



VILNIUS
TECH

Vilniaus Gedimino
technikos universitetas

Tomas Vilniškis

**Gumos granulių
plokščių garso
izoliacijos
prognozavimas
perdavimo matricos
metodu.**

2021-03-20

Problema

Yra apskaičiuota, jog kiekvienais metais apie 1 milijardas padangų baigia savo tarnavimo laiką, o daugiau kaip 50 % šio kiekio yra šalinama sąvartynuose. Iki 2030 metų panaudotų padangų skaičius gali pasiekti 1,2 milijardo, o įskaitant sandėliuojamas – 5 milijardus.

Panaudotos padangos gali būti naudojamos įvairiais būdais:

- šalinamos specialiose surinkimo aikštelėse;
- deginamos kaip kuras šilumai išgauti;
- deginamos pirolizės būdu;
- panaudojamos kuriant naujas medžiagas;



Darbo tikslas

Teoriniu tyrimu, yra sprendžiama garso perdavimo funkcija konstrukcijai kurią sudaro dvigubos sienos konstrukcija tarp kurių yra poringa terpė. Remiantis modeliu, poringa terpė gali būti oras, vanduo ar bet kokia garsui laidi medžiaga. Pagrindinė charakteristika, aprašanti poringą terpę – akustinė varža.

Šio teorinio tyrimo tikslas – išmatavus gumos granulių plokščių akustinę varžą impedanciniame vamzdyje, prognozuoti konstrukcijų garso sumažėjimo vertes.

Perdavimo funkcijos taikymas

Kai $x = 0$

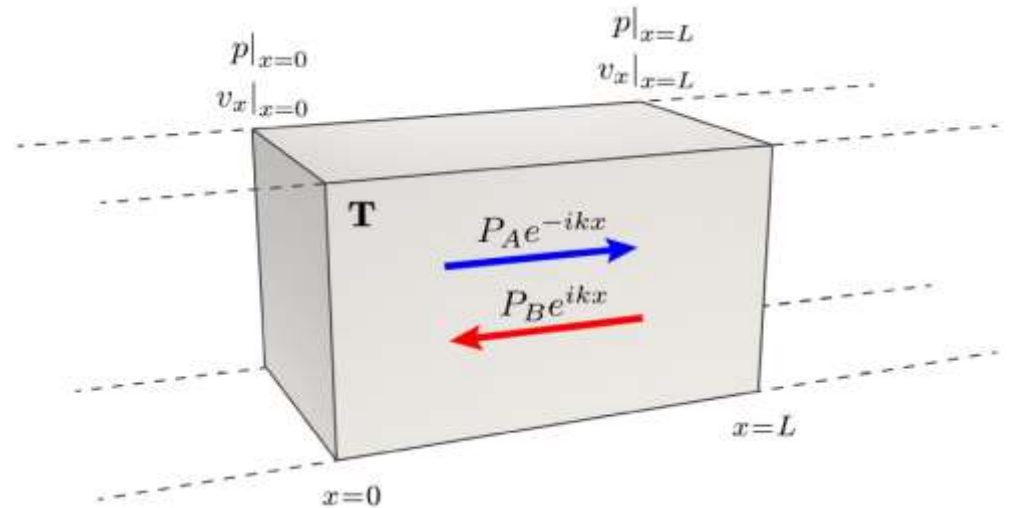
$$p(x)|_{x=0} = P_A + P_B$$

$$Zv_x(x)|_{x=0} = P_A - P_B$$

Kai $x = L$

$$p(x)|_{x=L} = (P_A + P_B) \cos(kL) - i(P_A - P_B) \sin(kL)$$

$$v(x)|_{x=L} = \frac{(P_A - P_B)}{Z} \cos(kL) - i \frac{(P_A - P_B)}{Z} \sin(kL)$$



Perdavimo funkcijos taikymas

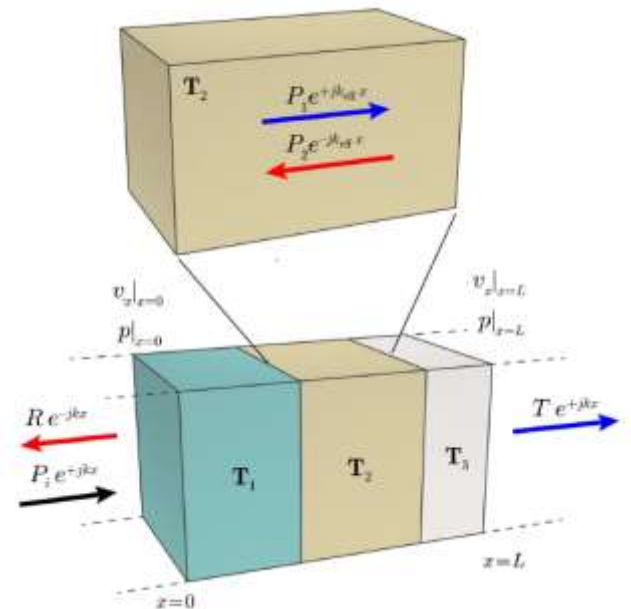
$$\begin{bmatrix} p \\ v_x \end{bmatrix}_{x=0} = \begin{bmatrix} \cos(kL) & iZ \sin(kL) \\ i \frac{1}{Z} \sin(kL) & \cos(kL) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p \\ v_x \end{bmatrix}_{x=L}$$

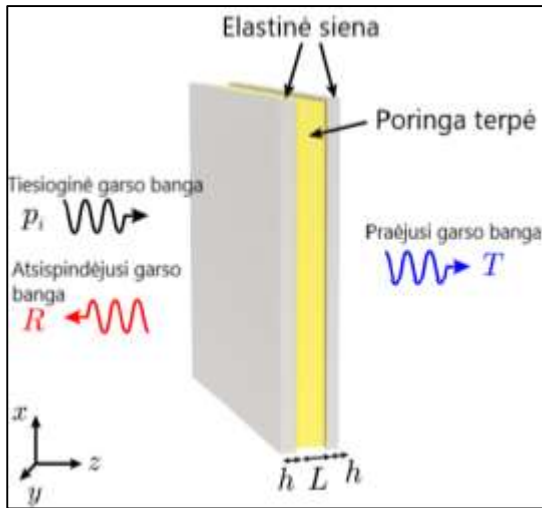
$$T_1 = \begin{bmatrix} \cos(k_1 L_1) & iZ_1 \sin(k_1 L_1) \\ i \sin(k_1 L_1) / Z_1 & \cos(k_1 L_1) \end{bmatrix}, \quad T_n = \begin{bmatrix} \cos(k_n L_n) & iZ_n \sin(k_n L_n) \\ i \sin(k_n L_n) / Z_n & \cos(k_n L_n) \end{bmatrix}$$

$$T = \prod_{n=1}^N T_n$$

$$T = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} \\ T_{21} & T_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(k_{eff} L) & iZ_{eff}(k_{eff} L) \\ i \frac{1}{Z_{eff}} \sin(k_{eff} L) & \cos(k_{eff} L) \end{bmatrix}$$

$$T = \frac{2e^{ikL}}{T_{11} + \frac{T_{12}}{Z_0} + T_{21}Z_0 + T_{22}}$$





Akustinė varža

$$\frac{Z}{\rho c_0} = \frac{R}{\rho c_0} + \frac{jX}{\rho c_0} = (1 + r)(1 - r)$$

Garso perdavimo matrica

$$T = T_w T_f T_w$$

$$T = \begin{bmatrix} 1 & Z_1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(k_{0,z}L) & iZ_f \frac{k_0}{k_{0,z}} \sin(k_{0,z}L) \\ \frac{i}{Z_f} \frac{k_{0,z}}{k_0} \sin(k_{0,z}L) & \cos(k_{0,z}L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & Z_2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Išvesta garso perdavimo koeficiento formulė

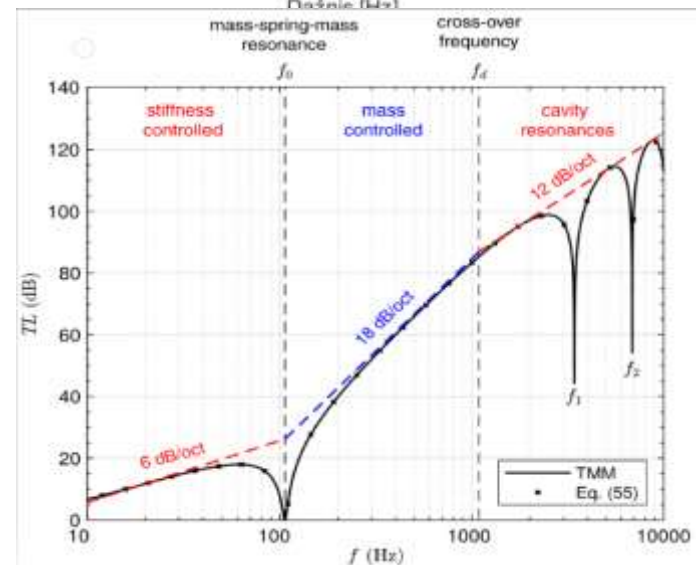
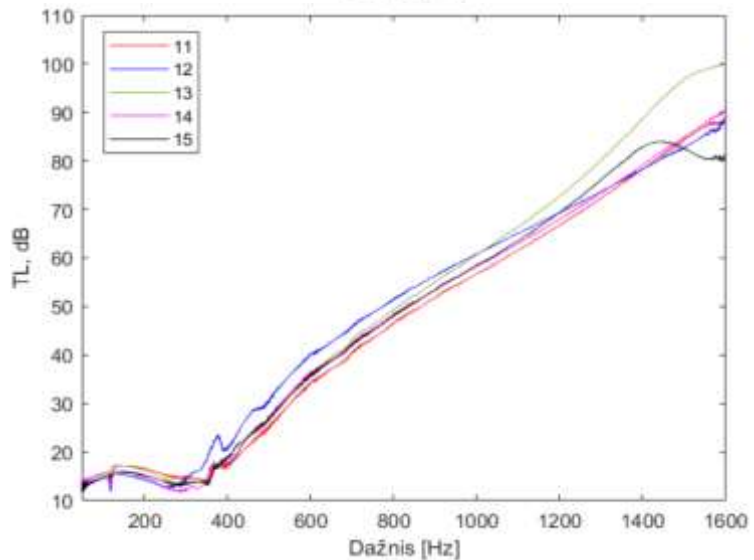
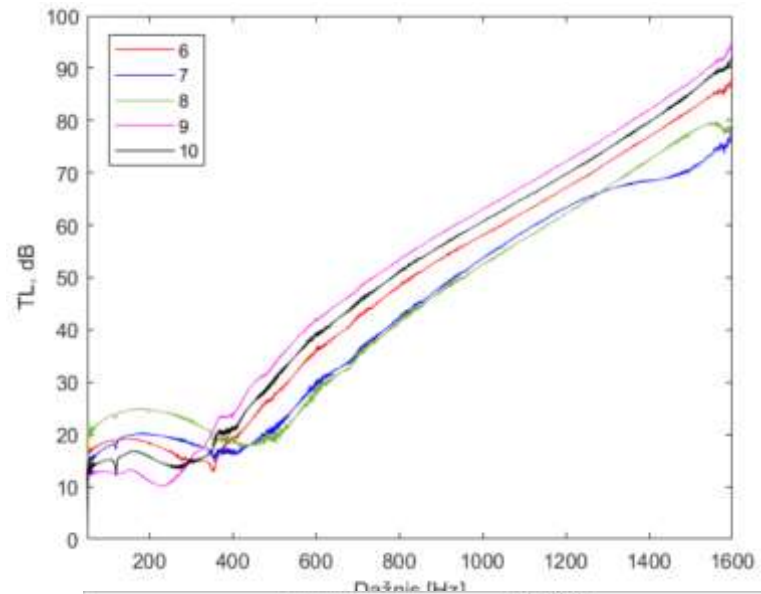
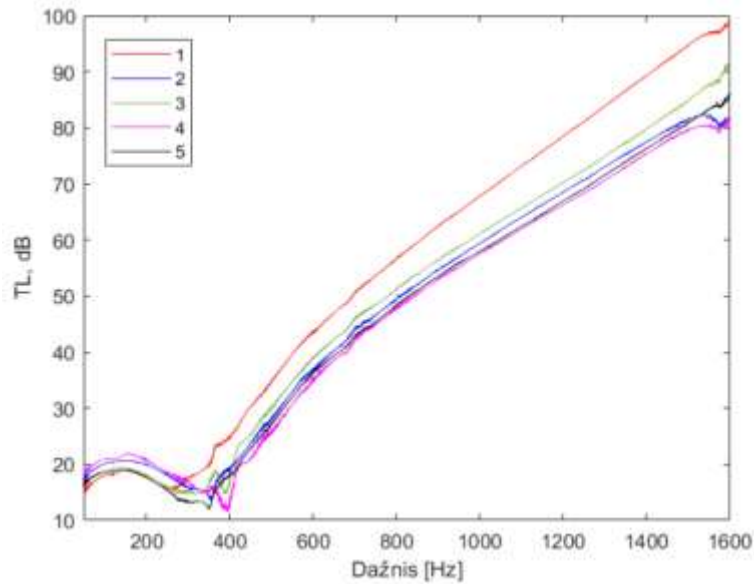
$$T = \frac{1}{\left(1 + \frac{Z_1 + Z_2}{2Z_f}\right) \cos(k_0L) + i \left(1 + \frac{Z_1 + Z_2}{2Z_f} + \frac{Z_1 Z_2}{2Z_f^2}\right) \sin(k_0L)}$$

Garso perdavimo vertė apskaičiuojama pagal formulę

$$TL = -10 \log_{10} |T|^2$$



Rezultatai



1. Lyginant visų 15 konstrukcijų teorinių tyrimų rezultatus, buvo aiškiai pastebėta, jog tai atvejais, kai medžiagos sugerties koeficientas buvo aukštas, bet jos sudėtyje nebuvo, arba buvo mažai smulkios frakcijos turėjo ir didesnes garso sumažėjimo reikšmes, tuo tarpu, tos konstrukcijos, kurių gumos plokštėse buvo daugiau smulkios frakcijos, garsą izoliuoja prasčiau. Tai galima paaiškinti tuo, jog smulki frakcija užkemša poras, dėl ko stipriai išauga akustinė varža, kuri šiuo atveju yra atvirkščiai proporcinga garso sumažėjimo koeficiento reikšmėms.
2. Kitas akivaizdus aspektas – garso perdavimo sumažėjimo vertės ties 1600 Hz, kurios siekia 80-100 dB. Realiu atveju tokios vertės nebus pasiekiamos, kadangi šis modelis nevertina jungčių tarp konstrukcijų, dėl ko vertės nesuprastėja dėl kritinio dažnio, kuris būtų pasiekiamas ties 1800-2500 Hz, tačiau šie rezultatai galės būti palyginti, su impedanciniame vamzdyje gautais rezultatais, kas leis apspręsti medžiagų gebėjimą izoliuoti garsą.
3. Taip pat galima prognozuoti, jog naudojant storesnes gumos granulių plokštes, rezonansinis dažnis pasislinktų link žemesnių dažnių, kas ypač svarbu panaudojant tokias konstrukcijas kaip papildomą priemonę gerinant garso izoliaciją.



VILNIUS
TECH

Vilniaus Gedimino
technikos universitetas

Tomas Vilniškis

Tomas.vilniskis@vilniustech.lt