

GYVENAMŪJŲ ZONŲ, ESANČIŲ URBANIZUOTOSE TERITORIJOSE, TRIUKŠMO LYGIO, JO PAGRINDINIŲ ŠALTINIŲ BEI MAŽINIMO PRIEMONIŲ TAIKYMO ANALIZĖ

Laura Žalienė, Ingrida Pliopaitė Bataitienė

Utenos kolegija,

Maironio g. 18, Utena, Lietuva

Anotacija

Straipsnyje analizuojamas triukšmo lygis urbanizuotų teritorijų gyvenamosiose zonose, pagrindiniai jo šaltiniai, poveikis gyventojų sveikatai. Siekiama nustatyti pagrindinius triukšmo šaltinius didžiausiose Lietuvos miestuose (Vilniuje, Kaune ir Klaipėdoje) gyvenamosiose zonose bei įvertinti triukšmo mažinimo priemonių taikymo galimybes, identifikuojant didžiausią poveikį turinčius sprendinius. Taikant sisteminės mokslinės literatūros, teisės aktų ir didmiesčių triukšmo valdymo planų analizės metodiką, įvertinamas triukšmo mažinimo priemonių veiksmingumas. Tyrimo rezultatai atskleidžia, kad didžiausią triukšmo lygį lemia transporto infrastruktūra, o efektyvus triukšmo valdymas turi būti grindžiamas kompleksiniu technologinių ir urbanistinių sprendinių taikymu. Pateiktos rekomendacijos prisideda prie sveikatos rizikų mažinimo ir gyvenimo kokybės gerinimo urbanizuotose gyvenamosiose teritorijose.

Reikšminiai žodžiai: triukšmo lygis, triukšmo šaltiniai, sveikatos poveikis, triukšmo mažinimas, gyvenamosios zonos, žalioji infrastruktūra, planavimas.

Įvadas

Triukšmo tarša šiuolaikiniuose miestuose yra viena labiausiai nuvertinamų, tačiau ilgalaikių ir sveikatai pavojingų aplinkos problemų. Ji dažnai vadinama „nematomu teršalu“, nes jos poveikis žmogui pasireiškia palaiptai – trikdo miegą, sukelia stresą, didina širdies ir kraujagyslių bei kitų lėtinių ligų riziką (*Basner et al. 2014; WHO, 2018*). Triukšmas laikomas vienu reikšmingiausių aplinkos veiksnių po oro taršos, turinčių neigiamą poveikį fizinei ir psichinei sveikatai. Pasaulio sveikatos organizacija (*WHO, 2018*) rekomenduoja neviršyti 55 dBA dienos ir 45 dBA nakties metu gyvenamosiose zonose, siekiant išvengti neigiamo poveikio sveikatai ir užtikrinti gyvenimo kokybę. Todėl triukšmo taršos valdymas tampa svarbia urbanistinės darnios plėtros sudedamąja dalimi tiek Europos, tiek nacionaliniu mastu.

1 lentelė. Aplinkos triukšmo lygiai, galimi sveikatos padariniai ir pavyzdinės mažinimo priemonės

Šaltinis: parengta autorių remiantis *WHO (2018), Basner ir kt. (2014), Europos aplinkos agentūra (2020)*.

Triukšmo lygis, dBA	Poveikio pobūdis	Galimi sveikatos padariniai	Mažinimo priemonių pavyzdžiai
30–40	Fonas gyvenamojoje zonoje	Nedideli miego trikdymai, lengvas stresas	Apsauginės: aukštos kokybės langų konstrukcijos senamiestyje / istoriniuose rajonuose. Planavimo: naujų rajonų planavimas atitraukus nuo pagrindinių gatvių, „tylių“ kiemų kūrimas.
45–55	Ilgalaikis kasdienis poveikis	Miego kokybės pablogėjimas, dėmesio koncentracijos sumažėjimas	Žalioji infrastruktūra: garsą sugeriančių medžių ir krūmų juostos tarp gyvenamųjų namų ir gatvės. Technologinės: garsą sugeriančios fasado ir stogo medžiagos

Triukšmo lygis, dBA	Poveikio pobūdis	Galimi sveikatos padariniai	Mažinimo priemonių pavyzdžiai
			Administracinės: eismo raminimo priemonės (salelės/žiedai, pagrindinių gatvių siaurinimas).
55–65	Intensyvus transporto triukšmas	Padidėjusi hipertenzijos ir širdies ligų rizika	Inžinerinės: statiniai triukšmo barjerai palei arterinius kelius ir geležinkelius. Planavimo: mišrios paskirties pastatų išdėstymas kaip triukšmo buferis tarp gatvės ir gyvenamųjų namų. Transporto valdymas: skatinimas naudotis viešuoju transportu, elektrinių transporto priemonių vystymas.
>65	Šalia arterinių kelių ir geležinkelių	Miego, psichologinės sveikatos sutrikimai	Kombinuotas požiūris: triukšmo barjerai + žalioji infrastruktūra + priverstinis langų keitimas į garso izoliacinius. Radikalus planavimas: naujų gyvenamųjų rajonų planavimo uždraudimas tokiose zonoje, teritorijų paskirties keitimas.
>75	Ilgalaikis poveikis >1 m	Klausos pažeidimai, didelis streso lygis	Skubiose situacijose: asmeninė apsauga (asmeninės klausos apsaugos priemonės darbuotojams). Strateginis sprendimas: esančių gyvenamųjų namų perkėlimo arba kapitalinio renovavimo su ypatinga garso izoliacija programos. Reglamentavimas: griežtesni leistini triukšmo lygiai pramonės zonose ir jų kontrolė.

Pagal 1 lentelės duomenis matome, kad net ir nedidelis triukšmo lygio padidėjimas gali turėti reikšmingų sveikatos padarinių, todėl gyvenamųjų zonų triukšmo valdymas reikalauja integruoto požiūrio, apimančio technologinius, planavimo ir teisės instrumentus.

Urbanizuotos teritorijos, pasižyminčios dideliu gyventojų tankiu, intensyviais transporto srautais ir koncentruota ūkine veikla, patiria ryškiausią triukšmo taršos poveikį. Lietuvos kontekste ši problema ypač aktuali didžiuosiuose miestuose – Vilniuje, Kaune ir Klaipėdoje – kur koncentruojasi didžiausia gyventojų dalis bei intensyviausia transporto ir ūkinė veikla. Didžiausi triukšmo lygio viršijimai šiuose miestuose paprastai fiksuojami šalia pagrindinių transporto arterijų, geležinkelių ir mišrios paskirties kvartaluose.

Nors triukšmo problemai spręsti gali būti taikomos įvairios priemonės – nuo garso izoliacijos iki žaliosios infrastruktūros sprendinių – jų efektyvumas Lietuvos didmiesčių gyvenamosiose zonose išlieka nepakankamai įvertintas. Trūksta sisteminio požiūrio, kuris leistų įvertinti ne tik atskirų priemonių veiksmingumą, bet ir jų derinimo galimybes skirtinguose urbanistiniuose kontekstuose. Šis aspektas atskleidžia esminę tyrimų spragą.

Tyrimo problema – nepaisant egzistuojančio teisinio reglamentavimo, Vilniaus, Kauno ir Klaipėdos gyvenamosiose zonose fiksuojami dideli triukšmo lygiai, neigiamai veikiantys gyventojų sveikatą, o esamos triukšmo mažinimo priemonės nėra pakankamai efektyvios konkrečių miestų sąlygomis.

Tyrimo objektas – triukšmo lygis ir jo mažinimo priemonių taikymas urbanizuotų teritorijų gyvenamosiose zonose.

Tyrimo tikslas – nustatyti pagrindinius triukšmo šaltinius didžiausiuose Lietuvos miestuose (Vilniuje, Kaune ir Klaipėdoje) gyvenamosiose zonose bei įvertinti triukšmo mažinimo priemonių taikymo galimybes, identifikuojant didžiausią poveikį turinčius sprendinius.

Tyrimo uždaviniai:

1. Identifikuoti pagrindinius triukšmo šaltinius ir įvertinti jų indėlį į bendrą triukšmo lygį Vilniaus, Kauno ir Klaipėdos gyvenamosiose zonose.
2. Išanalizuoti triukšmo mažinimo priemonių, taikomų ar potencialiai tinkamų naudoti Lietuvos didmiesčiuose, efektyvumą.

1. Tyrimo metodika

Tyrimo pagrindą sudaro sisteminė mokslinės literatūros, teisės aktų ir Lietuvos didmiesčių triukšmo valdymo planų analizė, atlikta vadovaujantis PRISMA (angl. *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) gairių principais (Page ir kt., 2021). Šios gairės apima keturis pagrindinius etapus – identifikavimą, atranką, tinkamumo įvertinimą ir galutinį įtraukimą – ir užtikrina sisteminę, skaidrų bei pakartojamą šaltinių atrankos procesą, leidžiantį išvengti subjektyvumo vertinant literatūros duomenis.

Mokslinės literatūros paieška atlikta trijose pagrindinėse duomenų bazėse: *Web of Science*, *Scopus* ir *Google Scholar*. Paieškai taikyta kombinuota raktažodžių sistema, apimanti triukšmo taršos, gyvenamųjų teritorijų ir triukšmo mažinimo priemonių kontekstą. Naudoti šie raktažodžiai ir jų loginiai junginiai: *noise pollution, urban noise, residential areas, urban planning, noise mitigation, sound barriers, green infrastructure*. Paieška vykdyta pagal pavadinimus, santraukas ir raktinius žodžius, taikant loginius operatorius AND ir OR, taip pat laiko filtrą – 2012–2025 m.

Publikacijos atrinktos pagal atitikimą tyrimo temai, duomenų prieinamumą ir kalbą (anglų arba lietuvių). Vadovaujantis PRISMA gairių principais, atlikta sisteminė atranka, kurios metu pašalinti pasikartojantys ir neaktualūs šaltiniai, o galutinai į analizę įtraukti tik metodologiškai pagrįsti ir tyrimo temą atitinkantys darbai. Atrankos kriterijai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Mokslinės literatūros atrankos įtraukimo ir atmetimo kriterijai (Šaltinis: sudaryta autorių remiantis PRISMA gairėmis (Page et al., 2021).

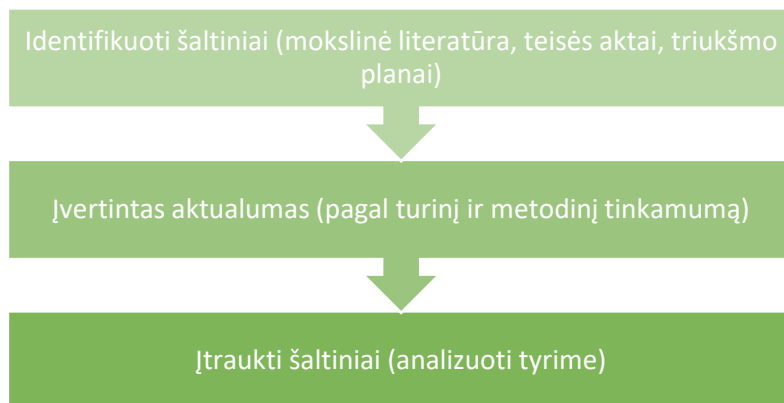
Įtraukimo kriterijai	Atmetimo kriterijai
Publikuoti 2012–2025 m.	Teoriniai straipsniai be empirinių ar praktinių duomenų
Nagrinėja triukšmą gyvenamosiose zonose	Tik pramonės ar darbo aplinkos triukšmas
Pateikia empirinius ar analitinius rezultatus	Neužbaigti tyrimai, ataskaitos be išvadų
Lietuvių arba anglų kalba	Kiti šaltiniai (pvz., populiarioji spauda, tinklaraščiai)

Be mokslinės literatūros, į tyrimą įtraukti Lietuvos Respublikos teisės aktai, Europos Sąjungos direktyvos bei Vilniaus, Kauno ir Klaipėdos savivaldybių triukšmo valdymo veiksmų planai, kuriuose pateikti triukšmo monitoringo duomenys ir priemonių taikymo gairės.

Surinkta informacija apdorota taikant *kokybinės turinio analizės metodą*, apimančią kategorizavimą, teminį kodavimą ir sintezę. Šis metodas leido identifikuoti pagrindines tyrimo temas, triukšmo mažinimo priemonių taikymo efektyvumą ir įgyvendinimo iššūkius. Kokybinės turinio analizės rezultatai tapo pagrindu *suvestinei SWOT (Strengths), Weaknesses, Opportunities ir Threats) analizei*, leidusiai nustatyti nagrinėjamų triukšmo mažinimo priemonių stipriąsias ir silpnąsias puses, galimybes bei grėsmes jų taikymo urbanizuotose teritorijose kontekste.

2. Pagrindinių triukšmo šaltinių identifikavimas ir vertinimas

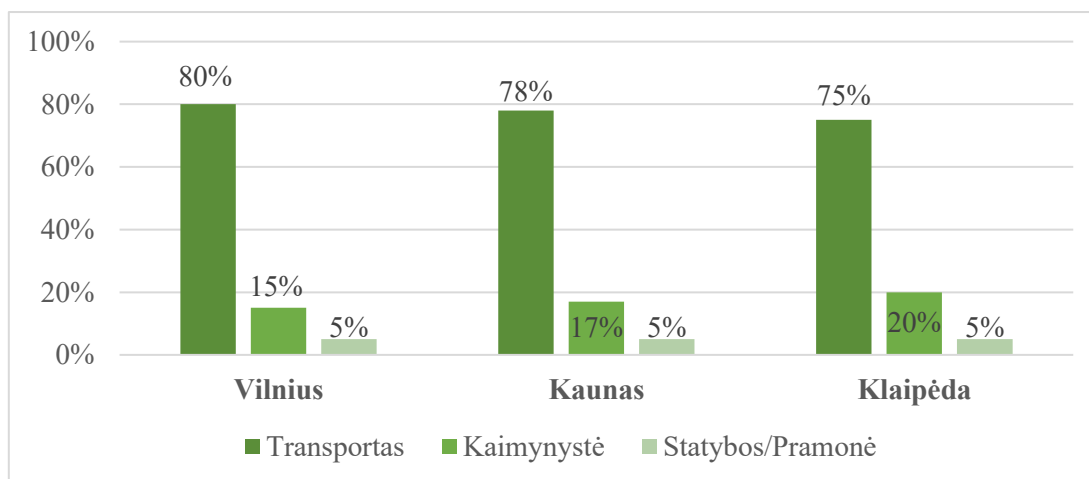
Tyrimo rezultatų analizė pradėta nuo informacijos šaltinių atrankos proceso, vykdyto pagal PRISMA gairių principus (1 pav.). Schema apibendrina tyrimo logiką – nuo literatūros ir dokumentų paieškos iki atrinktų šaltinių, tiesiogiai susijusių su triukšmo lygio ir mažinimo priemonių analize. Šis procesas leido susisteminti informaciją ir užtikrinti tyrimo pagrįstumą.



1 pav. Informacijos šaltinių atrankos procesas pagal PRISMA gairių principus

Šaltinis: sudaryta autorių remiantis PRISMA gairėmis (Page et al., 2021)

Analizuojant Vilniaus (2022), Kauno (2022) ir Klaipėdos (2023) savivaldybių triukšmo valdymo veiksmų planų duomenis nustatyta, kad pagrindiniai triukšmo šaltiniai urbanizuotose gyvenamosiose zonose yra transportas, kaimynystės veikla bei pramonės ir statybų veikla (žr. 2 pav.). Transporto triukšmas, sudarantis apie 75–80 % visos triukšmo taršos, yra nuolatinis, didelio intensyvumo ir daro didžiausią poveikį gyventojų sveikatai. Jį lemia automobilių srautai, geležinkelio eismas bei kai kuriose vietovėse oro uostų veikla. Kaimynystės triukšmas paprastai yra lokalus, priklauso nuo gyventojų elgsenos ir komercinės veiklos tankiai apgyvendintuose rajonuose, o pramonės bei statybų triukšmas dažniausiai laikinas, tačiau gali sukelti reikšmingus pikinius triukšmo epizodus.

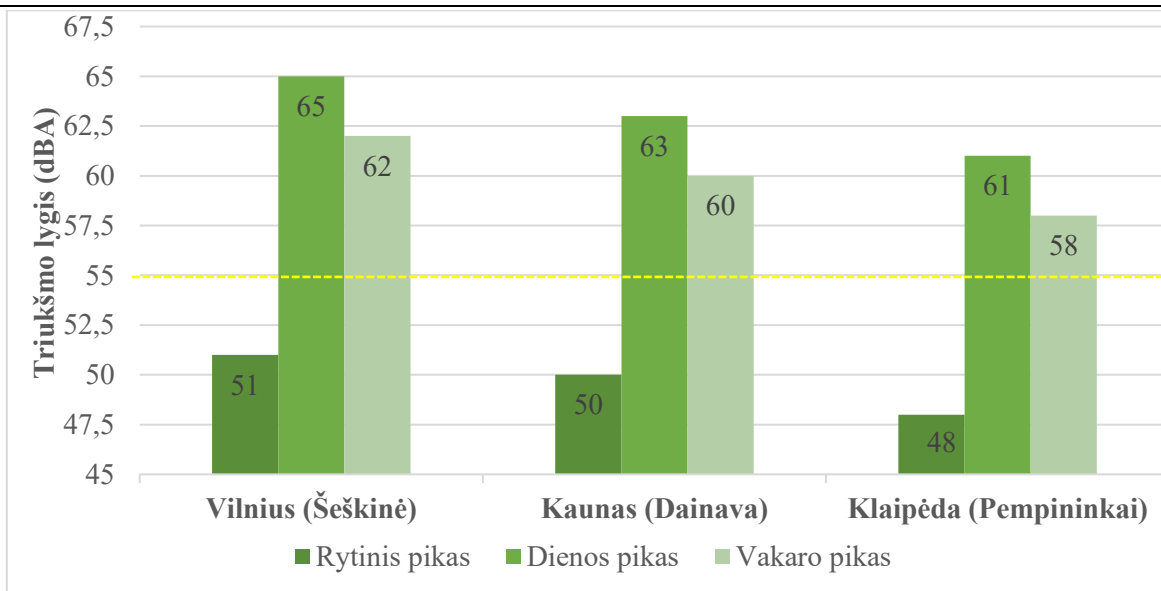


2 pav. Triukšmo šaltinių pasiskirstymas (%) Lietuvos didžiuosiuose miestuose

Šaltinis: sudaryta autorių remiantis Vilniaus (2022), Kauno (2022) ir Klaipėdos (2023) savivaldybių triukšmo monitoringo duomenimis.

Triukšmo šaltinių struktūrą lemia urbanistiniai ypatumai. Vilniuje didelį indėlį turi intensyvūs automobilių srautai radialinėse miesto arterijose bei oro transportas; Kaune – tranzitiniai srautai per magistrales A1 ir A6 bei pramonės zonos Petrašiūnuose ir Aleksote; Klaipėdoje – uosto operacijos ir su jomis susijęs krovinių transportas bei geležinkelio koridoriai.

Remiantis triukšmo monitoringo ataskaitomis, didžiausi triukšmo lygiai fiksuojami Vilniuje, ypač prie intensyvaus eismo arterijų, vedančių į miesto centrą. Kaune vidutiniai triukšmo lygiai šiek tiek mažesni, tačiau taip pat viršija higienos normas, ypač šalia magistralių. Klaipėdoje vidutiniai lygiai kiek žemesni, tačiau situaciją blogina uosto ir geležinkelio veikla. 3 pav. pateikiami vidutinio triukšmo lygio palyginimo gyvenamosiose zonose greta pagrindinių arterijų rezultatai.



3 pav. Vidutinio triukšmo lygio palyginimas gyvenamosiose zonose greta pagrindinių arterijų. Geltona punktyrinė linija žymi Lietuvos higienos normoje HN 33:2011 nustatytą leidžiamą dienos triukšmo ribinę vertę gyvenamosiose teritorijose – 55 dBA.

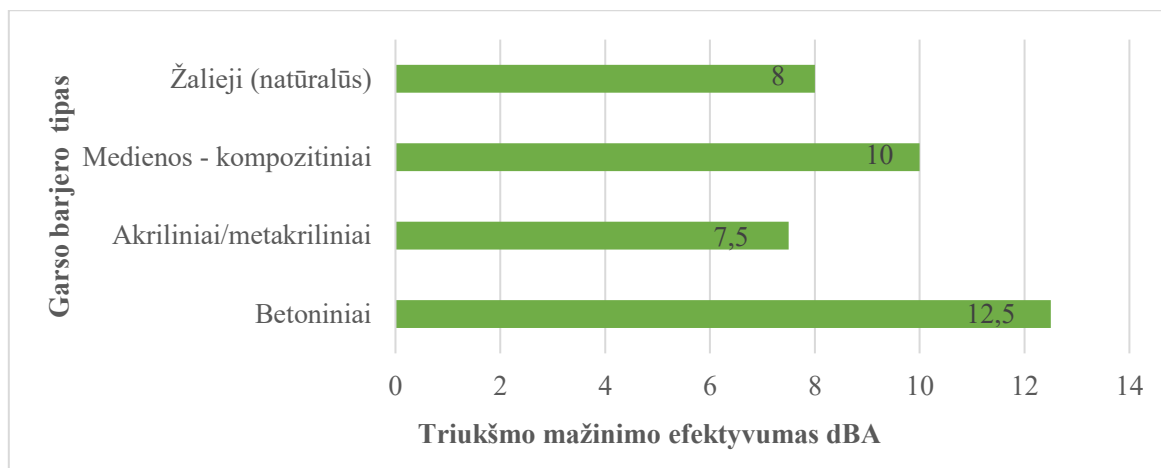
Šaltinis: sudaryta autorių remiantis Vilniaus (2022), Kauno (2022) ir Klaipėdos (2023) triukšmo stebėsenos ataskaitomis.

Kaip matyti iš 3 paveikslo, visų trijų didmiesčių triukšmo lygiai dienos, vakaro metu viršija Lietuvos higienos normoje HN 33:2011 nustatytas ribines vertes — 55 dBA dieną, 50 dBA vakare ir 45 dBA naktį — vidutiniškai 5–15 dBA. Tai rodo, kad taikomos triukšmo valdymo priemonės nėra pakankamai veiksmingos. Gauti rezultatai patvirtina, kad transporto sektorius išlieka pagrindiniu triukšmo šaltiniu visuose didmiesčiuose, o veiksmingas triukšmo mažinimas turi būti siejamas su integruotų technologinių ir urbanistinių sprendinių diegimu.

3. Triukšmo mažinimo priemonių analizė

Triukšmo mažinimo priemonės skirstomos į technologines, architektūrinės ir planavimo. Lietuvos didmiesčių triukšmo valdymo planuose numatytos įvairios techninės ir urbanistinės priemonės, įskaitant konkrečius sprendinius kiekviename mieste. Vilniuje taikomi triukšmo barjerai šalia Tūkstantmečio gatvės ir Geležinio Vilko prospekto, įrengiamos porėtos asfalto dangos bei formuojamos želdynų juostos ties Konstitucijos prospektu. Kaune diegiamos eismo ramino priemonės Aleksote ir Vilijampolėje, įrengiamos tyliojo asfalto dangos atkarpos Savanorių prospekte, taip pat taikomos akustinės fasadų renovacijos priemonės šalia A1 magistralės. Klaipėdoje esminį vaidmenį atlieka uosto veiklos sukeliama triukšmo valdymas: diejami mobilūs ir stacionarūs barjerai prie krovos terminalų, įrengiami žalieji ekranai Minijos gatvėje, o geležinkelio sankasos triukšmas mažinamas pušynų apsauginėmis juostomis. Tačiau šių priemonių taikymo mastas ir veiksmingumas skiriasi priklausomai nuo miesto urbanistinės struktūros ir finansinių galimybių.

Garso barjerai. Tai viena iš efektyviausių priemonių transporto triukšmui mažinti. Jų efektyvumas priklauso nuo konstrukcijos, aukščio, medžiagos ir atstumo nuo šaltinio (žr. 4 pav.).



4 pav. Skirtingų tipų garso barjerų triukšmo mažinimo efektyvumas (dBA)

Šaltinis: sudaryta autorių remiantis Van Renterghem (2018) ir Lietuvos automobilių kelių direkcijos (2021) duomenimis.

Skirtingų tipų garso barjerų medžiagų savybės, efektyvumas ir jų privalumai bei trūkumai pateikti 3 lentelėje. Ši informacija leidžia palyginti, kokie barjerai yra tinkamiausi skirtingų urbanistinių sąlygų kontekste.

3 lentelė. Garso barjerų tipai ir jų pagrindinės charakteristikos. (Šaltinis: sudaryta autorių remiantis Van Renterghem (2018) ir Lietuvos automobilių kelių direkcijos (2021) duomenimis)

Barjero tipas	Efektyvumas (dBA)	Pagrindiniai privalumai	Pagrindiniai trūkumai
Betoniniai	10–15	Patvarūs, ilgaamžiai	Brangūs, neestetiški
Akriliniai/metakriliniai	5–10	Skaidrūs, išlaiko regimumą	Trapūs, brangūs
Medienos-kompozitiniai	8–12	Gamtinis vaizdas, integruojami į aplinką	Reikalauja priežiūros
Žalieji (augaliniai)	6–10	Ekologiški, estetiški, sulaiko dulkes	Ilgas augimo laikas

Kaip matyti iš 3 lentelėje pateiktų duomenų, didžiausiu triukšmo sumažinimo efektyvumu pasižymi betoniniai barjerai, kurie gali sumažinti triukšmo lygį 10–15 dBA. Nors jie ilgaamžiai ir patvarūs, jų pagrindinis trūkumas – menka estetinė išraiška. Skaidrūs akriliniai barjerai užtikrina mažesnę, 5–10 dBA, efektą, tačiau yra vizualiai lengvesni ir tinkami vietovėse, kuriose svarbus kraštovaizdžio neužtamsinimas. Medienos–kompozito barjerai sukuria natūresnę vaizdą ir užtikrina 8–12 dBA sumažinimą, tačiau reikalauja daugiau priežiūros. Žalieji barjerai, nors ir pasiekia 6–10 dBA efektą, išsiskiria ekologiškumu ir papildo miesto žaliąją infrastruktūrą, tačiau jiems būdingas ilgesnis įrengimo ir augimo ciklas.

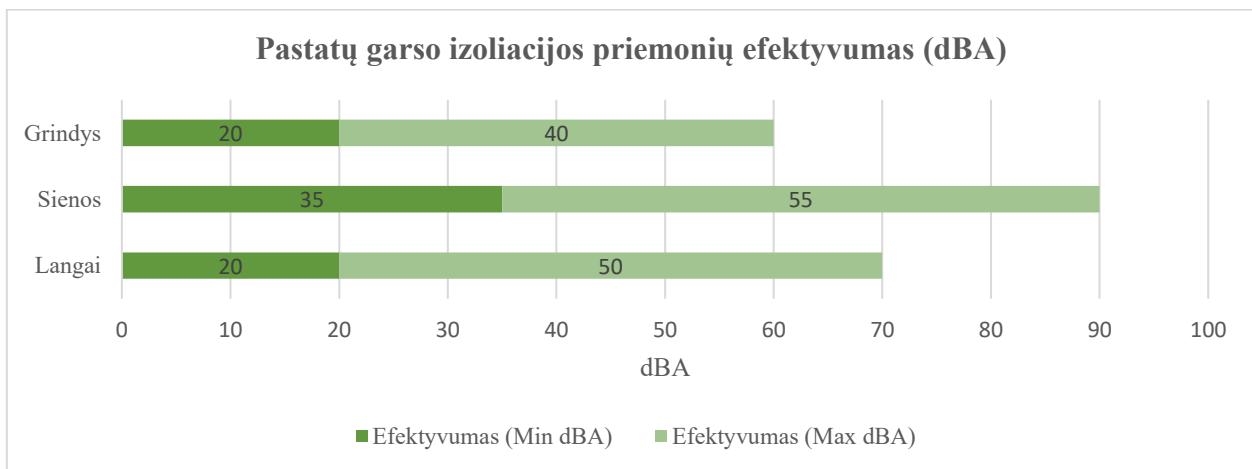
Žalioji infrastruktūra. Ji apima gamtinius elementus – medžius, krūmus, žaliuosius stogus ir sienas – kurie kartu atlieka triukšmo mažinimo, oro valymo ir mikroklimato gerinimo funkcijas. Žaliosios infrastruktūros priemonių efektyvumas triukšmo mažinimui apibendrintas 4 lentelėje.

4 lentelė. Žaliosios infrastruktūros priemonių poveikio santrauka (Šaltinis: sudaryta autorių remiantis European Environment Agency (2020) ir Europos Komisija (2019) duomenimis)

Priemonė	Triukšmo mažinimo efektas	Papildomos naudos
Žalieji stogai	4–8 dBA (5–40 % garso bangų sugėrimas)	Šilumos izoliacija, lietaus vandens kaupimas
Žaliosios sienos	3–5 dBA	Miesto mikroklimato gerinimas
Želdynai (medžių juostos)	6–10 dBA	Dulkėtumo ir karščio mažinimas, biologinė įvairovė

Kaip matyti iš 4 lentelėje pateiktų duomenų, žaliosios infrastruktūros priemonės, nors ir pasižymi vidutiniu triukšmo mažinimo efektu (3–10 dBA), suteikia papildomų aplinkosauginių ir socialinių naudų. Žalieji stogai padeda gerinti pastatų energinį efektyvumą ir reguliuoti lietaus nuotekas, žaliosios sienos gerina mikroklimatą tankiai užstatytose teritorijose, o medžių juostos efektyviai mažina triukšmo sklaidą ir didina biologinę įvairovę. Tai rodo, kad žalioji infrastruktūra yra daugiafunkcė priemonė, svarbi ne tik triukšmo kontrolei, bet ir bendrai miesto aplinkos kokybei.

Garso izoliacijos technologijos pastatuose. Tai pasyvi priemonė, sauganti gyventojus nuo išorinio triukšmo poveikio. Didžiausią reikšmę triukšmo mažinimui turi langų sandarumas, sienų konstrukcijos ir grindų sprendimai. Standartiniai dvigubi stiklo paketai (4-16-4) sumažina triukšmą apie 25–35 dBA, o specialūs triukšmą slopinantys langai – iki 50 dBA. Išorinės sienos, priklausomai nuo konstrukcijos medžiagos ir izoliacijos storio, gali sulaikyti 35–55 dBA triukšmo. „Plaukiojančių grindų“ konstrukcijos, naudojančios elastingus tarpsluoksnius, efektyviai mažina smūginį triukšmą ir gali sumažinti jo lygį 20–40 dBA ribose. Šių priemonių efektyvumas apibendrintas 5 paveiksle.



5 pav. Pastatų garso izoliacijos priemonių efektyvumas

Šaltinis: sudaryta autorių remiantis Basner ir kt. (2014) bei Lietuvos automobilių kelių direkcija (2021).

Kaip matyti iš 5 paveiksle pateiktų duomenų, didžiausią triukšmo slopinimo efektą užtikrina specializuoti akustiniai stiklų paketai, galintys sumažinti triukšmą iki 50 dBA. Išorinės sienos, priklausomai nuo konstrukcijos ir izoliacinių medžiagų sluoksnio, sulaiko 35–55 dBA, todėl yra viena svarbiausių pastato apsaugos nuo triukšmo dalių. Tuo tarpu plaukiojančių grindų konstrukcijos efektyviai mažina smūginį triukšmą (20–40 dBA), kuris ypač aktualus daugiabučių gyvenamuosiuose pastatuose. Šie duomenys rodo, kad pastato konstrukciniai sprendiniai turi reikšmingą poveikį vidaus akustinei aplinkai, o tinkamai parinktos garso izoliacijos priemonės gali ženkliai sumažinti išorinio triukšmo poveikį gyventojų gyvenimo kokybei.

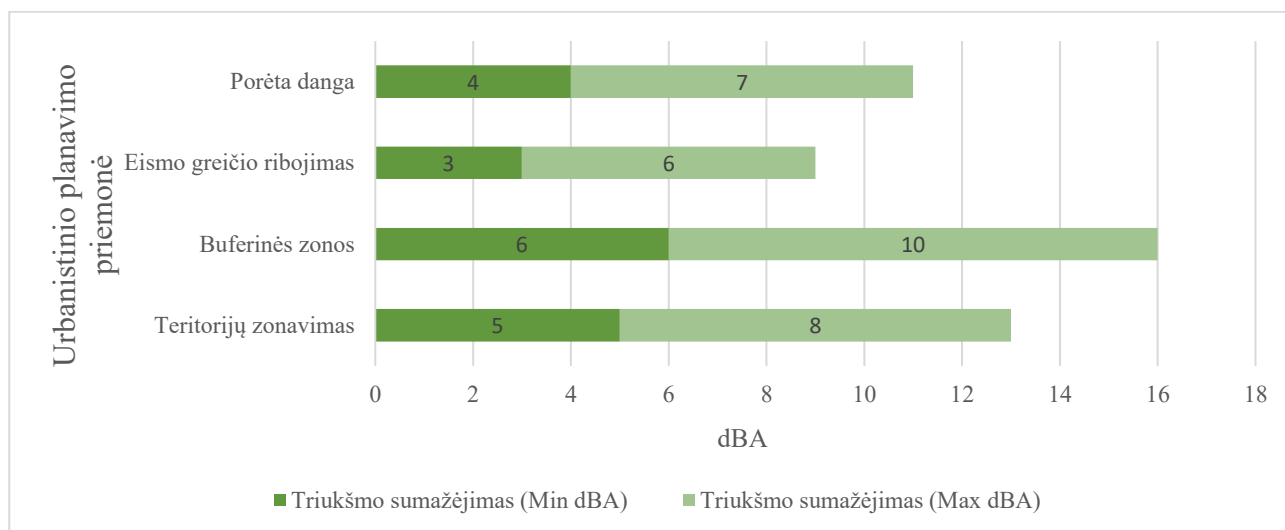
Urbanistinis planavimas kaip ilgalaikė strategija. Tai yra ilgalaikė triukšmo prevencijos priemonė, leidžianti išvengti triukšmo šaltinių poveikio dar planavimo etape, o ne spręsti problemą jau ją atsiradus. Tinkamai suplanuota miesto struktūra leidžia sumažinti triukšmo sklaidą tarp funkcinių zonų ir užtikrina gyventojų sveikatos apsaugą.

Vienas pagrindinių sprendimų – teritorijų zonavimas, kai aiškiai atskiriamos gyvenamosios, komercinės ir pramoninės zonos. Tokia diferenciacija leidžia apriboti triukšmo šaltinių (transporto, pramonės) artumą prie gyvenamųjų teritorijų. Ši priemonė, taikoma dar teritorijų planavimo etape, gali sumažinti aplinkos triukšmą 5–8 dBA.

Kitas svarbus aspektas – buferinių zonų kūrimas, tarp triukšmingų transporto arterijų ir gyvenamųjų kvartalų. Tokios zonos formuojamos naudojant želdynus, mažo aukštingumo pastatus ar viešąsias erdves. Žaliosios buferinės zonos ne tik mažina triukšmą iki 10 dBA, bet ir gerina oro kokybę bei mikroklimatą.

Efektyvų rezultatą duoda ir eismo greičio ribojimas iki 30–50 km/val., kuris mažina riedėjimo triukšmą, kylantį nuo padangų trinties į dangą. Šią priemonę rekomenduoja Pasaulio sveikatos organizacija (WHO, 2018), nes ji gali sumažinti triukšmą 3–6 dBA tankiai apgyvendintose gatvėse.

Be to, porėtos dangos (pvz., „tylus asfaltas“) mažina garso atspindžius ir papildomai slopina triukšmą 4–7 dBA. Apibendrintai šių priemonių poveikis pateikiamas 6 paveiksle.



6 pav. Urbanistinio planavimo priemonių poveikis triukšmo mažinimui

Šaltinis: sudaryta autorės remiantis Vilniaus (2022), Kauno (2022) ir Klaipėdos (2023) triukšmo valdymo planų duomenimis.

Tyrimo rezultatai rodo, kad kompleksinis planavimo priemonių taikymas leidžia pasiekti didžiausią ilgalaikį poveikį, ypač kai technologinės ir žaliosios priemonės integruojamos į teritorijų planavimo sprendinius.

4. Suvestinė SWOT analizė

Norint įvertinti triukšmo mažinimo priemonių taikymo galimybes urbanizuotose teritorijose, atlikta suvestinė SWOT analizė, kurioje apibendrintos keturių, dažniausiai taikomų urbanizuotose teritorijose, priemonių grupių – garso barjerų, žaliosios infrastruktūros, garso izoliacijos ir urbanistinio planavimo – stiprybės, silpnybės, galimybės ir grėsmės (žr. 5 lentelė). Analizė leidžia įvertinti ne tik technologinių, bet ir planavimo sprendinių įgyvendinimo potencialą bei kliūtis Lietuvos miestų kontekste.

5 lentelė. Triukšmo mažinimo priemonių grupių SWOT analizė (Šaltinis: sudaryta autorių remiantis tyrimo duomenimis ir literatūros analize)

Priemonių grupė	Stiprybės	Silpnybės	Galimybės	Grėsmės
Garso barjerai	Didelis efektyvumas, greitas įrengimas	Brangūs, mažina estetiką	Derinami su želdynais	Finansavimo trūkumas
Žalioji infrastruktūra	Ekologiška, daugiafunkcė, vizualiai patraukli	Reikalauja laiko, priežiūros	Pagerina mikroklimatą	Ribotas plotas miestuose
Garso izoliacija	Aukštas efektyvumas, tinka renovacijai	Brangi, būtinas sandarumas	Tinka senų pastatų modernizacijai	Mažas gyventojų informuotumas
Urbanistinis planavimas	Ilgalaikis, prevencinis poveikis	Lėtas įgyvendinimas	Integruojamas į plėtros planus	Politiškumo ir koordinavimo trūkumas

Analizės rezultatai parodė, kad didžiausias potencialas slypi **žaliosios infrastruktūros** ir **urbanistinio planavimo** sprendiniuose, nes šios priemonės turi ilgalaikį poveikį ir papildomą aplinkosauginę bei socialinę naudą. Tuo tarpu **technologinės priemonės** (garso barjerai, garso

izoliacija) suteikia greitesnę, bet brangesnę efektą, kurio įgyvendinimas priklauso nuo finansavimo ir institucinio koordinavimo.

Tyrimo rezultatai atskleidė, kad transporto triukšmas sudaro didžiausią aplinkos triukšmo dalį Lietuvos didmiesčiuose – vidutiniškai apie 75–80 %. Efektyviausios jo mažinimo priemonės yra garso barjerai ir žalioji infrastruktūra, kurios užtikrina reikšmingą triukšmo lygio sumažėjimą gyvenamosiose zonose – vidutiniškai 5–15 dBA. Technologiniai sprendimai suteikia greitą, bet brangų efektą, o urbanistinio planavimo priemonės užtikrina ilgalaikį rezultatą, reikalaujantį integracijos į miestų strateginius plėtros planus, ir gali sumažinti triukšmo lygį vidutiniškai dar 3–8 dBA.

Atlikta SWOT analizė parodė, kad pagrindinės triukšmo lygio gyvenamosiose zonose mažinimo galimybės siejamos su žaliųjų sprendinių integracija ir kompleksinių priemonių taikymu. Galimas triukšmo lygio mažinimo efektas, taikant kompleksinį priemonių derinį, gali siekti iki 10–20 dBA. Tačiau taikant žaliuosius infrastruktūros sprendinius susiduriama su svarbiausiais iššūkiais, susijusiais su finansiniais apribojimais bei institucinio koordinavimo stoka. Gauti rezultatai pagrindžia būtinybę taikyti integruotą triukšmo valdymo modelį, apimančią technologines, planavimo ir edukacines priemones, taip pat užtikrinantį nuolatinį triukšmo monitoringo ir prevencijos sistemos tobulinimą.

Išvados

1. Transporto triukšmas sudaro didžiausią aplinkos triukšmo dalį (75–80 %) tirtuose Lietuvos didmiesčiuose, o jo lygis gyvenamosiose zonose daugeliu atvejų viršija nustatytas higienos normas vidutiniškai 5–15 dBA.
2. Efektyviausios triukšmo mažinimo priemonės yra garso barjerai ir žalioji infrastruktūra, kurios užtikrina reikšmingą triukšmo lygio sumažėjimą gyvenamosiose zonose (vidutiniškai 5–15 dBA, priklausomai nuo priemonės tipo).
3. Technologiniai sprendimai suteikia greitą, bet brangų efektą, o urbanistinio planavimo priemonės užtikrina ilgalaikį rezultatą, reikalaujantį integracijos į miestų strateginius plėtros planus. Urbanistinio planavimo priemonės gali sumažinti triukšmo lygį papildomai 3–8 dBA.
4. Pagrindinės triukšmo lygio mažinimo urbanizuotose teritorijose galimybės siejamos su žaliųjų sprendinių integracija ir kompleksinių priemonių taikymu, o svarbiausi iššūkiai – finansiniai apribojimai bei institucinio koordinavimo stoka. Kompleksinis priemonių taikymas gali sumažinti triukšmo lygį iki 10–20 dBA.
5. Siekiant tvaraus rezultato, būtina taikyti integruotą triukšmo valdymo modelį, apimančią technologines, planavimo ir edukacines priemones bei užtikrinantį nuolatinį triukšmo monitoringo ir prevencijos sistemos tobulinimą.

Literatūros sąrašas

1. Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). *Auditory and non-auditory effects of noise on health*. *The Lancet*, 383(9925), 1325–1332.
2. European Environment Agency. (2020). *Environmental noise in Europe 2020*. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe>
3. Europos Komisija. (2019). *The Environmental Noise Directive 2002/49/EC and its implementation*. European Commission.
4. Kauno miesto savivaldybė. (2022). *Triukšmo valdymo veiksmų planas 2022–2027 m.* Kauno miesto savivaldybė.
5. Klaipėdos miesto savivaldybė. (2023). *Triukšmo valdymo veiksmų planas 2023–2028 m.* Klaipėdos miesto savivaldybė.
6. Lietuvos automobilių kelių direkcija. (2021). *Triukšmo mažinimo priemonės keliuose*. Lietuvos Respublikos susisiekimo ministerija.
7. Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija. (2011). *Lietuvos higienos norma HN 33:2011 „Akustinės aplinkos triukšmo ribiniai dydžiai“*. Valstybės žinios, Nr. 161-7646.

8. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., & Moher, D. (2021). *The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews*. *Systematic Reviews*, 10(1), 1–11.
9. Van Renterghem, T. (2018). *Guidelines for optimizing road traffic noise shielding by non-deep noise barriers*. *Applied Acoustics*, 140, 16–26.
10. Vilniaus miesto savivaldybė. (2022). *Triukšmo valdymo veiksmų planas 2022–2027 m.* Vilniaus miesto savivaldybė.
11. World Health Organization. (2018). *Environmental noise guidelines for the European Region*. WHO Regional Office for Europe.

ASSESSMENT OF NOISE LEVELS, KEY SOURCES, AND MITIGATION STRATEGIES IN URBAN RESIDENTIAL AREAS

Laura Žalienė, Ingrida Pliopaitė Bataitienė

*Utenos kolegija Higher Education Institution,
Maironio str. 18, Utena, Lithuania*

Summary

The article analyses noise levels in residential areas of urbanized territories, identifies the main sources of noise, and evaluates the effectiveness of mitigation measures. The study applies a systematic review of scientific literature, legal acts, and noise management plans of Lithuania's major cities—Vilnius, Kaunas, and Klaipėda—following the PRISMA methodology to ensure a transparent and evidence-based selection process.

The results reveal that transport infrastructure is the dominant source of environmental noise, accounting for approximately 75–80% of total pollution. Monitoring data show that noise levels near main transport arteries in residential zones exceed the limits set by the national hygiene norm (HN 33:2011) by 5–15 dBA, posing long-term health risks such as cardiovascular disorders and sleep disturbances. The most effective mitigation measures include the installation of sound barriers and the application of green infrastructure solutions, both of which significantly reduce noise intensity in urban environments. Technological solutions provide immediate but costly results, while urban planning measures—such as zoning, acoustic buffer zones, and the use of low-noise pavements—ensure long-term effectiveness through sustainable city development.

The SWOT analysis highlights that the greatest potential lies in integrating green and complex solutions, while the main challenges remain financial limitations and insufficient institutional coordination. The findings emphasize the need for an integrated noise management model that combines technological, planning, and educational measures, ensuring continuous improvement of noise monitoring and prevention systems.

Keywords: noise level, noise sources, health impact, noise mitigation, urban planning, residential areas, green infrastructure.