

TRANSPORTO SUKELIAMO TRIUKŠMO SKLAIDOS TRAKŲ MIESTE MODELIAVIMAS IR VERTINIMAS

Tomas VILNIŠKIS¹, Tomas JANUŠEVIČIUS²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva
El. paštas: ¹tomasviln@gmail.com; ²tomas.januševičius@vgtu.lt

Santrauka. Viena didžiausių problemų miestuose – tai vis didėjančių transporto srautų sukeltas triukšmas ir jo sklaida aplinkoje. Yra nustatyta, kad aplinkos triukšmas gali sukelti ne tik nepatogumų, tačiau ir kenkti sveikatai. Todėl triukšmo sklaida aplinkoje yra aktuali aplinkosaugos problema. Šiame straipsnyje vertinama transporto triukšmo sklaida, atsižvelgiant į transporto srautus Trakų mieste. Parinktose vietose šiaurinėje ir pietinėje miesto dalyse yra išmatuojami ekvivalentiniai ir didžiausieji garso lygiai. Pagal apskaičiuotus transporto srautus dienos, vakaro ir nakties metu, naudojant *CadnaA* programą, sudaromas triukšmo sklaidos žemėlapis. Žemėlapiuose pavaizduota triukšmo sklaida dienos, vakaro ir nakties metu. Atlikus matavimus, buvo nustatyta, jog didžiausios triukšmo vertės yra prie pagrindinių kelių. Pietinėje miesto dalyje, šalia Gedimino gatvės, ekvivalentinis garso lygis dienos metu siekia 60 dB, vakaro – 54 dB, nakties – 48 dB. Šiaurinėje miesto dalyje didžiausi triukšmo lygiai buvo prie Karaimų gatvės, kur ekvivalentinis garso lygis dienos metu siekė 59 dB, vakaro metu buvo 54 dB, nakties metu 51 dB. Atlikus modeliavimą, gautos garso lygio vertės buvo panašios kaip ir išmatuotos, skirtumai tarp sumodeliuotų ir išmatuotų verčių buvo iki 4 dB.

Reikšminiai žodžiai: garso lygis, transporto triukšmas, triukšmo sklaida, modeliavimas.

Įvadas

Aplinkos triukšmas pastaraisiais metais yra vis svarbesnė pasaulinė problema – daugiausia dėl didelių transporto srautų miestuose. Transportas prisideda ne tik prie augančių šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų, bet ir vis didėjančios triukšmo sklaidos miestuose (Bastian-Monarca *et al.* 2016). Transporto srautų didėjimas yra opi problema daugelyje miestų. Automobilių transportas yra specifinis taršos šaltinis, jis yra dinamiškas, todėl apima visas miesto teritorijas, gyvenamąsias ir pramonines, miestų centrus, ligoninių ir sanatorių teritorijas, taip pat rekreacines zonas (Vaišis, Januševičius 2009). Daugelyje miestų vidutinis triukšmo lygis pakyla 1–3 dB per metus ir prognozuojama, kad per 15 metų jis padvigubės (Baltrėnas *et al.* 2010). Transporto keliai yra sudėtingi inžineriniai statiniai, jiems keliami vis didesni reikalavimai. Kai kuriose šalyse nuo 2000 m. dėl technologinių sprendimų, kelio dangos keitimo, triukšmo barjerų įrengimo ir transporto srautų reguliavimo triukšmo lygis sumažėjo. Nepaisant to, manoma, kad triukšmo lygiai artimiausiais dešimtmečiais dėl transporto tik didės, nebent būtų imtasi papildomų priemonių (Staatsen *et al.* 2004).

Pagrindiniai transporto priemonių triukšmo šaltiniai yra varikliai, padangos, besiliečiančios su asfaltu, jėgos perdavimo mechanizmai, daug įtakos triukšmui turi

kelio tipas, jo sudėtis, transporto greitis ir intensyvumas (Gražulevičienė, Bendokienė 2009). Prie transporto sukeltam triukšmui taip pat gali būti priskiriamas geležinkelio bei orlaivių triukšmas. Garso sklaidimui įtakos turi šaltinio tipas, atstumas nuo triukšmo šaltinio, teritorijos paviršius, meteorologinės sąlygos (vėjas, temperatūra, drėgmė, krituliai), atspindinčios kliūtys, ekranavimas (kliūtys kaip barjerai ir pastatai) (Lekavičiūtė 2007; Jensen *et al.* 2002).

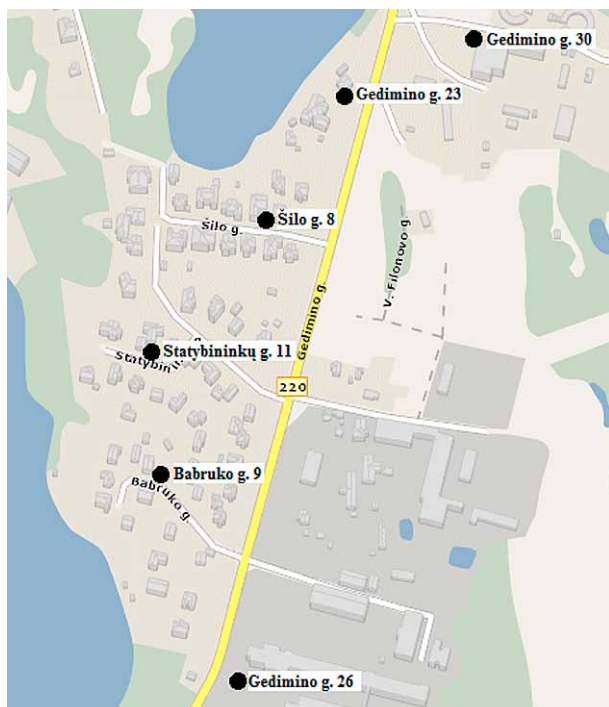
Per 30 proc. Europos Sąjungos populiacijos (apie 120 milijonų gyventojų) yra veikiamas didesnis nei 55 dB(A) kelių transporto triukšmo. Daug žmonių miego metu yra varginami tokių garso lygių (Lekavičiūtė 2007). Ekvivalentiniai triukšmo lygiai dienos metu, viršijantys 65 dBA, yra nepriimtini. Kadangi daugelis gyvenamųjų rajonų yra pastatyti toliau nuo kelių, ten triukšmo lygis svyruoja tarp 55 ir 65 dBA (Zannin *et al.* 2013). Dėl nuolatinio triukšmo gali sutrikti miegas, sumažėti darbingumas (Stanfeld *et al.* 2000), pablogėti psichinė ir fizinė žmonių sveikata (Babisch 2005), kilti stresas. Minėti nuolatinio triukšmo sukelti padariniai turi įtakos įvairių žmogaus organizmo reakcijų kitimams, tarp jų ir homeostazės pakitimams. Ilgainiui atsiranda širdies ritmo, raumenų tonuso, smegenų elektrinio aktyvumo pokyčių, didėja emocinė įtampa, kurią lydi hipertenzija ir išeminė širdies liga (Tamošiūnas *et al.* 2005). Triukšmo įtaka žmogaus

organizmui priklauso nuo triukšmo intensyvumo, dažnio, veikimo trukmės, taip pat nuo individualių žmogaus savybių – amžiaus, sveikatos, triukšmo jautrumo (Paulauskas, Klimas 2011). Pasak Pasaulinės sveikatos organizacijos parengtos ataskaitos, triukšmo tarša po oro taršos yra antra didžiausia aplinkosauuginė problema, kenkianti sveikatai ir yra atsakinga už 50 000 žmones išstinkančių širdies smūgių Europoje kiekvienais metais (WHO 2011).

Trakai – miestas Vilniaus apskrityje. Trakų miesto plotas – 11,5 km². 2011 metų duomenimis, Trakuose gyveno 4933 žmonės. Gyventojų tankumas – 429 žm/km². Triukšmingiausi transporto mazgai yra Trakų miesto teritorijos pietinėje dalyje. Šioje teritorijoje yra traukinių stotis, taip pat eina magistralinis kelias A16, jungiantis Vilnių ir Marijampolę, bei krašto kelias 220, jungiantis Trakus ir Alytų. Didelė dalis transporto yra nukreipiama į krašto kelią 107, jungiantį Trakus ir Vievjį.

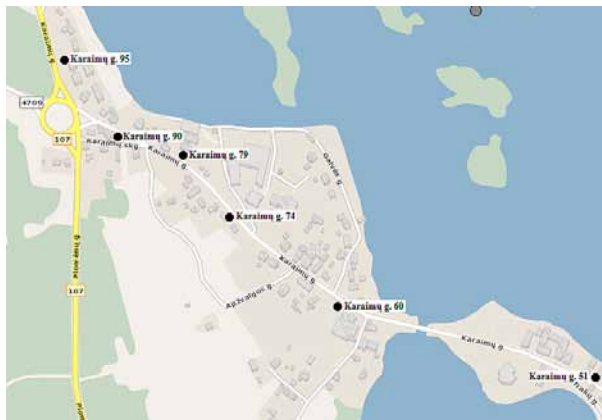
Metodika

Triukšmo tyrimų tikslas – išanalizuoti triukšmo sklaidą Trakų miesto teritorijoje ir atlikti triukšmo sklaidos modeliavimą. Trakų miesto triukšmo sklaidai matuoti ir modeliuoti buvo pasirinktos pietinė ir šiaurinė miesto dalys. Pietinėje dalyje matavimai buvo atlikti prie krašto kelio 220, jungiančio Trakus ir Alytų. Triukšmo matavimo vietos buvo išdėstytos 6 vietose, siekiant įvertinti transporto sukeliama triukšmo sklaidą į gyvenamąją teritoriją. Triukšmas vertintas šiose vietose (1 pav.): Gedimino g. 30, Gedimino g. 23, Šilo g. 8, Statybininkų g. 11, Babruko g. 9 ir Gedimino g. 26.



1 pav. Triukšmo matavimo vietos pietinėje miesto dalyje
Fig. 1. Noise level measurement points in the southern part of the city

Šiaurinėje miesto dalyje matavimai buvo atlikti įvertinant Karaimų gatve važiuojančio transporto keliamo triukšmo sklaidą į gyvenamąją teritoriją. Triukšmo lygiai buvo išmatuoti šiose vietose (2 pav.): Karaimų g. 95, Karaimų g. 90, Karaimų g. 79, Karaimų g. 74, Karaimų g. 60 ir Karaimų g. 51.



2 pav. Triukšmo matavimo vietos šiaurinėje miesto dalyje
Fig. 2. Noise level measurement points in the northern part of the city

Triukšmo lygiai buvo matuojami po 20 minučių kiekvienoje vietoje, skaičiuojant lengvųjų ir sunkiasvorių automobilių kiekį. Matavimai buvo atlikti dienos, vakaro ir nakties metu. Garso slėgio lygių matavimų rezultatai gyvenamoje teritorijoje palyginami su leidžiamomis triukšmo lygio vertėmis, nurodytomis Lietuvos higienos normoje HN 33:2011. Gyvenamųjų pastatų (namų) ir visuomeninės paskirties pastatų (išskyrus maitinimo ir kultūros paskirties pastatus) aplinkoje, veikiamoje transporto sukeliama triukšmo, ekvivalentinio garso slėgio lygio vertės negali viršyti 65 dB dienos metu, 60 dB vakaro metu ir 55 dB nakties metu. Didžiausiojo garso slėgio lygio vertės negali viršyti 70 dB dienos metu, 65 dB vakaro metu ir 60 dB nakties metu.

Pradedant triukšmo matavimus, nustatomos meteorologinės sąlygos – temperatūra, oro drėgmė, slėgis, vėjo greitis ir vėjo kryptis. Esant didesniai nei 1 m/s vėjo greičiui, ant mikrofono turi būti uždedamas specialus gaubtas.

Triukšmo matavimams naudojamas danų gamybos, pirmos klasės precizinis garso analizatorius *Bruel&Kjaer* 2260. Jis gali matuoti ekvivalentinio bei plačiajuosčio triukšmo parametrus. Prietaisu registruojamas nuo 6,3 Hz iki 20 kHz dažnio triukšmas (Baltrėnas, Puzinas 2009). Santykinė matavimo paklaida $\pm 1,5\%$. Matavimai atliekami 4 metrų aukštyje.

Triukšmo sklaidai modeliuoti buvo naudojama *DataKustik* kompanijos sukurta programa *CadnaA*. Kiekvienoje dalyje yra pažymimi namai, nurodomi jų aukščiai, pažymimos gatvės, nurodant kelio tipą, jo charakteristikas bei lengvojo ir sunkiasvorio transporto kiekius.

Trakų miesto teritorijoje, kurioje buvo atlikti matavimai, vyrauja privatūs 2–3 aukštų namai. Jų aukštis siekia 7–10 metrų. Pagrindinės gatvės, kuriose vyksta intensyviausias eismas, buvo dviejų juostų. Gedimino gatvės plotis yra 11 metrų, Karaimų gatvės plotis 9 metrai. Kitos gatvės buvo siauresnės, jų plotis siekė 5–7 metrus. Transporto srautas Gedimino gatvėje dienos metu per vieną valandą buvo 120 automobilių, iš kurių 15 % sunkiasvorių, vakaro metu 34 automobiliai, iš kurių 12 % sunkiasvorių, ir nakties metu 19 automobilių, iš kurių 2 % sunkiasvorių. Karaimų gatvėje transporto srautas per valandą dienos metu buvo 36 automobiliai, iš kurių 4 % sunkiasvorių, vakaro metu 17 automobilių, iš kurių 3 % sunkiasvorių, nakties metu 7 automobiliai, iš kurių 1 % sunkiasvorių. Krašto kelio 220 intensyvumas dienos metu buvo 80 automobilių, iš kurių 10 % sunkiasvorių, nakties metu 30 automobilių ir 8 % sunkiasvorių, nakties metu 15 automobilių, iš kurių 8 % sunkiasvorių. Kitose gatvėse eismo intensyvumas yra labai menkas, transporto srautai dienos metu neviršija 10 automobilių, vakaro metu ne daugiau kaip 5 automobiliai, nakties metu 1–2 automobiliai. Matavimai buvo atlikti spalio mėnesį. *CadnaA* programoje gali būti įvertinta ir aprašyta iki 16 mln. objektų. Triukšmas normuojamas pagal ES direktyvas. Gauti triukšmo sklaidos rezultatai gali būti pavaizduojami trimačiu vaizdu. Darbo metu galima remtis esamais triukšmo žemėlapiais. Skaičiavimo metodą gali nusistatyti vartotojas. Galima nustatyti, kokių atstumu nuo taško – gavėjo ar nuo triukšmo šaltinio – bus skaičiuojamas triukšmo sklaidimo modelis ir kokia tvarka. Nustačius laiko intervalus (diena, vakaras, naktis) ir parametrų ribines reikšmes, gali būti taikomas visokių rūšių triukšmo šaltinių reguliavimas (Baltrėnas, Puzinas 2009). Modeliavimas atliekamas 4 m aukštyje nuo žemės paviršiaus. Gavus rezultatus, buvo nustatyta, kokie garso lygiai veikia gyventojus, nustatytos vietos, kur triukšmo sklaida nuo transporto yra didžiausia, ir ar yra nustatyti viršijimai, lyginant su Lietuvos higienos norma HN 33:2011.

Rezultatai ir jų analizė

Pietinėje miesto dalyje, prie krašto kelio 220, triukšmo matavimai buvo atlikti dienos, vakaro ir nakties metu. Buvo išmatuotas ekvivalentinis nuolatinis garso slėgio lygis $L_{Aeq,nT}$ ir didžiausias akimirkinis garso slėgis L_{Amax} parinktuose taškuose. Rezultatai pateikti 1 lentelėje.

Išmatavus triukšmo lygius buvo nustatyta, kad nė vienoje matavimo vietoje ekvivalentinis nuolatinis garso slėgio lygis $L_{Aeq,nT}$ nebuvo viršytas. Didžiausia vertė dienos metu buvo nustatyta prie Gedimino g. 23 esančio namo, kur triukšmas, krintantis į fasadą, siekė 60 dB. Šioje vietoje

1 lentelė. Garso slėgio lygio matavimo rezultatai pietinėje miesto dalyje

Table 1. The sound pressure level of the measurement results in the southern part of the city

Eil. nr.	Matavimo vieta	Išmatuotas garso slėgio lygis, dB			
			L_d	L_v	L_n
Didžiausi leidžiami triukšmo ribiniai dydžiai HN 33:2011		$L_{Aeq,nT}$	65	60	55
		L_{Amax}	70	65	60
1	Gedimino g. 30	$L_{Aeq,nT}$	44	39	32
		L_{Amax}	56	53	49
2.	Gedimino g. 23	$L_{Aeq,nT}$	60	54	48
		L_{Amax}	73	67	62
3.	Šilo g. 8	$L_{Aeq,nT}$	58	53	47
		L_{Amax}	70	66	59
4.	Statybininkų g. 11	$L_{Aeq,nT}$	47	43	39
		L_{Amax}	60	57	55
5.	Babruko g. 9	$L_{Aeq,nT}$	44	40	37
		L_{Amax}	57	54	52
6.	Gedimino g. 26	$L_{Aeq,nT}$	52	46	41
		L_{Amax}	69	65	58

taip pat buvo išmatuotos didžiausios vertės vakaro ir nakties metu, atitinkamai 54 dB ir 48 dB. Mažiausiosios triukšmo lygio vertės buvo nustatytos prie Gedimino g. 30 esančio pastato. Šioje vietoje ekvivalentinis nuolatinis garso slėgio lygis dienos metu buvo 44 dB, vakaro metu – 39 dB, nakties metu – 32 dB.

Lyginant didžiausio akimirkinio garso slėgio vertes su Lietuvos higienos normoje nustatytais vertėmis, galima pastebėti, jog prie Gedimino g. 23 esančio namo išmatuotos vertės viršijo normas. Dienos metu išmatuota vertė buvo 73 dB, vakaro metu – 67 dB, nakties metu – 62 dB. Taip pat didžiausia garso slėgio vertė vakaro metu buvo viršyta Šilo g. 8 esančioje matavimo vietoje, kur ji siekė 66 dB. Didžiausiųjų reikšmių viršijimas šiose vietose buvo nustatytas todėl, kad pagrindiniu keliu važiuojantys sunkieji automobiliai dėl nepakankamai lygios kelio dangos sukeldavo akimirkinį triukšmo lygį, kuris arčiausiai gatvės esančiose matavimo vietose viršijo didžiausią leistiną vertę. Kitose vietose triukšmo lygio vertės neviršijo Lietuvos higienos normoje nustatytų verčių, nes kitos vietos buvo parinktos toliau nuo pagrindinės Gedimino gatvės.

Šiaurinėje miesto dalyje matavimai buvo atlikti Karaimų gatvėje, kuri yra šiaurinėje miesto dalyje ir jungiasi su krašto keliu 107. Šioje miesto dalyje taip pat buvo išmatuoti ekvivalentiniai nuolatinio garso slėgio lygiai $L_{Aeq,nT}$ ir didžiausi akimirkinio garso slėgio lygiai L_{Amax} parinktuose matavimo vietose. Rezultatai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Garso slėgio lygio matavimo rezultatai šiaurinėje miesto dalyje

Table 2. The sound pressure level of the measurement results in the northern part of the city

Eil. nr.	Matavimo vieta	Išmatuotas garso slėgio lygis, dB			
			L_d	L_v	L_n
Didžiausi leidžiami triukšmo ribiniai dydžiai HN 33:2011		$L_{Aeq,nT}$	65	60	55
		L_{Amax}	70	65	60
1	Karaimų g. 95	$L_{Aeq,nT}$	59	54	51
		L_{Amax}	72	66	59
2.	Karaimų g. 90	$L_{Aeq,nT}$	49	45	41
		L_{Amax}	63	59	57
3.	Karaimų g. 79	$L_{Aeq,nT}$	46	41	39
		L_{Amax}	59	57	56
4.	Karaimų g. 74	$L_{Aeq,nT}$	53	50	44
		L_{Amax}	68	63	60
5.	Karaimų g. 60	$L_{Aeq,nT}$	50	48	40
		L_{Amax}	64	61	57
6.	Karaimų g. 51	$L_{Aeq,nT}$	51	49	43
		L_{Amax}	66	63	59

Palyginus išmatuotas garso slėgio lygio vertes su pateiktomis Lietuvos higienos normoje, ekvivalentinio nuolatinio garso slėgio lygio $L_{Aeq,nT}$ vertės viršijimo nebuvo nustatyta. Didžiausieji lygiai buvo užfiksuoti prie Karaimų g. 95 esančio namo, kur garso slėgio lygio vertės dienos metu siekė 59 dB, vakaro metu – 54 dB, nakties metu – 51 dB. Didžiausiosios vertės šioje vietoje buvo nustatytos todėl, jog ši vieta yra arčiausiai krašto kelio 107, kur yra didesnis transporto srauto intensyvumas. Mažiausiosios ekvivalentinio garso slėgio lygio vertės buvo užfiksuotos prie Karaimų g. 79 esančio namo. Dienos metu užfiksuota vertė buvo 46 dB, vakaro metu – 41 dB, nakties metu – 39 dB. Ši vieta yra toliausiai nuo Karaimų gatvės, todėl čia yra mažiausiai jaučiama transporto sukeliama triukšmo įtaka gyvenamojoje teritorijoje.

Lyginant didžiausiojo akimirkinio garso slėgio vertes, buvo nustatyta, kad Karaimų g. 95 esančioje matavimo vietoje dienos ir vakaro metu garso slėgio lygio vertės buvo viršytos. Dienos metu išmatuota vertė buvo lygi 72 dB, vakaro metu – 66 dB. Šioje vietoje triukšmo vertės buvo viršytos todėl, kad matavimo vieta buvo arti 107 krašto kelio, kur transporto intensyvumas yra didelis ir sunkaus transporto kiekis jame yra iki 15 procentų, todėl sunkusis transportas dėl kelio nelygumų sukėlė akimirkinį garso lygį, kuris viršijo didžiausiasias vertes. Kitose vietose didžiausiosios vertės neviršijo higienos normoje nustatytų verčių.

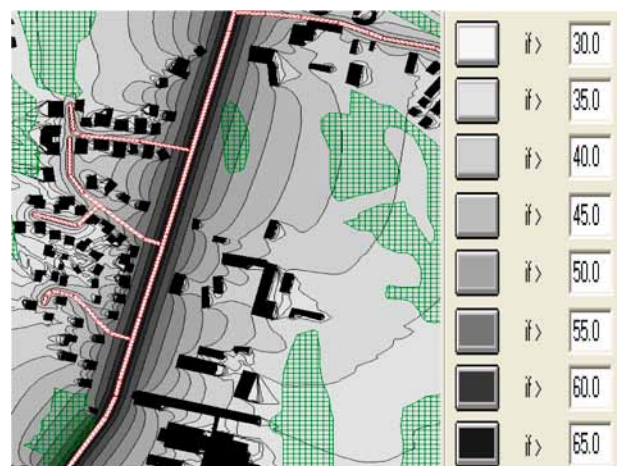
Triukšmo modeliavimas

Remiantis matavimų metu surinktais duomenimis, panaudojant suskaičiuotus lengvųjų bei sunkiųjų automobilių kiekius buvo atliktas triukšmo sklaidos į gyvenamąją teritoriją modeliavimas. Žinant visų gatvių transporto srautus, pastatų aukščius, *CadnaA* programa buvo sumodeliuoti triukšmo žemėlapiai dienos, vakaro, nakties metu bei bendros triukšmo sklaidos L_{dvn} žemėlapis. Remiantis šiais žemėlapiais galima prognozuoti, kaip sklis triukšmas į skirtingas teritorijas.

Atlikus pietinės miesto dalies modeliavimą, aiškiai pastebima, kad triukšmą sukelia Gedimino gatve važiuojantis transportas. Šia gatve transporto intensyvumas yra didelis, tačiau jo sukeliama garso lygis, lyginant su Lietuvos higienos normoje pateiktais didžiausiais leidžiamais triukšmo ribiniais dydžiais, naudojamais triukšmo strateginio kartografavimo rezultatams įvertinti, neviršija normų. Buvo sudaryti 4 triukšmo sklaidos žemėlapiai, kuriuose įvertinta triukšmo sklaida dienos, vakaro, nakties metu ir bendra triukšmo sklaida. Dienos metu (3 pav.) didžiausiosios vertės nustatytos prie pastatų, esančių arčiausiai Gedimino gatvės.

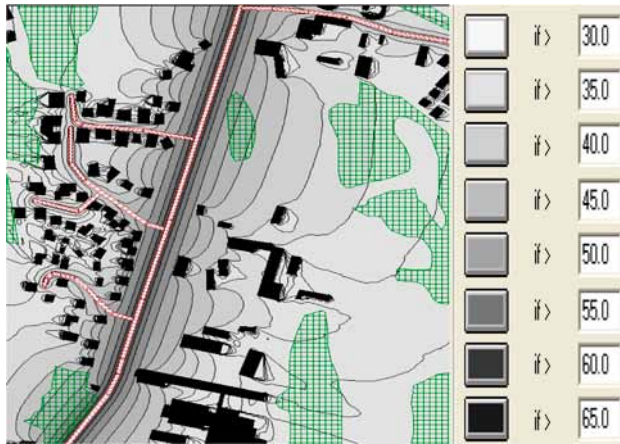
Šalia gatvės garso lygis yra tarp 57–59 dB. Tolstant nuo pagrindinės Gedimino gatvės, triukšmo lygiai mažėja ir siekia 43–50 dB. Vakaro (4 pav.) ir nakties (5 pav.) metu tendencijos išlieka tokios pačios, pagrindiniai automobilių srautai yra Gedimino gatveje, todėl didžiausieji triukšmo lygiai užfiksuoti šalia jos. Toliau nuo gatvės garso lygis sumažėja, nes dalis jo yra sulaikoma arčiau gatvės esančių namų.

Vakaro metu triukšmo lygiai yra 52–55 dB. Tolstant nuo pagrindinės Gedimino gatvės, dėl arčiau esančių namų, kurie ekranuoja triukšmą, garso lygiai sumažėja ir siekia 39–45 dB.



3 pav. Triukšmo sklaida pietinėje miesto dalyje dienos metu
Fig. 3. Noise dispersion in the southern part of the city during daytime

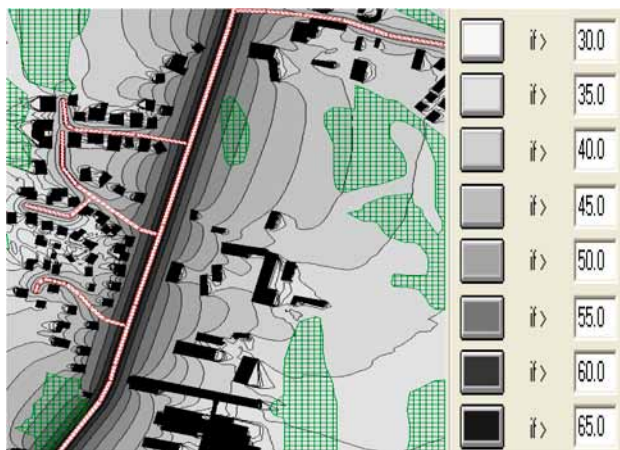
Nakties metu garso lygiai yra 46–49 dB. Toliau nuo gatvės garso lygis siekia 34–39 dB. Kitomis gatvėmis važiuojančio transporto įtaka menka, nes transporto srautai yra maži. Vertinant bendrą triukšmo sklaidos L_{dvn} žemėlapi (6 pav.), viršijimai taip pat nenustatyti.



4 pav. Triukšmo sklaida pietinėje miesto dalyje vakaro metu
Fig. 4. Noise dispersion in the southern part of the city in the evening



5 pav. Triukšmo sklaida pietinėje miesto dalyje nakties metu
Fig. 5. Noise dispersion in the southern part of the city at night



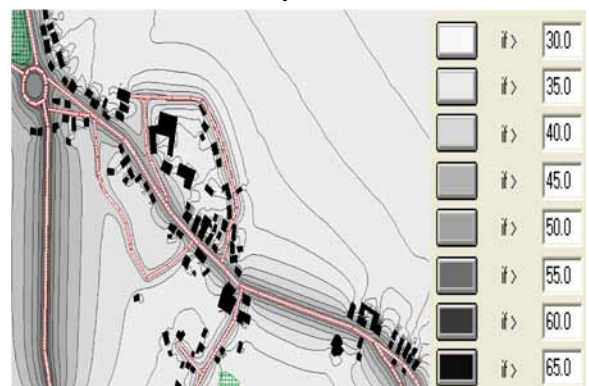
6 pav. Bendra triukšmo sklaida pietinėje miesto dalyje L_{dvn}
Fig. 6. General noise dispersion in the southern part of the city L_{den}

Arčiausiai Gedimino gatvės esančių pastatų aplinkoje triukšmo lygis yra 58–61 dB. Toliau nuo Gedimino gatvės triukšmo lygiai siekia 48–53 dB. Atlikus modeliavimą, galima pastebėti, kad, tolstant nuo pagrindinės gatvės, triukšmo lygis mažėja dėl arčiau gatvės esančių pastatų, kurie sulaiko nuo Gedimino gatvės sklindantį triukšmą ir yra 5–10 dB mažesni. Lyginant modeliuojant gautus rezultatus su išmatuotomis vertėmis, jos skiriasi labai nežymiai, apie 2 dB.

Atlikus šiaurinės miesto dalies modeliavimą, buvo nustatytos panašios tendencijos, kaip ir pietinėje miesto dalyje. Didžiausieji triukšmo lygiai nustatyti šalia pagrindinės Karaimų gatvės bei 107 krašto kelio, kur transporto intensyvumas yra didžiausias. Dėl mažesnio transporto srauto negu pietinėje miesto dalyje čia sumodeliuotos triukšmo sklaidos vertės yra mažesnės ir higienos normoje pateiktų verčių neviršija. Didžiausieji triukšmo lygiai yra nustatyti prie krašto kelio 107, tačiau šalia jo yra vos keli gyvenamieji namai, todėl bendrai triukšmo sklaidai jis didelės įtakos neturi. Pagrindinė triukšmo sklaida kyla nuo Karaimų gatvės važiuojančio transporto. Pietinėje dalyje buvo sumodeliuoti triukšmo žemėlapiai, kurie vaizduoja triukšmo sklaidą dienos (7 pav.), vakaro (8 pav.) ir nakties (9 pav.) metu bei bendrą triukšmo sklaidą L_{dvn} (10 pav.).



7 pav. Triukšmo sklaida šiaurinėje miesto dalyje dienos metu
Fig. 7. Noise dispersion in the northern part of the city during daytime



8 pav. Triukšmo sklaida šiaurinėje miesto dalyje vakaro metu
Fig. 8. Noise dispersion in the northern part of the city in the evening



9 pav. Triukšmo sklaida šiaurinėje miesto dalyje nakties metu
Fig. 9. Noise dispersion in the northern part of the city at night



10 pav. Bendra triukšmo sklaida šiaurinėje miesto dalyje L_{dvn}
Fig. 10. General noise dispersion in the northern part of the city L_{den}

Dienos metu prie pastatų, esančių arčiausiai gatvės, garso lygis svyruoja tarp 47–50 dB. Toliau nuo gatvės triukšmo lygiai siekia 40–45 dB, nes dalis triukšmo yra sulaikoma arčiau gatvės esančių pastatų, taip pat triukšmas sklisdamas tolyn slopsta.

Vakaro metu garso lygis yra 45–47 dB. Toliau nuo Karaimų gatvės, kur transporto srautai yra mažesni, garso lygis yra 35–41 dB.

Nakties metu garso lygis yra 39–42 dB. Tolstant nuo Karaimų gatvės, triukšmo lygis yra 32–38 dB, nes kitose gatvėse eismo intensyvumas yra mažas, todėl triukšmo sklaida yra menka, o garsas, kuris sklinda nuo pagrindinės gatvės, yra sulaikomas arčiau jos esančių namų.

Vertinant bendros triukšmo sklaidos L_{dvn} žemėlapi, triukšmo lygis prie gatvės yra 49–53 dB. Dėl mažo transporto intensyvumo kitose gatvėse, jų įtaka triukšmo sklaidai yra labai menka, todėl toliau nuo Karaimų gatvės esančiuose gyvenamuosiuose pastatuose triukšmo lygis yra 5–9 dB mažesnis negu prie gatvės. Lyginant modeliuojant metu gautus duomenis su išmatuotais, skirtumas yra apie 3 dB.

Lyginant šiaurinės ir pietinės miesto dalies žemėlapius, galima teigti, jog dėl didesnio transporto srauto

pietinėje miesto dalyje triukšmo lygiai yra 7–8 dB didesni. Žinant, kad 3 dB triukšmo pasikeitimas jau yra jaučiamas žmogaus ausiai, 5 dB pokytis sukelia žymų pasikeitimą, o 10 dB triukšmo pakitimas yra suvokimas kaip dvigubai garsesnis triukšmas, galima teigti, kad šiaurinėje miesto dalyje dėl mažesnio transporto srauto garso lygis į gyvenamąją teritoriją yra žymiai mažesnis negu pietinėje miesto dalyje.

Išvados

1. Išmatavus triukšmo lygius pietinėje miesto dalyje buvo nustatyta, kad nė vienoje matavimo vietoje ekvivalentinis nuolatinis garso slėgio lygis $L_{\text{Aeq,nT}}$ nebuvo viršytas. Didžiausioji vertė dienos metu buvo nustatyta prie Gedimino g. 23 esančio namo – 60 dB. Šioje vietoje taip pat buvo išmatuotos didžiausiosios vertės vakaro ir nakties metu, atitinkamai 54 dB ir 48 dB.
2. Lyginant didžiausiąsias garso slėgio vertes su Lietuvos higienos normoje nustatytais vertėmis, galima matyti, jog prie Gedimino g. 23 esančio namo išmatuotos vertės viršija normas. Dienos metu išmatuota vertė buvo 73 dB, vakaro metu – 67 dB, nakties metu – 62 dB. Taip pat didžiausioji garso slėgio vertė vakaro metu buvo viršyta Šilo g. 8 esančioje matavimo vietoje, kur ji siekė 66 dB. Viršijimai buvo nustatyti dėl sunkiojo transporto, kuris važiuodamas dėl kelio nelygumų sukėlė akimirkinį triukšmą.
3. Išmatavus triukšmo lygius šiaurinėje miesto dalyje, didžiausieji lygiai buvo užfiksuoti prie Karaimų g. 95 esančio namo, kur garso slėgio lygio vertės dienos metu buvo 59 dB, vakaro metu – 54 dB, nakties metu – 51 dB.
4. Lyginant didžiausiąsias garso slėgio vertes su Lietuvos higienos normoje nustatytais vertėmis matyti, kad Karaimų g. 95 esančioje matavimo vietoje dienos ir vakaro metu garso slėgio lygio vertės buvo viršytos. Dienos metu išmatuota vertė buvo lygi 72 dB, vakaro metu – 66 dB. Viršijimai buvo nustatyti šalia 107 krašto kelio, kur yra didelis sunkiojo transporto intensyvumas. Kitose vietose didžiausiosios vertės neviršijo higienos normoje nustatytų verčių.
5. Atlikus pietinės dalies modeliavimą buvo nustatyta, jog didžiausieji garso lygiai yra šalia pagrindinės Gedimino gatvės. Čia triukšmo lygiai dienos metu siekė 57–59 dB, vakaro metu 52–55 dB, nakties metu 46–49 dB. Tolstant nuo pagrindinės gatvės dėl šalia jos stovinčių namų garso sugėrimo ir ekranavimo triukšmo lygiai buvo 5–10 dB mažesni.
6. Atlikus šiaurinės dalies modeliavimą buvo nustatyta, kad didžiausieji triukšmo lygiai yra šalia Karaimų gat-

vės ir krašto kelio 107. Čia garso lygiai siekė 47–50 dB dienos metu, 45–47 dB vakaro metu ir 39–42 nakties metu. Toliau nuo pagrindinių gatvių triukšmo lygis sumažėjo 5–9 dB, nes dalį triukšmo sulaukė šalia pagrindinės gatvės stovintys namai.

7. Lyginant šiaurinės ir pietinės miesto dalies žemėlapius, galima teigti, jog dėl didesnio transporto srauto pietinėje miesto dalyje triukšmo lygiai yra 7–8 dB didesni.

Literatūra

- Babisch, W. 2005. Noise and health, *Environmental Health Perspectives* 113(1): A14–15.
<http://dx.doi.org/10.1289/ehp.113-a14>
- Baltrėnas, P.; Petraitis, E.; Januševičius, T. 2010. Noise level study and assessment in the southern part of Panevėžys, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 18(4): 271–280. <http://dx.doi.org/10.3846/jeelm.2010.31>
- Baltrėnas, P.; Puzinas, D. 2009. Modeling of noise dispersion in the seaport territory and residential zone using CadnaA program, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 17(3): 148–153.
<http://dx.doi.org/10.3846/1648-6897.2009.17.148-153>
- Bastián-Monarca, N.; Enrique Suárez, E.; Arenas, J. P. 2015. Assessment of methods for simplified traffic noise mapping of small cities: Casework of the city of Valdivia, Chile, *Science of the Total Environment* 550: 439–448.
- Gražulevičienė, R.; Bendokienė, I. 2009. Influence of truck traffic on acoustic pollution in Kaunas districts crossed by highways, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 17(4): 198–204.
<http://dx.doi.org/10.3846/1648-6897.2009.17.198-204>
- HN 33:2011 Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje, *Valstybės žinios*, 75 – 3638.
- Jensen, A.; Ballisager, S.; Sørensen, P. L.; Baltmiškienė, I.; Švarplienė, A.; Jankauskienė, N. 2002. *Triukšmo mažinimo užtvarų vadovas*. TetraPlan A/S, Acoustica, Carl Bro ajs, Transporto ir kelių tyrimo institutas. 79 p.
- Lekavičiūtė, J. 2007. *Transporto triukšmas Kauno mieste ir jo įtaka miokardo infarkto rizikai*: daktaro disertacija. Vytauto Didžiojo universitetas, Kaunas, Lietuva.
- Paulauskas, L.; Klimas, L. 2011. Modeling of the spread of motor transport noise in Šiauliai city, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 19(1): 62–70.
<http://dx.doi.org/10.3846/16486897.2011.557249>
- Staatsen, B. A. M.; Nijland, H. A.; Kempen, E. M. M.; Hollander, A. E. M.; Franssen, A. E. M.; Kamp, I. 2004. *Assessment of health impacts and policy options in relation transport-*

related noise exposures. Topic paper noise. Transport related health effects with particular focus on children. Toward an integrated assessment of their costs and benefits. State of the art knowledge, methodological aspects and policy direction. RIVM report 815120002/2004. 76 p.

- Stanfeld, S.; Haines, M.; Brown, B. 2000. Noise and health in the urban environment, *Reviews on Environmental Health* 15: 43–82.
- Tamošiūnas, A.; Rėklaitienė, R.; Domarkienė, S. 2005. Prevalence of risk factors and risk of mortality in relation to occupational group, *Medicina* 41(8): 705–712.
- Vaišis, V.; Januševičius, T. 2009. Modelling of noise level in the northern part of Klaipėda city, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 17(3): 181–188.
<http://dx.doi.org/10.3846/1648-6897.2009.17.181-188>
- World Health Organization (WHO). 2011. *Burden of disease from environmental noise quantification of healthy life years lost in Europe*. WHO Regional Office for Europe and JCR European Commission.
- Zannin, P. H. T.; Engel, M. S.; Fiedler, P. E. K.; Bunn, F. 2013. Characterization of environmental noise based on noise measurements, noise mapping and interviews, a case study at a university campus in Brazil, *Cities* 31: 317–317.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2012.09.008>

NOISE EMISSION CAUSED BY TRANSPORT IN TRAKAI CITY MODELLING AND EVALUATION

T. Vilniškis, T. Januševičius

Abstract

One of the biggest problem in most cities – noise emissions in the environment caused by transport. It is found that environment noise can cause not only discomfort, but it is also harmful to health. Therefore, noise emissions in the environment is topical environmental problem. In this article the vehicle noise emissions are evaluated, depending on traffic in Trakai city. At selected locations in the northern and southern parts of the city equivalent and maximum noise levels are measured. According to estimates of traffic day, evening and night, using CadnaA program, noise maps are simulated. The noise map will show noise emissions day, evening and night. Measurement have shown, that maximum noise values was near main roads. In the south of the city, near Gediminas street, equivalent sound level during daytime was 60 dB, evening 54 dB, night – 48 dB. In the north of the city, near Karaimai street equivalent sound level during daytime was 59 dB, evening – 54 dB, night – 51 dB. The simulations generated sound level values were similar to measured, the differences between the simulated and measured values were up to 4 dB.

Keywords: noise level, transport noise, noise emissions, simulation.