

NEAPDOROTŲ PADANGŲ TEKSTILĖS PLUOŠTO ATLIEKŲ GARSO SUGERTIES TYRIMAI

Robert Ružickij¹, Raimondas Grubliauskas²

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Aplinkos inžinerijos fakultetas,
Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra*

El. p. ¹robert.ruzickij@vilniustech.lt; ²raimondas.grubliauskas@vilniustech.lt

Anotacija. Perdurbant padangas, gumos granulės ir metalo pluoštas sėkmingai naudojami pakartotinai, tačiau padangų tekstilės pluošto (PTP) atliekos yra gana didelė problema. Mokslininkai vykdo tyrimus, bandydami šias padangų tekstilės pluošto atliekas, naudoti šiluminei izoliacijai, nes čia matomas didelis jų potencialas. Kadangi šiluminė izoliacija turi artimą ryšį su garso sugertimi, manoma, kad PTP sėkmingai būtų panaudoti ir triukšmui patalpose mažinti. Tyrimo metodas remiasi ISO 10534-2 standartu, kuriuo būtų nustatytas medžiagos garso sugerties koeficientas α naudojant impedanso vamzdį. Tyrimo metu gauti rezultatai parodė, kad PTP atliekos turi geras garso sugerties savybes, garso sugerties koeficientas, esant žemiems dažniams 250–500 Hz, buvo 0,06–0,52, o esant aukštesniems dažniams – 1000–1600 Hz, sugerties koeficientas varijavo tarp 0,44–0,94. Šios medžiagos naudojimas būtų puiki alternatyva šiuo metu naudojamoms tradicinėms mineralinėms pluoštinėms medžiagoms.

Reikšminiai žodžiai: garso sugerties koeficientas, padangų atliekos, pluoštinės garsą sugeriančios medžiagos.

Įvadas

Triukšmas modernioje visuomenėje tampa vis aktualesne ir svarbesne tema. 2020 m. Europos aplinkos agentūros išleistoje ataskaitoje teigiama, kad apie 130 mln. Europos Sąjungos šalių narių piliečių yra veikiami didesnio nei 55 dBA triukšmo, kai rekomenduotinas paros vidurkis L_{DvN} yra mažesnis nei 55 dBA (European Environment Agency, 2020). Pagrindiniai triukšmo šaltiniai yra kelių, geležinkelių ir oro transportas (Murphy et al., 2020). Skaičiai pastaruosiu metu išlieka stabilūs, tačiau situacija vis dar mažai sprendžiama, nors ir buvo iškelti tikslai smarkiai sumažinti triukšmą aplinkoje (European Environment Agency, 2017). Triukšmui mažinti galima pasitelkti įvairių būdų, vienas iš jų – garsą sugeriančios medžiagos.

Padangų tekstilės pluoštas (PTP) (1 pav.) – tai atliekos, susidariusios po padangų perdirbimo. Padangų perdirbimas yra sudėtingas procesas, nes reikia atskirti komponentus, kurie įkomponuoti į gumos apvalką. Pagrindinės padangos sudedamosios dalys yra guma / elastomerai (45–47 %), juodoji anglis (21,5–22 %), meta-lai (12–25 %), **tekstilė** (0–10 %), cinko oksidas (1–2 %), siera (1 %), priedai (5–7,5 %) (Sebola et al., 2018). Kas-

met Europoje susidaro apie 3,4 mln. t naudotų padangų atliekų, iš kurių 320 tūkst. t – PTP atliekų (Gigli et al., 2019). Europos Sąjungos sąvartynų direktyvoje 1999/31/EC nurodyta, kad padangų atliekas draudžiama laidoti sąvartynuose, todėl būtina jas perdirbti ir naudoti iš naujo. Šiame moksliniame straipsnyje bus sprendžiama PTP atliekų problema, naudojant jas kaip garsą sugeriančią medžiagą.



1 paveikslas. Padangų tekstilės pluoštas, gaunamas iš perdirbimo gamyklos

Pastaruju metu keliami klausimai dėl PTP atliekų pakartotino naudojimo tiek Europos Sąjungoje, tiek tarptautiniu mastu. Kadangi padangų nebegalima šalinti sąvartynuose, jos perdirbamos. Guma ir metalai pakartotinai naudojami, bet PTP atliekų naudojimas iki šiol kelia daug problemų (Landi et al., 2018).

Remiantis pastaruju metu atliktais moksliniais tyrimais, PTP atliekas bandyta panaudoti keliuose pramonės sektoriuose bei įgyvendinant inžinerinius sprendinius:

- Gruntui sutvirtinti. Teigiama, kad pridėdant nedidelius kiekius PTP atliekų į molinguosius ir smėlinguosius gruntuos, įvairios mechaninės jėgos padidėja (Abbaspour et al., 2019; Narani et al., 2020; Zare et al., 2020);
- Betono gamyboje. Atliekant tyrimus buvo nustatyta, kad PTP atliekos nepagerina mechaninių betono savybių, bet sumažina gaminio šiluminį laidumą (Malaiškienė et al., 2015; Baričević et al., 2018).
- Asfalto gamyboje. Nustatyta, kad PTP atliekų naudojimas leistų sutaupyti didelį kiekį bitumo, naudojamo kelių statyboje, nes PTP atliekų savybės nėra prastė už tradicines medžiagas. Mechaninės jėgos, naudojant PTP atliekas, padidėja apie 6–7 kartus (Landi et al., 2018).
- Garso absorberio gamyboje. Atlikti moksliniai tyrimai parodė, kad PTP atliekos gali būti panaudotos garso sugerčiai, teigiama, kad tiek žemųjų, tiek aukštųjų dažnių juostose gali būti gaunami geri rezultatai (Maderuelo-Sanz et al., 2011).

Taigi, norint išspręsti šių atliekų aplinkai keliamą taršos problemą, PTP atliekas bandoma naudoti kuo plačiau ir įvairiau. Pvz., šiuo metu vykdomi tyrimai užsienyje, siekiant naudoti PTP atliekas šiluminei izoliacijai. Be kita ko, didžioji dalis tyrimų, apimančių PTP naudojimą, yra susijusi su statybų sektoriumi (Landi et al., 2018).

Akivaizdu, kad PTP atliekos yra mažai ištyrinėtos akustiniu aspektu. Tačiau joms daug dėmesio skiriama statybos sektoriuje, pvz., betono ir asfalto gamybos metu buvo atlikti tyrimai, kaip šias atliekas naudoti šiluminei izoliacijai. Šiame darbe kreipiamas dėmesys į neapdorotų PTP atliekų garso sugerties savybes. Šio darbo tikslas – charakterizuoti PTP atliekų garso sugerties koeficientą, keičiant medžiagos tankį ($t = \text{const}$) ir keičiant medžiagos storį ($\rho = \text{const}$). Tyrimai atlikti pritaikant standartinę perdavimo funkcijos metodą su dviejų mikrofonų impedanso vamzdžio sistema. Re-

zultatai, gauti šiame darbe, bus naudojami tolesniems PTP atliekų tyrimams.

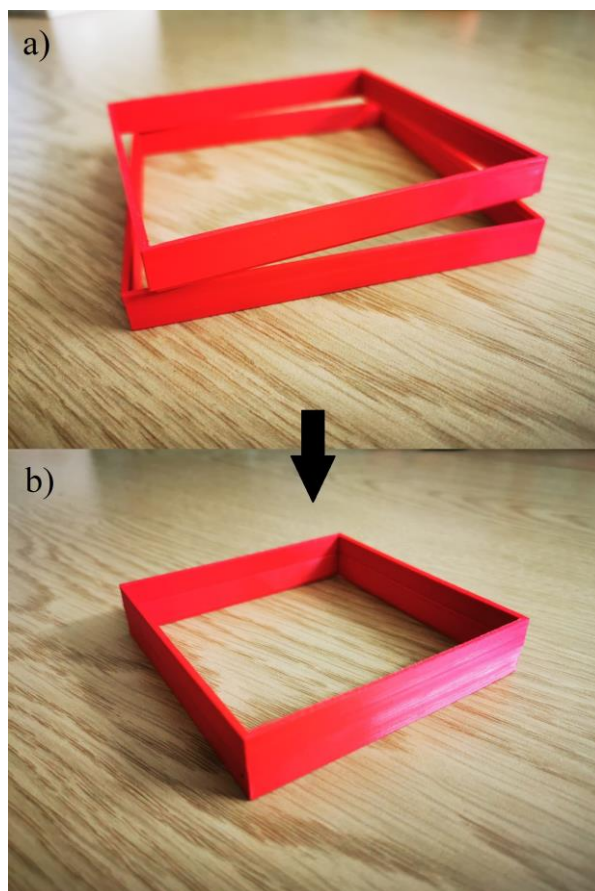
Darbą sudaro: tyrimo metodika, rezultatai ir diskusija bei bendrosios išvados.

Metodika

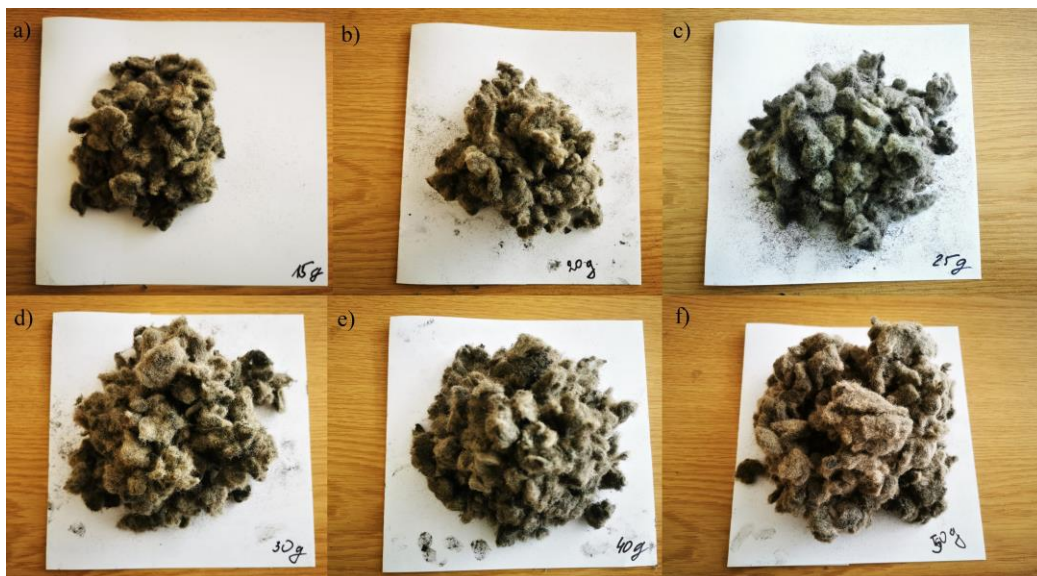
Eksperimentiniams tyrimams buvo naudotos neapdorotos PTP atliekos. Perdirbant padangas, PTP atliekos yra atskiriamos nuo gumos bei metalų ir yra surenkamos į maišus ir sandėliuojamos. PTP atliekos buvo džiovinamos džiovyklėje, 80 °C temperatūroje, siekiant pašalinti drėgmę. Visas džiovimo procesas truko tris dienas.

Bandiniui suformuoti ir tirti buvo atspausdinti laikikliai (2 pav.). Laikiklių išoriniai matmenys buvo 98×98 mm, aukštis – 10 mm, sienučių storis – 2 mm. Naudojantis šiais laikikliais galima išgauti skirtingo storio bandinius, t. y. sudedant kelis 10 mm storio laikiklius paeiliui.

Siekiant užtikrinti, kad bandinys būtų stabilus, jis buvo sutvirtintas 20 ir 40 mm storio laikikliais.



2 paveikslas. Laikikliai, išspausdinti 3D spausdintuvu, bandiniui suformuoti: a – atskiri laikikliai, kuriuos galima kombinuoti; b – sukombinuoti du laikikliai



3 paveikslas. Skirtingo tankio bandiniai garso sugerties tyrimams: a ir d – 75 kg/m³; b ir e – 100 kg/m³; c ir f – 125 kg/m³

Garso sugerties tyrimams buvo pasirinktos tokios PTP atliekų tankio ir storio kombinacijos (3 pav.):

- 20 mm storio ir 75, 100 ir 125 kg/m³ tankio bandiniai;
- 40 mm storio ir 75, 100 ir 125 kg/m³ tankio bandiniai.

Atitinkamai masė, kuri turėtų būti įdėta į laikiklį, buvo apskaičiuota pagal proporcijas. Žinant laikiklio tūrį, galima apskaičiuoti masę, reikalingą numatytam tankiui pasiekti. Tyrimo metu buvo ieškoma priklausomybė nuo medžiagos storio ($\rho = \text{const}$, t kito) bei priklausomybė nuo tankio ($t = \text{const}$, ρ kito) (4 pav.).



4 paveikslas. Laikiklis, pripildytas bandomosios medžiagos

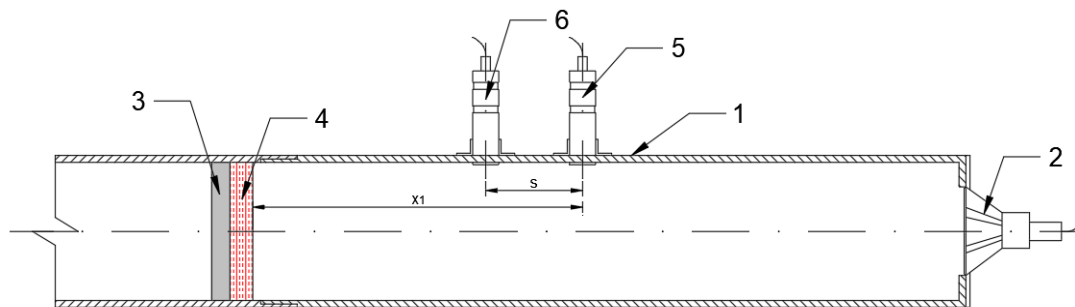
PTP atliekų garso sugerties nustatymo metodas remiasi ISO 10534-2 standartu (International Organization for Standardization [ISO], 1998). Garso sugerties koefi-

cientui α nustatyti buvo naudojamas įrenginys – impedanso vamzdis. Impedanso vamzdis (5 pav.) – įrenginys, naudojamas medžiagų garso sugerties ir garso atspindžiui nustatyti, kai banga juda link bandinio. Impedanso vamzdis yra gaminamas iš metalo arba organinio stiklo. Pagrindinės sudedamosios dalys yra kietas korpusas, garso šaltinis, mikrofonai ir kietas standus paviršius. Naudojantis impedanso vamzdžiu netiesioginiu metodu galima nustatyti medžiagų neakustinius parametrus – porėtumą, poros lenktumą ir oro pasipriešinimą (Umnova et al., 2005; Doutres et al., 2010).

Impedanso vamzdžio vidiniai matmenys yra 100×100 mm, todėl bandinys turėjo būti šiek tiek mažesnis, kad tilptų į bandymo įrangą. Bandinys buvo pristumtas prie kieto standaus paviršiaus ir užsandarintas, naudojant ličio tepalą, kad būtų išvengta garso nuotėkio. Atstumas tarp mikrofono Nr. 1 ir bandinio buvo $x_1 = 190$ mm, o mikrofono Nr. 2 ir bandinio $x_2 = 100$ mm, atstumas tarp mikrofono Nr. 1 ir Nr. 2 sudarė $s = 90$ mm.

Impedanso vamzdžio darbiniai dažniai yra nuo 200 iki 1600 Hz, kurie leidžia nustatyti garso sugertį žemųjų–vidutinių dažnių juostose. Šie dažniai yra aktualūs akustikos inžinerijos srityje. Rezultatai pateikiami 1/3 oktavos dažnių juostoje.

ISO 10534-2 apibūdina perdavimo funkcijos metodą, kurio pagrindu atliekami matavimai. Impedanso vamzdį sudaro dviejų mikrofonų sistema. Perdavimo funkcija H_{12} (1 formulė) apskaičiuojama kaip išmatuoto slėgio santykis tarp antrojo ir pirmojo mikrofonų.



5 paveikslas. Impedanso vamzdžio sistema, naudota tyrimams: 1 – kietas korpusas; 2 – garso šaltinis; 3 – kietas standus paviršius; 4 – bandinio vieta; 5 – pirmasis mikrofonas; 6 – antrasis mikrofonas

$$H_{12} = \frac{p_{2(f)}}{p_{1(f)}}. \quad (1)$$

Krintančios bangos perdavimo funkcija apskaičiuojama pagal 2 formulę (ISO, 1998):

$$H_I = e^{-jk_0s}. \quad (2)$$

Atspindėjusios bangos perdavimo funkcija apskaičiuojama pagal 3 formulę (ISO, 1998):

$$H_R = e^{jk_0s}. \quad (3)$$

Iš 1, 2 ir 3 formulės garso atspindžio koeficientas gali būti apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$R = \frac{H_{12} - H_I}{H_R - H_{12}} e^{2jk_0x_1}. \quad (4)$$

Garso sugerties koeficientas yra atvirkščias dydis garso atspindžiui, todėl galima apskaičiuoti pagal šią formulę:

$$\alpha = 1 - |R|^2. \quad (5)$$

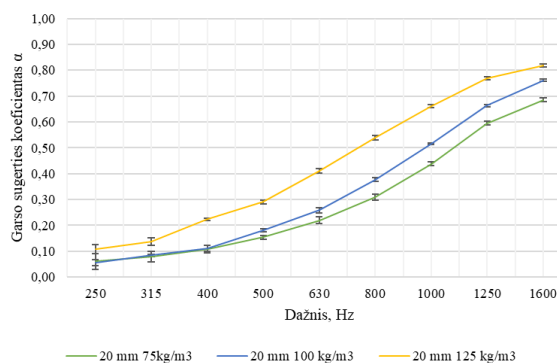
Garso sugerties parametras yra bedimensis dydis ir varijuoja tarp 0 ir 1. Duomenų apdorojimui buvo naudotas MATLAB kodas.

Rezultatai ir diskusija

Pritaikius aprašytą metodą, eksperimentinių tyrimų metu buvo išanalizuoti šeši skirtingi bandiniai. Pirmuoju atveju buvo tirta situacija, kai storis buvo pastovus ($t = \text{const}$), o tankis kito, t. y. didėjo. 6 pav. pateikti pirmojo bandymo rezultatai.

Iš rezultatų galima matyti, kad, didinant tankį ir atitinkamai didėjant dažniui, didėja ir garso sugerties koeficientas. Geriausią rezultatą parodė bandinys, kurio tankis buvo 125 kg/m^3 . Bandinių 75 kg/m^3 ir 100 kg/m^3 rezultatai iki 400 Hz dažnio buvo vienodi, tačiau didėjant dažniui tankesnė medžiaga parodė geresnius rezultatus, kai esant 500 Hz 75 kg/m^3 garso sugerties koeficientas buvo

0,15, o 100 kg/m^3 – 0,18. Tankesnio bandinio (125 kg/m^3) garso sugertis nuo žemųjų dažnių buvo didesnė nei pastarųjų, esant 250 Hz dažniui, 125 kg/m^3 garso sugerties koeficientas buvo 0,05 daugiau ($0,11 \pm 0,03$). Esant 1600 Hz dažniui, 75 kg/m^3 bandinio garso sugerties rezultatas buvo 0,69, 100 kg/m^3 – 0,76, o 125 kg/m^3 – 0,82.

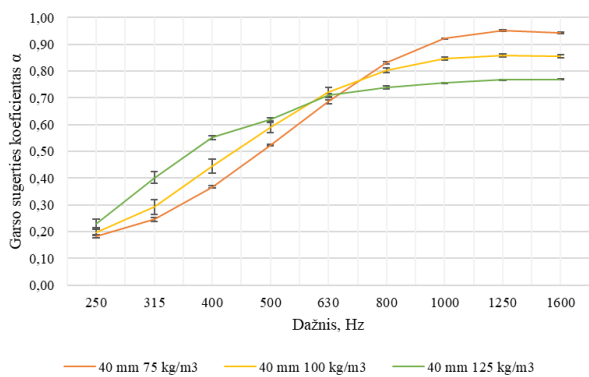


6 paveikslas. Garso sugerties rezultatai, kai bandinio storis – 20 mm, o tankis didėjo nuo 75 iki 125 kg/m^3

7 pav. pateikiami kito bandinio rezultatai. Šiuo atveju buvo padidintas storis iki 40 mm, siekiant patikrinti, ar garso sugerties koeficientas didėja, esant žemesiems dažniams. Yra žinoma, kad norint, jog būtų gera garso sugertis, reikia, kad bandinio storis būtų ne mažesnis nei $\frac{1}{4}$ bangos ilgio. Tankiai buvo parinkti tokie patys, t. y. 75, 100 ir 125 kg/m^3 .

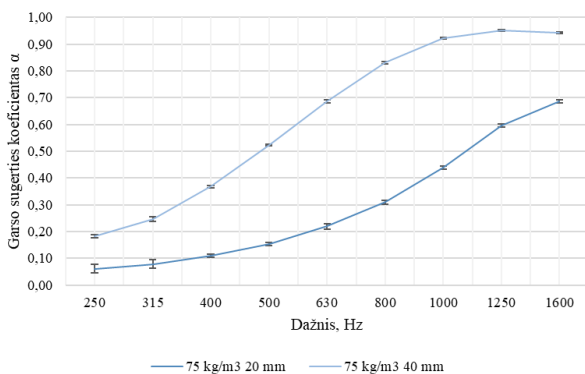
Iš rezultatų galima matyti, kad padidinus bandinio storį ir išlaikius tuos pačius tankio dydžius, garso sugerties rezultatai, esant žemesiems dažniams, padidėjo. Lyginant su 20 mm storio bandiniu, esant 250 Hz dažniui, garso sugerties rezultatai padidėjo apie 2 kartus – vidutiniškai nuo $0,08 \pm 0,01$ iki $0,20 \pm 0,01$.

Tačiau, lyginant su 20 mm storio bandiniu, čia matomas atvirkščias efektas, kai didinant tankį garso sugertis didėja tik iki tam tikros ribos, šiuo atveju iki 630 Hz, o vėliau didėjimas nebėra staigus.



7 paveikslas. Garso sugerties rezultatai, kai bandinio storis – 40 mm, o tankis didėjo nuo 75 iki 125 kg/m³

Visų trijų bandinių garso sugerties koeficientas buvo apie $0,70 \pm 0,01$ esant 630 Hz. Esant žemesiems dažniams, nuo 250 iki 630 Hz geriausia garso sugertis buvo 125 kg/m³ bandinio, rezultatas buvo nuo $0,23 \pm 0,02$ iki $0,71 \pm 0,01$. Esant 1600 Hz dažniui, geriausias garso sugerties koeficientas buvo pasiektas 75 kg/m³ bandinio ir rezultatas buvo 0,94. Prastesnis rezultatas buvo pasiektas 100 kg/m³ – 0,85, o prasčiausias 125 kg/m³ – 0,77. Tokią tendenciją galima matyti, nes, padidėjus bandinio storiui, padidėjo ir aerodinaminis pasipriešinimas, o tai lėmė, kad garso banga nebegali prasiskverbti į medžiagą giliau, todėl gilesnės medžiagos poros tampa neefektyvios ir garso sugertis nedidėja (Stauskis, 2007).



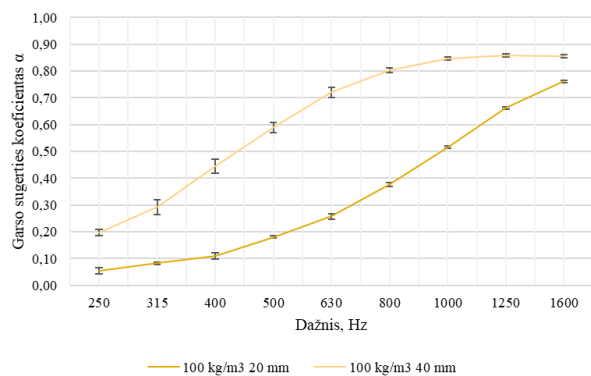
8 paveikslas. Garso sugerties rezultatai, kai bandinio tankis buvo 75 kg/m³, o storis kito nuo 20 iki 40 mm

Antrojoje tyrimo dalyje buvo tiriamas atvejis, kai tankis buvo pastovus ($\rho = \text{const}$), o bandinio storis kito nuo 20 iki 40 mm. Pirmuoju atveju buvo tirtas 75 kg/m³ bandinys. 8 pav. pateikiami tyrimo rezultatai.

Remiantis gautais rezultatais galima matyti, kad išlaikant tą patį tankį, bet padidinant medžiagos storį, garso sugerties koeficientas padidėja. Lyginant rezultatus 250–

630 Hz dažnių juostose, padidinus storį dvigubai, garso sugerties koeficientas padidėjo 3 kartus. Didžiausias garso sugerties skirtumas matomas 800 Hz dažnyje, kur skirtumas buvo 0,52. 1600 Hz dažnyje, esant 20 mm storiui, garso sugerties koeficientas buvo 0,69, o, esant 40 mm storiui, sugertis buvo 0,94. Todėl galima teigti, kad esant 75 kg/m³ tankiui geriausia garso sugerčiai naudoti 40 mm storio medžiagą. Kaip buvo minėta, storesnė medžiaga yra efektyvesnė garso sugerčiai.

9 pav. pateikiami rezultatai, kai tankis buvo 100 kg/m³.

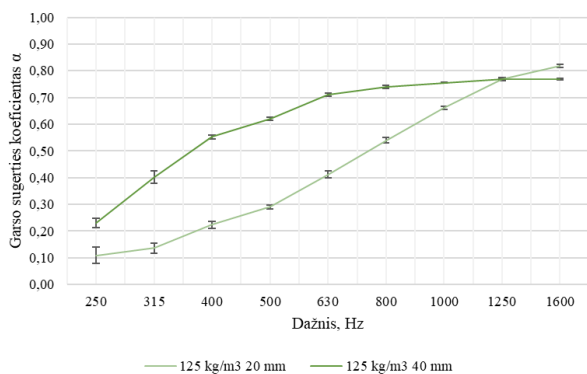


9 paveikslas. Garso sugerties rezultatai, kai bandinio tankis – 100 kg/m³, o storis kito nuo 20 iki 40 mm

Šioje situacijoje taip pat matomas trigubas garso sugerties padidėjimas, kai medžiagos storis padidėja 2 kartus. Garso sugertis 20 mm bandinyje, esant 250 Hz buvo 0,06, o 40 mm mėginio – 0,20. Didžiausias garso sugerties skirtumas stebimas esant 630 Hz dažniui. Iš paveikslą matyti, kad 40 mm bandinys yra efektyvesnis žemesniųjų dažnių atvejais. Esant 1600 Hz, 20 mm mėginio garso sugerties koeficientas buvo 0,76, o 40 mm – 0,85. Palyginus su 75 kg/m³ bandiniu, tankesnis bandinys efektyvesnis iki 630 Hz, toliau garso sugertis yra mažesnė.

10 pav. pavaizduoti paskutinio tyrimo rezultatai, šiuo atveju lyginant 125 kg/m³ bandinius, kurių storiai buvo 20 ir 40 mm.

Iš pateiktų rezultatų galima matyti panašią tendenciją, kaip ir prieš tai dviejuose buvusiuose bandiniuose. 40 mm bandinys yra efektyvesnis garso sugerčiai, tačiau drastiško skirtumo nėra. Pastebima, kad esant 1250 Hz, 40 mm bandinys praranda pranašumą prieš 20 mm bandinį. 20 mm bandinio garso sugertis, esant 1600 Hz, buvo 0,82, o 40 mm bandinio – 0,77. Dėl to padidėjęs aerodinaminis pasipriešinimas nebeleido garso bangai pasiekti gilesnių bandinio sluoksnių.



10 paveikslas. Garso sugerties rezultatai, kai bandinio tankis – 125 kg/m^3 , o storis kito nuo 20 iki 40 mm

Tyrimų metu gauti rezultatai parodė, kad, didinant medžiagos tankį ir storį, garso sugertis didėja. Būtų verta praplėsti tyrimus ir išanalizuoti didesnę bandinių storių ir tankių įvairovę, pvz., kokia būtų garso sugertis, jei tankį dar labiau sumažintume arba dar labiau padidintume, ar būtų stebima tokia pati tendencija, kai, esant didesniam storiui, garso sugertis, didėjant tankiui, nuo tam tikrų dažnių taip intensyviai nebekyla. Taip pat būtų verta išanalizuoti medžiagą, esant kitiems dažniams, nei buvo atlikti šie tyrimai. Lyginant PTP atliekų garso sugertį su tradicinėmis pluoštinėmis medžiagomis, matyti, kad garso sugerties efektyvumas yra labai panašus – α koeficientas varijuoja tarp 0,25–0,93 (Ružickij et al., 2020).

Išvados

1. Atlikus eksperimentinius tyrimus, kai medžiagos storis buvo 20 mm, o tankis didėjo nuo 75 iki 125 kg/m^3 , garso sugertis didėjo su tankiu. Esant 1600 Hz , 125 kg/m^3 bandinio garso sugerties koeficientas buvo 0,82, 100 kg/m^3 – 0,76, o 75 kg/m^3 – 0,69.

2. Išanalizavus 40 mm storio bandinį, buvo matoma tendencija, kad tankesnės medžiagos garso sugertis buvo didesnė iki 630 Hz, tačiau vėliau 75 kg/m^3 bandinio garso sugertis buvo didesnė. Esant 1600 Hz dažniui, 75 kg/m^3 garso sugertis buvo 0,94, 100 kg/m^3 – 0,85, o 125 kg/m^3 – 0,77. Nededįjančią garso sugertį lėmė padidėjęs aerodinaminis pasipriešinimas.

3. Palyginus medžiagas, kai tankis išliko pastovus, o bandinio storis keitėsi, storesnė medžiaga (40 mm) iki 630 Hz buvo 3 kartus efektyvesnė nei 20 mm bandinys, tai nustatyta atliekant visus tris palyginimus.

Literatūra

- Abbaspour, M., Aflaki, E., & Moghadas Nejad, F. (2019). Reuse of waste tire textile fibers as soil reinforcement. *Journal of Cleaner Production*, 207, 1059–1071. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.253>
- Baričević, A. Jelčić Rukavina, M., Pezer, M., & Štirmer, N. (2018). Influence of recycled tire polymer fibers on concrete properties. *Cement and Concrete Composites*, 91, 29–41. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.04.009>
- Doutres, O., Salissou, Y., Atalla, N., & Panneton, R. (2010). Evaluation of the acoustic and non-acoustic properties of sound absorbing materials using a three-microphone impedance tube. *Applied Acoustics*, 71(6), 506–509. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2010.01.007>
- European Environment Agency. (2017). Environmental indicator report 2017. In support to the monitoring of the 7th Environment Action Programme. *EEA Report*, No. 21. <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-indicator-report-2017>
- European Environment Agency. (2020). Environmental noise in Europe – 2020 (EEA Report, No. 22). <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe>
- Gigli, S., Landi, D., & Germani, M. (2019). Cost-benefit analysis of a circular economy project: A study on a recycling system for end-of-life tyres. *Journal of Cleaner Production*, 229, 680–694. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.223>
- International Organization for Standardization. (1998). *Acoustics – Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes. Part 2: Transfer-function method* (ISO 10534-2:1998). Geneva. <https://www.iso.org/standard/22851.html>
- Landi, D., Marconi, M., Meo, I., & Germani, M. (2018). Reuse scenarios of tires textile fibers: An environmental evaluation. In *Procedia Manufacturing*, 21, 329–336. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.128>
- Maderuelo-Sanz, R., Nadal-Gisbert, A. V., Crespo-Amorós, J. E., & Parres-García, F. (2011). A novel sound absorber with recycled fibers coming from end of life tires (ELTs). *Applied Acoustics*, 73(4), 402–408. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2011.12.001>
- Malaiškienė, J., Nagrockienė, D., & Skripkiūnas, G. (2015). Possibilities to use textile cord waste from used tires for concrete. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 23(3), 183–191. <https://doi.org/10.3846/16486897.2015.1057514>
- Murphy, E., Faulkner, J. P., & Douglas, O. (2020). Current state-of-the-art and new directions in strategic environmental noise mapping. *Current Pollution Reports*, 6, 54–64. <https://doi.org/10.1007/s40726-020-00141-9>
- Narani, S. S., Abbaspour, M., Mir Mohammad Hosseini, S. M., & Moghadas Nejad, F. (2020). Long-term dynamic behavior of a sandy subgrade reinforced by Waste Tire Textile Fibers (WTTFs). *Transportation Geotechnics*, 24, 100375. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2020.100375>

- Ružickij, R., Astrauskas, T., Valtere, S., & Grubliauskas, R. (2020). Sound absorption properties evaluation and analysis of recycled tyre textile fibre waste. *Environmental and Climate Technologies*, 24(3), 318–328. <https://doi.org/10.2478/ruect-2020-0106>
- Sebola, M. R., Mativenga, P. T., & Pretorius, J. (2018). A benchmark study of waste tyre recycling in South Africa to European Union practice. *Procedia CIRP*, 69, 950–955. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.137>
- Stauskis, V. J. (2007). *Statybinė akustika* (2-oji pataisyta laida). Technika. https://leidykla.vgtu.lt/index.php?id_product=251&id_product_attribute=0&rewrite=statybine-akustika&controller=product&id_lang=2
- Umnova, O., Attenborough, K., Shin, H.-C., & Cummings, A. (2005). Deduction of tortuosity and porosity from acoustic reflection and transmission measurements on thick samples of rigid-porous materials. *Applied Acoustics*, 66(6), 607–624. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2004.02.005>
- Zare, P., Sheikhi Narani, S., Abbaspour, M., Fahimifar, A., Mohammad Hosseini, S. M. M., & Zare, P. (2020). Experimental investigation of non-stabilized and cement-stabilized rammed earth reinforcement by Waste Tire Textile Fibers (WTFs). *Construction and Building Materials*, 260, 120432. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120432>

INVESTIGATION OF SOUND ABSORPTION OF UNTREATED TYRE TEXTILE FIBRE WASTE

R. Ružickij, R. Grubliauskas

Summary

Rubber granules and metal fiber are successfully reused in tyre recycling, but waste tyre textile fibre (WTF) is a significant problem. Researchers are conducting research into the use of tyre textile fibre waste for thermal insulation, where its potential is visible. Because thermal insulation has a close relationship with sound absorption, it is believed that WTF is also suitable for use in indoor noise reduction. The experiment method is based on ISO 10534-2, which would determine the sound absorption coefficient α of a material by applying an impedance tube. The results obtained in the study showed that WTF waste has good sound absorption properties, the sound absorption coefficient at low frequencies 250–500 Hz was 0.06–0.52, and at higher frequencies 1000–1600 Hz, the absorption coefficient varied 0.44–0.94. The use of this material would be a great alternative to the traditional mineral fiber materials currently in use.

Keywords: fibrous sound absorbing materials, sound absorption coefficient, tyre waste.