Údaje o hluku stroje

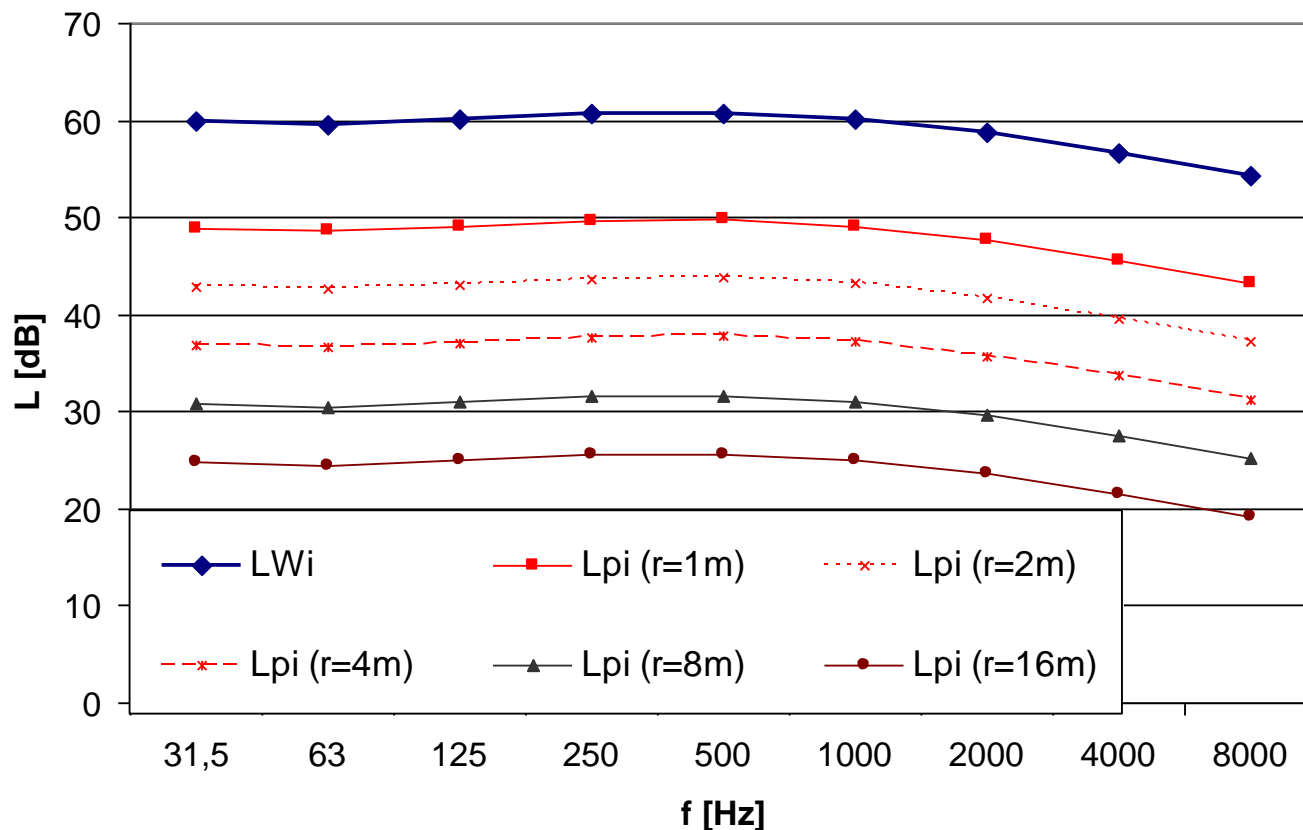


Zdroj hluku $r = 1\text{m}$ $Q = 1$ $L_{wA} = 65,5\text{ dB}$ $L_{pA} = 54,5\text{ dB}$

f [Hz]	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_{wi} [dB]	59,9	59,6	60,1	60,7	60,8	60,2	58,7	56,7	54,3
L_{pi} [dB]	48,9	48,6	49,1	49,7	49,8	49,2	47,7	45,7	43,3
L_{pAi} [dB]	9,4	22,4	33,0	41,1	46,6	49,2	48,9	46,7	42,2

Úvod do technické akustiky

Zobrazení výsledků měření – pozor na vzdálenost !!!



$L_{WA} = 65,5$ dB

$L_{pA1} = 54,5$ dB

$L_{pA2} = 48,5$ dB

$L_{pA4} = 42,5$ dB

$L_{pA8} = 36,4$ dB

$L_{pA16} = 30,4$ dB

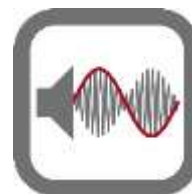
$$L_{p2} = L_{p1} + 20 \log \left(\frac{r_1}{r_2} \right)$$



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**



Děkuji za pozornost



email: miroslav.kucera@fs.cvut.cz