



Environmental engineering Aplinkos inžinerija

TRIUKŠMĄ MAŽINANČIŲ BARJERŲ EFEKTYVUMO PRIKLAUSOMYBĖ NUO FORMOS IR GEOMETRIJOS

Edgaras STRAZDAS ^{*}, Tomas JANUŠEVIČIUS 

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

Gauta 2023 m. birželio 25 d.; priimta 2023 m. liepos 3 d.

Santrauka. Straipsnyje nagrinėjami triukšmą mažinantys barjerai ir vertinamas jų efektyvumas kintant jų geometrijai ir formai. Triukšmą mažinantys barjerai – viena efektyviausių ir plačiai naudojamų priemonių, užtikrinančių kelių ir geležinkelių transporto sukeliama triukšmo mažinimą. Barjero efektyvumas priklauso nuo konstrukcijoje naudojamų medžiagų, barjero aukščio, geometrijos, formos, ant barjerų viršaus įrengtų papildomų elementų akustinių savybių. Darbo tikslas – apžvelgti ir išanalizuoti mokslinę literatūrą, kuri leistų įvertinti triukšmą mažinančių barjerų akustinių charakteristikų priklausomybę nuo barjero geometrijos ir formos. Straipsnyje apžvelgtas Y, T, L, U formos barjerų efektyvumas, nustatyta, kad daugumoje atvejų geriausi barjerų triukšmo slopinimo rezultatai gaunami ant barjerų viršaus įrengiant T formos ir Y formos profilius. Tokio tipo triukšmą mažinančių barjerų efektyvumas gali padidėti nuo 15 % iki 30 %. Pastebėta, kad triukšmui nuo greitaeigių traukinių mažinti mokslininkai kuria ir tiria lenktus, pusiau uždarus L formos arba visiškai uždarus U formos barjerus.

Reikšminiai žodžiai: triukšmas, triukšmo mažinimas, triukšmo barjerų efektyvumas, triukšmo barjerų forma.

Įvadas

Plečiantis urbanizacijai, didėjant gyventojų skaičiui sparčiai vystosi ir transporto infrastruktūra bei didėja transporto judėjimo greitis. Triukšmas – viena pagrindinių neigiamų transporto infrastruktūros plėtimosi pasekmių. Blanes et al. (2017) atliko vertinimą ir nustatė, kad triukšmas Europoje kasmet sukelia mažiausiai 16 600 patologinių mirčių, 72 000 hospitalizacijos atvejų (Blanes et al., 2017). Remiantis strateginio triukšmo kartografavimo duomenimis, apskaičiuota, kad 22 milijonai gyventojų kenčia nuo triukšmo sukkelto chroniško susierzinimo, o daugiau kaip 6,5 milijono nuo chroniško miego sutrikimų (European Environment Agency, 2020). Mažiausiai 1 milijonas sveiko gyvenimo metų prarandama dėl transporto sukeliama triukšmo. To priežastis įvairūs miego sutrikimai, susierzinimas, išeminė širdies liga, spengimas ausyse ir vaikų vystymosi sutrikimai (World Health Organization, 2011, 2018). Triukšmą mažinantys barjerai – viena efektyviausių ir plačiai naudojamų priemonių, užtikrinančių kelių ir geležinkelių transporto sukeliama triukšmo mažinimą (Hanim Mohamed Ariff et al., 2022; Komkin & Nazarov, 2021; Nowoświat et al., 2018; Zaets & Kotenko, 2017).

Triukšmą mažinančių barjerų įvairovė yra didelė. Jų pasirinkimą kiekvienoje situacijoje dažniausiai lemia triukšmo šaltinio pozicija, šaltinio skleidžiamas triukšmas, atmosferos sąlygos ir reljefas nagrinėjamoje situacijoje (Ekici & Bougdah, 2003).

Įrengto triukšmą mažinančio barjero efektyvumas priklauso nuo konstrukcijoje naudojamų medžiagų, barjero aukščio, paviršiaus geometrijos, formos, ant barjerų viršaus įrengtų papildomų elementų akustinių savybių, reljefo ir meteorologinių sąlygų (Grubeša et al., 2012; Laxmi et al., 2022; Watts, 2000).

Pagrindinis parametras, nusakantis triukšmą mažinančio barjero efektyvumą, yra įneštinis silpninimas (IL – Insertion Loss). Jis nusakomas kaip garso lygio skirtumas toje pačioje vietoje prieš įrengiant barjerą ir jau įrengus triukšmą mažinantį barjerą. Įneštinis silpninimas labiausiai priklauso nuo vietos, kurioje įrengtas triukšmą mažinantis barjeras (Martinez-Orozco & Barba, 2022).

Darbo tikslas – apžvelgti ir išanalizuoti mokslinę literatūrą, kuri leistų įvertinti triukšmą mažinančių barjerų akustinių charakteristikų priklausomybę nuo barjero geometrijos ir formos.

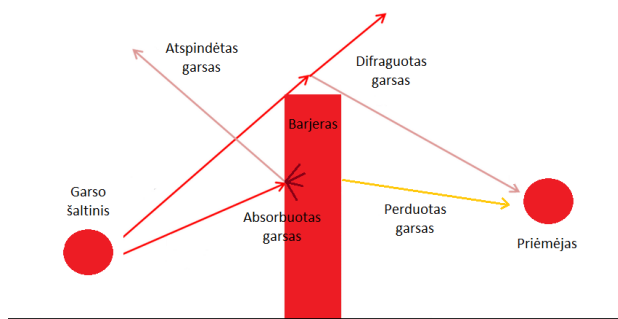
*Autorius susirašinėti. El. paštas edgaras.strazdas@vilniustech.lt

1. Triukšmą mažinančių barjerų efektyvumo priklausomybė nuo formos ir geometrijos

Triukšmą mažinančių barjerų veikimas yra pagrįstas tuo, kad tiesiai per kliūtį sklisdama garso banga praranda savo pradinę energiją ir nuslopsta (1 pav.). Dalis garso bangos energijos, susidūrusios su kliūtimi, atspindima, kita dalis energijos yra absorbuojama ir paverčiama šilumine energija. Likusi garso bangos energijos dalis persiduoda ir praeina per medžiagą arba difraguoja, tokiu būdu neprarasdama dalies savo pradinės energijos pasiekia priėmėją. Priėmėją gali pasiekti dalis difraguotos, dalis perduotos garso bangos energijos atskirai arba kartu (Laxmi et al., 2022). Watts (2000) teigimu, garsą difraguojantis barjero kraštas ir absorbuojantys barjero elementai nulemia absorbcines savybes, o geometrija ir forma – difrakcines savybes (Watts, 2000). Vienas pagrindinių parametrų, nulemiančių efektyvų barjero ekranavimą, yra barjero formų įvairovė (Astrauskas et al., 2021). Lietuvos automobilių kelių direkcijos prie Susisiekimo ministerijos direktoriaus 2015 m. patvirtintose Triukšmo užtvarų parinkimo, modeliavimo, projektavimo ir įrengimo taisyklėse T TU 15 nusakoma, kad pagal veikimą triukšmą mažinantys barjerai skirstomi į triukšmą atspindinčius ir triukšmą sugeriančius. Teigiama, kad triukšmą sugeriančios užtvaros efektyviau sumažina triukšmo lygį nei triukšmą atspindinčios (T TU 15, 2015). Triukšmą mažinantys barjerai, pagaminti iš perforuotų plokščių ir absorbuojančios medžiagos, klasifikuojami kaip garsą sugeriantys, o barjerai, pagaminti iš metalo, plastiko arba plytų, – kaip garsą atspindintys (Astrauskas et al., 2021). Literatūroje pateikiamos ir kitos triukšmą mažinančių barjerų rūšys: dvigubi, kampuoti, gaubti, išilginio profilio, želdininiai barjerai, tuneliai, grunto pylimai ir kt.

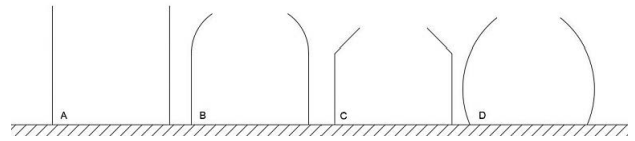
Pagal geometriją išskiriami 4 pagrindiniai triukšmą nuo geležinkelių ir nuo kelių transporto mažinantys barjerų tipai: vertikalūs, lenkti, nuožulnūs ir gaubti (2 pav.). Įprastai barjerų efektyvumas labiausiai priklauso nuo jų aukščio, atstumo nuo šaltinio, aplinkos sąlygų, gamybai naudojamų medžiagų. Pavyzdžiui, padidinus triukšmą mažinančio barjero aukštį 2–3 metrais, barjero įneštinis silpninimas gali padidėti dvigubai (Laxmi et al., 2022).

Siekiant padidinti triukšmą mažinančių barjerų efektyvumą, ant konstrukcijos viršaus yra instaliuojami įvairių



1 paveikslas. Triukšmą mažinančio barjero principinė veikimo schema

Figure 1. The principal scheme of noise barrier performance



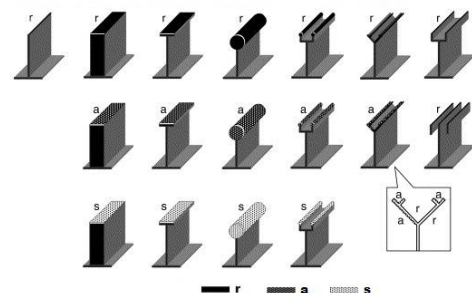
2 paveikslas. Triukšmą mažinančių barjerų klasifikacija pagal geometriją: A – vertikalūs; B – lenkti; C – nuožulnūs; D – gaubti (Astrauskas et al., 2021)

Figure 2. Classification of noise barriers according to geometry: A – vertical; B – curved; C – inclined; D – bent (Astrauskas et al., 2021)

formų elementai (3 pav.), kurie pagerina barjero absorbcines savybes arba gerina garso slopinimą per garso bangos difrakciją. Šie elementai dažniausiai būna pagaminti iš garsą absorbuojančių, minkštų medžiagų arba garsą atspindinčių komponentų. Difraguojančių, skirtingos geometrijos triukšmą mažinančių barjerų elementų efektyvumą tyrė mokslininkai iš viso pasaulio (Asdrubali, 2007; Monazzam & Fard, 2011; Yamamoto, 2015).

Nustatyta, kad didžiausias efektyvumas yra pasiekiamas ant barjero viršaus įrengiant T formos profilius, Y formos profilius, rodyklės formos profilius, įvairias šakotas formas, U formos konstrukcijas (Laxmi et al., 2022). Watts (2000) teigimu, triukšmą mažinančių barjerų, ant kurių viršaus buvo įrengti T formos profiliai, garso slopinimo efektyvumas išaugo iki 3 dB, palyginus su įprastu vertikaliu triukšmą mažinančiu barjeru. Efektyvios konstrukcijos ant barjerų viršaus gali padidinti barjero efektyvumą taip pat, kaip įprasto barjero aukščio didinimas iki 0,5–1,0 m (Watts, 2000).

Japonijos mokslininkai dar 2004 m. atliko 3 paveiksle pavaizduotų barjerų vertinimą. Pasitelkdami baigtinių elementų metodą (*BEM – Boundary element method*), Ishizuka ir Fujiwara (2004) nustatė, kad triukšmą mažinančiuose barjeruose, ant viršaus įrengiant papildomas minkštas arba absorbuojančias konstrukcijas, barjero efektyvumas itin padidėja, tačiau, modifikuojant konstrukcijos formas, didelių efektyvumo pokyčių nenustatyta. Šakotinių elementų panaudojimas pasiteisino tik naudojant kietas, garsą atspindinčias medžiagas.



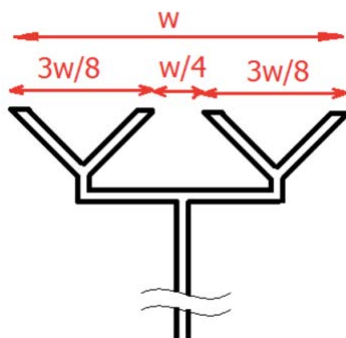
3 paveikslas. Triukšmą mažinančių barjerų įvairovė: r – kieti, garsą atspindintys; a – garsą absorbuojantys; s – minkšti (Ishizuka & Fujiwara, 2004)

Figure 3. A variety of noise barriers: r – rigid, sound-reflecting; a – sound absorbing; s – soft (Ishizuka & Fujiwara, 2004)

Mokslininkai padarė išvadą, kad didžiausias triukšmo mažinančių barjerų efektyvumas išgaunamas panaudojant minkštą, absorbuojančią 3 m aukščio T formos konstrukciją, kurios efektyvumas prilygsta 10 m aukščio garsą atspindinčiam barjerui be papildomų elementų iš viršaus (Ishizuka & Fujiwara, 2004). T formos profilių efektyvumą ir potencialą taip pat yra patvirtinę ir kitų šalių mokslininkai (May & Osman, 1980; Monazzam & Lam, 2005; Voropayev et al., 2017; Watts et al., 1994).

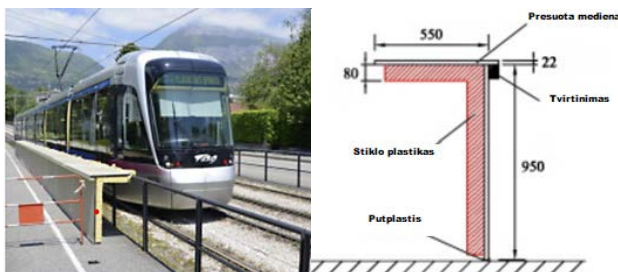
Pardo-Quiles et al. (2020), pasitelkdamas tolygiosios difrakcijos teorija (UTD – *uniform theory of diffraction*) pagrįstu metodu, ištyrė triukšmą mažinančių barjerų efektyvumą su vienu ir dviem difraguojančiais elementais ant viršaus. Modeliuojant buvo vertinami triukšmą mažinantys barjerai su cilindro, trapecijos, T formos, Y formos elementais. Ištyrus įvairios geometrijos barjerus, buvo nustatyta, kad didžiausias barjerų įneštinis garso silpninimas nuo 100 Hz iki 10 kHz dažnių diapazone pasiekiamas įrengiant vieną arba du Y formos elementus (4 pav.) (Pardo-Quiles et al., 2020). Greiner et al. (2010), pasitelkdamis daugiakriterį evoliucinį algoritmą, atliko tyrimą, kuriuo nustatė optimalias charakteristikas Y formos triukšmą mažinantiems barjerams. Atrasti rezultatai leido Y formos triukšmą mažinančių barjerų efektyvumą padidinti nuo 15 % iki 30 % (Greiner et al., 2010).

Prancūzijos mokslininkai ištyrė L formos mažaukštį triukšmą nuo tramvajų mažinantį barjerą (5 pav.).



4 paveikslas. Triukšmą mažinantis barjeras su dviem Y formos elementais ant viršaus (Pardo-Quiles et al., 2020)

Figure 4. Noise barrier with two Y-shaped elements on top (Pardo-Quiles et al., 2020)



5 paveikslas. Mažaukštis L formos triukšmą mažinantis barjeras (Jolibois et al., 2015)

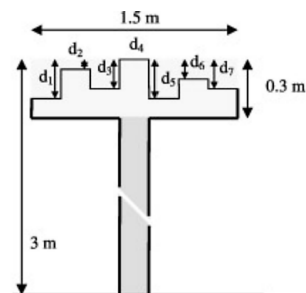
Figure 5. Low-height L-shaped noise barrier (Jolibois et al., 2015)

Sukurtas 22 m ilgio prototipas, pagamintas iš presuotos medienos ir stiklo pluošto, buvo išbandytas realiomis sąlygomis. Mokslininkai nustatė, kad L formos mažaukščio triukšmą mažinančio barjero įneštinis silpninimas 200–2500 Hz dažnių diapazone siekia nuo 5 iki 13 dB(A) (Jolibois et al., 2015).

Siekdami padidinti triukšmą mažinančių barjerų efektyvumą ir pagerinti difrakcines savybes, Baulac et al. (2008) ir Wang et al. (2018) pasiūlė naudoti T formos barjerus su vadinamaisiais „šuliniais“ (angl. *wells*). Pasitelkiant evoliucinį optimizavimo metodą ir 2D baigtinių elementų metodo kodą buvo ištirtos įvairios „šulinių“ kiekio, išdėstymo ir parametrų kombinacijos. Mokslininkai nustatė, kad tokių barjerų efektyvumas labai priklauso nuo „šulinių“ kiekio. Efektyvumas didėja didėjant jų skaičiui T formos barjero paviršiuje. Efektyvumas slopinti garsą, lyginant su įprastu T formos barjeru, gali būti iki 2–3 dB(A) didesnis paviršiuje įrengus 5–9 šulinius (Baulac et al., 2008) (6 pav.). Wang et al. (2018) vertino įvairias „šulinių“ charakteristikas: gylį, plotį, kiekį. Kaip ir anksčiau aprašytame tyrime, mokslininkai taikė 2D baigtinių elementų metodą (BEM). Tyrimo metu buvo vertinamas tiriamųjų triukšmą mažinančių barjerų įneštinis silpninimas. Modeliavimo metu nustatyta, kad nagrinėjamoje konstrukcijoje didžiausias įneštinis silpninimas išgaunamas, kai „šulinio“ plotis yra ne mažesnis nei 1/3 to paties „šulinio“ gylio. Taip pat pastebėta, kad panaudojant „šulinius“ įneštinis silpninimas padidėja iki 1,5 dB(A) (Wang et al., 2018).

Monazzam et al. (2019), Monazzam ir Fard (2011) pasiūlė ant T formos barjerų viršaus įdiegti garso difuzorius. Įdiegus šakotinės sistemos difuzorius, nagrinėjamo barjero įneštinis silpninimas padidėjo iki 3 dB (Monazzam & Fard, 2011). Tokios pačios formos triukšmą mažinančio barjero paviršius uždengus įstrižais difuzoriais, kurių nuožulnumas siekia 15, 30, 45 laipsnių, pasiektas įneštinio silpninimo efektyvumas nuo 18,3 iki 21,8 dB(A) (Monazzam et al., 2019).

Šiuo metu pasaulyje, o ypač Kinijoje, sparčiai vystosi greitųjų traukinių infrastruktūra (Huang & Zong, 2020; Yang et al., 2022). Greitųjų traukinių triukšmui mažinti dažniausiai naudojami vertikalūs barjerai, tačiau prie aukštų pastatų jų aukščio tinkamam triukšmo mažinimo efektyvumui nepakanka (Liu et al., 2023). Tokiais atvejais naudojami lenkti, pusiau uždari L formos arba visiškai uždari U formos barjerai (7 pav.).



6 paveikslas. T formos barjero konfigūracija su „šuliniais“ (Baulac et al., 2008)

Figure 6. T-shaped barrier configuration with “wells” (Baulac et al., 2008)



7 paveikslas. Greitųjų traukinių triukšmą mažinantys L formos barjerai (Liu et al., 2023)
Figure 7. L-shaped noise barriers for high-speed trains (Liu et al., 2023)

Kinijos mokslininkai ištyrė greitųjų traukinių triukšmui mažinti skirtų pusiau arba visiškai uždarytų barjerų efektyvumą, taikant pilno masto modeliavimą. Rezultatai parodė, kad visiškai uždaro metalinio triukšmą mažinančio barjero su kompozitinėmis garsą sugeriančiomis plokštėmis efektyvumas slopinant garsą siekė iki 25 dB(A) 7,5 m atstumu nuo bėgių centrinės linijos (Li et al., 2020). Li et al. (2020) pritaikydami 2.5D baigtinių elementų metodą vertino nevisiškai uždarytų triukšmą mažinančių barjerų efektyvumą. Mokslininkai nustatė, kad vidutiniškai tokio tipo barjerai gali sumažinti greitųjų traukinių skleidžiamą triukšmą iki 15 dB (Li et al., 2020). Zhang et al. (2019), atlikus pusiau uždaro triukšmą mažinančio barjero vertinimą, pateikė išvadą, kad tokio tipo barjerai yra efektyvesni slopinant garsą nei vertikalūs triukšmą mažinantys barjerai (Zhang et al., 2019).

Išvados

1. Įvairių mokslininkų tyrimai parodė, kad triukšmą mažinančių barjerų formos ir geometrijos pokyčiai gali teigiamai veikti jų efektyvumą slopinant garsą.
2. Nustatyta, kad vienas iš efektyvių būdų, kaip galima pagerinti triukšmą mažinančio barjero akustines savybes, nedidinant jo aukščio – įrengti įvairių formų garsą difraguojančius profilius arba difuzorius ant barjerų konstrukcijos viršaus. Pastebima, kad siekiant prognozuoti tokio tipo barjerų efektyvumą dauguma mokslininkų pasitelkia 2D baigtinių elementų metodą.
3. Išanalizavus mokslininkų atliktus eksperimentinius tyrimus, galima teigti, kad daugumoje atvejų geriausi barjerų triukšmo slopinimo rezultatai gaunami ant barjerų viršaus įrengiant T formos ir Y formos profilius.
4. Pastebėta, kad triukšmui nuo greitaeigių traukinių mažinti mokslininkai kuria ir tiria lenktus, pusiau uždarus L formos arba visiškai uždarus U formos barjerus.

Literatūra

Asdrubali, F. (2007). On the experimental evaluation of the performances of noise barrier diffracting devices. *Acta Acustica United with Acustica*, 93(4), 659–669. https://www.researchgate.net/publication/233651662_On_the_Experimental_Evaluation_of_the_Performances_of_Noise_Barrier_Diffracting_Devices

Astrauskas, T., Baltrėnas, P., Januševičius, T., & Grubliauskas, R. (2021). Louvred noise barrier for traffic noise reduction. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 16(1), 140–154. <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2021-16.519>

Baulac, M., Defrance, J., & Jean, P. (2008). Optimisation with genetic algorithm of the acoustic performance of T-shaped noise barriers with a reactive top surface. *Applied Acoustics*, 69(4), 332–342. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2006.11.002>

Blanes, N., Fons, J., Houthuijs, D., Swart, W., de la Maza, M. S., Ramos, M. J., Castell, N., & van Kampen, E. (2017). *Noise in Europe 2017: Updated assessment* (Report). European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation.

Ekici, I., & Bougdah, H. (2003). A review of research on environmental noise barriers. *Building Acoustics*, 10(4), 289–323. <https://doi.org/10.1260/135101003772776712>

European Environment Agency. (2020). *Environmental noise in Europe: 2020*. <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe>

Greiner, D., Aznárez, J. J., Maeso, O., & Winter, G. (2010). Single- and multi-objective shape design of Y-noise barriers using evolutionary computation and boundary elements. *Advances in Engineering Software*, 41(2), 368–378. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2009.06.007>

Grubeša, S., Jambrošić, K., & Domitrović, H. (2012). Noise barriers with varying cross-section optimized by genetic algorithms. *Applied Acoustics*, 73(11), 1129–1137. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2012.05.005>

Hanim Mohamed Ariff, A., Dele-Afolabi, T. T., Hossain Rafin, T., Jung, D. W., Leman, Z., Anas Md Rezali, K., & Calin, R. (2022). Temporary sound barrier system from natural fiber polymeric composite. *Materials Today: Proceedings*, 74, 438–449. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.11.142>

Huang, Y., & Zong, H. (2020). The spatial distribution and determinants of China's high-speed train services. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 142, 56–70. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.10.009>

Ishizuka, T., & Fujiwara, K. (2004). Performance of noise barriers with various edge shapes and acoustical conditions. *Applied Acoustics*, 65(2), 125–141. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2003.08.006>

Yamamoto, K. (2015). Japanese experience to reduce road traffic noise by barriers with noise reducing devices. In *10th European Congress and Exposition on Noise Control Engineering, EuroNoise* (Vol. 31, pp. 33–38). <https://www.conforg.fr/euro-noise2015/proceedings/data/articles/000606.pdf>

Yang, W., Ouyang, D., Deng, E., He, X., Zou, Y., & Huang, Y. (2022). Aerodynamic characteristics of two noise barriers (fully enclosed and semi-enclosed) caused by a passing train: A comparative study. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 226, 105028. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2022.105028>

Jolibois, A., Defrance, J., Koreneff, H., Jean, P., Duhamel, D., & Sparrow, V. W. (2015). In situ measurement of the acoustic performance of a full scale tramway low height noise barrier prototype. *Applied Acoustics*, 94, 57–68. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.02.006>

- Komkin, A. I., & Nazarov, G. M. (2021). Features of sound diffraction by a noise absorbing screen. *Acoustical Physics*, 67(3), 298–301. <https://doi.org/10.1134/S1063771021030076>
- Laxmi, V., Thakre, C., & Vijay, R. (2022). Evaluation of noise barriers based on geometries and materials: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(2), 1729–1745. <https://doi.org/10.1007/S11356-021-16944-2>
- Li, Q., Duhamel, D., Luo, Y., & Yin, H. (2020). Analysing the acoustic performance of a nearly-enclosed noise barrier using scale model experiments and a 2.5-D BEM approach. *Applied Acoustics*, 158, 107079. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.107079>
- Lietuvos automobilių kelių direkcija. (2015). *Triukšmo užtvarų parinkimo, modeliavimo, projektavimo ir įrengimo taisyklės T TU 15*. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalActPrint/lt?jfwid=q86m1vqqw&documentId=a5464420451a11e59cf1cfd14b526c5&category=TAD>
- Liu, Y., Yang, W., Deng, E., Wang, Y., He, X., Huang, Y., & Zou, Y. (2023). Aerodynamic characteristics of the train-SENB (semi-enclosed noise barrier) system: A high-speed model experiment and LES study. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 232, 105251. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2022.105251>
- Martinez-Orozco, J. M., & Barba, A. (2022). Determination of Insertion Loss of noise barriers in Spanish roads. *Applied Acoustics*, 186, 108435. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2021.108435>
- May, D. N., & Osman, N. M. (1980). Highway noise barriers: New shapes. *Journal of Sound and Vibration*, 71(1), 73–101. [https://doi.org/10.1016/0022-460X\(80\)90410-1](https://doi.org/10.1016/0022-460X(80)90410-1)
- Monazzam, M. R., Abbasi, M., & Yazdanirad, S. (2019). Performance evaluation of T-shaped noise barriers covered with oblique diffusers using boundary element method. *Archives of Acoustics*, 44(3), 521–531. <https://doi.org/10.24425/AOA.2019.129267>
- Monazzam, M. R., & Fard, S. M. B. (2011). Performance of passive and reactive profiled median barriers in traffic noise reduction. *Journal of Zhejiang University: Science A*, 12(1), 78–86. <https://doi.org/10.1631/jzus.A1000065>
- Monazzam, M. R., & Lam, Y. W. (2005). Performance of profiled single noise barriers covered with quadratic residue diffusers. *Applied Acoustics*, 66(6), 709–730. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2004.08.008>
- Nowoświat, A., Bochen, J., Dulak, L., & Zuchowski, R. (2018). Study on sound absorption of road acoustic screens under simulated weathering. *Archives of Acoustics*, 43(2), 323–337. <https://doi.org/10.24425/122380>
- Pardo-Quiles, D., Rodríguez, J. V., Molina-García-Pardo, J. M., & Juan-Llácer, L. (2020). Traffic noise mitigation using single and double barrier caps of different shapes for an extended frequency range. *Applied Sciences*, 10(17), 5746. <https://doi.org/10.3390/APP10175746>
- Voropayev, S. I., Ovenden, N. C., Fernando, H. J. S., & Donovan, P. R. (2017). Finding optimal geometries for noise barrier tops using scaled experiments. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 141(2), 722. <https://doi.org/10.1121/1.4974070>
- Wang, Y., Jiao, Y., & Chen, Z. (2018). Research on the well at the top edge of noise barrier. *Applied Acoustics*, 133, 118–122. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.12.018>
- Watts, G. (2000, August). Factors affecting the performance of traffic noise barriers. In *The 29th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering (InterNoise 2000)*, Nice, France.
- Watts, G. R., Crombie, D. H., & Hothersall, D. C. (1994). Acoustic performance of new designs of traffic noise barriers: Full Scale tests. *Journal of Sound and Vibration*, 177(3), 289–305. <https://doi.org/10.1006/jsvi.1994.1435>
- World Health Organization. (2011). *Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe*. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/326424>
- World Health Organization. (2018). *Environmental noise guidelines for the European Region*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789289053563>
- Zaets, V., & Kotenko, S. (2017). Investigation of the efficiency of a noise protection screen with an opening at its base. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(5(89)), 4–11. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112350>
- Zhang, X., Liu, R., Cao, Z., Wang, X., & Li, X. (2019). Acoustic performance of a semi-closed noise barrier installed on a high-speed railway bridge: Measurement and analysis considering actual service conditions. *Measurement*, 138, 386–399. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.02.030>

NOISE BARRIERS EFFICIENCY DEPENDENCE ON THEIR SHAPE AND GEOMETRY

E. Strazdas, T. Januševičius

Abstract

The work examines noise barriers and evaluates their effectiveness when changing their geometry and shape. Noise barriers are one of the most effective and widely used methods of reducing noise caused by road and railway transport. The effectiveness of the barrier depends on the materials used in the construction, the barrier's height, geometry, shape, and the acoustic properties of the additional elements installed on top of the barriers. The aim of the work is to review and analyze the scientific literature, which would allow to evaluate the dependence of the acoustic characteristics of noise-reducing barriers on the geometry and shape of the barrier, and to provide recommendations for the design and selection of noise barriers.

Keywords: noise, noise reduction, efficiency of noise barriers, shape and geometry of noise barriers.