



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS

AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO KATEDRA

Ramūnas Baliukonis

**AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO KELIAMO TRIUKŠMO TYRIMAS
ALYTAUS MIESTE**

RESEARCH OF AUTOMOBILES NOISE IN ALYTUS CITY

Baigiamasis magistro darbas

Transporto inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621E20003

Automobilių transporto inžinerijos specializacija

Sausumos transporto inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2013

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS

AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(Parašas)

Saugirdas Pukalskas

(Vardas, pavardė)

2013-05-28

(Data)

Ramūnas Baliukonis

**AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO KELIAMO TRIUKŠMO TYRIMAS
ALYTAUS MIESTE**

RESEARCH OF AUTOMOBILES NOISE IN ALYTUS CITY

Baigiamasis magistro darbas

Transporto inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621E20003

Automobilių transporto inžinerijos specializacija

Sausumos transporto inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

dr. doc. Gintautas Bureika

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantas lekt. Angelika Petrėtienė

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2013

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS FAKULTETAS
AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO KATEDRA

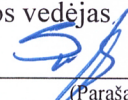
Transporto inžinerijos studijų kryptis

Transporto inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621E20003

Automobilių transporto inžinerijos specializacija

TVIRTINU

Katedros vedėjas



(Parašas)

Saugirdas Pukalskas

(Vardas, pavardė)

2012-05-28

(Data)

BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO

UŽDUOTIS

2011-10-10 Nr. 01

Vilnius

Studentui Ramūnui Baliukoniui

Baigiamojo darbo tema: „Automobilių transporto keliamo triukšmo tyrimas Alytaus mieste“, patvirtinta 2012 m. sausio 27 d. dekanų potvarkiu Nr. 517ti.

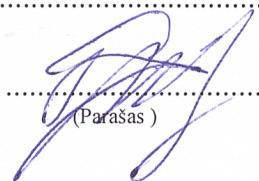
Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2013 m. gegužės 23 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

įvadas, Literatūros sąrašas ir paraišius patirties apžvalga, Automobilio triukšmo šaltiniai tyrimas, Automobilio triukšmo darbo šaltinių tyrimas, Rezultatų apdorojimo bei analizė, išvados ir rekomendacijos. Literatūros sąrašas, Priedai (mokslinis straipsnis ir pan.)

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:lekt. Angelika Petrėtienė

Vadovas



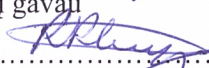
(Parašas)

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

dr., doc. Gintautas Buzelis

(Moksl. laipsnis/pedag. vardas, vardas, pavardė)

Užduotį gavau



(Parašas)

Ramūnas Baliukonis

(Vardas, pavardė)

2011-10-10

(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Transporto inžinerijos fakultetas
Automobilių transporto katedra

ISBN
Egz. sk. ...2...
Data 2013-05-22 ISSN

Antrosios pakopos studijų **Transporto inžinerijos** programos baigiamasis darbas

Pavadinimas **Automobilių transporto keliamo triukšmo tyrimas Alytaus mieste**

Autorius **Ramūnas Baliukonis**

Vadovas **doc. dr. Gintautas Bureika**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjamas automobilių eismo keliamas triukšmas Alytaus mieste ir triukšmo poveikis žmogaus sveikatai bei gyvensenai. Atlikta mokslo publikacijų ir norminių dokumentų, reglamentuojančių triukšmo prevenciją bei triukšmo mažinimo priemonės, analizė. Suformuluotas tyrimo tikslas ir išskelti tyrimo uždaviniai. Pateikiami triukšmo nustatymo pagrindiniai teoriniai aspektai. Suplanuotas eksperimentas, parinkta eksperimento atlikimo metodika bei automobilių keliamo triukšmo matavimo įranga. Triukšmo lygis išmatuotas 15-oje Alytaus miesto gatvių bei 5-iose sankryžose, vertinant važiuojančių automobilių srauto intensyvumą. Išmatuotas 5-ių automobilių įspėjamosios garso signalizacijos įtaisų keliamas triukšmas. Matavimai gatvėse ir sankryžose buvo atliekami dienos, vakaro ir nakties metu. Taikant lyginamosios analizės metodą, pateiktas skaičiavimų ir natūrinių matavimų rezultatų palyginimas, atliktas eksperimento rezultatų atitikties higienos normoms vertinimas. Regresinės bei koreliacinės analizės būdu nustatytas ryšio stiprumas tarp ekvivalentinio triukšmo lygio ir sunkvežimių procentinės dalies eismo sraute. Sudaryti Alytaus miesto triukšmingumo žemėlapiai, nustatytos triukšmingiausios ir tyliausios gatvės. Matematiškai apdorojus natūrinio eksperimento metu gautus rezultatus, pateiktos bendrosios išvados ir rekomendacijos.

Darbą sudaro 9 dalys: įvadas, literatūros šaltinių ir pasaulinės patirties analizė, automobilių transporto triukšmo teorinis tyrimas, automobilių transporto triukšmo lygio eksperimentinis tyrimas, rezultatų vertinimas bei analizė, išvados ir rekomendacijos, literatūra ir kiti šaltiniai, priedai.

Darbo apimtis – 84 p. teksto be priedų, 43 iliustr., 28 lent., 37 bibliografiniai šaltiniai.

Priedai pateikti darbo pabaigoje.

Prasminiai žodžiai

Transporto priemonių eismas, ekvivalentinis triukšmo lygis, didžiausias triukšmo lygis, triukšmo poveikis, triukšmo žemėlapis, higienos norma, triukšmo dažnis.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Transport Engineering
Department of Automobile Transport

ISBN
Copies No. ...2...
Date 2013-05-22 ISSN

Master Degree Studies **Transport Engineering** study programme Final work

Title **Research of automobiles noise in Alytus city**

Author **Ramūnas Baliukonis**

Academic supervisor **Assoc Prof Dr Gintautas Bureika**

Thesis
language: Lithuanian

Annotation

The Master Thesis analyses road traffic noise in Alytus city and noise impacts on human health and lifestyle. Analysis of scientific publications and regulatory documents governing the prevention of noise and noise reduction measures is accomplished. The main theoretical aspects of noise detection are defined. Purpose of research is formulated and objectives of the research are raised. The field experiment was planned, the selection of experimental research methodology and car noise measurement equipment were made. Noise level was measured in 15 streets of Alytus city and on a 5 intersections considering the traffic intensity of passing automobiles. The noise of 5 automobiles acoustic warning devices are measured. Measurements in streets and intersections were performed during day, evening and night. The comparison of calculations and experimental research results are presented, the rating of experimental results and hygiene norm are performed by aiming the comparative analysis method. The relationship between the strength of the equivalent noise level and the percentage of trucks in the traffic are established by regression and correlation analysis. The noise level maps of Alytus city of the noisiest and the most silent streets are made. After mathematical processing of experimental results, general conclusions and recommendations are given.

The work consists of nine parts: introduction, literature and world experience analysis, car traffic noise theoretical research, car traffic noise experimental research, processing and analysis of the results, conclusions and recommendations, literature and other sources, annexes.

Size of work – 84 p. text without annexes, 43 figures, 28 tables, 37 references.

Annexes presented at the end.

Keywords

Vehicle traffic, equivalent noise level, the maximum noise level, noise effect, noise map, hygiene norm, noise frequency.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto egzaminų
sesijų ir baigiamųjų darbų rengimo bei gynimo
organizavimo tvarkos aprašo 2011–2012 m. m.
2 priedas

(Baigiamojo darbo sąžiningumo deklaracijos forma)

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

Ramūnas Baliukonis, 20074955

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Transporto inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Transporto inžinerijos studijų programa, ATfm-11

(Studijų programa, akademinė grupė)

**BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)
SĄŽINGUMO DEKLARACIJA**

2013 m. gegužės 08 d.
(Data)

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas (projektas) tema "Automobilių transpor-
to keliamo tinkamo tyrimas Alytaus mieste"

patvirtintas 20 12 m. sausio 27 d. dekanų potvarkiu Nr. 517t, yra
savarankiškai parašytas. Šiame darbe (projekte) pateikta medžiaga nėra plagijuota. Tiesiogiai ar
netiesiogiai panaudotos kitų šaltinių citatos pažymėtos literatūros nuorodose.

Prenkant ir įvertinant medžiagą bei rengiant baigiamąjį darbą (projektą), mane konsultavo
mokslininkai ir specialistai: lekt. A. Petėtienė.

Mano darbo (projekto) vadovas dr. doc. Gintautas Buneika

Kitų asmenų indėlio į parengtą baigiamąjį darbą (projektą) nėra. Jokių įstatymų nenumatytų
piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs (-usi).

(Parašas)
(Parašas)

Ramūnas Baliukonis
(Vardas ir pavardė)

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	9
LENTELIŲ SĄRAŠAS	11
SANTRUMPOS	12
ĮVADAS	13
1. LITERATŪROS ŠALTINIŲ IR PASAULINĖS PATIRTIES ANALIZĖ.....	15
1.1. Automobilių keliamo triukšmo poveikis sveikatai ir jo prevencija Lietuvoje	15
1.2. Teisės aktai kelių transporto keliamam triukšmui.....	16
1.3. Miestuose keliamas automobilių transporto triukšmas	21
1.4. Automobilių triukšmo tyrimai Alytaus mieste	21
1.5. Automobilių triukšmo tyrimai Vilniaus ir Kauno miestuose	22
1.6. Triukšmo taršos problematika Europos Sąjungos šalyse	26
1.7. Tarptautinio standarto LST ISO 1996-2:2008 pagrindiniai reikalavimai	31
1.8. Problemos formulavimas, darbo tikslas ir uždaviniai	33
2. AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO TRIUKŠMO TEORINIS TYRIMAS.....	34
2.1. Triukšmas ir jo sklidimo teorija	34
2.2. Triukšmingumui įtakos turintys transporto srautų tipai	38
2.3. Analitiniai triukšmo skaičiavimai.....	39
2.4. Gatvių triukšmo analitinių skaičiavimų rezultatai.....	42
3. AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO TRIUKŠMO EKSPERIMENTINIS TYRIMAS	48
3.1. Natūriniai triukšmo matavimai.....	48
3.2. Automobilio garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos triukšmo matavimai	48
3.3. Eksperimentinių matavimų atlikimo vieta.....	50
3.4. Eksperimentiniams matavimams naudojama įranga	51
3.5. Gatvių ir sankryžų triukšmo eksperimentinių tyrimų rezultatai.....	55
3.6. Automobilių garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos triukšmo eksperimentinių tyrimų rezultatai	61
3.7. Analitinių ir eksperimentinių tyrimų rezultatų palyginimas	64
3.8. Gatvių ir sankryžų triukšmo eksperimentinių tyrimų rezultatų palyginimas su higienos normomis.....	67
3.9. Automobilio garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos triukšmo vertinimas	76
4. REZULTATŲ APDOROJIMAS BEI ANALIZĖ	77
4.1. Alytaus miesto triukšmo žemėlapių sudarymas	77
4.2. Automobilių transporto eismo srautų vertinimas	80

4.3. Triukšmo spektrinė analizė.....	83
IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS.....	85
LITERATŪRA IR KITI ŠALTINIAI	87
PRIEDAI	91
A priedas. Straipsnis 16-oje jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis. Transportas“	92
B priedas. Straipsnis „Alytaus Naujienų“ laikraštyje.....	97
C priedas. Alytaus miesto gatvių triukšmo lygio tyrimų dažniniai spektrai	99
D priedas. Alytaus miesto sankryžų triukšmo lygio tyrimų dažniniai spektrai.....	107
E priedas. Įspėjamųjų garso signalizacijos įtaisų triukšmo lygio tyrimų dažniniai spektrai.....	110

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Triukšmo lygis pagrindinėse Alytaus miesto gatvėse piko valandomis	22
2 pav. Dienos, vakaro ir nakties (L_{dvn}) metu kelių transporto triukšmo veikiami žmonės Vilniuje..	23
3 pav. Nakties ($L_{nakties}$) metu kelių transporto triukšmo veikiami žmonės Vilniuje	23
4 pav. Dienos, vakaro ir nakties (L_{dvn}) ir nakties ($L_{nakties}$) metu kelių transporto triukšmo veikiamų gyventojų skaičius Vilniuje	23
5 pav. Ekvivalentinio triukšmo reikšmės skirtingose Vilniaus vietose	24
6 pav. Didžiausio triukšmo reikšmės skirtingose Vilniaus vietose	24
7 pav. Dienos, vakaro ir nakties triukšmo lygio L_{dvn} kelių transporto triukšmo veikiamų žmonių dalis Vilniaus ir Kauno miestuose	26
8 pav. Nakties triukšmo lygio $L_{nakties}$ intervalo kelių transporto triukšmo veikiamų žmonių dalis Vilniaus ir Kauno miestuose.....	26
9 pav. Didesnio nei 55 dBA L_{dvn} kelių transporto triukšmo lygio veikiamų žmonių dalis (proc.) ES valstybių aglomeracijose, kuriose gyvena daugiau kaip 250 tūkst. gyventojų.....	27
10 pav. Didesnio nei 50 dBA $L_{nakties}$ kelių transporto triukšmo lygio veikiamų žmonių dalis (proc.) ES valstybių aglomeracijose, kuriose gyvena daugiau kaip 250 tūkst. gyventojų	27
11 pav. Gatvės triukšmo matavimo schema	48
12 pav. Automobilio garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos garso lygio matavimo schema.....	49
13 pav. Alytaus miesto triukšmo matavimo vietų žemėlapis	50
14 pav. Nešiojamas triukšmo analizatorius „Brüel & Kjær“ 2250.....	53
15 pav. Nešiojamo triukšmo analizatoriaus trikojis „UA-0587“	54
16 pav. Ekvivalentinio ir didžiausio triukšmo lygio matavimas Punsco gatvėje.....	55
17 pav. Ekvivalentinio ir didžiausio triukšmo lygio matavimas Ulonų ir Santaikos gatvių sankryžoje	59
18 pav. Automobilio garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos didžiausio triukšmo lygio matavimas	62
19 pav. Apskaičiuoto ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio dienos metu palyginimas	64
20 pav. Apskaičiuoto ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio vakaro metu palyginimas	65
21 pav. Apskaičiuoto ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio nakties metu palyginimas.....	65
22 pav. Apskaičiuoto ir išmatuoto apibendrinto ekvivalentinio triukšmo lygio palyginimas.....	66
23 pav. Higienos normos ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio dienos metu palyginimas	67
24 pav. Higienos normos ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio vakaro metu palyginimas	68
25 pav. Higienos normos ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio nakties metu palyginimas	69
26 pav. Higienos normos ir išmatuoto apibendrinto ekvivalentinio triukšmo lygio palyginimas.....	70

27 pav. Higienos normos ir išmatuoto didžiausio triukšmo lygio dienos metu palyginimas	70
28 pav. Higienos normos ir išmatuoto didžiausio triukšmo lygio vakaro metu palyginimas	71
29 pav. Higienos normos ir išmatuoto didžiausio triukšmo lygio nakties metu palyginimas	71
30 pav. Higienos normos ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio dienos metu palyginimas	72
31 pav. Higienos normos ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio vakaro metu palyginimas	73
32 pav. Higienos normos ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio nakties metu palyginimas	73
33 pav. Higienos normos ir išmatuoto apibendrinto triukšmo lygio palyginimas	74
34 pav. Higienos normos ir išmatuoto didžiausio triukšmo lygio dienos metu palyginimas	74
35 pav. Higienos normos ir išmatuoto didžiausio triukšmo lygio vakaro metu palyginimas	75
36 pav. Higienos normos ir išmatuoto didžiausio triukšmo lygio nakties metu palyginimas	75
37 pav. Higienos normos dienos metu ir išmatuoto didžiausio automobilio garso signalo bei apsaugos sistemos sirenos triukšmo lygio palyginimas	76
38 pav. Išmatuoto apibendrinto ekvivalentinio triukšmo lygio žemėlapis	78
39 pav. Išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio nakties metu žemėlapis	79
40 pav. Ekvivalentinio triukšmo lygio priklausomybė nuo sunkvežimių procentinės dalies eisme dienos metu	80
41 pav. Ekvivalentinio triukšmo lygio priklausomybė nuo sunkvežimių procentinės dalies eisme vakaro metu	81
42 pav. Ekvivalentinio triukšmo lygio priklausomybė nuo sunkvežimių procentinės dalies eisme nakties metu	81
43 pav. Triukšmo lygis, kurį žmogus suvokia esant tam tikram dažniui	83

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Europos Sąjungoje leistinos važiuojančių kelių transporto priemonių garso lygio ribos..	16
2 lentelė. Stovinčių kelių transporto priemonių leistinos garso ribos Europos Sąjungoje	18
3 lentelė. Didžiausi leidžiami triukšmo ribiniai dydžiai, naudojami triukšmo strateginio kartografavimo rezultatams įvertinti	19
4 lentelė. Didžiausi leidžiami triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje.....	20
5 lentelė. Eismo intensyvumas skirtingose Vilniaus gatvėse	25
6 lentelė. Atitinkamo intervalo kelių transporto dienos, vakaro ir nakties triukšmo lygio L_{dvn} veikiamų žmonių skaičius Europos Sąjungos valstybėse.....	28
7 lentelė. Atitinkamo intervalo kelių transporto dienos, vakaro ir nakties triukšmo lygio $L_{nakties}$ veikiamų žmonių skaičius Europos Sąjungos valstybėse.....	29
8 lentelė. Pažangesnių automobilių transporto priemonių keliamo triukšmo lygio pokyčiai	30
9 lentelė. Triukšmo lygiai dėl transporto srauto judėjimo intensyvumo	39
10 lentelė. Rekomenduojama kelio paviršiaus tipo pataisos schema	40
11 lentelė. Lengvųjų automobilių ir sunkvežimių eismo intensyvumas (6–18) val.....	42
12 lentelė. Lengvųjų automobilių ir sunkvežimių eismo intensyvumas (18–22) val.....	43
13 lentelė. Lengvųjų automobilių ir sunkvežimių eismo intensyvumas (22–6) val.....	44
14 lentelė. Sunkvežimių procentinė dalis bendrame eismo sraute	45
15 lentelė. Apskaičiuoti transporto srauto ekvivalentiniai triukšmo lygiai	46
16 lentelė. Apskaičiuoti transporto srauto apibendrinto triukšmo lygiai.....	47
17 lentelė. Išmatuoti transporto srauto ekvivalentiniai bei didžiausi triukšmo lygiai dienos metu ..	55
18 lentelė. Išmatuoti transporto srauto ekvivalentiniai bei didžiausi triukšmo lygiai vakaro metu ..	56
19 lentelė. Išmatuoti transporto srauto ekvivalentiniai bei didžiausi triukšmo lygiai nakties metu..	57
20 lentelė. Su tyrimo duomenimis apskaičiuoti transporto srauto apibendrinto triukšmo lygiai	58
21 lentelė. Išmatuoti ekvivalentiniai bei didžiausi triukšmo lygiai sankryžose dienos metu.....	60
22 lentelė. Išmatuoti ekvivalentiniai bei didžiausi triukšmo lygiai sankryžose vakaro metu	60
23 lentelė. Išmatuoti ekvivalentiniai bei didžiausi triukšmo lygiai sankryžose nakties metu	60
24 lentelė. Su tyrimo duomenimis apskaičiuoti transporto srauto apibendrinto triukšmo lygiai sankryžose	61
25 lentelė. Automobilių garso signalo didžiausio triukšmo lygio tyrimo rezultatai	62
26 lentelė. Automobilių apsaugos sistemos sirenos didžiausio triukšmo lygio tyrimo rezultatai	63
27 lentelė. Automobilių garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos atskirų matavimų paklaidos ...	63
28 lentelė. Regresijos lygtys ir koreliacijos ryšio stiprumas	82

SANTRUMPOS

BVP – bendrasis vidaus produktas;

EAA – Europos aplinkos agentūra;

EB – Europos Bendrija;

ES – Europos Sąjunga;

HN – higienos norma;

IEC – Tarptautinė elektrotechnikos komisija;

ISO – Tarptautinė standartizacijos organizacija;

JTEEK – Jungtinių Tautų Europos ekonominė komisija;

KET – Kelių eismo taisyklės;

LR – Lietuvos Respublika;

LSD – Lietuvos standartizacijos departamentas;

PSO – Pasaulio sveikatos organizacija;

USB – universalioji jungtis;

VG TU – Vilniaus Gedimino technikos universitetas.

IVADAS

XX a. pradžioje tokia sąvoka kaip „automobilių triukšmas“ buvo mažai žinoma. Automobilių įpirkti galėjo tik pasiturintys Lietuvos gyventojai. Triukšmas keliuose ir miestų gatvėse augti pradėjo tik tada, kai į Lietuvą iš užsienio šalių (dažniausiai Vidurio ir Vakarų Europos) pradėjo plūsti platesniam pirkėjų ratui įperkami naudoti automobiliai. Nuo 1992 metų mūsų šalyje automobilių skaičius pradėjo sparčiai didėti, taigi didėjo ir automobilių srautų keliamas triukšmas (triukšmo tarša) miestų gatvėse bei keliuose. Per pastaruosius du dešimtmečius automobilių skaičius miestuose padidėjo kelis kartus, triukšmo taršos problema tapo labai aktuali didesniųjų miestų bendruomenėms. Įvertinta, kad apie 20 % gyventojų, t. y. apie 80 milijonų žmonių kenčia nuo nepriimtino triukšmo, sukeliančio miego sutrikimus, irzlumą ir neigiamus sveikatos efektus. Aplinkos triukšmo sąnaudos vertinamos nuo 0,2 % iki 2 % bendrojo vidaus produkto (BVP).

Transporto sukeliama triukšmo pagrindinė problema – neigiamas poveikis žmogaus sveikatai ir gyvenimui. Žmonės triukšmą suvokia kaip vieną didžiausių aplinkosaugos problemų. Jis gali veikti ir fiziškai, ir psichologiškai, trikdydamas tokias pagrindines veiklas, kaip miegas, poilsis, mokslas ir bendravimas. Nors triukšmo žalingas poveikis žinomas jau seniai, pastaruoju metu nustatyta, kad triukšmas gali būti žalingas sveikatai, jei dienos metu keliamo ekvivalentinio triukšmo lygis viršija 65 dB(A) (Babisch 2008).

Pagrindiniai triukšmo šaltiniai yra automobilių transporto srautai miestų gatvėse. Išskirtiniais atvejais jie gali sukelti net iki 80 % bendro triukšmo lygio (Van Maarseveen *et al.* 2003). Pagrindinė vis didėjančio triukšmo priežastis – nuolat didėjantis senų, techniškai netvarkingų automobilių skaičius bei nuolat besiplečianti transporto įmonių veikla. Per pastaruosius dešimt metų automobilių transporto srautai Lietuvos keliuose ir miestų gatvėse išaugo apie 2,4 karto. Dėl šių priežasčių padaugėjo eismo įvykių, piko valandomis miestuose susidaro milžiniškos automobilių spūstys, pailgėjo kelionės laikas. Vis dėlto žmogui bene aktualiausia problema yra ta, kad padidėję automobilių srautai sukelia triukšmą, kuris viršija leistinas normas ir kenkia sveikatai (Baltrėnas *et al.* 2003; Žeromskas 1998).

Miesto gatvėse papildomą triukšmą sukelia neatsakingai naudojamas automobilio garso signalas. Dažnai jis naudojamas ne pagal paskirtį, o signalizavimo trukmė būna gerokai per ilgą. Toks vairuotojų poelgis nulemtas nuolatinio skubėjimo, kitų eismo dalyvių gerovės nepaisymo. Kelių eismo taisyklėse (KET) nurodyta, kad gyvenvietėse neleidžiama naudoti garso signalų, išskyrus tuos atvejus, kai jie būtini, kad būtų išvengta eismo įvykio. Pabrėžtina, kad daugelis vairuotojų nežino, kada pagal KET galima naudoti garso signalą. Apklausą vykdžiusi „Onepoll“ tarnyba apklausė 2000 britų vairuotojų. Apklausų duomenimis, dažniausios garso signalo naudojimo priežastys – kai kitas vairuotojas staigiai užlenda į priekį arba nepajuda užsidegus žaliai

šviesoforo signalui. Tik 29 % vairuotojų signalą naudoja kitiems vairuotojams įspėti apie pavojų. Kai kurie pasignalizuoja ir savo kolegoms, prie vairo šnekantiems mobiliuoju telefonu. Beje 6 % apklaustųjų įsitikinę, kad signalas reikalingas pykčiui išlieti, o dar tiek pat jų mano, kad jis skirtas pranešti tam, kuris automobilio laukia, pavyzdžiui, namuose. Dar manoma, kad jį galima naudoti pasisveikinant pažįstamą praeivį gatvėje (*Pusė...2012*).

Darbo tema nėra itin nauja, tačiau įstojus į Europos Sąjungos erdvę, triukšmo valdymo politika tapo būtina, apsaugant žmones nuo nuolatos didėjančio triukšmo šiame regione. Triukšmo valdymo politika ir Europos Sąjungoje, ir Lietuvoje yra pradinėje raidos stadijoje, todėl būtinas triukšmo valdymo nagrinėjimas, numatantis priemones triukšmui mažinti ateityje. Nors triukšmas yra opi problema, iki šiol tyrimams, kuriais siekiama išmatuoti aplinkos triukšmą ir surasti triukšmą mažinančias priemones, Lietuvos Respublikoje skiriama mažiau dėmesio nei kitoms su automobilių transportu tiesiogiai susijusioms aplinkosauginėms problemoms, tokioms kaip oro, vandens ir dirvožemio tarša. Dėl šių priežasčių, triukšmingumo situacijos tyrimas bei prevencinių priemonių įgyvendinimas miestų bendruomenėms tampa vis svarbesnis.

Triukšmo tyrimams Alytaus miestas pasirinktas todėl, kad miesto gyventojai, gyvenantys šalia intensyvaus eismo gatvių, vis dažniau skundžiasi dėl transporto priemonių keliamo triukšmo. Šis triukšmas neleidžia ramiai gyventi, ilsėtis. Ištyrus pagrindines gatves ir remiantis tyrimų rezultatais, galima patvirtinti ar paneigti gyventojų skundų pagrįstumą.

Atsižvelgiant į transporto srautų intensyvumą bei gatvių reikšmingumą, triukšmo tyrimams pasirinktos probleminės Alytaus miesto gatvės ir sankryžos. Visiems gerai žinoma, kad ramų miegą ir poilsį dažnai nutraukia automobilių garso signalai ar apsaugos sistemų sirenos, todėl įvertintas ir šis neigiamas veiksnys.

Atlikus Alytaus miesto triukšmo lygio matavimus, buvo sudaryti Alytaus miesto gatvių triukšmo žemėlapiai ir pateikta jų triukšmo lygio spektrinė analizė. Šis baigiamasis magistro darbas turi praktinę vertę, kadangi moksliniais metodais buvo nustatytos triukšmingiausios Alytaus miesto gatvės, kuriose triukšmo mažinimo priemonės turėtų būti taikomos neatidėliotinai.

1. LITERATŪROS ŠALTINIŲ IR PASAULINĖS PATIRTIES ANALIZĖ

1.1. Automobilių keliamo triukšmo poveikis sveikatai ir jo prevencija Lietuvoje

Lietuvos keliuose automobilių triukšmas sparčiai intensyvėja jau kelis paskutiniuosius dešimtmečius, nes kelių eisme dalyvauja daug senų automobilių. VĮ „Regitra“ duomenimis, vidutinis automobilio amžius Lietuvoje 2012-aisiais metais buvo 15 metų ir buvo šiek tiek didesnis nei 2010-aisiais, kai šis rodiklis buvo 14,6 m. (*Automobilių...2012*). Be to, labai nukrito naudotų automobilių vertė, todėl jie tapo įperkami platesniam vairuotojų ratui.

Automobilių keliamas triukšmas tiriamas dėl jo keliamo pavojaus žmogaus sveikatai gyvensenai. Per pastaruosius 10 metų miesto triukšmas padidėjo vidutiniškai 0,5–1 dB per metus ir kai kuriuose miestuose triukšmas gatvėse padidėjo net 10–12 dB. Vertinant šiuos pakitimus, reiktų žinoti, kad garso slėgio padidėjimą 10 dB žmogus suvokia, kaip garsumo padidėjimą 2 kartus (Mačiūnas 1999). Dar žinoma, kad jeigu veikia ne vienas triukšmo šaltinis, o, tarkim, du tokio paties garso stiprumo šaltiniai, tai garso slėgio lygis padidėja 3 dB. Beje, nustatyta, kad Lietuvoje kai kuriose miestų gatvėse transporto priemonių keliamas triukšmas spūsties valandomis siekia net (95–98) dB.

Triukšmas daro didelį tiesioginį poveikį žmonių sveikatai bei gyvenamosios ir poilsio aplinkos kokybei. Daugelis miesto gyventojų kenčia dėl transporto priemonių keliamo triukšmo. Tai labiausiai paplitęs miesto triukšmo šaltinis. Jo keliamas triukšmas sudaro 60–80 % miestuose vyraujančio triukšmo (Mačiūnas 1999).

Akustinę traumą sukelia labai didelio stiprumo (130 dB ir daugiau) trumpalaikis triukšmo poveikis, pvz., artimas šūvis, sprogimas, reaktyvinio lėktuvo garsas. Akustinės traumos metu žmogus staigiai apkursta, smarkiai skauda ausyse, svaigsta galva, dažnai praranda sąmonę.

Triukšmo poveikį žmogaus organizmui galima suskirstyti į specifinį (t. y. klausos organo – ausies – pažeidimą) ir nespecifinį, kai sutrinkdomas kitų organų darbas. Triukšmo sukeltas klausos pažeidimas vadinamas klausos nervo uždegimu – klausos neuritu arba klausos neuropatija. Kai žmogų veikia triukšmas, palyginti nedaug viršijantis leidžiamą lygį, klausos pažeidžiama pamažu, nepastebimai. Paprastai klausos pablogėjimas išryškėja po 10–20 metų trunkančio kasdieninio triukšmo poveikio. Sunkiais atvejais gali ištikti visiškas apkurtimas (*Triukšmas...2013*).

Veikdamas ilgą laiką triukšmas sutrikdo daugelio žmogaus organų darbą. Labiausiai pažeidžiama nervų sistema – atsiranda galvos skausmai, svaigimas, nuovargis, silpnumas, irzlumas, nemiga, padidėja nervinis jautrumas, blogėja dėmesys, atmintis, vystosi neurozės. Triukšmas labai erzina, trikdo darbingumą, ypač kūrybinę veiklą, protinį darbą. Padažnėja širdies susitraukimai, ligonis jaučia širdies plakimą ar skausmą. Padidėja kraujospūdis. Pablogėja galūnių kraujotaka. Blogėja virškinimas, gali atsirasti gastritas ar opinė liga. Dažniau sergama kepenų ligomis.

Transporto triukšmo lygiui sumažinti gali būti naudojamos įvairios priemonės (*Triukšmas...*2013):

- 1) mažinamas transporto priemonių, kaip triukšmo šaltinio, skleidžiamo triukšmo lygis;
- 2) ribojamas sunkvežimių eismas;
- 3) gerinama kelio danga;
- 4) panaudojami statiniai – ekranai bei kiti triukšmo ekranai;
- 5) įrengiamos gatvės tunelyje;
- 6) panaudojami specialūs langai su stiklo paketais;
- 7) mažinamas transporto priemonių važiavimo greitis.

Deja, kol kas triukšmą įveikti sunku. Vis dėlto apsisaugoti nuo vis didėjančio neigiamo triukšmo poveikio – bendras visų miestų tikslas.

1.2. Teisės aktai kelių transporto keliamam triukšmui

1970 m. priimta direktyva 70/157/EEB (*Direktyva 70/157/EEB...*1970), reglamentuojanti automobilinių (lengvųjų automobilių, sunkvežimių, autobusų) variklių sukeliama triukšmo lygį. Nuo to laiko šis aktas buvo keletą kartų taisytas. Paskutinė pataisa įsigaliojo 2007 m. birželio 14 d. Pagal direktyvą 2007/34/EB (*Direktyva 2007/34/EB...*2007), į rinką patekę varikliniai automobiliai neturi viršyti direktyvoje nustatytų triukšmo ribų. Gamintojai, automobilių bandymo metu, turi įrodyti, kad jų gaminiai neviršija leistinų triukšmo ribų. Kadangi triukšmo ribos visada priklauso nuo pasirinktų matavimo metodų, direktyvoje aprašyta bandymų metodika. Atsižvelgiant į tai, kad šiuolaikinių automobilių triukšmo mažinimo sistemos yra ženkliai patobulintos, triukšmo ribinės reikšmės buvo sumažintos keletą kartų. Pagal minėtos direktyvos (2007/34/EB) 3 priedo nuostatas išmatuotas važiuojančių transporto priemonių garso lygis neturi viršyti 1 lentelėje pateiktų reikšmių.

1 lentelė. Europos Sąjungoje leistinos važiuojančių kelių transporto priemonių garso lygio ribos

Transporto priemonių kategorijos	Vertės pateikiamos dB(A)
Keleiviams vežti skirtos transporto priemonės, kuriose yra ne daugiau kaip devynios sėdimos vietos, įskaitant vairuotojo vietą	74
Keleiviams vežti skirtos transporto priemonės, kuriose yra daugiau kaip devynios sėdimos vietos, įskaitant vairuotojo vietą, kurių maksimali leistina masė didesnė kaip 3,5 tonos ir:	

Transporto priemonių kategorijos	Vertės pateikiamos dB(A)
a) su mažesnės kaip 150 kW galios varikliu	78
b) su ne mažesnės kaip 150 kW galios varikliu	80
Keleiviams vežti skirtos transporto priemonės, kuriose yra daugiau kaip devynios sėdimos vietos, įskaitant vairuotojo vietą, ir kroviniams vežti skirtos transporto priemonės:	
a) kurių didžiausia leistina masė ne didesnė kaip 2 tonos	76
b) kurių didžiausia leistina masė didesnė kaip 2 tonos, tačiau ne didesnė kaip 3,5 tonos	77
Kroviniams vežti skirtos transporto priemonės, kurių didžiausia leidžiama masė didesnė kaip 3,5 tonos:	
a) su mažesnės kaip 75 kW galios varikliu	77
b) su ne mažesnės kaip 75 kW, tačiau mažesnės kaip 150 kW galios varikliu	78
c) su ne mažesnės kaip 150 kW galios varikliu	80

Dėl ES kelių reikalavimų transporto priemonių triukšmo išspinduliavimui, pastaraisiais dešimtmečiais autotransporto variklių triukšmas sumažėjo maždaug 10 dB.

Transporto priemonių ir sudedamųjų transporto priemonių dalių atitikties triukšmo kontrolės teisės norminiams aktams vertinimo ir sertifikavimo tvarkos aprašas, patvirtintas Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2007 m. lapkričio 10 d. įsakymu Nr. 3-357 (*Isakymas Nr. 3-357...2007*). Transporto priemonių ir sudedamųjų transporto priemonių dalių atitikties triukšmo kontrolės teisės norminiams aktams vertinimo ir sertifikavimo tvarkos aprašas nustato transporto priemonių garso lygio reikalavimus Europos Bendrijos (EB) arba nacionaliniam tipo patvirtinimui gauti.

Kelių transporto priemonių variklių triukšmo ribinių dydžių ir jų nustatymo tvarkos aprašas, patvirtintas Lietuvos Respublikos susisiekimo ministro 2008 m. gegužės 15 d. įsakymu Nr. 3-169 (*Isakymas Nr. 3-169...2008*). Kelių transporto priemonių variklių triukšmo ribiniai dydžiai ir jų nustatymo tvarkos aprašas nustato naudojamų kelių transporto priemonių skleidžiamo variklio triukšmo reikalavimus. Kelių transporto priemonių variklių triukšmo ribiniai dydžiai skirti stovinčių transporto priemonių keliui triukšmui kontroliuoti ir mažinti jo neigiamą poveikį aplinkai ir žmonių sveikatai. Triukšmo lygiai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. Stovinčių kelių transporto priemonių leistinos garso ribos Europos Sąjungoje

L kategorijos transporto priemonės		
Darbinis tūris (cm ³)	dB(A)	Pastabos
80	91	1. Jeigu nėra žinoma, kokiems sūkiams esant matuoti triukšmo lygį, tuomet didžiausios galios sūkliai dalijami per pusę ir atliekami matavimai. 2. Tuo atveju, kai tokio darbinio tūrio lentelėje nėra, jis suapvalinamas į didesnį.
125	92	
350	95	
500	97	
750	100	
1000	103	
>1000	106	
M1 klasės transporto priemonės, registruotos iki 2002 m. sausio 1 d.		
Galia (kW)	Dyzelinas, 3000 sūk./min.	Benzinas, 3500 sūk./min.
< 150	94 dB (A)	91 dB (A)
> 150	96 dB (A)	93 dB (A)
M1 klasės transporto priemonės, registruotos po 2002 m. sausio 1 d.		
Galia (kW)	Dyzelinas, 3000 sūk./min.	Benzinas, 3500 sūk./min.
< 150	90 dB (A)	87 dB (A)
> 150	92 dB (A)	89 dB (A)
M2 ir M3 klasės transporto priemonės		
Masė (kg)	Dyzelinas, 1500 sūk./min.	Benzinas, 2000 sūk./min.
≤ 2000	95 dB (A)	95 dB (A)
> 2000	96 dB (A)	96 dB (A)
N klasės transporto priemonės		
Galia (kW) ir masė (kg)	Dyzelinas, 1500 sūk./min.	Benzinas, 2000 sūk./min.
≤ 2000	104 dB (A)	93 dB (A)
> 2000	106 dB (A)	95 dB (A)
Iki 75 kW, didžiausia leistina masė iki 3500 kg	104 dB (A)	93 dB (A)
Nuo 75 iki 150 kW, didžiausia leistina masė daugiau nei 3500 kg	106 dB (A)	95 dB (A)
Daugiau nei 50 kW, didžiausia leistina masė daugiau nei 3500 kg	108 dB (A)	97 dB (A)

2002 metais patvirtinta Europos Parlamento ir Komisijos direktyva 2002/49/EB dėl aplinkos triukšmo įvertinimo ir valdymo (*Direktyva 2002/49/EB...2002*). Ši direktyva pateikia nuostatas, kaip plėtoti ir užbaigti esamą Bendrijos priemonių dėl pagrindinių šaltinių spinduliuojamo triukšmo rinkinį, o ypač dėl kelių ir geležinkelių transporto priemonių bei infrastruktūros, orlaivių, lauko mechanizmų ir pramonės įrangos bei mobilių įrenginių ir parengti papildomas trumpalaikes, vidutinės trukmės ir ilgalaikes priemones jam mažinti.

Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministras 2011 m. birželio 13 d. įsakymu Nr. V-604 patvirtino naują Lietuvos higienos normą HN 33:2011 „Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“ (*Įsakymas Nr. V-604...2011*) (toliau – HN 33:2011). Ši higienos norma įsigalios nuo 2011 m. lapkričio 1 d. HN 33:2011 pakeičia iki tol galiojusią Lietuvos higienos normą HN 33:2007 „Akustinis triukšmas. Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“, patvirtintą Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2007 m. liepos 2 d. įsakymu Nr. V-555 (*Įsakymas Nr. V-555...2007*). HN33:2011 nustato stacionarių triukšmo šaltinių skleidžiamo triukšmo ribinius dydžius gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje ir taikoma vertinant triukšmo poveikį visuomenės sveikatai. HN 33:2011 reglamentuoti triukšmo ribiniai dydžiai taikomi gyvenamuosiuose ir tam tikruose visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje. Ribiniai dydžiai pateikti 3 ir 4 lentelėse.

3 lentelė. Didžiausi leidžiami triukšmo ribiniai dydžiai, naudojami triukšmo strateginio kartografavimo rezultatams įvertinti

Objekto pavadinimas	L_{dyn} dBA	L_{dienes} dBA	L_{vakaro} dBA	$L_{nakties}$ dBA
Gyvenamųjų pastatų (namų) ir visuomeninės paskirties pastatų (išskyrus maitinimo ir kultūros paskirties pastatus) aplinkoje, veikiamoje transporto sukeliama triukšmo	65	65	60	55
Gyvenamųjų pastatų (namų) ir visuomeninės paskirties pastatų (išskyrus maitinimo ir kultūros paskirties pastatus) aplinkoje, veikiamoje pramoninės veiklos (išskyrus transportą) stacionarių triukšmo šaltinių sukeliama triukšmo	55	55	50	45

4 lentelė. Didžiausi leidžiami triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje

Objekto pavadinimas	Paros laikas, val.	Ekvivalentinis garso slėgio lygis (L_{AeqT}), dBA	Maksimalus garso slėgio lygis (L_{AFmax}), dBA
Gyvenamųjų pastatų (namų) gyvenamosios patalpos, visuomeninės paskirties pastatų miegamieji kambariai, stacionariųjų asmens sveikatos priežiūros įstaigų palatos	6–18	45	55
	18–22	40	50
	22–6	35	45
Visuomeninės paskirties pastatų patalpos, kuriose vyksta mokymas ir (ar) ugdymas	Visą parą	45	55
Gyvenamųjų pastatų (namų) ir visuomeninės paskirties pastatų (išskyrus maitinimo ir kultūros paskirties pastatus) aplinkoje, veikiamoje transporto sukeliama triukšmo	6–18	65	70
	18–22	60	65
	22–6	55	60
Gyvenamųjų pastatų (namų) ir visuomeninės paskirties pastatų (išskyrus maitinimo ir kultūros paskirties pastatus) aplinkoje, išskyrus transporto sukeltą triukšmą	6–18	55	60
	18–22	50	55
	22–6	45	50
Maitinimo ir kultūros paskirties pastatų salėse estradinių ar kitų pramoginių renginių metu, kino filmų demonstravimo metu	Visą parą	80	85
Atvirose koncertų ir šokių salėse estradinių ar kitų pramoginių renginių metu	6–18	85	90
	18–22	80	85
	22–6	55	60

Taip pat įgyvendinant Europos Parlamento ir Tarybos direktyvos 2002/49/EB dėl aplinkos triukšmo įvertinimo ir valdymo nuostatas, ES valstybės pagal triukšmo strateginio kartografavimo rezultatus rengia triukšmo prevencijos veiksmų planus (*Direktyva 2002/49/EB...2002*). 2002/49/EB direktyvos nuostatos į Lietuvos teisinę bazę perkeltos Lietuvos Respublikos triukšmo valdymo įstatymu (*Triukšmo valdymo...2004*), o triukšmo prevencijos veiksams įgyvendinti sudaryta Valstybinė triukšmo prevencijos veiksmų 2007–2013 metų programa, patvirtinta Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2007 m. birželio 6 d. nutarimu Nr. 564 (*Nutarimas Nr. 564...2007*).

1.3. Miestuose keliamas automobilių transporto triukšmas

Automobilių transporto sukiamas triukšmo lygis labai priklauso nuo magistralinės gatvės srauto struktūros, t. y. sunkvežimių, lengvųjų automobilių, motociklų ir mopedų skaičiaus santykio. Didžiausią triukšmą (100–102) dBA kelia sunkvežimiai ir mopedai (Mačiūnas 1999). Be to, esant įvairiarūšiam transportui, būtinai atsiranda papildomas transporto priemonių manevravimas, t. y. aplenkimas, greičio skirtumai, sustojimai stotelėse, sankryžose, todėl dar pakyla triukšmo lygis.

Triukšmo režimui miesto sąlygomis didelę reikšmę turi miesto magistralių rūšys, paprastai bendrose miesto magistralėse triukšmo lygis siekia (65–70) dBA. Miesto automobilių transporto keliamas triukšmas būna žemo ir vidutinio dažnių, su 400–800 Hz dažnių diapazono garso maksimaliu slėgiu, mažėja kiekvienoje oktavoje vidutiniškai kas (4–5) dB (Mačiūnas 1999).

Ankstesniais metais, kai transporto judėjimas buvo mažesnis, miesto mikrorajonų statyba patenkinamai sprendė transporto triukšmo keliamą problemą. Daugėjant transporto priemonių, taip pat didėjant eismo intensyvumui, mikrorajonai tapo aiškiai nepakankama problemos sprendimo priemone. Šiuo metu netgi nuošalyje esančiuose mikrorajonuose didelė gyvenamojo ploto dalis patenka į zoną, kurioje triukšmo lygis viršija leidžiamus parametrus. Pavyzdžiui gali būti Vilniaus miesto Žirmūnų gatvės gale esantis mikrorajonas. Mikrorajone nėra nė vienos transporto magistralės, o triukšmas daugelyje vietų viršija leidžiamą triukšmo lygį. Viršija, nes triukšmas sklinda iš toliau esančios transporto magistralės. Triukšmą galima būtų sumažinti, neleidžiant įvažiuoti sunkvežimiams, įrengiant automobilių stovėjimo aikšteles kitur, tačiau netgi tada liktų daug namų, veikiamų didesnio nei 55 dBA triukšmo lygio. Projektavimo metu galima pasiekti, kad visi gyventojai būtų apsaugoti nuo transporto triukšmo, tačiau nors visi specialistai pripažįsta, kad apsauga nuo transporto triukšmo yra labai svarbi problema, daugelis šį klausimą sprendžia tik po to, kai rajonas jau suplanuotas. Pasekmė – per didelis triukšmas, su kuriuo praktiškai neįmanoma kovoti. Tai aktualu ypač dabar, kai gyvenamuosiuose rajonuose statomi nedideli namai, skirti gyventi vienai ar kelioms šeimoms.

Vertinant triukšmą miesto sąlygomis, pagrindinį dėmesį būtina sutelkti į duomenis apie transporto srautų triukšmą, apie triukšmo režimą magistralėse (bendros miesto ir mikrorajono), gatvėse, vietinio judėjimo gatvėse, geležinkelių transporto ir oro uostų objektuose.

1.4. Automobilių triukšmo tyrimai Alytaus mieste

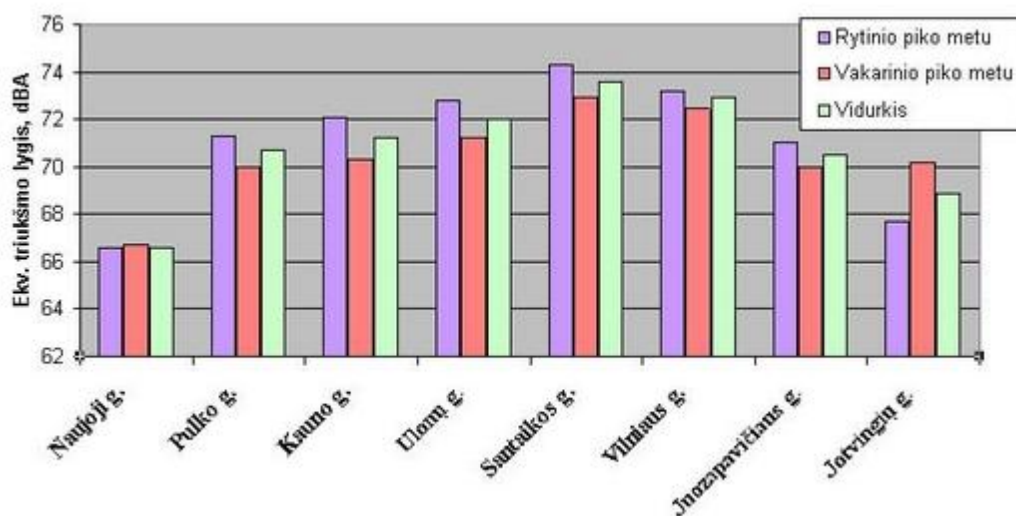
Alytaus miesto savivaldybės taryba 2006 m. gegužės 25 d. priėmė sprendimą Nr. T-98 dėl Alytaus miesto savivaldybės teritorijos tyliųjų zonų nustatymo (*Sprendimas Nr. T-98...2006*).

Vadovaudamasi Lietuvos Respublikos vietos savivaldos įstatymo Nr. I-533 17 straipsnio 48 punktu, Triukšmo valdymo įstatymo 13 straipsnio 1 dalies 2 punktu, Alytaus miesto savivaldybės taryba priėmė sprendimą Nr. T-97 (*Sprendimas Nr. T-97...2006*) ir nustatė:

- 1) Alytaus miesto savivaldybės teritorijos tyliąsias viešąsias zonas: viešosios įstaigos Alytaus apskrities S. Kudirkos ligoninės teritorija ir ikimokyklinių ir švietimo įstaigų teritorijas;
- 2) tyliąsias gamtos zonas: Jaunimo parko, Kurorto parko, Vidzgirio botaninio draustinio ir Alytaus piliakalnio teritorijas.

Situacija Alytuje iš esmės nesiskiria nuo situacijos kituose Lietuvos miestuose. 2002 metais Alytaus visuomenės sveikatos centras vykdė programą „Triukšmo lygis pagrindinėse Alytaus miesto gatvėse piko valandomis“. Atlikus tyrimus, nustatyta, kad automobilių keliamas triukšmas mieste svyravo nuo 63,3 dBA (Naujojoje g.) iki 78,0 dBA (Santalkos g.). Palyginimui, literatūros duomenimis, ekvivalentinis triukšmo lygis Vilniuje sudaro 71–77 dBA, Klaipėdoje – 72–80 dBA, Kaune – 71–77 dBA (*Triukšmas...2013*).

Tyrimų rezultatai pateikti 1 paveiksle (*Triukšmo...2013*).



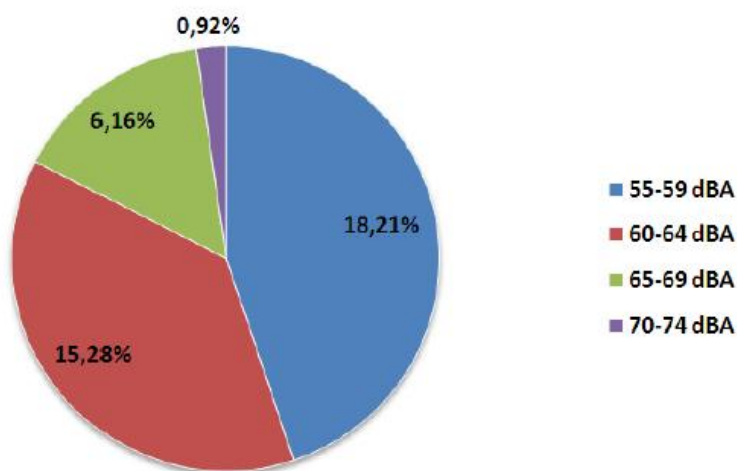
1 pav. Triukšmo lygis pagrindinėse Alytaus miesto gatvėse piko valandomis

Triukšmas buvo tirtas aštuoniose pagrindinėse Alytaus miesto gatvėse. Tyrimai atlikti rytinio ir vakarinio piko metu, kai automobilių eismo srautai yra didžiausi.

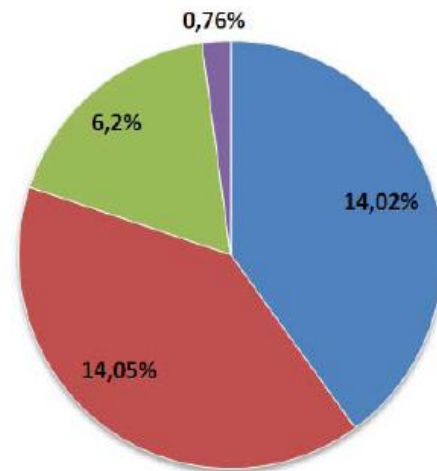
1.5. Automobilių triukšmo tyrimai Vilniaus ir Kauno miestuose

Vilniaus visuomenės sveikatos biuras 2009 metais atliko triukšmo analizę Vilniaus mieste. Kaip rodo tyrimų rezultatai (Alasauskas 2009), Vilniuje, gyvenamoje pastatų aplinkoje, didesnę nei 55

dBA (dienos, vakaro, nakties) triukšmą patiria apie 40 % (225 tūkst.) gyventojų (žr. 2 pav.), nakties 35 % (194 tūkst.) (žr. 3 pav.).

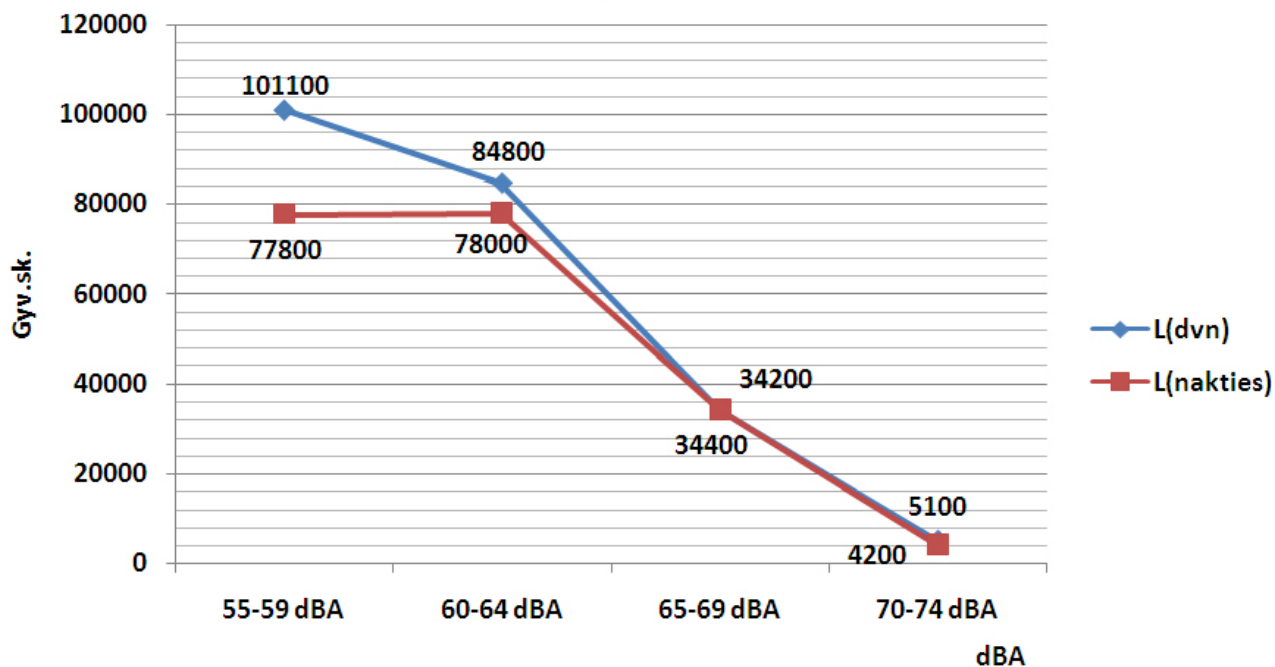


2 pav. Dienos, vakaro ir nakties (L_{dvn}) metu kelių transporto triukšmo veikiami žmonės Vilniuje



3 pav. Nakties ($L_{nakties}$) metu kelių transporto triukšmo veikiami žmonės Vilniuje

Taip pat nustatyta, kad higienos normą HN 33:2007 viršijantį triukšmą nakties metu, gyvenamojoje pastatų aplinkoje, patiria apie 38 600 gyventojų (Alasauskas 2009) (žr. 4 pav.).

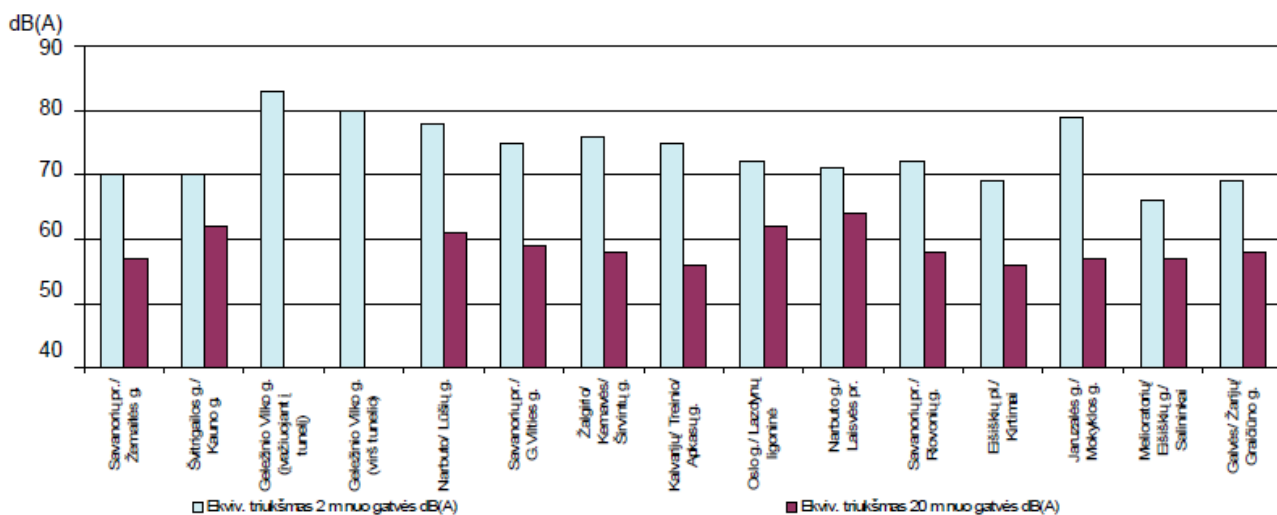


4 pav. Dienos, vakaro ir nakties (L_{dvn}) ir nakties ($L_{nakties}$) metu kelių transporto triukšmo veikiamų gyventojų skaičius Vilniuje

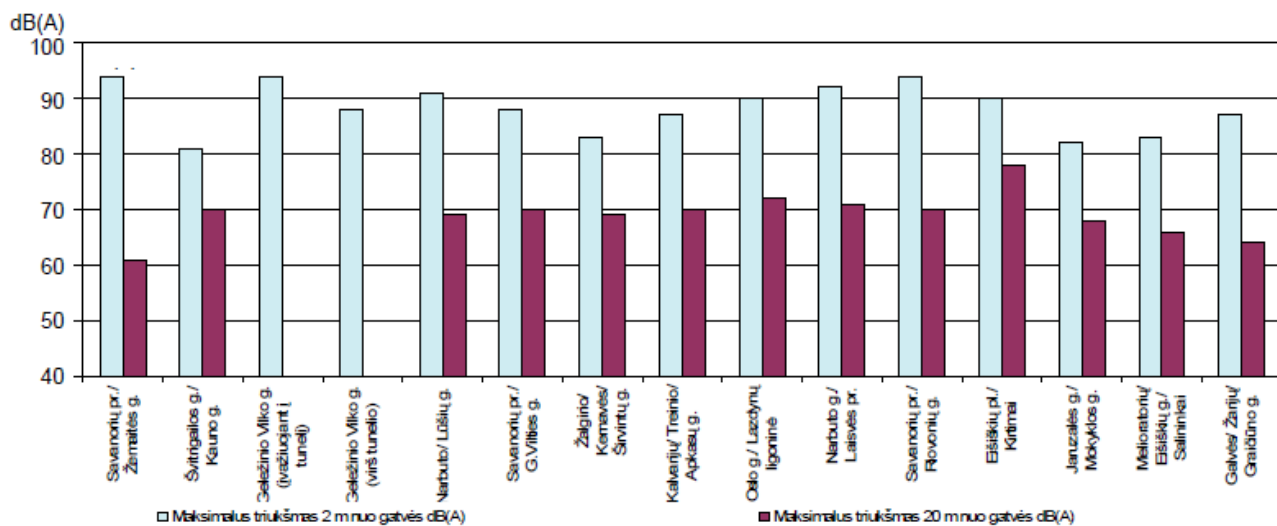
Automobilių transporto keliamo triukšmo matavimo duomenys tam tikrose Vilniaus gatvėse pateikti Vilniaus Gedimino technikos universiteto mokslininkų straipsnyje „Automobilių keliamo

triukšmo tyrimai“ (Blažys *et al.* 2009). Triukšmas buvo išmatuotas 15-oje vietų, parinktų įvairiose Vilniaus miesto gyvenamosiose teritorijose, besiribojančiose su autotransporto magistralėmis ir gatvėmis. Matavimams naudotas garso lygio matuoklis CR:262. Triukšmas matuotas 2008 m. rugsėjo mėn. ir 2009 m. kovo bei balandžio mėnesiais. Triukšmo matavimai buvo atliekami 2 m ir 20 m atstumu nuo važiuojamosios gatvės dalies.

Matavimų rezultatai pateikiami 5 ir 6 paveiksluose.



5 pav. Ekvivalentinio triukšmo reikšmės skirtingose Vilniaus vietose



6 pav. Didžiausio triukšmo reikšmės skirtingose Vilniaus vietose

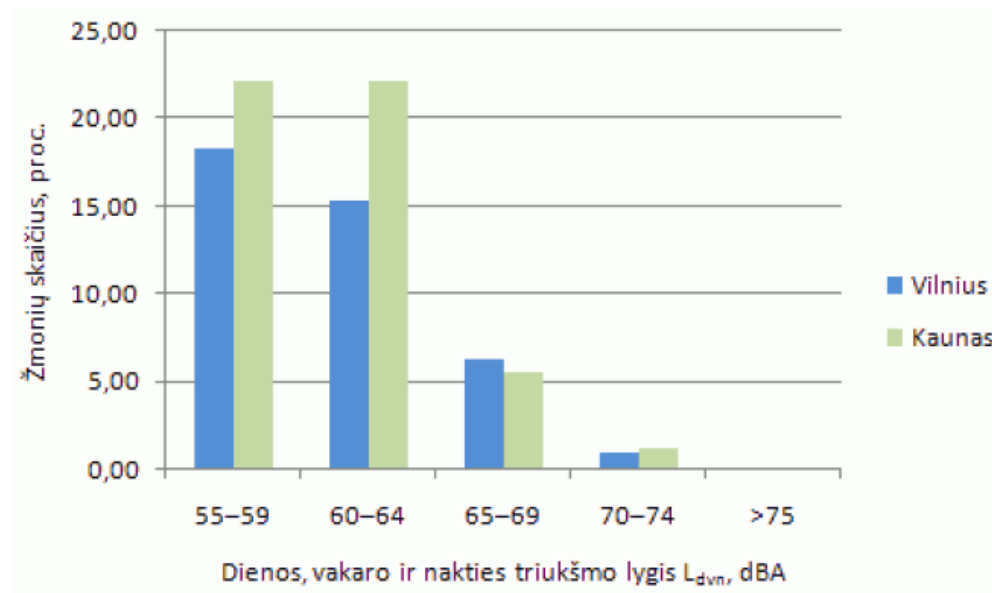
Matavimo metu skirtingose miesto zonose fiksuotas transporto priemonių eismo intensyvumas pateiktas 5 lentelėje. Ne visose matavimų vietose buvo įmanoma atlikti ekvivalentinio ir didžiausio triukšmo matavimą 20 m atstumu nuo gatvės, todėl 5 pav. ir 6 pav. reikšmės yra nepateiktos.

5 lentelė. Eismo intensyvumas skirtingose Vilniaus gatvėse

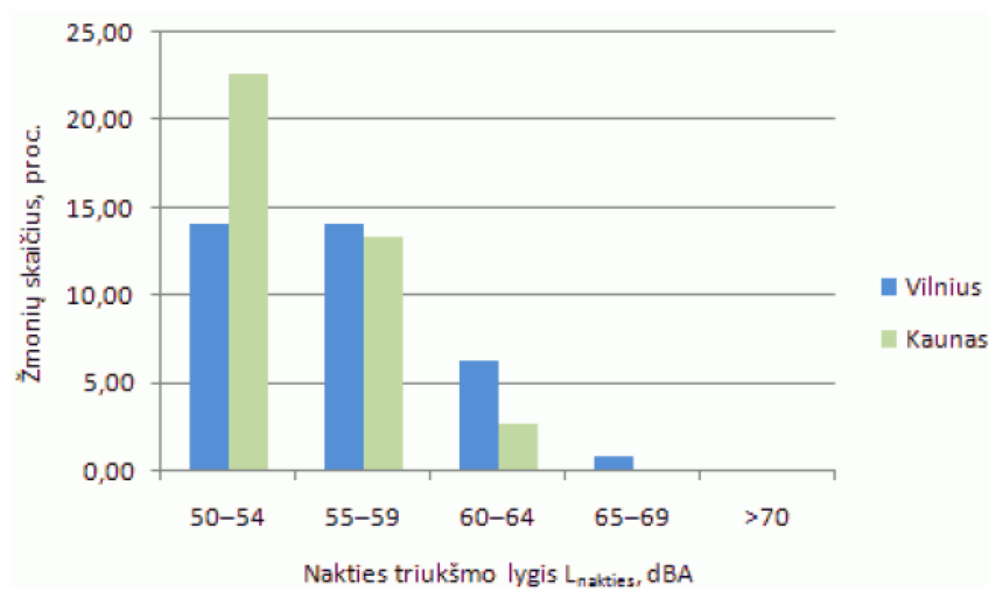
Matavimo vieta	Eismo intensyvumas, aut./val.
Savanorių pr. / Žemaitės g.	2 450
Švitrigailos g. / Kauno g.	2 160
Geležinio Vilko g. (įvažiuojant į tunelį)	3 120
Geležinio Vilko g. (virš tunelio)	3 120
Narbuto g. / Lūšių g.	1 850
Savanorių pr. / G.Vilties g.	2 690
Žalgirio g. / Kernavės g. / Širvintų g.	2 480
Kalvarijų g. / Treinio g. / Apkasų g.	2 230
Oslo g. / Lazdynų ligoninė	2 860
Narbuto g. / Laisvės pr.	2 350
Savanorių pr. / Riovonių g.	2 560
Eišiškių pl. / Kirtimai	1 950
Jeruzalės g. / Mokyklos g.	1 830
Melioratorių g. / Eišiškių g. / Salininkai	1 510
Galvės g. / Žarijų g. / Graičiūno g.	1 310

Įgyvendinant 2002 m. birželio 25 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyvos 2002/49/EB (*Direktyva 2002/49/EB...2004*), dėl aplinkos triukšmo įvertinimo ir valdymo (toliau – Aplinkos triukšmo direktyva) nuostatas, Lietuvoje atliekamas triukšmo strateginis kartografavimas. Triukšmo strateginio kartografavimo metu naudojant L_{dvn} (dienos, vakaro ir nakties triukšmo rodiklis, atspindintis triukšmo sukeliama dirginimo reakciją) ir $L_{nakties}$ (nakties triukšmo rodiklis, atspindintis triukšmo sukeliama miego trikdymo reakciją) triukšmo rodiklius yra įvertinama triukšmo sklaida ir apskaičiuojamas gyventojų, gyvenančių teritorijoje, kurioje sklinda atitinkamas triukšmo garso lygis, skaičius (skaičiai apvalinami šimtų tikslumu) (*Už...2010*).

Vilniaus ir Kauno miestų savivaldybės įgyvendindamos direktyvą atnaujino Vilniaus ir Kauno miestų kelių transporto triukšmo strateginius žemėlapius. Vilniaus ir Kauno miestų kelių triukšmo veikiamų žmonių skaičiaus palyginimas pateikiamas 7 ir 8 paveiksluose.



7 pav. Dienos, vakaro ir nakties triukšmo lygio L_{dvn} kelių transporto triukšmo veikiamų žmonių dalis Vilniaus ir Kauno miestuose



8 pav. Nakties triukšmo lygio $L_{nakties}$ intervalo kelių transporto triukšmo veikiamų žmonių dalis Vilniaus ir Kauno miestuose

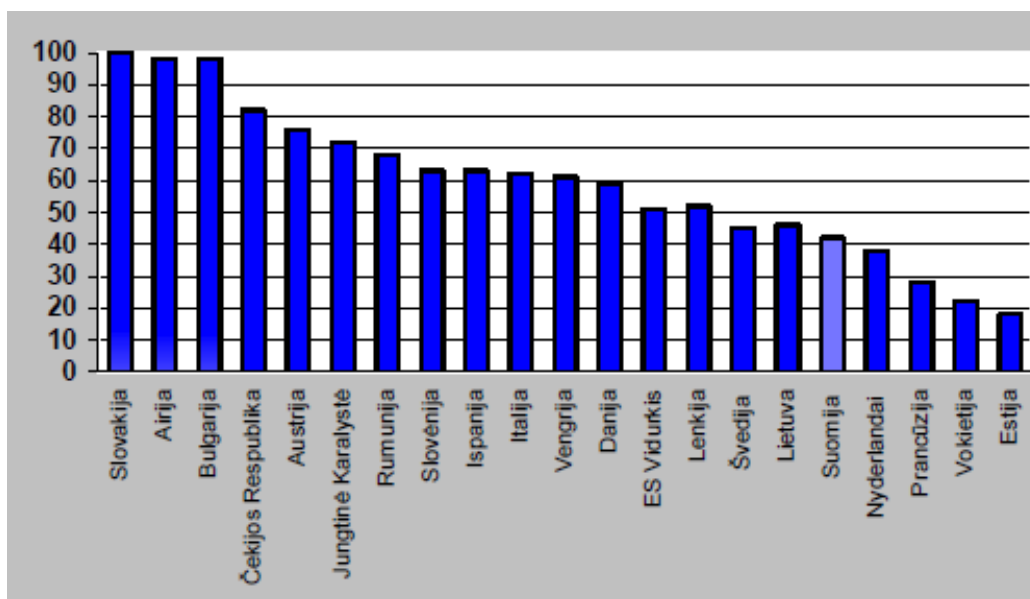
Vilniuje, palyginti su Kauno miestu, nakties triukšmo rodiklio ribinius dydžius viršijančio kelių transporto triukšmo veikiamų žmonių dalis yra didesnė.

1.6. Triukšmo taršos problematika Europos Sąjungos šalyse

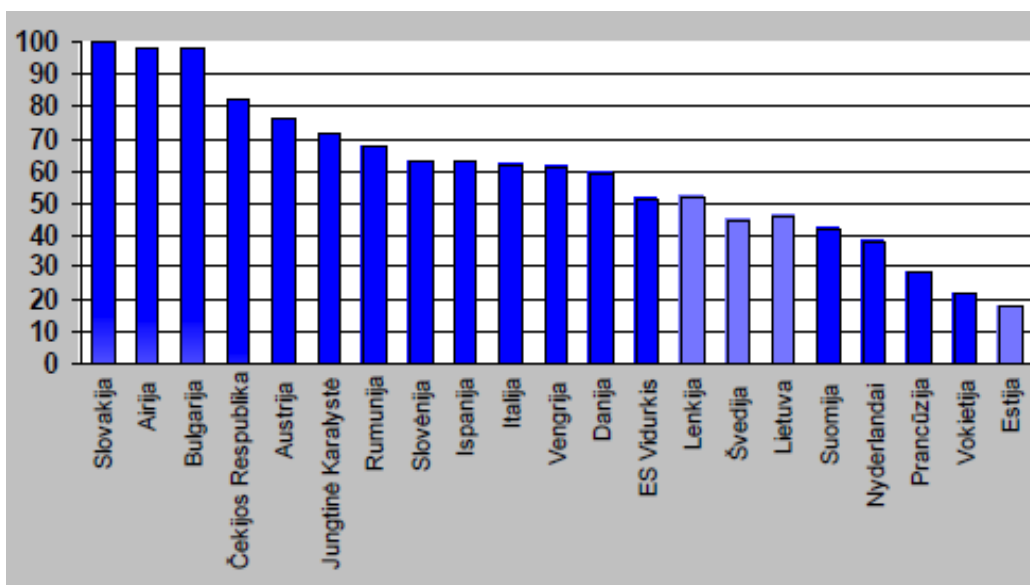
Pasaulio sveikatos organizacija (PSO) Europoje davė pradžią nakties metu aplinkos sklaidžiamo triukšmo įvertinimui, bei nurodė gaires nustatyto triukšmo daromo neigiamo poveikio

sveikatai sumažinimui ir atitinkamų sprendimų priėmimui. Remiantis ekspertų, šešerių metų laikotarpyje, gautais mokslinių tyrimų rezultatais nagrinėjant triukšmo nakties metu daromą žalą, PSO parengė informaciją apie šio triukšmo poveikį žmonių sveikatai. Tuo pagrindu ES teisės aktuose buvo įvesti triukšmo lygio apribojimai nakties metu (*Working...2005*).

Kelių transporto triukšmo lygio (didesnio negu leistinas) veikiamų žmonių dalis (proc.) ES valstybių didžiuosiuose miestuose, kuriose gyvena daugiau kaip 250 tūkst. gyventojų, pateikta 9 ir 10 paveiksluose (Adamonienė *et al.* 2010).



9 pav. Didesnio nei 55 dBA L_{dvn} kelių transporto triukšmo lygio veikiamų žmonių dalis (proc.) ES valstybių aglomeracijose, kuriose gyvena daugiau kaip 250 tūkst. gyventojų



10 pav. Didesnio nei 50 dBA $L_{nakties}$ kelių transporto triukšmo lygio veikiamų žmonių dalis (proc.) ES valstybių aglomeracijose, kuriose gyvena daugiau kaip 250 tūkst. gyventojų

Remiantis Europos aplinkos agentūros (EAA) duomenimis, 113 Europos Sąjungos valstybių didžiųjų miestų, kuriuose gyvena daugiau nei 47 milijonai gyventojų veikiama didesnio nei 55 dBA L_{dvn} kelių transporto triukšmo lygio. Didesnio nei 50 dBA $L_{nakties}$ kelių transporto triukšmo lygio veikiama daugiau nei 33 milijonai gyventojų (Noise...2009).

1996 m. Europos Komisijos sudarė, patvirtino ir Žaliojoje Knygoje paskelbė triukšmo vertinimo strategiją. Tai buvo pirmas triukšmo valdymo politikos žingsnis. Strategijoje suformuluotas triukšmo valdymo politikos tikslas: sudaryti tokias aplinkos sąlygas, kad joks asmuo neturėtų būti veikiamas padidinto triukšmo lygio, kuris keltų grėsmę žmonių sveikatai ir gyvenimo kokybei (Future...1996).

Triukšmo Politikos Komitetas pastebėjo, kad gauti duomenys apie triukšmą ir jo poveikį yra nepakankami dėl triukšmo matavimo metodų bei priemonių taikymo ir jų įvertinimo. Tačiau iš gautų duomenų matyti, kad iš 495 milijonų ES gyvenančių žmonių, apie 20 proc. kenčia nuo triukšmo poveikio. Tai apima daugiau nei 80 milijonų gyventojų. Negana to, kasmet triukšmo lygis padidėja apie 2 dB.

Intervalais išskirstytas ES šalių gyventojus veikiantis triukšmas pateiktas 6 ir 7 lentelėse (Adamonienė et al. 2010).

6 lentelė. Atitinkamo intervalo kelių transporto dienos, vakaro ir nakties triukšmo lygio L_{dvn} veikiamų žmonių skaičius Europos Sąjungos valstybėse

Europos Sąjungos šalis	Aglomeracijų (250 tūkst. gyv.) skaičius	Gyventojų skaičius	Dienos, vakaro ir nakties triukšmo lygio L_{dvn} intervalas				
			55–59	60–64	65–69	70–74	>75
Airija	1	1 150 000	245 700	511 900	194 100	117 200	23 600
Austrija	1	1 610 578	552 900	321 700	291 700	58 600	1 400
Bulgarija	2	726 000	99 800	253 700	241 100	91 000	1 600
Čekijos Respublika	3	1 852 955	658 400	490 200	250 500	117 700	16 300
Danija	1	1 071 714	286 000	193 500	123 900	22 400	3 300
Estija	1	401 140	45 600	23 500	5 700	300	0
Ispanija	11	4 794 446	801 700	958 700	746 300	414 500	97 200
Italija	3	4 190 684	1 957 800	421 300	151 400	80 000	4 700
Jungtinė Karalystė	28	25 613 309	5 588 300	8 794 100	1 922 500	826 700	79 300
Latvija	1	2 300 000	233 700	218 700	129 300	81 100	25 100
Lenkija	12	7 446 365	1 167 300	1 243 100	903 200	450 100	91 300

6 lentelės pabaiga

Europos Sąjungos šalis	Aglomeracijų (250 tūkst. gyv.) skaičius	Gyventojų skaičius	Dienos, vakaro ir nakties triukšmo lygio L_{dvn} intervalas				
			55–59	60–64	65–69	70–74	>75
Lietuva	2	932 847	184 800	168 500	55 200	9 300	100
Nyderlandai	6	5 026 059	827 900	673 300	344 100	44 500	1 000
Prancūzija	3	12 343 111	1 160 800	848 800	678 300	509 200	130 600
Rumunija	8	4 079 364	892 400	1 001 100	566 300	210 200	50 900
Slovakija	1	528 129	93 900	165 400	144 900	83 100	70 500
Slovėnija	1	266 251	65 200	51 500	40 000	11 500	500
Suomija	1	560 905	87 200	88 700	46 600	14 900	100
Švedija	3	1 548 886	285 500	204 700	131 500	62 800	11 300
Vengrija	1	2 065 230	299 800	287 100	338 700	255 900	86 500
Vokietija	23	14 562 517	1 392 800	928 600	713 100	362 300	52 700

7 lentelė. Atitinkamo intervalo kelių transporto dienos, vakaro ir nakties triukšmo lygio $L_{nakties}$ veikiamų žmonių skaičius Europos Sąjungos valstybėse

Europos Sąjungos šalis	Aglomeracijų (250 tūkst. gyv.) skaičius	Gyventojų skaičius	Dienos, vakaro ir nakties triukšmo lygio $L_{nakties}$ intervalas				
			50–54	55–59	60–64	65–69	>70
Airija	1	1 150 000	43 100	287 000	166 700	53 200	3 400
Austrija	1	1 610 578	350 900	305 400	74 200	3 100	600
Bulgarija	2	726 000	227 700	256 900	108 900	4 400	0
Čekijos Respublika	3	1 852 955	468 500	254 000	127 500	22 700	600
Danija	1	1 071 714	243 500	119 900	100 200	25 400	300
Estija	1	401 140	28 700	6 900	600	0	0
Ispanija	11	4 794 446	900 500	746 900	439 300	142 200	11 400
Italija	3	4 190 684	405 400	156 900	89 800	7 300	1 900
Jungtinė Karalystė	28	25 613 309	9 362 000	2 565 200	1 019 500	114 100	12 900
Latvija	1	2 300 000	234 600	131 600	96 700	39 200	600
Lenkija	12	7 446 365	1 205 800	914 500	519 700	188 100	21 900
Lietuva	2	932 847	163 500	128 600	44 800	4 600	0
Nyderlandai	6	5 026 059	6 59 500	337 500	57 100	1 900	0

Europos Sąjungos šalis	Aglomeracijų (250 tūkst. gyv.) skaičius	Gyventojų skaičius	Dienos, vakaro ir nakties triukšmo lygio $L_{nakties}$ intervalas				
			50–54	55–59	60–64	65–69	>70
Prancūzija	3	12 343 111	1 122 400	735 000	530 400	191 400	16 400
Rumunija	8	4 079 364	787 100	973 900	620 900	232 800	67 600
Slovakija	1	528 129	161 400	139 100	94 100	38 900	15 900
Slovėnija	1	266 251	54 400	42 900	15 500	1 100	0
Suomija	1	560 905	90 200	42 900	21 700	400	0
Švedija	3	1 548 886	209 100	139 400	67 200	18 500	3 000
Vengrija	1	2 065 230	292 800	289 600	277 400	160 300	14 400
Vokietija	23	14 562 517	822 400	591 400	345 500	88 100	3 800

Automobilių transporto priemonių triukšmo šaltiniai yra varikliai, jėgos bei judesio perdavimo mechanizmai, tačiau daug įtakos triukšmui turi ir kelių bei gatvių danga ir autotransporto intensyvumas. Miesto autotransporto intensyvumas yra vienas iš svarbiausių veiksnių, nulemiančių triukšmo lygį. Kintant eismo intensyvumui nuo 100 iki 400 automobilių per valandą, triukšmo lygis išauga 12,5 dBA (Mačiūnas 1999). Europos Sąjungos Žaliosios knygos dalyje „Triukšmo ateities politika“ (Future...1996) nurodoma, kad transporto triukšmui didelę įtaką turi pažangesnės transporto priemonės, keliančios mažesnę triukšmą (žr. 8 lentelę).

8 lentelė. Pažangesnių automobilių transporto priemonių keliamo triukšmo lygio pokyčiai

Transporto kategorija	Triukšmo lygis, dBA			
	1972 m.	1982 m.	1988–1990 m.	1995–1996 m.
Lengvieji automobiliai	82	80	77	74
Miesto autobusai	89	82	80	78
Sunkvežimiai	91	88	84	80

Iš 8 lentelės matyti, kad techniškai pažangesnės (naujesnės) kelių transporto priemonės skleidžia mažesnę triukšmą. Naujos kartos automobiliai gaminami naudojant šiuolaikines technologijas bei medžiagas, todėl yra mažiau triukšmingi negu senieji.

1.7. Tarptautinio standarto LST ISO 1996-2:2008 pagrindiniai reikalavimai

Naudojama įranga, įskaitant mikrofoną, apsaugą nuo vėjo, laidus ir įrašymo įrangą, turi atitikti bent vieną iš šių LST ISO 1996-2:2008 „Akustika. Aplinkos triukšmo aprašymas, matavimas ir įvertinimas. 2 dalis. Aplinkos triukšmo lygių nustatymas (tapatus ISO 1996-2:2007)“ standarto reikalavimų (*LST ISO 1996-2:2008...2008*):

- 1) būti 1 klasės kaip nurodyta IEC 61672-1:2002;
- 2) būti 2 klasės kaip nurodyta IEC 61672-1:2002.

Kiti reikalavimai triukšmo matavimo įrangai:

- 1) kai matuojama ne patalpoje, visada reikalinga naudoti apsaugą nuo vėjo;
- 2) prieš ir po kiekvienos matavimų serijos 1 ir 2 klasių matavimo prietaisai turėtų būti sukalibruoti atitinkamai panaudojant 1 arba 2 klasės kalibravimo įrenginius;
- 3) jeigu matuojama ilgą laiko tarpą, pvz., visą dieną ar daugiau, tada matavimo įranga turėtų būti reguliariais intervalais, pvz., vieną ar du kartus per dieną patikrinta akustiniu arba elektriniu būdu;
- 4) bent kartą per metus rekomenduojama patikrinti kalibravimo įrenginio atitiktį IEC 60942 reikalavimams. Bent kartą per dvejus metus, nacionalinius standartus tenkinančioje laboratorijoje, rekomenduojama patikrinti matavimo sistemos atitiktį tiesiogiai susijusiems IEC standartams;
- 5) reikia pažymėti paskutinio patikrinimo datą bei atitiktį tiesiogiai susijusiems IEC standartams.

Matuojamas triukšmas privalo būti kiek galima artimesnis tam triukšmui, kurio charakteristikas norima ištirti. Norint nustatyti, ar transporto eismo srauto triukšmas atitinka tą, kurį tiriame, reikia išmatuoti vidutinį eismo greitį bei pasižymėti kelio paviršiaus tipą. Norint kuo tiksliau įvertinti tiek ekvivalentinį, tiek maksimalų triukšmo lygį, matavimo laiko intervalas turi apimti minimalų triukšmo pasikeitimų skaičių.

Kai matuojamas ekvivalentinis triukšmo lygis, važiuojančių transporto priemonių skaičius turi būti skaičiuojamas visą matavimo laiko intervalą. Jeigu norima matavimo rezultatus priskirti tam tikroms automobilių transporto eismo sąlygoms, turėtų būti išskirtos bent dvi kategorijos: sunkiasvariai ir lengvieji automobiliai. Čia sunkiasvorėms transporto priemonėms priskiriami automobiliai, kurių masė viršija 3,5 tonos. Dažnai sunkiasvariai automobiliai yra suskirstomi į keletą smulkesnių kategorijų priklausomai nuo ašių skaičiaus.

Norint nustatyti atskirų automobilių triukšmo emisijos variaciją, reikalingas važiuosiu automobilių skaičius, be to, rezultato tikslumas priklauso nuo išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio. Jeigu daugiau nežinoma jokių duomenų, standartinis neapibrėžtumas žymimas:

$$X \cong \frac{10}{\sqrt{n}}, \quad (1.1)$$

čia: n – bendras važiavusių automobilių skaičius.

(1.1) išraiška skirta mišriam kelių eismui. Jeigu eisme dalyvauja vienos kategorijos transporto priemonės, standartinis neapibrėžtumas bus mažesnis. Kai registruojamas individualios transporto priemonės triukšmo lygis L_E , kuris naudojamas apskaičiuoti ekvivalentinį triukšmo lygį L_{ekv} , minimalus išmatuotų individualių automobilių skaičius turėtų būti 30.

Maksimalus garso slėgio lygis L_{max} kaip pažymėta LST ISO 1996-2:2008, skiriasi tarp transporto kategorijų. Skiriantis automobilių kategorijoms, tam tikri maksimalūs garso slėgio lygiai susiduria dėl individualių skirtumų tarp transporto priemonių ir skirtingo greičio ar vairavimo stiliaus. Maksimalus garso slėgio lygis turėtų būti nustatytas išmatavus bent 30 važiavusių, norimos kategorijos automobilių garso slėgio lygį. Imama didžiausia užfiksuota reikšmė.

Oro sąlygos turi būti tokios, kad matuojant nesukeltų pašalinių trikdžių, kurie tiesiogiai veiktų matavimo rezultatus.

Važiuojamosios kelio dalies danga, kuria juda automobiliai, turi būti sausa. Kelio danga neturėtų būti padengta sniegu ar ledu. Taip pat neleidžiama, kad kelias būtų sušalęs ar permirkęs nuo perteklinio vandens kiekio, nebent yra tiriama šių kelio dangos sąlygų įtaka sukeliamam triukšmui.

Garso slėgio lygis keičiasi priklausomai nuo oro sąlygų. Kai paviršius yra minkštas, pokytis yra nežymus, jei:

$$\frac{h_s + h_r}{r} \geq 0,1, \quad (1.2)$$

čia: h_s – šaltinio aukštis, m;

h_r – imtuvo aukštis, m;

r – atstumas tarp šaltinio ir imtuvo, m.

Jeigu paviršius yra kietas, taikomos didesnės distancijos.

Matavimo metu esančios meteorologinės sąlygos turėtų būti apibūdintos, o jeigu reikia – stebimos. Kai (1.2) sąlyga įvykdyta, oro sąlygos gali turėti didelę įtaką matavimo rezultatams.

Mikrofonas gali būti sumontuotas be atspindinčio paviršiaus, pritvirtintas prie atspindinčio paviršiaus ir atitrauktas 0,5–2 m atstumu nuo atspindinčio paviršiaus. Kai mikrofonas sumontuotas prie atspindinčio paviršiaus, garso slėgio lygis 6 dB didesnis negu be jo. Jeigu sumontuotas 0,5–2 m atstumu – didesnis 3 dB (*LST ISO 1996-2:2008...2008*).

1.8. Problemos formulavimas, darbo tikslas ir uždaviniai

Transporto triukšmo lygis priklauso nuo jo intensyvumo, greičio, sudėties ir kt. Miesto transporto intensyvumas yra vienas iš svarbiausių veiksnių, nulemiančių triukšmo lygį. Kintant eismo intensyvumui nuo 100 iki 400 automobilių per valandą, triukšmo lygis išauga 12,5 dBA. Didelį triukšmą gatvėje kelia daugybė važiavimo bei stabdymo veiksmų ir stovėjimas spūstyje veikiant varikliui. Triukšmas taip pat priklauso nuo transporto priemonės rūšies. Didžiausią triukšmą kelia sunkvežimiai ir mopedai – (100–102) dBA. Nemaža triukšmo dalis susijusi su vairuotojo elgesiu. Vienas nesupratingas vairuotojas gali sukelti tiek triukšmo, kiek sukelia dešimt, bandančių jo išvengti. Kita verstus, netinkamai prižiūrimas automobilis (netvarkingos oro įsiurbimo ir dujų išmetimo sistemos, ventiliatorius, pavarų dėžė) gali triukšmo lygį padidinti net 10 dBA. Didelę įtaką triukšmui daro ir transporto greitis. Jam padidėjus nuo 40 km/h iki 60 km/h, triukšmo lygis padidėja (2–4) dBA (*Triukšmas...2013*).

Transporto sukeliama triukšmo pagrindinė problema – neigiama įtaka žmogaus sveikatai ir gyvensenai. Triukšmas yra kenksmingas sveikatai aplinkos faktorius, sukeliantis specifinių ir nespecifinių patologinių pokyčių įvairiose organizmo sistemose. Jis yra reikšmingas rizikos veiksnys klausos, nervų, širdies ir kraujagyslių, virškinamojo trakto susirgimams išsivystyti.

Darbo tikslas – išmatuoti automobilių transporto triukšmo lygį pasirinktose Alytaus miesto gatvėse bei sankryžose ir sudaryti Alytaus miesto gatvių triukšmo žemėlapi.

Tiriamąo darbo uždaviniai:

- 1) parinkti miesto gatvių triukšmo matavimo metodiką bei priemones;
- 2) atlikti teorinius gatvių triukšmo lygio skaičiavimus;
- 3) pagal pasirinktą matavimo metodiką gauti eksperimentinius automobilių sukeliama triukšmo gatvėse duomenis;
- 4) palyginti analitiniu bei eksperimentiniu būdais gautas triukšmo lygio reikšmes;
- 5) apdoroti eksperimento metu gautus rezultatus ir atlikti triukšmo lygio tyrimų spektrinę analizę;
- 6) remiantis gautais rezultatais, pateikti išvadas ir rekomendacijas.

2. AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO TRIUKŠMO TEORINIS TYRIMAS

2.1. Triukšmas ir jo sklaidimo teorija

Akustinis triukšmas – tai atsitiktiniai netvarkingi garsai, kuriuos skleidžia pramonės objektai, transportas, statybos darbai ir kt. Triukšmą galima apibrėžti kaip slėgio pokyčius, kurie dirgina klausą. Palyginus su statišku atmosferos oro slėgiu ($\approx 10^5$ Pa), girdimo garso slėgio pokyčiai yra labai maži (nuo 20 μ Pa iki 100 Pa). Tai rodo labai didelį klausos jautrį. Paprasčiausią akustinę bangą galima užrašyti lygtimi:

$$p = p_{\max} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r}{\lambda} \right), \quad (2.1)$$

čia: $p_{\max}$ – amplitudė;

$T = \frac{1}{f}$ – svyravimo periodas. Periodas atvirkščiai proporcingas dažniui f , Hz;

λ – bangos ilgis, m;

r – atstumas nuo triukšmo šaltinio, m.

Akustinėje bangoje slėgio pokyčius sukelia medžiagos dalelių sutankėjimai ir praretėjimai, susiję su jų svyruojamuoju judesiu.

Bangų sklaidimo greitis $v = \lambda \cdot f$ priklauso nuo medžiagos savybių (tamprumo modulio, tankio).

Garso intensyvumas, kuris rodo vidutinį galios tankį, pratekantį per statmeną bangų plitimo kryptčiai ploto vienetą:

$$I = X^2 \rho v = \frac{p^2}{\rho v}, \quad (2.2)$$

čia: $v = \frac{dX}{dt}$ – svyravimo greitis, m/s;

p – bangos sukeliamas slėgio pokytis, proporcingas amplitudei, Pa;

ρv – dydis, dažnai vadinamas akustine varža.

Garso intensyvumas kinta labai plačiose ribose, todėl paprastai matuojamas ir dokumentais reglamentuojamas garso lygis L , kuris matuojamas decibelais (dB):

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 20 \lg \frac{p}{p_0}, \quad (2.3)$$

čia: p_0 – girdimumo ribinis slėgis, kurio etaloninė vertė $p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} = 20 \text{ } \mu\text{Pa}$;

I_0 – triukšmo šaltinio intensyvumas, $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

Triukšmo šaltinio akustinė galia W , kurią šaltinis išspinduliuoja visomis kryptimis siejasi su jo intensyvumu I ir ribojančiu plotu S :

$$W = \int_s (I, n) dS, \quad (2.4)$$

čia: n – šaltinį ribojančio ploto normalės kryptis.

Jei šaltinis laikytinas taškiniu ir yra neapribotoje erdvėje, tai ribojantį plotą galima užrašyti $S = 4\pi r^2$. Intensyvumas 1 metro atstumu $I_s = \frac{W}{4\pi}$ dažnai vadinamas šaltinio intensyvumu. Tokiu būdu taškinio šaltinio akustinio slėgio p bei intensyvumo I priklausomybei nuo atstumo r galioja sąryšiai:

$$I_1 \cdot r_1^2 = I_2 \cdot r_2^2 \text{ arba } p_1 r_1 = p_2 r_2. \quad (2.5)$$

Jei atstumu r_1 triukšmo lygis L_1 , tai atstumu r_2 bus:

$$L_2 = L_1 - 20 \lg \frac{r_2}{r_1}. \quad (2.6)$$

Jei $r_1 = 1 \text{ m}$, tai L_1 rodo triukšmo šaltinio lygį L_w .

Iš (2.6) sąryšio išplaukia, kad padidėjus atstumui 2 kartus ($r_2 = 2r_1$) triukšmo lygis sumažėja 6 dB.

Dėl oro klampos, jame esančių garų, dulkių ir kt. aerolio dalelių, vyksta garso energijos absorbcija ir sklaida. Todėl apytiksliai papildomai jo lygis sumažėja: 50 m atstumu – 0,5 dB; 100 m atstumu – 1,5–2 dB; 300 m atstumu – 3–3,5 dB.

Dalį triukšmo absorbuoja žemė arba kitoks paviršius. Taškiniam triukšmo šaltiniui, kurio intensyvumo lygis L_w , esant ant žemės paviršiaus, dažnai taikoma apibendrinta pusiau empirinė išraiška:

$$L_r = L_w - 20 \lg r - 8, \quad (2.7)$$

čia: L_r – triukšmo lygis atstumu r nuo šaltinio, dB.

Ištęstam tiesiniam šaltiniui dažnai naudojamas sąryšis:

$$L_r = L_w - 10 \lg r - 5. \quad (2.8)$$

Kintamam laiko eigoje triukšmo lygiui vertinti labiausiai pripažįstamas ekvivalentinis triukšmo lygis L_{ekv} . Tai lygis, kuris siejasi su vidutine galia per visą matavimo laikotarpį:

$$L_{ekv} = 10 \lg \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{t_v} 10^{0,1L_i}, \quad (2.9)$$

čia: L_i – triukšmo lygis matavimo laikotarpiu, dB;

t_i , t_v – visų matavimų laikų suma, s. Greta L_{ekv} naudojama, pvz. L_{80} , kuris rodo triukšmo lygį, kai viršijama 80 % laiko.

Žmogaus klausa yra mažiau jautri žemų dažnių nei aukštų dažnių (aukštų tonų) garsams. Todėl matuojant triukšmo poveikį naudojamos apibendrintos reikšmingumo kreivės arba dažninės charakteristikos. Nustatyta, kad jautrio priklausomybė nuo dažnio yra ryškesnė mažo intensyvumo garsams (A dažninė charakteristika), silpnesnė priklausomybė didelio intensyvumo garsams (C arba tiesinė charakteristika).

Užstatytose arba kitokiu būdu apribotoje aplinkoje greta tiesioginio susidaro papildomas triukšmas dėl bangų atspindžių ir aprašomas lūžio, difrakcijos bei interferencijos dėsniais, todėl gaunamas rezultatas pateikiamas labai sudėtingomis matematinėmis formulėmis. Praktikoje tenka naudotis apytikriais pusiau empiriniais sąryšiais. Grupės ir vienodų L_1 triukšmo lygio šaltinių bendras triukšmo slėgio lygis bus gaunamas iš intensyvumų sumavimo dėsnio:

$$L = 10 \lg \frac{n \cdot p_1^2}{p_0^2} = 20 \lg \frac{p_1}{p_0} + 10 \ln n = L_1 + 10 \ln n. \quad (2.10)$$

Triukšmas, kurio lygio pokytis didesnis kaip 5 dB(A) vadinamas nepastoviu. Nuolat kintamam, pertrūkstančiam ir impulsiniam triukšmui paprastai matuojamas ir reglamentuojamas jo ekvivalentinis lygis.

Jei garso bangos ilgis yra mažas ir nesiekia pusės kliūtis matmenų, tuomet difrakcijos įtaka yra maža ir naudojamosi geometriniais metodais. Žinant, kad atspindžio kampas lygus kritimo kampui galima įvertinti papildomų bangų plitimo kelią. Jei atsispindėjusios bangos nuskrieja papildomą kelią, didesnį už 20 m, jos žymiai pavėluoja ir gali būti stebimas garso aidas. Jei garsą sukelia daug šaltinių arba atspindžių gaunamas difuzinis garso laukas.

Užstatytoje teritorijoje akustinio triukšmo bangos plinta tarp pastatų. Pastatai tik nedidelę dalį triukšmo atspindi, o pagrindinę dalį absorbuoja, nes jų sienos sudaro garsą izoliuojančią daugiasluoksnią atitvarą. Dėl akustinių bangų difrakcijos triukšmas iš dalies apeina kliūtis, tačiau esant bangų ilgiui žymiai trumpesniui už pastatų matmenis (ultragarsas bei girdimasis garsas) difrakcijos įtaka nežymi, todėl už pastatų susidaro triukšmo šešėliai.

Triukšmas, sklisdamas aplinkoje nuo šaltinio iki imtuvo, gali sutikti įvairias kliūtis, t. y. slopinimo mechanizmus, kaip pvz., atstumas, reljefas, augmenija ir kitos kliūtys. Šių kliūčių įtaka sklindančiam garso lygiui gali būti apskaičiuojama arba nustatoma matavimo būdu, pavyzdžiui, įvertinami garso galios nuostoliai sklindant garsui tam tikroje terpėje (ore ar kitose dujose), sklindant žemės reljefu (paviršiumi), sutinkant vėjo pasipriešinimą (vėjo kryptis ir jo greitis). Šios ir kitos kliūtys kartais gali turėti didelę įtaką aplinkos triukšmo įvertinimui. Stacionarių arba judančių triukšmo šaltinių poveikio aplinkai įvertinimui, dažnai pasitelkiamas ekvivalentinis garso vertinimo dydis. Šis triukšmo įvertinimo vienetas atitinka bendrą žmogaus ausies ir triukšmo koreliacijos įvertinimą. Tai yra subjektyvus šaltinio skleidžiamo garso slėgio lygio įvertinimo vienetas. Šis dydis gali charakterizuoti bendrą triukšmo lygį, išmatuotą pagal tam tikrą matuoklio skalę, per tam tikrą laiko vienetą (nuo 1 sekundės iki kelių valandų).

Transporto triukšmas yra besikeičiantis, todėl reikalinga imti efektyvųjį, vidutinį triukšmą. Didžiausiais triukšmas būna piko valandomis, todėl svarbiausia jį teisingai išmatuoti ir įvertinti. Gatve judančiojo transporto vidutinį triukšmą galima laikyti tiesiniu šaltiniu, todėl triukšmas kiemuose, tarp namų esančiose aikštelėse tiesiogiai sietinas su jų atstumu nuo gatvės juostos ir gatvės matymo kampu γ .

2.2. Triukšmingumui įtakos turintys transporto srautų tipai

Automobilių transporto srauto triukšmui įtakos turi transporto priemonių judėjimo gatvės tipas. Transporto srauto tipas yra papildomas greičio parametras, kuris apima įsibėgėjimą, lėtėjimą, variklio apkrovą ir netolygaus ar pastovaus eismo judėjimą. Apibrėžiamos keturios transporto srautų kategorijos (Mačiūnas *et al.* 2006):

1. Sklandus nenutrūkstantis srautas.

Dominančiame kelio ruože automobiliai juda beveik vienodu greičiu. Tai yra sklandus srautas, nes yra stabilus erdvės ir laiko atžvilgiu mažiausiai dešimt minučių. Gali būti pokyčių kelionės metu dieną, tačiau be staigių ar ritmiškų pokyčių. Be to, tai nėra įsibėgėjimas nei lėtėjimas, o nusistovėjęs greitis. Šis srauto tipas atitinka greitkelio, tarpmiestinio kelio, greitkelio urbanizuotoje teritorijoje (ne piko valandomis) ar pagrindinio kelio urbanizuotoje aplinkoje eismą.

2. Netolygus nenutrūkstantis srautas.

Srautas su daugeliu įsibėgėjančių ar lėtėjančių automobilių – tai nestabilus srautas nei laiko prasme (t. y. yra staigūs srauto pokyčiai mažais laiko tarpais), nei erdvės prasme (t. y. bet kuriuo laiko momentu automobilių koncentracija dominančiame kelio ruože yra nevienoda). Tačiau įmanoma nustatyti šio tipo srauto vidutinį bendrąjį greitį, kuris yra stabilus ir pasikartoja gana ilgą laiko tarpą. Šis srauto tipas atitinka miesto centro kelius, pagrindinius kelius arti tankiai apgyvendintų teritorijų, išsišakojančius ar susijungiančius kelius su daug sankryžų, kelius automobilių parkuose, prie sankryžų su pėsčiųjų takais.

3. Netolygus įsibėgėjantis srautas.

Didžiausia visų automobilių dalis įsibėgėja, o tai reiškia, kad greičio sąvoka turi reikšmę tik tam tikruose taškuose, nes važiavimas yra nestabilus. Tai yra tipinis transporto srautas greitkeluose už sankryžų ar ties automagistralių kelių susiaurėjimu, ties rinkliavų postu ir t. t.

4. Netolygus lėtėjantis srautas.

Žymios dalies automobilių greitis mažėja. Dažniausiai būna pagrindinėse urbanizuotų teritorijų sankryžose, greitkelių pradžioje, ties rinkliavų postais ir t. t.

Transporto srauto judėjimo intensyvumas taip pat turi didelę įtaką triukšmo lygiui (Mačiūnas 1999). Triukšmo lygio išaugimas, didėjant automobilių skaičiui, pateiktas 9 lentelėje.

9 lentelė. Triukšmo lygiai dėl transporto srauto judėjimo intensyvumo

Abipusio judėjimo intensyvumas, vnt./val.	Ekvivalentinis triukšmo lygis (L_{Aeq}), dBA
50	60
60	68
80	68,5
100	69,5
150	70
200	71
300	72
400	73
500	73,5
700	74
900	75
1000	75,5
1500	77
2000	77,5
3000	78,5
4000	79
5000	80
10000	81

Iš 9 lentelės matyti, kad automobilių eismo intensyvumui padidėjus 10 kartų, ekvivalentinis triukšmo lygis išauga apie 5,5 dBA.

2.3. Analitiniai triukšmo skaičiavimai

Paprastai matuojamas ir reglamentuojamas triukšmo lygis 1,2–1,5 m aukštyje 7,5 m atstumu nuo pirmosios transporto juostos. Kadangi dydį W_1 sunku teoriškai įvertinti, todėl naudojami praktiniai apibendrinti parametrai. Tokiu būdu reikalinga žinoti parametrus: abiem kryptimis važiuojančių automobilių skaičių per valandą piko laiku N_1 ir N_2 , vidutinį jų greitį v , krovinių ir viešojo transporto priemonių procentą sraute p bei akustinio triukšmo foninį lygį L_{fon} .

Gatvės transporto keliamo triukšmo ekvivalentinis lygis L_{ekv} dažniausiai įvertinamas formule (Kaulakys 1999):

$$L_{ekv} = 10 \lg \cdot N + 13 \lg \cdot v + 8,41 \lg \cdot p + 7 + \Delta L_p, \quad (2.11)$$

čia: N – transporto intensyvumas abiem kryptimis. $N = N_1 + N_2$;
 v – transporto vidutinis greitis, km/h;
 p – krovinių ir viešojo transporto priemonių procentas sraute;
 ΔL_p – pataisa.

Pataisa ΔL_p įskaitomi papildomi faktoriai: esant betoninei dangai ji lygi +3 dB, esant 3–7 m skiriamajai juostai ji lygi –1 dB. Jei važiavimo kryptis įkalnėn, pataisa pridedama, jei važiuoja nuokalnėn – atimama priklausomai nuo statumo %. Esant statumui nuo 2 iki 4 % ± 1 dB, 4–6 % – ± 2 dB (Kaulakys 1999). Pataisos reikšmės, priklausomai nuo kelio paviršiaus kategorijos, pateiktos 10 lentelėje.

10 lentelė. Rekomenduojama kelio paviršiaus tipo pataisos schema

Kelio paviršiaus kategorija	Triukšmo lygio pataisa, dB		
	0–60 km/h	61–80 km/h	81–130 km/h
Akylas paviršius (mažiausiai 20 % ertmių)	-1	-2	-3
Lygus asfaltas (betonas ar mastika)	0		
Cementbetonis ar rifliuotas asfaltas	+2		
Smulkios tekstūros grindinio akmenys	+3		
Stambios tekstūros grindinio akmenys	+6		

Pataisa dėl kelio dangos šiurkštumo įvertinama sąryšiu:

$$\Delta \lambda_\lambda = 3 \lg \frac{\lambda}{0,3}, \quad (2.12)$$

čia: λ – kelio dangos šiurkštumas, mm.

Tokiu būdu pro aukštų pastatų tarpą į tašką C , iš kurio nedideliu kampu γ , matuojamu radianais, atstumu r matomas gatvės ruožas, patenkančio triukšmo lygis L_C bus:

$$L_C = 20 \lg \frac{I_C}{I_0} = 20 \lg \frac{I_{ekv}}{I_0} + 20 \lg \frac{\gamma}{r} + 20 \lg 3,75, \quad (2.13)$$

arba

$$L_c = L_{ekv} + \lg \frac{\gamma}{r} + 11,5, \quad (2.14)$$

čia: L_{ekv} – triukšmo lygis 7,5 m atstumu nuo to gatvės ruožo apskaičiuojamas iš (2.11) išraiškos.

Skaičiavimams palengvinti, pvz., brėžiant triukšmo izolinijas, galima naudotis pagalbinių trikampių šeima. Pagalbiniai trikampiai parenkami ir dedami ant teritorijos plano, kad jų pagrindų centrai sutaptų su transporto linija, o kraštinės eitų pro pastatų kraštus. Tokiu būdu trikampių viršūnės parodys triukšmo izolinijas.

Lietuvos higienos norma HN 33:2011 „Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“ (*Isakymas Nr. V-604...2011*) nustato ribines triukšmo lygio vertes strateginio kartografavimo rezultatams įvertinti: L_{dvn} , L_{dienos} , L_{vakaro} , $L_{nakties}$.

L_{dvn} (dienos, vakaro ir nakties triukšmo rodiklis) – triukšmo poveikio sukkelto apibendrinto dirginimo rodiklis. Dienos, vakaro, nakties triukšmo lygis L_{dvn} decibelais (dB) apskaičiuojamas pagal formulę (Mačiūnas *et al.* 2006):

$$L_{dvn} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_D}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_V + 5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_N + 10}{10}} \right), \quad (2.15)$$

čia: L_{dienos} (dienos triukšmo rodiklis) – dienos laikotarpiu triukšmo poveikio sukkelto dirginimo rodiklis, t. y. vidutinis ilgalaikis A svertinis garso lygis, nustatytas vienerių metų dienos laikotarpiui, kaip apibrėžta standartu ISO 1996-2:1987;

L_{vakaro} (vakaro triukšmo rodiklis) – vakaro laikotarpiu triukšmo poveikio sukkelto dirginimo rodiklis, t. y. vidutinis ilgalaikis A svertinis garso lygis, nustatytas vienerių metų vakaro laikotarpiui, kaip apibrėžta standartu ISO 1996-2:1987;

$L_{nakties}$ (nakties triukšmo rodiklis) – nakties laikotarpiu triukšmo poveikio sukkelto dirginimo rodiklis, t. y. vidutinis ilgalaikis A svertinis garso lygis, nustatytas vienerių metų nakties laikotarpiui, kaip apibrėžta standartu ISO 1996-2:1987.

2.4. Gatvių triukšmo analitinių skaičiavimų rezultatai

Analitiniai triukšmo skaičiavimai atliekami pagal 2.3 poskyryje pateiktą metodiką. Kaip minėta anksčiau, ekvivalentinio triukšmo lygio skaičiavimams reikia žinoti šiuos parametrus:

- 1) abiem kryptimis važiuojančių automobilių skaičių per valandą – N_1 ir N_2 ;
- 2) vidutinį jų greitį v ;
- 3) krovinių ir viešojo transporto priemonių procentą sraute p ;
- 4) akustinio triukšmo foninį lygį L_{fon} .

Ekvivalentinis triukšmo lygis skaičiuojamas tik 15-oje autoriaus pasirinktų Alytaus miesto gatvių. Pasirinktose 5-iose sankryžose ekvivalentinis triukšmo lygis L_{ekv} nėra skaičiuojamas, nes negalima įvertinti skaičiavimams reikalingų duomenų – automobilių važiavimo greičio.

Stovinčių automobilių garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos keliamas triukšmas vertinamas didžiausiu triukšmo lygiu L_{max} , taigi jam ekvivalentinio triukšmo lygio skaičiavimai bus neatliekami.

Akustinio triukšmo foninis lygis L_{fon} yra triukšmas, kurį sukelia visi aplinkos triukšmo šaltiniai, išskyrus automobilių transportą, nes ekvivalentinis triukšmo lygis skaičiuojamas automobilių transportui. Deja, šiuo konkrečiu atveju pamatuoti foninio triukšmo lygio negalima, nes neįmanoma tiriamose gatvėse sustabdyti automobilių eismo.

Atliekant triukšmo tyrimus, buvo nustatytas važiuojančių transporto priemonių skaičius ties matuojama vieta abiem eismo kryptimis. Lengvųjų automobilių ir sunkvežimių eismo intensyvumas nuo 6 val. iki 18 val. pateiktas 11 lentelėje.

11 lentelė. Lengvųjų automobilių ir sunkvežimių eismo intensyvumas (6–18) val.

Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	6–18 val. (per 10 min.)			6–18 val. (per 1 val.)		
	Lengvųjų automobilių skaičius	Sunkvežimių skaičius	Iš viso	Lengvųjų automobilių skaičius	Sunkvežimių skaičius	Iš viso
Ulonų g.	116	10	126	696	60	756
Pulko g.	103	1	104	618	6	624
Santaikos g.	155	13	168	930	78	1008
Likiškėlių g.	115	4	119	690	24	714
Statybininkų g.	54	0	54	324	0	324
Tvirtovės g.	174	1	175	1044	6	1050
Kauno g.	66	1	67	396	6	402

Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	6–18 val. (per 10 min.)			6–18 val. (per 1 val.)		
	Lengvųjų automobilių skaičius	Sunkvežimių skaičius	Iš viso	Lengvųjų automobilių skaičius	Sunkvežimių skaičius	Iš viso
Jazminų g.	60	2	62	360	12	372
Punsko g.	83	6	89	498	36	534
Naujoji g. (ties „Jotvingio“ PC)	176	2	178	1056	12	1068
Naujoji g. (ties „Rimi“ PC)	188	2	190	1128	12	1140
Žuvinto g.	75	0	75	450	0	450
A. Jonyno g.	128	0	128	768	0	768
Putinų g.	143	18	161	858	108	966
A. Juozapavičiaus g.	142	0	142	852	0	852

Lengvųjų automobilių ir sunkvežimių eismo intensyvumas nuo 18 val. iki 22 val. pateiktas 12 lentelėje.

12 lentelė. Lengvųjų automobilių ir sunkvežimių eismo intensyvumas (18–22) val.

Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	18–22 val. (per 10 min.)			18–22 val. (per 1 val.)		
	Lengvųjų automobilių skaičius	Sunkvežimių skaičius	Iš viso	Lengvųjų automobilių skaičius	Sunkvežimių skaičius	Iš viso
Ulonų g.	163	13	176	978	78	1056
Pulko g.	78	0	78	468	0	468
Santaikos g.	139	12	151	834	72	906
Likiškėlių g.	61	0	61	366	0	366
Statybininkų g.	39	0	39	234	0	234
Tvirtovės g.	80	0	80	480	0	480
Kauno g.	82	0	82	492	0	492
Jazminų g.	23	0	23	138	0	138
Punsko g.	48	6	54	288	36	324
Naujoji g. (ties „Jotvingio“ PC)	95	1	96	570	6	576

Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	18–22 val. (per 10 min.)			18–22 val. (per 1 val.)		
	Lengvųjų automobilių skaičius	Sunkvežimių skaičius	Iš viso	Lengvųjų automobilių skaičius	Sunkvežimių skaičius	Iš viso
Naujoji g. (ties „Rimi“ PC)	154	0	154	924	0	924
Žuvinto g.	53	0	53	318	0	318
A. Jonyno g.	52	1	53	312	6	318
Putinų g.	50	2	52	300	12	312
A. Juozapavičiaus g.	117	1	118	702	6	708

Lengvųjų automobilių ir sunkvežimių eismo intensyvumas nuo 22 val. iki 6 val. pateiktas 13 lentelėje.

13 lentelė. Lengvųjų automobilių ir sunkvežimių eismo intensyvumas (22–6) val.

Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	22–6 val. (per 10 min.)			22–6 val. (per 1 val.)		
	Lengvųjų automobilių skaičius	Sunkvežimių skaičius	Iš viso	Lengvųjų automobilių skaičius	Sunkvežimių skaičius	Iš viso
Ulonų g.	63	2	65	378	12	390
Pulko g.	48	0	48	288	0	288
Santaikos g.	60	6	66	360	36	396
Likiškėlių g.	68	0	68	408	0	408
Statybininkų g.	22	0	22	132	0	132
Tvirtovės g.	10	0	10	60	0	60
Kauno g.	12	0	12	72	0	72
Jazminų g.	10	0	10	60	0	60
Punsko g.	7	1	8	42	6	48
Naujoji g. (ties „Jotvingio“ PC)	43	0	43	258	0	258
Naujoji g. (ties „Rimi“ PC)	40	0	40	240	0	240
Žuvinto g.	11	0	11	66	0	66
A. Jonyno g.	9	0	9	54	0	54

Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	22–6 val. (per 10 min.)			22–6 val. (per 1 val.)		
	Lengvųjų automobilių skaičius	Sunkvežimių skaičius	Iš viso	Lengvųjų automobilių skaičius	Sunkvežimių skaičius	Iš viso
Putinų g.	9	0	9	54	0	54
A. Juozapavičiaus g.	7	0	7	42	0	42

Prieš tai pateiktose 11, 12 ir 13 lentelėse iš bendro transporto priemonių skaičiaus išskiriamas sunkvežimių skaičius. Ekvivalentinio triukšmo lygio skaičiavimams reikalingas sunkvežimių skaičius bendrame eismo sraute, išreikštas procentais. Sunkvežimių procentinė dalis bendrame eismo sraute pateikta 14 lentelėje.

14 lentelė. Sunkvežimių procentinė dalis bendrame eismo sraute

Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	Sunkvežimių skaičius, procentais		
	6–18 val.	18–22 val.	22–6 val.
Ulonų g.	7,9	7,4	3,1
Pulko g.	1,0	0,0	0,0
Santaikos g.	7,7	7,9	9,1
Likiškėlių g.	3,4	0,0	0,0
Statybininkų g.	0,0	0,0	0,0
Tvirtovės g.	0,6	0,0	0,0
Kauno g.	1,5	0,0	0,0
Jazminų g.	3,2	0,0	0,0
Punsko g.	6,7	11,1	12,5
Naujoji g. (ties „Jotvingio“ PC)	1,1	1,0	0,0
Naujoji g. (ties „Rimi“ PC)	1,1	0,0	0,0
Žuvinto g.	0,0	0,0	0,0
A. Jonyno g.	0,0	1,9	0,0
Putinų g.	11,2	3,8	0,0
A. Juozapavičiaus g.	0,0	0,8	0,0

Skaičiuojant ekvivalentinį transporto triukšmo lygį, įvertinamas ir transporto priemonių vidutinis judėjimo greitis. Matavimai atlikti Alytaus miesto gatvėse, kuriose didžiausias

leidžiamasis važiavimo greitis yra 50 km/h, išskyrus Punsco gatvę, kurioje didžiausias leidžiamasis važiavimo greitis – 60 km/h.

Dviejose matuotose gatvėse – Naujojoje (ties „Jotvingio“ PC) ir A. Juozapavičiaus – yra kelio skiriamoji juosta. Todėl, skaičiuojant šių gatvių triukšmą, iš gauto rezultato reikia atimti pataisą – $\Delta L_p = -1$ dB.

Skaičiavimai atlikti su kompiuterine programa „Microsoft Excel“. Pagal (2.11) formulę gauti ekvivalentiniai triukšmo lygiai pateikti 15 lentelėje.

15 lentelė. Apskaičiuoti transporto srauto ekvivalentiniai triukšmo lygiai

Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	Apskaičiuotas ekvivalentinis triukšmo lygis L_{Aeq}		
	6–18 val.	18–22 val.	22–6 val.
Ulonų g.	65,4	66,6	59,1
Pulko g.	56,9	55,8	53,7
Santaikos g.	66,6	66,2	63,1
Likiškėlių g.	62,1	54,7	55,2
Statybininkų g.	54,2	52,8	50,3
Tvirtovės g.	57,3	55,9	46,9
Kauno g.	56,6	56,0	47,7
Jazminų g.	59,1	50,5	46,9
Punsco g.	64,4	64,0	56,2
Naujoji g. (ties „Jotvingio“ PC)	58,8	55,8	52,2
Naujoji g. (ties „Rimi“ PC)	59,8	58,7	52,9
Žuvinto g.	55,6	54,1	47,3
A. Jonyno g.	57,9	56,4	46,4
Putinų g.	67,8	58,9	46,4
A. Juozapavičiaus g.	57,4	56,0	44,3

Lietuvos higienos norma HN 33:2011 „Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“ nustato ribinę triukšmo lygio vertę L_{dvn} (Isakymas Nr. V-604...2011). Tai yra bendras dienos, vakaro ir nakties triukšmo rodiklis – triukšmo poveikio sukkelto apibendrinto dirginimo rodiklis.

Pagal (2.15) formulę gauti apibendrinto triukšmo lygiai L_{dvn} pateikti 16 lentelėje. Skaičiavimai atlikti su kompiuterine programa „Microsoft Excel“.

16 lentelė. Apskaičiuoti transporto srauto apibendrinto triukšmo lygiai

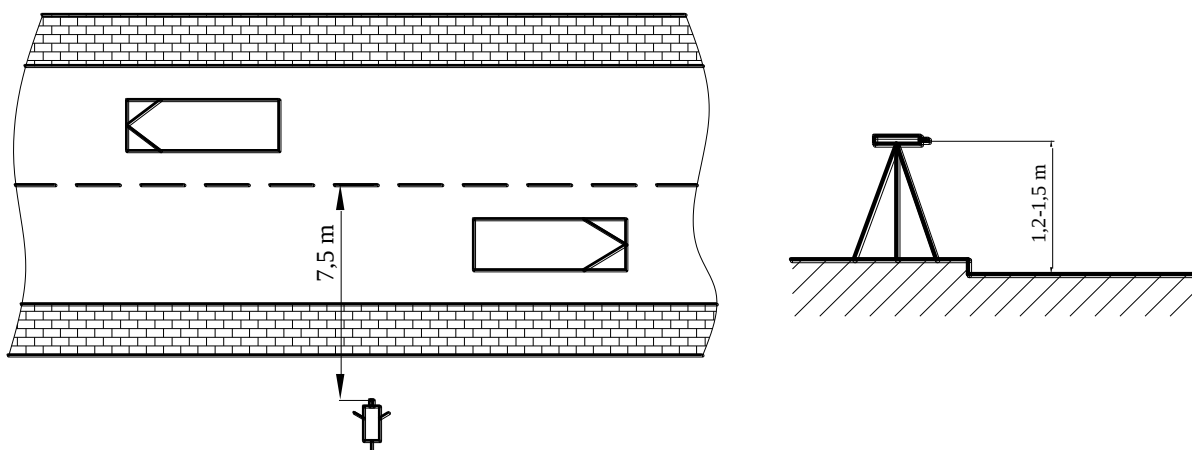
Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	Apskaičiuotas apibendrintas triukšmo lygis L_{dvn}
Ulonų g.	68,4
Pulko g.	60,9
Santaikos g.	70,5
Likiškėlių g.	63,1
Statybininkų g.	57,7
Tvirtovės g.	58,0
Kauno g.	58,0
Jazminų g.	58,0
Punsko g.	66,1
Naujoji g. (ties „Jotvingio“ PC)	60,5
Naujoji g. (ties „Rimi“ PC)	61,8
Žuvinto g.	57,0
A. Jonyno g.	58,4
Putinų g.	65,5
A. Juozapavičiaus g.	57,6

Iš 16 lentelės matyti, kad apibendrintas triukšmo lygis didžiausias Santaikos gatvėje (70,5 dB). Sunkvežimių eismas šia gatve yra intensyviausias visą parą.

3. AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO TRIUKŠMO EKSPERIMENTINIS TYRIMAS

3.1. Natūriniai triukšmo matavimai

Triukšmo matavimo vietą reikia rinktis atsižvelgiant į šiuos veiksnius: arti esančias kliūtis, vėjo kryptį, vėjo greitį, neviršijantį 5 m/s, oro drėgmę. Mikrofonas laikomas 1,2–1,5 m virš žemės paviršiaus. Triukšmo lygis matuojamas ir reglamentuojamas 7,5 m atstumu nuo važiuojamosios kelio dalies vidurio. Matavimo schema pateikta 11 paveiksle.



11 pav. Gatvės triukšmo matavimo schema

Triukšmo matavimo įranga ir matavimo sąlygos turi atitikti tarptautinio standarto ISO 1996-2:2008 „Akustika. Aplinkos triukšmo aprašymas, matavimas ir įvertinimas. 2 dalis. Aplinkos triukšmo lygių nustatymas“ (*LST ISO 1996-2:2008...2008*) pagrindinius reikalavimus, nurodytus 1.7 poskyryje.

Matuojamas didžiausias $L_{\max}$ triukšmo lygis ir ekvivalentinis triukšmo lygis L_{ekv} atitinkamai dienos (6–18 val.), vakaro (18–22 val.) ir nakties (22–6 val.) metu.

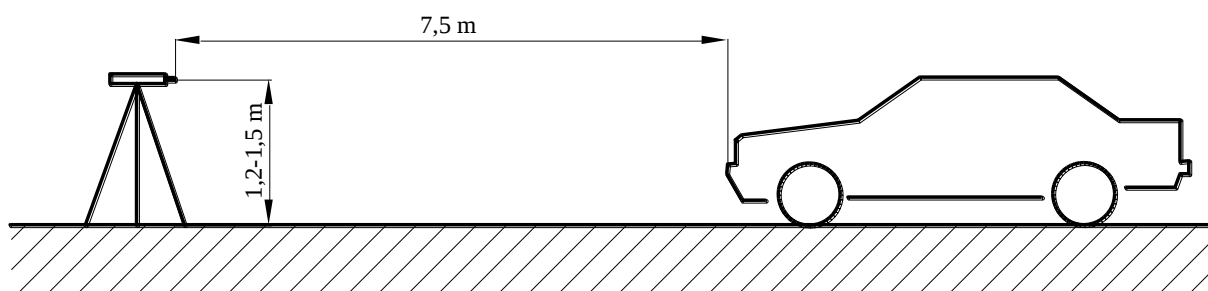
3.2. Automobilio garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos triukšmo matavimai

Kitas triukšmo šaltinis, vyraujantis automobilių stovėjimo aikštelėse, kurios dažniausiai įrengtos šalia gyvenamųjų daugiabučių, yra automobilių apsaugos sistemos sirenos. Kai šios sistemos sumontuojamos nespecializuotose įmonėse, veikia netvarkingai. Sirena pradeda kaukti nuo menkiausio prisilietimo, pravažiuojančio automobilio ar net stipresnio vėjo gūσιο. Pasitaiko atvejų, kai sirena nenustoja kaukusi net keletą valandų, o tai ypač erzina nakties metu.

Kadangi prieš tai paminėtas triukšmas yra pastovus, tai jam matuoti naudojama stovinčio automobilio skleidžiamo garso lygio matavimo metodika pagal standartą (*ISO 5130-2007...2007*) su kai kuriais pakeitimais. Šiame standarte nurodyta, kad siekiant sumažinti aplinkinio triukšmo įtaką matavimams, turi būti tenkinami tokie reikalavimai:

- 1) matavimo aikštele gali būti bet kuri lygi aikštelė, kurios danga yra asfaltas ar kita, pasižyminti savybe gerai atspindėti akustines bangas, išskyrus supresuotą žemę ar kitą gruntą;
- 2) matavimo aikštelės kraštai turi būti mažiausiai 3 m atstumu nuo transporto priemonės, tame tarpe neturi būti jokių objektų, galinčių paveikti matavimo prietaiso rodmenis;
- 3) matavimo metu už matavimo aikštelės ribų 3 m atstumu nuo mikrofono neturi būti jokių kliūčių;
- 4) matavimo metu aikštelėje, išskyrus matuotoją ir vairuotoją, neturi būti jokių asmenų, galinčių paveikti matavimo rezultatus;
- 5) matavimai neturi būti atliekami esant blogoms oro sąlygoms. Vėjo gūsiai neturi veikti matavimo rezultatų. Rekomenduojama neatlikinėti matavimų, kai vėjo greitis viršija 5 m/s;
- 6) aplinkos triukšmo lygis matavimo metu turi būti bent 10 dB mažesnis už matuojamą.

Matavimo tikslas yra įvertinti triukšmo poveikį aplinkai, o ne tik išmatuoti triukšmo lygį, taigi matavimo atstumas ir aukštis pasirinktas toks pats, kaip ir matuojant gatvės triukšmo lygį. Atstumas nuo mikrofono iki automobilio priekinės dalies yra 7,5 m, o mikrofono aukštis – 1,2–1,5 m. Matavimo aikštelė turi būti tokių matmenų, kad nesusidarytų aidas. Matavimai atlikti su keletu skirtingų gamintojų automobilių. Matavimo schema parodyta 12 paveiksle:



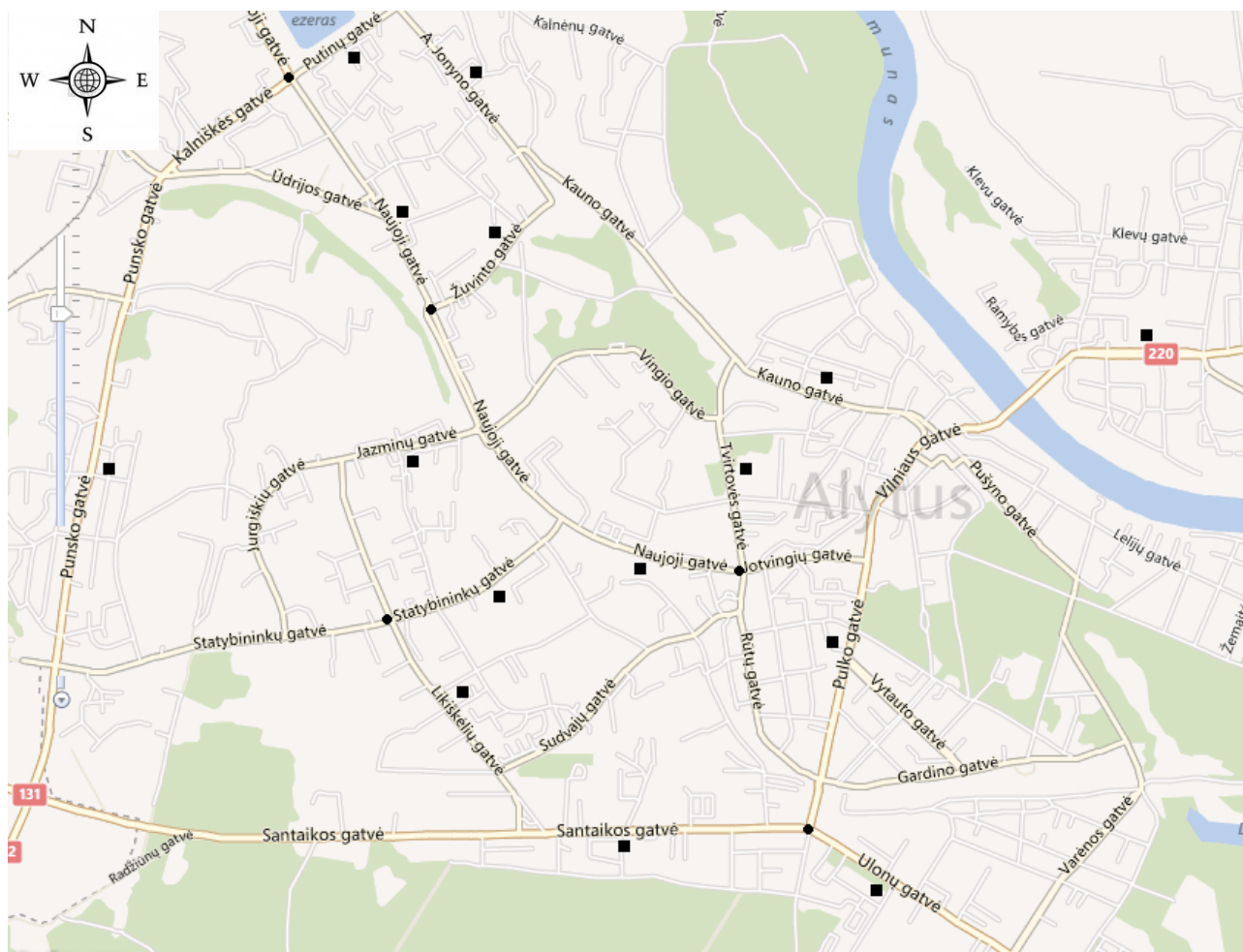
12 pav. Automobilio garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos garso lygio matavimo schema

Transporto priemonė turi būti atviroje vietoje, ant kiek įmanoma lygesnio paviršiaus ir, jei įtaisams tiekiami nuolatinė srovė, variklis turi būti išjungtas. Matuoklio mikrofonas padedamas apytiksliai transporto priemonės vidurinėje skersinėje plokštumoje (*JTEEK 28...2010*).

3.3. Eksperimentinių matavimų atlikimo vieta

Triukšmui matuoti pasirinktos 15 matavimo vietų. Vietos pasirinktos atsižvelgiant į automobilių srautą, šalia išsidėsčiusius gyvenamuosius namus, gatvės dydį, gydymo įstaigas. Gatvių vietos, kuriose išmatuotas triukšmas, Alytaus miesto žemėlapyje pažymėtos kvadratėliais (žr. 13 pav.).

Triukšmo lygiui įvertinti kelių sankirtoje pasirinktos 5 sankryžos. Jos 13 paveiksle pažymėtos juodais apskritimais.



13 pav. Alytaus miesto triukšmo matavimo vietų žemėlapis

Pulko ir Santaikos gatvės pasirinktos dėl to, kad jose intensyvus lengvųjų automobilių ir sunkiasvorių transporto priemonių eismas, o gyvenamieji namai įsikūrę arti kelio važiuojamosios dalies. Šalia Tvirtovės gatvės įsikūrusi viešoji įstaiga Alytaus apskrities S. Kudirkos ligoninė, todėl triukšmas neturėtų trukdyti ligoniams. Pulko gatvė veda miesto centro link, todėl ja vyksta intensyvus transporto eismas. A. Juozapavičiaus gatvė yra Alytaus miesto teritorijos, esančios kitoje Nemuno upės pusėje, centrinė gatvė, todėl eismas šia gatve yra intensyvus. Alytaus centrinė gatvė yra Naujoji gatvė, ji tęsiasi per didžiąją miesto dalį, šalia jos įsikūrę daug traukos taškų, į ją įsilieja

daug gatvių, itin intensyvus eismas, todėl triukšmo lygis matuotas dviejuose taškuose. Jazminų gatvė yra šalia turgavietės, todėl prekybos valandomis gausu transporto. Kauno ir Punsko gatvėmis greita ir patogų patekti iš vieno miesto krašto į kitą. Netoli A. Jonyno, Žuvinto ir Statybininkų gatvių įsisteigusios mokymo įstaigos, daug gyvenamųjų pastatų. Šalia Likiškėlių gatvės išsidėstę prekybos centrai, kitos įstaigos. Į pramonės rajoną patogiausia patekti Putinų gatve, į kurią įsilieja Pramonės gatvė. Šalia Putinų dešinėsios gatvės pusės stovi daugiabučiai gyvenamieji namai.

Triukšmo lygis matuotas tose sankryžose, kuriose susikerta intensyvūs eismo srautai, todėl tikėtinas padidėjęs triukšmas. Matavimams pasirinktos šios sankryžos:

- a) Ulonų, Santaikos ir Pulko gatvių sankirta;
- b) Jotvingių, Rūtų, Naujosios ir Tvirtovės gatvių sankirta;
- c) Likiškėlių ir Statybininkų gatvių sankirta;
- d) Žuvinto ir Naujosios gatvių sankirta;
- e) Naujosios, Kalniškės ir Putinų gatvių sankirta.

3.4. Eksperimentiniams matavimams naudojama įranga

Triukšmui matuoti pasirinktas „Brüel & Kjær“ gamintojo nešiojamas triukšmo analizatorius 2250 (žr. 14 pav.). Ši įmonė jau bene 70 metų yra triukšmo ir vibracijos matavimo įrangos gamybos bei mokslinių tyrimų lyderis (*History...*2013). Prietaisas, veikiantis su garso lygio matavimo programine įranga, yra preciziškas, integruojantis (apskaičiuojantis vidutinę vertę) garso lygio analizatorius, skirtas greitiems ir paprastiems matavimams.

Garso lygio matuoklis susideda iš mikrofono, stiprintuvo, pagrindinio procesoriaus ir nuskaitymojo įrenginio. Mikrofonas konvertuoja garso signalą į ekvivalentinį elektrinį signalą. Mikrofono sukuriamas elektrinis signalas yra labai žemo lygio, dėl to reikalingas stiprintuvas, kuris šį signalą sustiprina prieš jam patenkant į pagrindinį procesorių. Apdorojimas apima dažnio ir laiko įverčių pritaikymą signalui taip, kaip nurodyta IEC 61672-1 standarte. Dažnio įvertis nustato, kaip garso lygio matuoklis turi reaguoti į skirtingus garso dažnius. Tai yra labai reikalinga, kadangi žmogaus ausies jautrumas garsui kinta priklausomai nuo garso dažnio. Dažniausiai naudojamas dažnio įvertis yra „A-dažninė charakteristika“, kuri geriausiai atitinka žmogaus ausies reakciją į vidutinio diapazono garso lygius. Visi matavimai su 2250 tipo prietaisu gali būti atliekami nustačius A arba B dažnio įverčius, išskyrus aukščiausio lygio (Peak) matavimuose, kur pritaikomas vienintelis įvertis – „C-dažninė charakteristika“. Jei naudojamas įvertis „C-dažninė charakteristika“, į bendrą energijos sumą įtraukiama žemų dažnių energija (*Brüel...*2012).

Laiko įvertis nusako, kaip garso lygio matuoklis reaguos į garso slėgio pokyčius. Tai yra eksponentinis fliktuojančio (nepastovaus) signalo vidurkinimas, sukuriant lengvai suprantamą

garso slėgio vertę. Analizatoriuje galima nustatyti „Fast“ (greitą), „Slow“ (lėtą) ir „Impulse“ (impulsinį) laiko įverčius, kuriuos būtina naudoti atsižvelgiant į standartų reikalavimus (Brüel...2012).

Kai signalas yra apdorotas įverčių filtrais, garso slėgio lygis matuoklio ekrane pavaizduojamas decibelais (dB). Analizatoriuje garso slėgio lygio vertės yra atnaujinamos kas sekundę.

Fliktuojančio (nepastovaus) triukšmo lygio įvertinimas reiškia lygio vertės radimą, kuri, paprastai tariant, yra vidutinis lygis. „Equivalent continuous sound level“ (ekvivalentinis nuolatinis triukšmo lygis), L_{eq} pasaulyje yra žinomas kaip vidutinis parametras. L_{eq} yra garso slėgio lygis, kuris matavimo periodo metu buvo stabilus, atspindintis energijos kiekį, sukauptą matavimo metu. Tai yra kintančio garso lygio vidutinės energijos matavimas.

L_{eq} yra tiesiogiai išmatuojamas su nešiojamu analizatoriumi, naudojant programinę įrangą „BZ-7222“. Jei naudojamas A įverčio filtras, tada parametras bus išreiškiamas kaip L_{Aeq} ir apibūdinamas kaip ekvivalentinio nepertraukiamo garso lygio matavimas naudojant A įverčio filtrą (Brüel...2012).

Šis matuoklis atitinka IEC 61672-1:2002 standartą, t. y. jo matavimo tikslumas atitinka 1-ąją tikslumo klasę.

Priklausomai nuo matavimo objekto ir poreikių, galima išmatuoti šiuos triukšmo lygio parametrus (Brüel...2012):

1. Laikiniai matavimo parametrai:

- a) ekvivalentiniai nuolatiniai triukšmo lygiai (L_{eq} – pavyzdys: L_{Aeq});
- b) triukšmo pikiniai lygiai (L_{peak} – pavyzdys: L_{Cpeak});
- c) triukšmo pikinio lygio laikas (pavyzdys: T_{Cpeak});
- d) didžiausi laiko įverčio triukšmo lygiai (L_{max} – pavyzdys: L_{AFmax});
- e) mažiausi laiko įverčio triukšmo lygiai (L_{min} – pavyzdys: L_{AFmin});
- f) procentiniai triukšmo lygiai (L_N pavyzdys: $L_{AF90,0}$);
- g) triukšmo išlaikymo lygis (pavyzdys: L_{AE});
- h) triukšmo išlaikymas (pavyzdys: E);
- i) dienos triukšmo išlaikymo lygiai (pavyzdys: $L_{ep,d}$ arba $L_{EX,8h}$);
- j) triukšmo dozė (pavyzdys: pagal ISO standartą: $Dose$, remiantis US standartu: $DoseS5$);
- k) pikinių triukšmo reikšmių skaičius (pavyzdys: $\#CPeaks$ (>140 dB));
- l) laiko įverčio vidurkis (pavyzdys: TWA);
- m) triukšmo lygio vidurkis su 4, 5 arba 6 apsikeitimo greičiu (pavyzdys: L_{avS5}).

2. Momentiniai matavimo parametrai:

- a) momentiniai laiko įverčio triukšmo lygiai (L_p – pavyzdys: L_{AF});
- b) garso slėgio lygiai (didžiausi lygiai kartą per sekundę – pavyzdys: $L_{AF}(SPL)$);
- c) momentiniai triukšmo pikiniai lygiai (pavyzdys: $L_{Cpeak,1s}$).



14 pav. Nešiojamas triukšmo analizatorius „Brüel & Kjær“ 2250

Matuojant triukšmą, triukšmo analizatorius montuojamas ant specialaus gamintojo trikojo, kurio aukštis bei triukšmo analizatoriaus tvirtinimo vietos padėtis yra reguliuojami. Trikojo aukštis reguliuojamas jo teleskopinėmis „kojomis“. Naudojamas „UA-0587“ modelio trikojis parodytas 15 paveiksle.



15 pav. Nešiojamo triukšmo analizatoriaus trikojis „UA-0587“

Matavimų rezultatai per USB 2.0 jungtį perkeliama į kompiuterį pasinaudojant gamintojo programine įranga – „BZ-5503“.

Programa „BZ-5503“ funkcionuoja kaip sąsaja tarp 2250/2270 analizatoriaus ir asmeniniame kompiuteryje esančios duomenų raportavimo programos, tokios kaip „Noise Explorer Type 7815“, „Evaluator Type 7820/21“ arba „Protector Type 7825“. Programa leidžia vartotojui atlikti tokius veiksmus:

- 1) naudojantis kompiuteriu nustatyti arba valdyti analizatorių;
- 2) persiųsti duomenis iš analizatoriaus į kompiuterį;
- 3) tvarkyti ir archyvuoti iš analizatoriaus gautus duomenis;
- 4) eksportuoti duomenis į BKS programą arba „Microsoft Excel“;
- 5) atnaujinti analizatoriaus programinę įrangą;
- 6) instaliuoti analizatoriaus licencijas.

Pagalbinė programa „BZ-5503“ yra įrašyta programinės įrangos kompaktiniame diske (BZ-5298), kuris gaunamas kartu su analizatoriumi.

3.5. Gatvių ir sankryžų triukšmo eksperimentinių tyrimų rezultatai

Triukšmo eksperimentiniai tyrimai atlikti pagal 3.1 poskyryje pateiktą metodiką. Buvo išmatuotas ekvivalentinis L_{ekv} bei didžiausias L_{max} triukšmo lygiai pasirinktose 20-yje Alytaus miesto vietų, t. y. 15-oje gatvių ir 5-iose sankryžose. Matavimo trukmė pasirinkta atsižvelgiant į tai, kad, esant trumpam laiko intervalui, matavimams įtakos gali turėti transporto srautų svyravimai. Todėl pasirinktas triukšmo matavimo laiko intervalas – 10 min. Gatvės triukšmo matavimo pavyzdys pateiktas 16 paveiksle.



16 pav. Ekvivalentinio ir didžiausio triukšmo lygio matavimas Punsco gatvėje

Matavimų rezultatai Alytaus miesto gatvėse dienos metu pateikti 17 lentelėje.

17 lentelė. Išmatuoti transporto srauto ekvivalentiniai bei didžiausi triukšmo lygiai dienos metu

Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	Išmatuotas ekvivalentinis bei didžiausias triukšmo lygis			
	Matavimo data ir laikas	Matavimo trukmė, min.	6–18 val.	
			L_{Aeq}	$L_{AF\ max}$
Ulonų g.	2012-07-03 07:02:56	10	68,0	82,2
Pulko g.	2012-07-03 07:39:10		66,8	77,4

Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	Išmatuotas ekvivalentinis bei didžiausias triukšmo lygis			
	Matavimo data ir laikas	Matavimo trukmė, min.	6–18 val.	
			L_{Aeq}	$L_{AF\ max}$
Santaikos g.	2012-07-03 07:58:24	10	71,7	94,3
Likiškėlių g.	2012-07-03 08:17:29		71,0	87,3
Statybininkų g.	2012-07-03 08:36:09		61,4	72,7
Tvirtovės g.	2012-07-03 11:29:44		65,6	76,0
Kauno g.	2012-07-03 11:52:19		63,4	78,3
Jazminių g.	2012-07-03 09:12:26		62,0	78,3
Punsko g.	2012-07-03 09:33:48		69,9	86,8
Naujoji g. (ties „Jotvingio“ PC)	2012-07-03 10:51:40		69,3	84,3
Naujoji g. (ties „Rimi“ PC)	2012-07-03 09:55:56		66,7	78,8
Žuvinto g.	2012-07-03 10:18:53		64,1	75,1
A. Jonyno g.	2012-07-03 13:22:58		67,7	82,2
Putinų g.	2012-07-03 13:03:47		70,2	84,7
A. Juozapavičiaus g.	2012-07-03 12:14:34		67,9	79,7

Matavimų rezultatai Alytaus miesto gatvėse vakaro metu pateikti 18 lentelėje.

18 lentelė. Išmatuoti transporto srauto ekvivalentiniai bei didžiausi triukšmo lygiai vakaro metu

Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	Išmatuotas ekvivalentinis bei didžiausias triukšmo lygis			
	Matavimo data ir laikas	Matavimo trukmė, min.	18–22 val.	
			L_{Aeq}	$L_{AF\ max}$
Ulonų g.	2012-07-03 18:00:04	10	68,1	82,9
Pulko g.	2012-07-03 18:35:25		65,3	76,6
Santaikos g.	2012-07-03 18:52:35		70,3	88,3
Likiškėlių g.	2012-07-04 21:40:14		67,9	83,9

Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	Išmatuotas ekvivalentinis bei didžiausias triukšmo lygis			
	Matavimo data ir laikas	Matavimo trukmė, min.	18–22 val.	
			L_{Aeq}	$L_{AF\ max}$
Statybininkų g.	2012-07-03 20:37:11	10	57,6	69,6
Tvirtovės g.	2012-07-04 19:21:46		62,3	73,6
Kauno g.	2012-07-04 19:38:38		64,8	77,9
Jazminų g.	2012-07-03 21:10:24		59,1	73,2
Punsko g.	2012-07-04 21:05:53		68,7	87,6
Naujoji g. (ties „Jotvingio“ PC)	2012-07-04 18:49:57		66,3	86,1
Naujoji g. (ties „Rimi“ PC)	2012-07-04 18:00:04		65,1	74,6
Žuvinto g.	2012-07-04 18:31:16		61,8	73,6
A. Jonyno g.	2012-07-04 20:19:30		62,7	82,0
Putinų g.	2012-07-04 20:35:02		63,6	78,2
A. Juozapavičiaus g.	2012-07-04 19:57:38		66,7	79,7

Matavimų rezultatai Alytaus miesto gatvėse nakties metu pateikti 19 lentelėje.

19 lentelė. Išmatuoti transporto srauto ekvivalentiniai bei didžiausi triukšmo lygiai nakties metu

Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	Išmatuotas ekvivalentinis bei didžiausias triukšmo lygis			
	Matavimo data ir laikas	Matavimo trukmė, min.	22–6 val.	
			L_{Aeq}	$L_{AF\ max}$
Ulonų g.	2012-07-04 22:06:53	10	63,6	87,5
Pulko g.	2012-07-05 22:00:04		65,6	93,8
Santaikos g.	2012-07-05 22:15:43		67,2	83,6
Likiškėlių g.	2012-07-05 22:31:44		66,8	80,0
Statybininkų g.	2012-07-05 23:02:33		55,4	75,4
Tvirtovės g.	2012-07-06 00:52:53		52,8	68,6

Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	Išmatuotas ekvivalentinis bei didžiausias triukšmo lygis			
	Matavimo data ir laikas	Matavimo trukmė, min.	22–6 val.	
			L_{Aeq}	$L_{AF\ max}$
Kauno g.	2012-07-06 01:09:23	10	60,9	84,4
Jazminių g.	2012-07-05 23:17:53		55,1	73,1
Punsko g.	2012-07-06 02:31:23		60,9	83,6
Naujoji g. (ties „Jotvingio“ PC)	2012-07-06 00:21:29		64,0	85,8
Naujoji g. (ties „Rimi“ PC)	2012-07-05 23:33:59		60,2	74,8
Žuvinto g.	2012-07-06 00:03:36		58,1	78,9
A. Jonyno g.	2012-07-06 01:45:09		54,5	73,0
Putinių g.	2012-07-06 02:01:03		53,3	73,9
A. Juozapavičiaus g.	2012-07-06 01:25:47		53,3	72,3

Kaip ir analitinių tyrimų atveju pagal (2.15) formulę apskaičiuotas apibendrintas triukšmo lygis L_{dvn} . Tik šiuo atveju į formulę įrašomi ne skaičiavimais gauti ekvivalentiniai triukšmo lygiai, o eksperimento metu gautos ekvivalentinio triukšmo lygio vertės. Skaičiavimai atlikti su kompiuterine programa „Microsoft Excel“. Gauti apibendrinto triukšmo lygiai L_{dvn} pateikti 20 lentelėje.

20 lentelė. Su tyrimo duomenimis apskaičiuoti transporto srauto apibendrinto triukšmo lygiai

Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	Apskaičiuotas apibendrintas triukšmo lygis L_{dvn}
Ulonų g.	71,5
Pulko g.	72,1
Santaikos g.	74,8
Likiškėlių g.	74,1
Statybininkų g.	63,3
Tvirtovės g.	65,2
Kauno g.	68,3
Jazminių g.	63,6

20 lentelės pabaiga

Gatvės pavadinimas (matavimo vieta)	Apskaičiuotas apibendrintas triukšmo lygis L_{dvn}
Punsko g.	71,1
Naujoji g. (ties „Jotvingio“ PC)	71,7
Naujoji g. (ties „Rimi“ PC)	68,8
Žuvinto g.	66,3
A. Jonyno g.	66,9
Putinų g.	68,5
A. Juozapavičiaus g.	68,0

Kaip ir buvo planuota, matavimai atlikti ir pasirinktose sankryžose. Sankryžos triukšmo matavimo pavyzdys pateiktas 17 paveiksle.



17 pav. Ekvivalentinio ir didžiausio triukšmo lygio matavimas Ulonų ir Santaikos gatvių sankryžoje

Matavimų, atliktų Alytaus miesto gatvių sankirtose, rezultatai dienos metu pateikti 21 lentelėje.

21 lentelė. Išmatuoti ekvivalentiniai bei didžiausi triukšmo lygiai sankryžose dienos metu

Sankryža (matavimo vieta)	Išmatuotas ekvivalentinis bei didžiausias triukšmo lygis			
	Matavimo data ir laikas	Matavimo trukmė, min.	6–18 val.	
			L_{Aeq}	$L_{AF\ max}$
Ulonų g. / Santaikos g.	2012-07-03 07:20:42	10	67,3	80,3
Statybininkų g. / Likiškėlių g.	2012-07-03 08:53:58		68,2	82,6
Naujoji g. / Tvirtovės g.	2012-07-03 11:09:43		67,9	79,9
Naujoji g. / Žuvinto g.	2012-07-03 10:32:05		65,4	76,2
Naujoji g. / Putinų g.	2012-07-03 12:50:23		71,0	82,6

Matavimų, atliktų Alytaus miesto gatvių sankirtose, rezultatai vakaro metu pateikti 22 lentelėje.

22 lentelė. Išmatuoti ekvivalentiniai bei didžiausi triukšmo lygiai sankryžose vakaro metu

Sankryža (matavimo vieta)	Išmatuotas ekvivalentinis bei didžiausias triukšmo lygis			
	Matavimo data ir laikas	Matavimo trukmė, min.	18–22 val.	
			L_{Aeq}	$L_{AF\ max}$
Ulonų g. / Santaikos g.	2012-07-03 18:16:20	10	66,2	85,0
Statybininkų g. / Likiškėlių g.	2012-07-04 21:23:09		65,7	82,4
Naujoji g. / Tvirtovės g.	2012-07-04 19:04:30		64,6	74,6
Naujoji g. / Žuvinto g.	2012-07-04 18:17:59		65,7	79,1
Naujoji g. / Putinų g.	2012-07-04 20:47:50		64,8	78,8

Matavimų, atliktų Alytaus miesto gatvių sankirtose, rezultatai nakties metu pateikti 23 lentelėje.

23 lentelė. Išmatuoti ekvivalentiniai bei didžiausi triukšmo lygiai sankryžose nakties metu

Sankryža (matavimo vieta)	Išmatuotas ekvivalentinis bei didžiausias triukšmo lygis			
	Matavimo data ir laikas	Matavimo trukmė, min.	22–6 val.	
			L_{Aeq}	$L_{AF\ max}$
Ulonų g. / Santaikos g.	2012-07-04 22:22:15	10	65,9	84,0
Statybininkų g. / Likiškėlių g.	2012-07-05 22:47:08		64,2	89,0

Sankryža (matavimo vieta)	Išmatuotas ekvivalentinis bei didžiausias triukšmo lygis			
	Matavimo data ir laikas	Matavimo trukmė, min.	22–6 val.	
			L_{Aeq}	$L_{AF\ max}$
Naujoji g. / Tvirtovės g.	2012-07-06 00:36:22	10	59,7	74,0
Naujoji g. / Žuvinto g.	2012-07-05 23:50:43		60,5	84,5
Naujoji g. / Putinų g.	2012-07-06 02:13:12		56,1	72,8

Taip pat kaip ir prieš tai buvusiais atvejais, pagal (2.15) formulę apskaičiuotas apibendrintas triukšmo lygis L_{dvn} miesto sankryžose. Į formulę įrašomos eksperimento metu gautos ekvivalentinio triukšmo lygio vertės sankryžose. Skaičiavimai atlikti su kompiuterine programa „Microsoft Excel“. Gauti sankryžų apibendrinto triukšmo lygiai L_{dvn} pateikti 24 lentelėje.

24 lentelė. Su tyrimo duomenimis apskaičiuoti transporto srauto apibendrinto triukšmo lygiai sankryžose

Sankryža (matavimo vieta)	Apskaičiuotas apibendrintas triukšmo lygis L_{dvn}
Ulonų g. / Santaikos g.	72,5
Statybininkų g. / Likiškėlių g.	71,5
Naujoji g. / Tvirtovės g.	68,9
Naujoji g. / Žuvinto g.	68,7
Naujoji g. / Putinų g.	69,7

Matyti, kad didžiausias apibendrintas triukšmo lygis (72,5 dB) apskaičiuotas Ulonų ir Santaikos gatvių sankryžoje. Šioje gatvių sankirtoje susilieja intensyvūs lengvųjų automobilių bei sunkvežimių srautai, todėl triukšmas padidėja.

3.6. Automobilių garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos triukšmo eksperimentinių tyrimų rezultatai

Kaip minėta anksčiau, papildomą triukšmą miesto gatvėse ir gyvenamųjų namų aplinkoje sukelia automobilių garso signalai bei apsaugos sistemos sirenos. Šie triukšmo šaltiniai priskiriami pastoviems, taigi jų poveikiui įvertinti matuojamas didžiausias triukšmo lygis $L_{AF\ max}$.

Matavimai atlikti pagal 3.2 poskyryje pateiktą metodiką. Automobilio garso signalo bei apsaugos sistemos sirenos matavimo pavyzdys pateiktas 18 paveiksle.



18 pav. Automobilio garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos didžiausio triukšmo lygio matavimas

Buvo pasirinkti 5 skirtingų gamintojų lengvieji automobiliai. Kiekvienas matavimas pakartotas 3 kartus po 10 sekundžių ir išvestas triukšmo lygio vidurkis. Šiuo atveju matavimo trukmė neturi reikšmės, nes triukšmas, pasiekęs maksimalią reikšmę, nusistovi. Gauti automobilių garso signalų ir apsaugos sistemų sirenų didžiausi triukšmo lygiai pateikti 25 ir 26 lentelėse.

25 lentelė. Automobilių garso signalo didžiausio triukšmo lygio tyrimo rezultatai

Automobilio markė, modelis, metai	Automobilio garso signalas				
	Matavimo trukmė, s	$L_{AF \max}$			
		I	II	III	Vidurkis
„VW Passat B4“ 1995 m.	10	91,1	92,6	93,4	92,4
„VW Golf Mk3“ 1993 m.		81,9	84,5	86,6	84,3
„Audi 80 B4“ 1991 m.		96,0	92,1	90,4	92,8
„Škoda Octavia Mk1“ 2003 m.		90,8	90,8	89,7	90,4
„Honda Prelude Mk3“ 1990 m.		88,6	88,9	89,1	88,9
Vidutinis visų automobilių garso signalų triukšmo lygis					89,8

26 lentelė. Automobilių apsaugos sistemos sirenos didžiausio triukšmo lygio tyrimo rezultatai

Automobilio markė, modelis, metai	Automobilio apsaugos sistemos sirena				
	Matavimo trukmė, s	$L_{AF \max}$			
		I	II	III	Vidurkis
„VW Passat B4“ 1995 m.	10	78,8	78,6	79,2	78,8
„VW Golf Mk3“ 1993 m.		84,9	84,8	86,1	85,3
„Audi 80 B4“ 1991 m.		85,4	83,7	84,6	84,6
„Škoda Octavia Mk1“ 2003 m.		78,8	82,0	82,3	81,0
„Honda Prelude Mk3“ 1990 m.		87,6	83,7	85,4	85,6
Vidutinis visų automobilių apsaugos sistemų sirenų triukšmo lygis					83,1

Iš 24 ir 25 lentelėse pateiktų duomenų galima teigti, kad garso signalo keliamas didžiausias triukšmo lygis – $L_{AF \max} = 89,8$ dB, o apsaugos sistemos sirenos – $L_{AF \max} = 83,1$ dB.

Atliktų garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos atskirų matavimų paklaidos apskaičiuojamos pagal formulę:

$$\Delta x_i = |x_i - \bar{x}|, \quad (3.1)$$

čia: x_i – atitinkamo matavimo garso lygis, dB;

$\bar{x}$ – matavimų vidurkis, dB.

Atskirų matavimų paklaidos, išreikštos decibelais ir procentais, pateiktos 27 lentelėje.

27 lentelė. Automobilių garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos atskirų matavimų paklaidos

Automobilio markė, modelis, metai	Paklaida, dB						Paklaida, %					
	Signalas			Sirena			Signalas			Sirena		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
„VW Passat B4“ 1995 m.	1,3	0,2	1	0	0,2	0,4	1,4	0,2	1,1	0,0	0,3	0,5
„VW Golf Mk3“ 1993 m.	2,4	0,2	2,3	0,4	0,5	0,8	2,8	0,2	2,7	0,5	0,6	0,9
„Audi 80 B4“ 1991 m.	3,2	0,7	2,4	0,8	0,9	0	3,4	0,8	2,6	0,9	1,1	0,0
„Škoda Octavia Mk1“ 2003 m.	0,4	0,4	0,7	2,2	1	1,3	0,4	0,4	0,8	2,7	1,2	1,6
„Honda Prelude Mk3“ 1990 m.	0,3	0	0,2	2	1,9	0,2	0,3	0,0	0,2	2,3	2,2	0,2

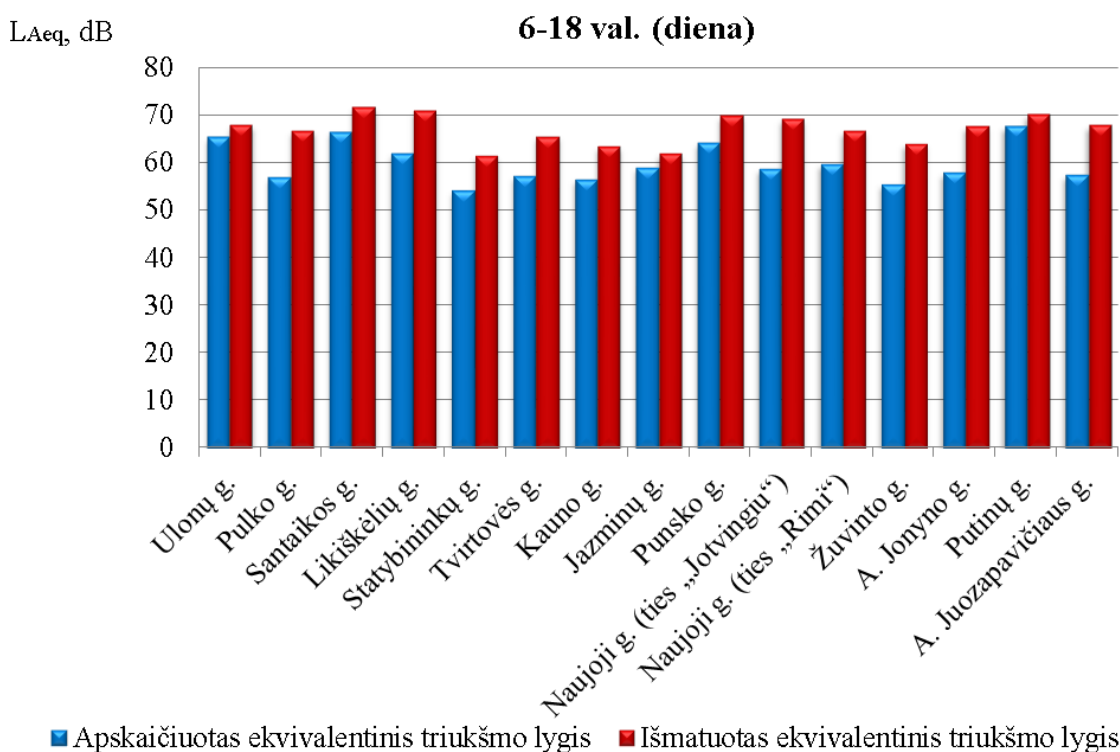
Iš 27 lentelės matyti, kad didžiausia išmatuotų garso signalizacijos įtaisų triukšmo lygių paklaida yra 3,2 dB, tai sudaro 3,4 % (automobilis „Audi 80 B4“ 1991 m.). Mažiausios triukšmo lygio paklaidos nustatytos automobiliui „Honda Prelude Mk3“ 1990 m. Atitinkamos paklaidos susidaro dėl garso signalizacijos įtaisų konstrukcijos ypatumų, vieniems automobiliams šios paklaidos yra mažesnės, kitiems – didesnės.

Išmatuoti automobilių garso signalų ir apsaugos sistemos sirenų triukšmo lygiai atitinka Jungtinių Tautų Europos ekonomikos komisijos (JTEEK) taisyklės Nr. 28 „Suvienodintos nuostatos dėl įspėjamųjų garsinės signalizacijos įtaisų ir variklinių transporto priemonių, atsižvelgiant į jų garso signalus, patvirtinimo“ reikalavimus, keliamus M kategorijos transporto priemonių įspėjamiesiems garso signalizacijos įtaisams. JTEEK 28 taisyklė nustato 112 dB(A) didžiausią leistiną triukšmo lygio ribą (JTEEK 28...2010).

3.7. Analitinių ir eksperimentinių tyrimų rezultatų palyginimas

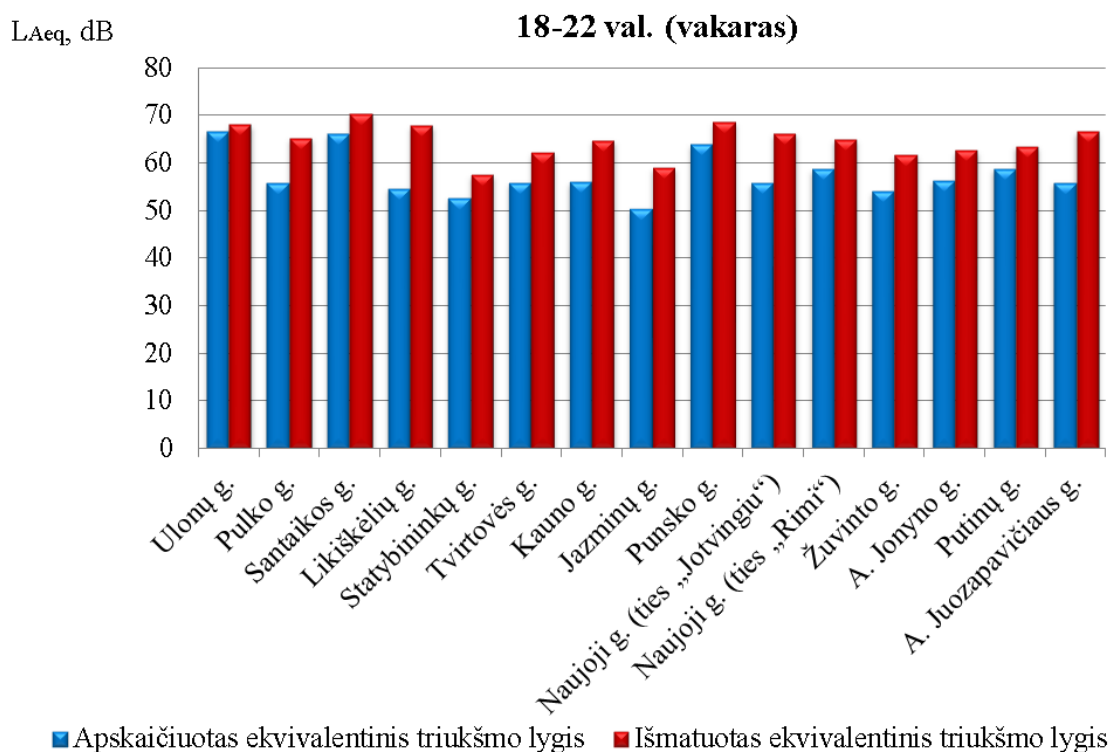
Šiame skyriuje palyginti analitinių skaičiavimų rezultatai su eksperimento metu gautais rezultatais. Kadangi skaičiavimais buvo gautos tik ekvivalentinio L_{Aeq} ir apibendrinto L_{dvn} triukšmo lygio reikšmės, taigi tik jos ir lyginamos su eksperimentiniais duomenimis.

Dienos ekvivalentinio triukšmo lygio palyginimas pateiktas 19 paveiksle.



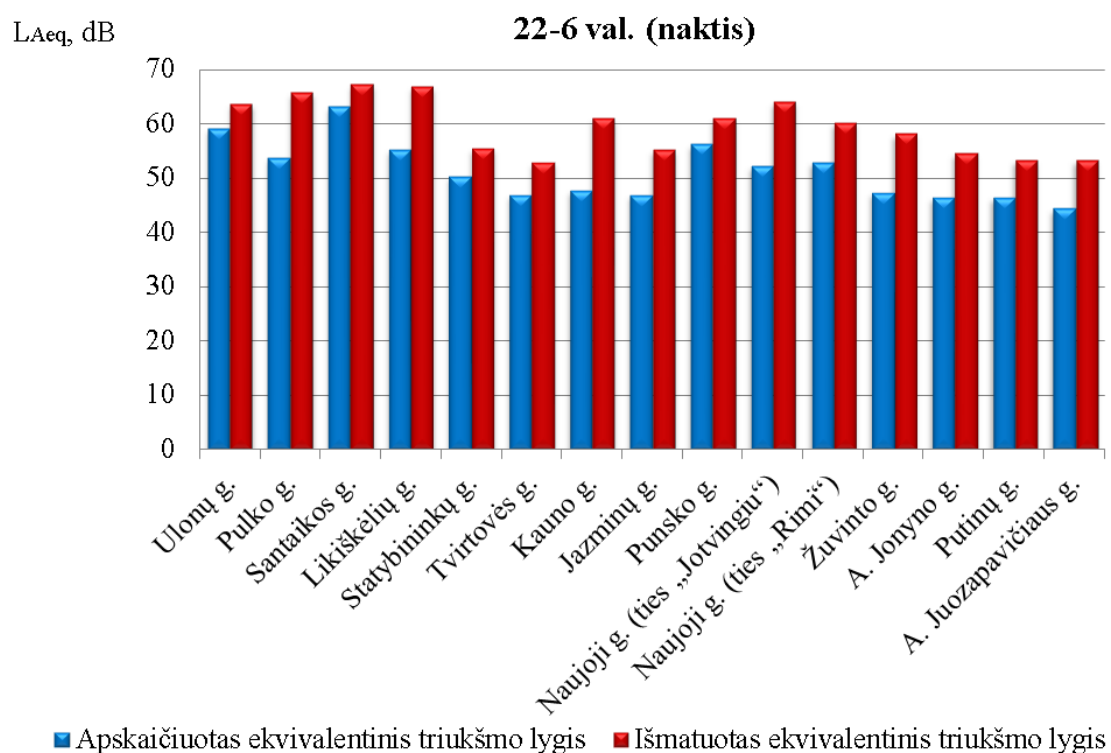
19 pav. Apskaičiuoto ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio dienos metu palyginimas

Vakaro ekvivalentinio triukšmo lygio palyginimas pateiktas 20 paveiksle.



20 pav. Apskaičiuoto ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio vakaro metu palyginimas

Nakties ekvivalentinio triukšmo lygio palyginimas pateiktas 21 paveiksle.

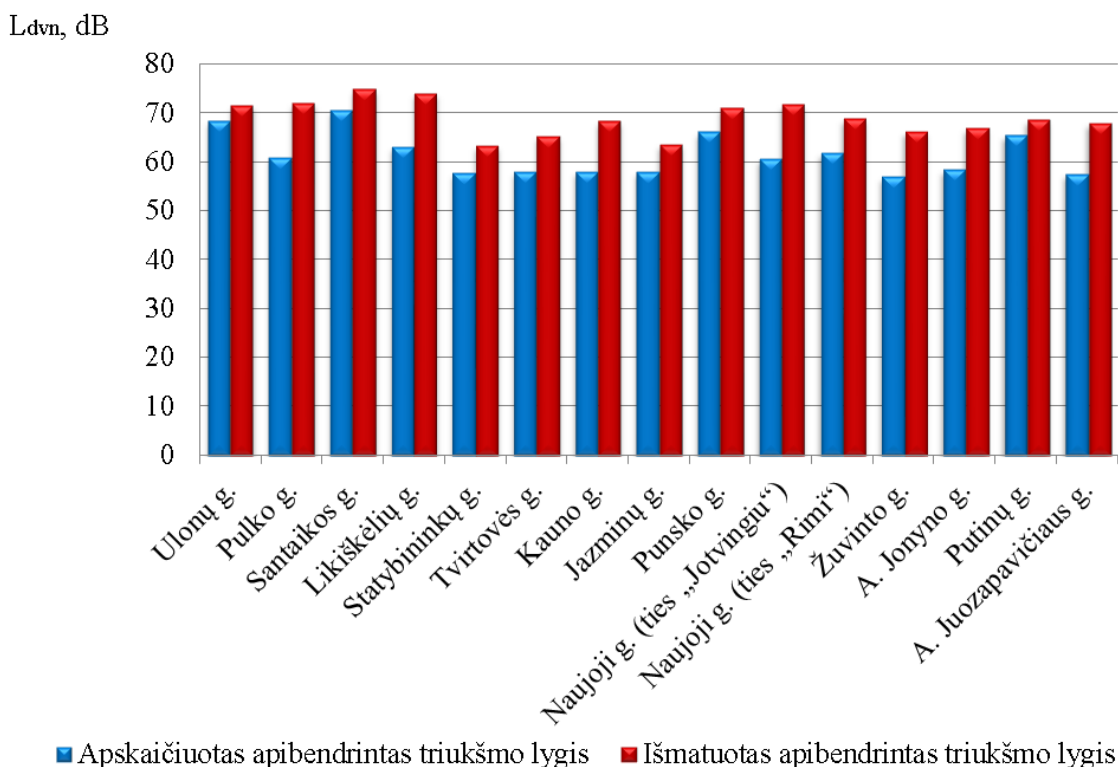


21 pav. Apskaičiuoto ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio nakties metu palyginimas

Žiūrint į 19 pav., 20 pav. ir 21 pav., galima pastebėti tokią tendenciją – apskaičiuotos ekvivalentinio triukšmo lygio reikšmės visais paros laikais yra vidutiniškai 7 dB mažesnės už išmatuotas ekvivalentinio triukšmo lygio reikšmes. Didžiausi nesutapimai matomi nakties laikotarpio (22–6) val. ekvivalentinio triukšmo lygio grafike (žr. 21 pav.).

Išmatuoto ir apskaičiuoto ekvivalentinio triukšmo lygio nesutapimą galima paaiškinti atsižvelgiant į daugelį pašalinių veiksnių, turinčių įtakos triukšmo lygiui. Papildomą triukšmą kelia lengvieji automobiliai, prie kurių prikabintos priekabos (iki 750 kg), nes, tokiam automobiliui važiuojant per kelio nelygumus, priekaba ar joje esantys daiktai pradeda barškėti ar kitaip skleisti triukšmą. Triukšmo lygį didina ir seni, techniškai netvarkingi automobiliai. Esant netvarkingai automobilio pakabai, važiuojant per kelio nelygumus, pakabos elementai pradeda bildėti. Tačiau seni automobiliai daugiausiai triukšmo skleidžia dėl netvarkingos dujų išmetimo sistemos. Esant kiauram dujų išmetimo sistemos garso slopintuvui, dalis išmetamųjų dujų patenka tiesiai į aplinką. Kiti, su automobilių transportu nesusiję triukšmo šaltiniai taipogi prisideda prie triukšmingumo padidėjimo. Tai gali būti kelio remonto darbai, pėsčiųjų ir nemotorinių transporto priemonių keliamas triukšmas, pramoninės veiklos sukeltas triukšmas. Taip pat galima priskirti aplinkos sąlygų nepastovumą. Kaip pavyzdys gali būti atsitiktinis vėjo gūsis, medžių lapų šlamesys ir t. t.

Toliau pateiktas apibendrintų triukšmo lygio reikšmių palyginimo grafikas (žr. 22 pav.).



22 pav. Apskaičiuoto ir išmatuoto apibendrinto ekvivalentinio triukšmo lygio palyginimas

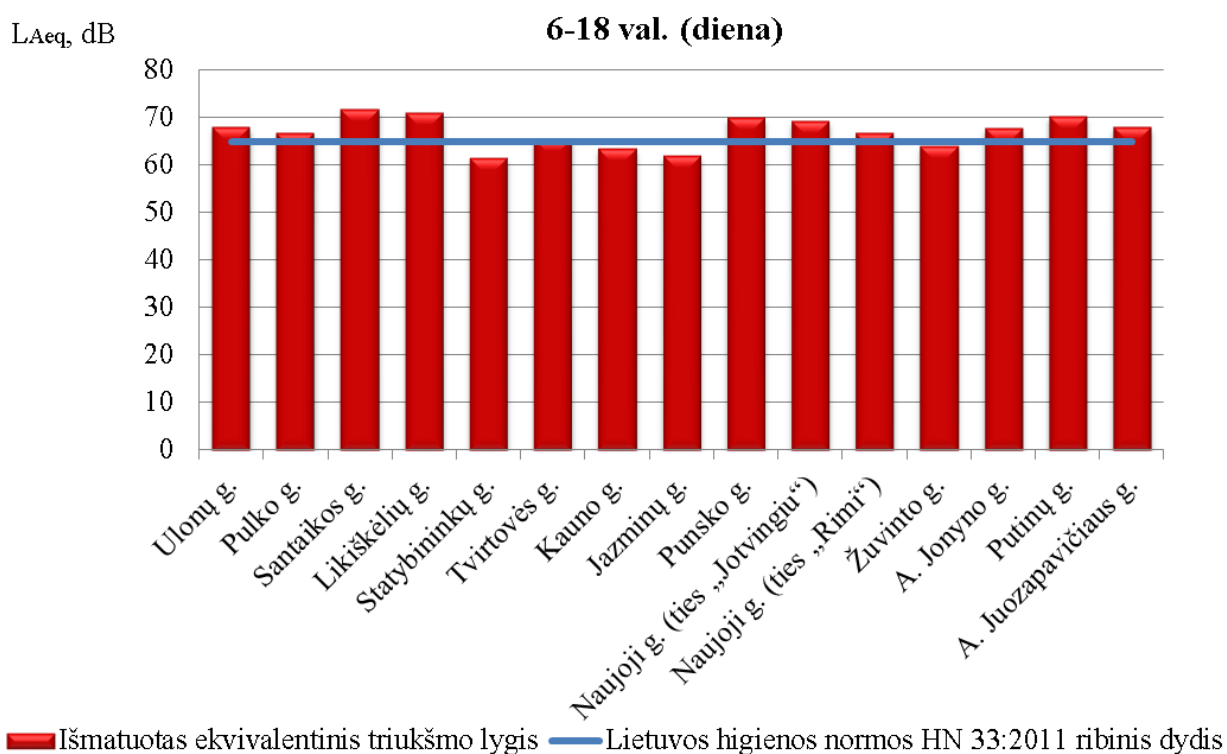
Apibendrintas triukšmo lygis yra skaičiuojamas naudojant dienos, vakaro ir nakties triukšmo lygio reikšmes, taigi 22 pav. esančiame grafike atsispindi ta pati tendencija, kaip ir 19 pav., 20 pav. ir 21 pav. grafikuose – išmatuotas triukšmo lygis yra didesnis už apskaičiuotą.

Apibendrinant triukšmo palyginimą, galima daryti išvadą, kad tiksliai apskaičiuoti triukšmo lygį yra beveik neįmanoma, nes vis tiek nebus įvertintas kažkuris iš minėtų veiksnių. Taigi, esant galimybei, triukšmo lygį reikėtų nustatinėti eksperimentiškai – išmatuoti.

3.8. Gatvių ir sankryžų triukšmo eksperimentinių tyrimų rezultatų palyginimas su higienos normomis

Lietuvos Respublikoje stacionarių triukšmo šaltinių skleidžiamo triukšmo ribinius dydžius gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje nustato HN 33:2011. Palyginant išmatuoto triukšmo lygį su leistinomis HN 33:2011 normomis, taikomos 1.2 poskyryje esančios triukšmo normos. Kadangi tiriamas automobilių transporto triukšmo lygis, išmatuotas transporto triukšmo lygis yra lyginamas su 3 lentelės 1 eilutėje ir 4 lentelės 3 eilutėje pateiktomis leistinomis triukšmo lygio normomis.

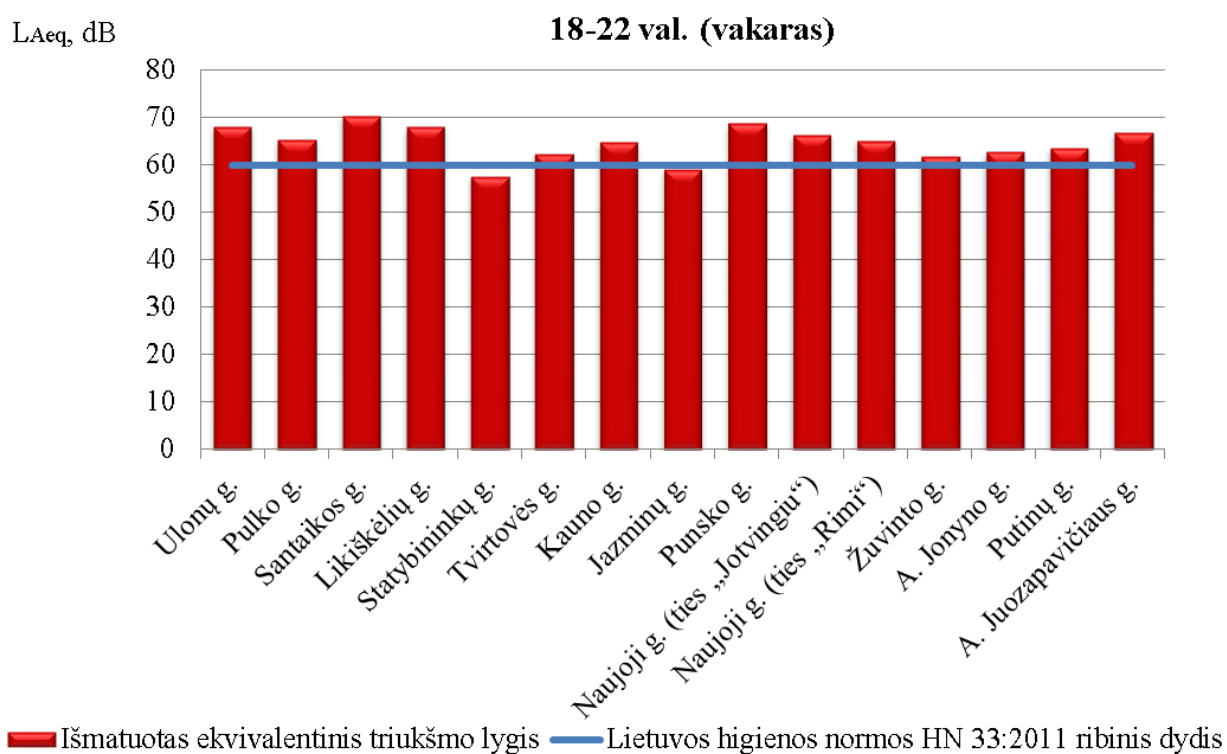
Pradžioje palyginame ekvivalentinio triukšmo lygio reikšmes. Ekvivalentinio triukšmo lygio dienos metu palyginimas grafine forma pateiktas 23 paveiksle.



23 pav. Higienos normos ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio dienos metu palyginimas

Iš 23 paveikslo matyti, kad gatvėse, kuriose yra didesni transporto srautai (beveik 1000 aut./h), dienos metu ekvivalentinis triukšmo lygis viršija leistiną normą – 65 dB. Leistinos triukšmo lygio normos neviršija tos gatvės, kuriomis juda mažesni (iki 500 aut./h) automobilių transporto srautai, jose nėra didelių traukos taškų – prekybos centrų, visuomeninių įstaigų, darbo įstaigų ir kt. Galima išskirti šias gatves, kurios dienos metu neviršija leistinos higienos normos ir yra mažiausiai triukšmingos – Statybininkų, Kauno, Jazminų ir Žuvinto gatvės. Keliose gatvėse – Pulko, Tvirtovės ir Naujojoje (ties „Rimi“ PC) – nežymiai (iki 2 dB) viršijamas leistinas higienos normos lygis. Daugiausiai (apie 6 dB) higienos normos viršijamos Santaikos ir Likiškėlių gatvėse. Santaikos gatvėje didžiausias triukšmas kyla dėl sunkvežimių eismo.

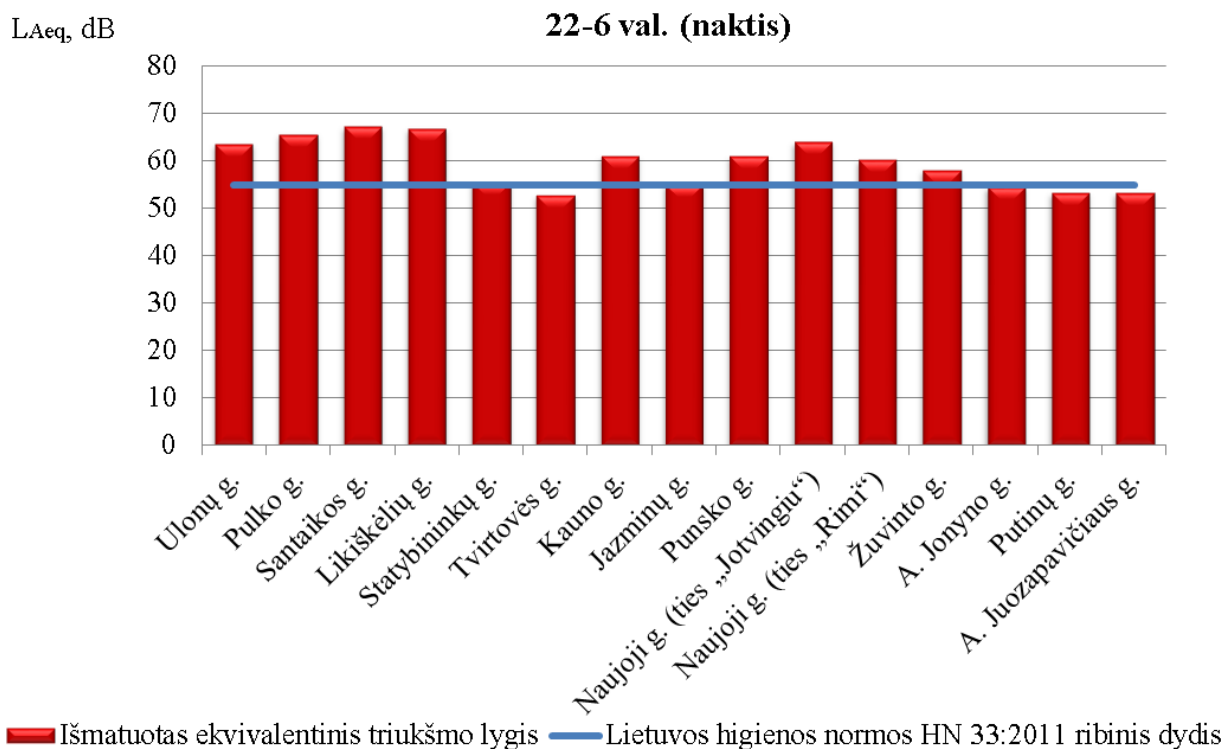
24 paveiksle pateiktas higienos normos ir ekvivalentinio triukšmo lygio vakaro metu palyginimas.



24 pav. Higienos normos ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio vakaro metu palyginimas

24 pav. matyti tos pačios triukšmo kitimo tendencijos kaip ir dienos metu. Pagrindinis skirtumas tas, kad vakaro metu higienos norma (60 dB) viršijama visose gatvėse, išskyrus Statybininkų ir Jazminų gatves. Gatvių, atitinkančių higienos normos leistiną triukšmo lygį (60 dB), vakaro metu yra tik dvi.

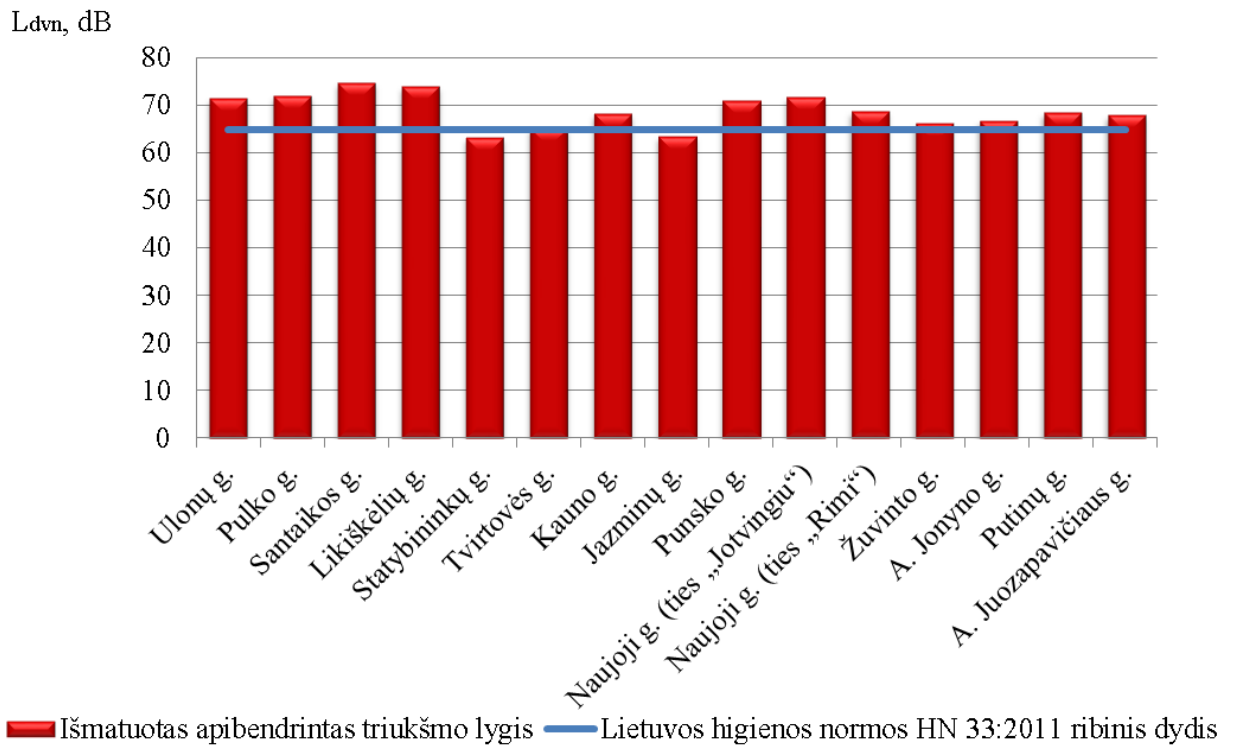
Higienos normos ir ekvivalentinio triukšmo lygio, esančio nakties metu, palyginimas pateiktas 25 paveiksle.



25 pav. Higienos normos ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio nakties metu palyginimas

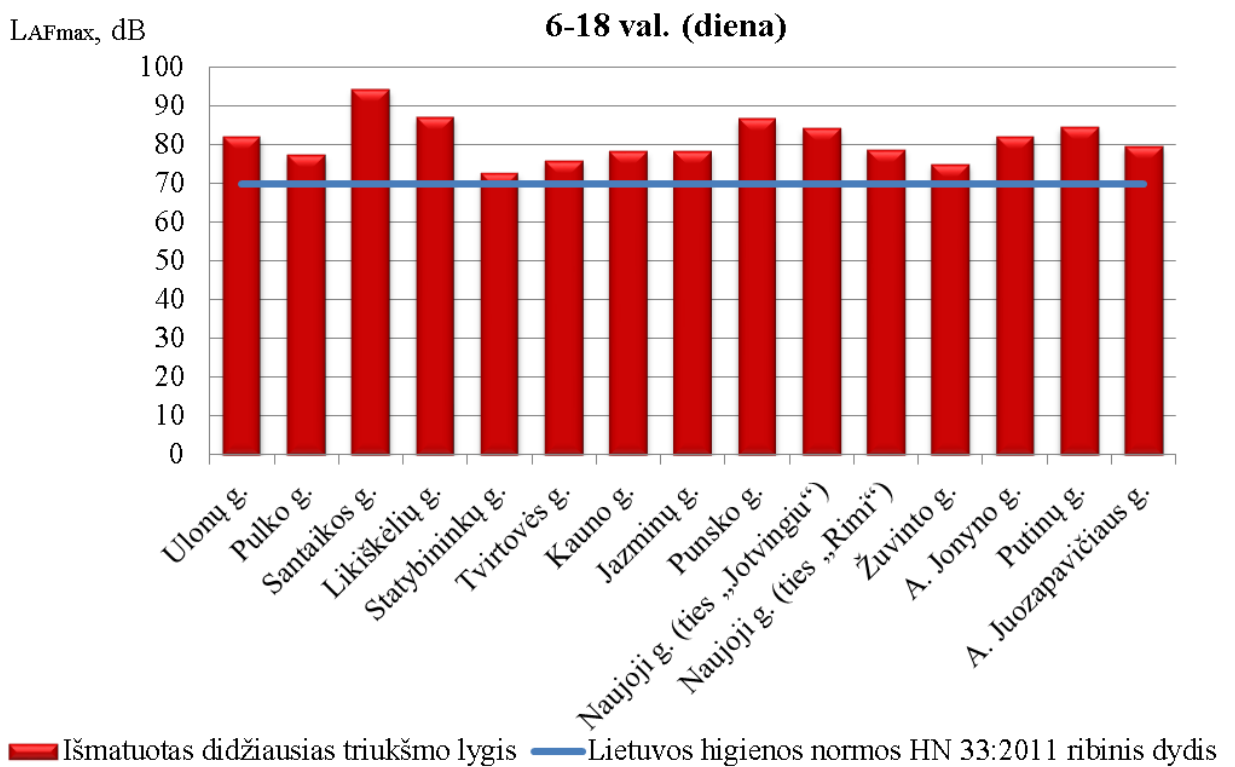
Nakties metu triukšmas didžiausias pagrindinėse ir judriausiose Alytaus miesto gatvėse – Ulonų, Pulko, Santaikos, Likiškėlių, Punsco ir Naujojoje. Vis dėlto higienos normos leistinas nakties triukšmo lygis (50 dB) viršijamas tose gatvėse, kuriose dienos metu triukšmo lygis atitiko higienos normos reikalavimus – 65 dB. Toks atvejis galimas todėl, kad automobilių eismo triukšmo lygis mažai keičiasi priklausomai nuo paros laiko. Esant dienos metui, triukšmo lygis atitinka higienos normą, nes leidžiamas didesnis triukšmo lygis – 65 dB. Esant nakties metui, triukšmo lygis sumažėja nepakankamai, kad atitiktų mažesnę leistiną triukšmo lygį – 50 dB. Gatvių, atitinkančių higienos normą, skaičius padidėja iki dienos metu buvusio skaičiaus – 4 gatvių.

Išmatuoto apibendrinto triukšmo lygio palyginimas su higienos norma parodytas 26 paveiksle. Iš 26 pav. matyti triukšmingiausios ir ramiausios tirtos Alytaus miesto gatvės. Triukšmingiausios gatvės – Santaikos ir Likiškėlių gatvės, ramiausios – Statybininkų ir Jazminių gatvės. Apibendrinto triukšmo lygio higienos norma (65 dB) neviršijama tik pastarosiose gatvėse – Statybininkų ir Jazminių. L_{dvn} yra apskaičiuotas pagal dienos, vakaro ir nakties triukšmo lygius, taigi norint gauti kuo tikslesnę jo reikšmę, gatvių triukšmo lygius reikia matuoti tuo pačiu laiku visose gatvėse. Pavyzdžiui, matuojant dienos triukšmo lygį, matavimai visoms gatvėms turi būti atlikti tą pačią valandą. Tokiems matavimams reikia daug laiko, todėl buvo matuota leistinuose laiko intervaluose (pvz., dienos metu matuota nuo 6 iki 18 val.).

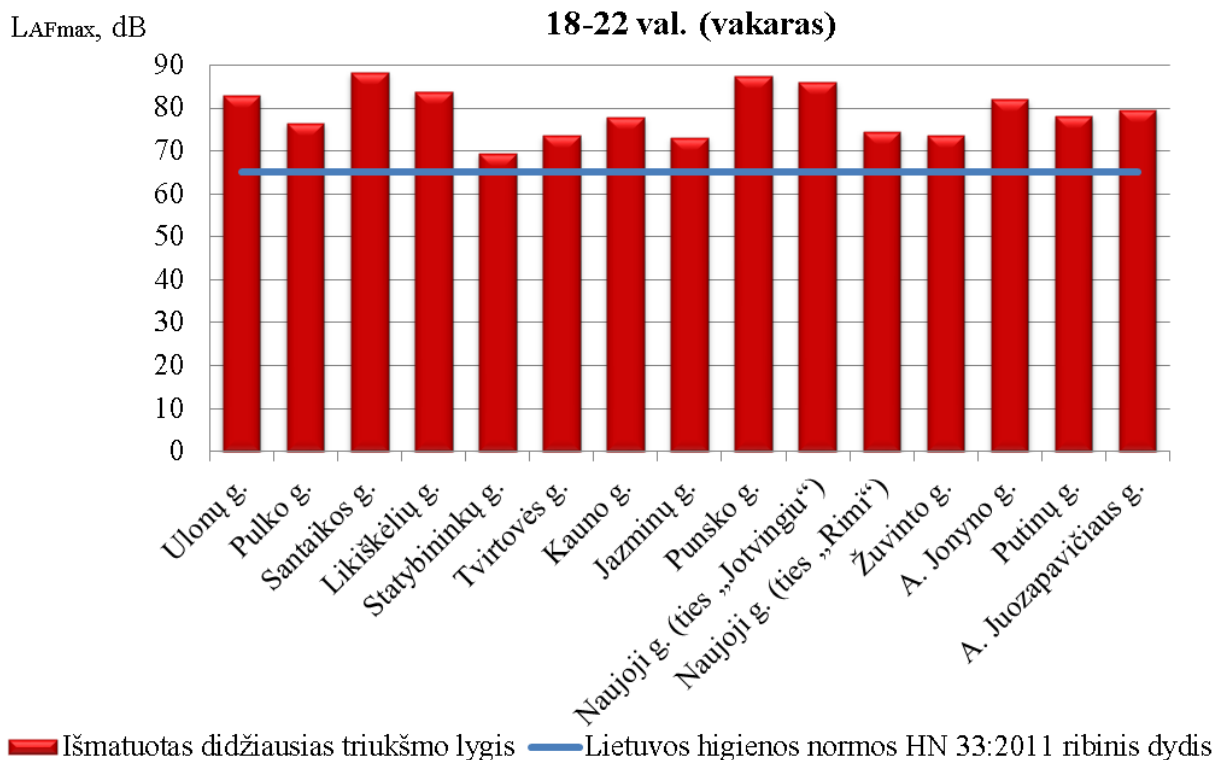


26 pav. Higienos normos ir išmatuoto apibendrinto ekvivalentinio triukšmo lygio palyginimas

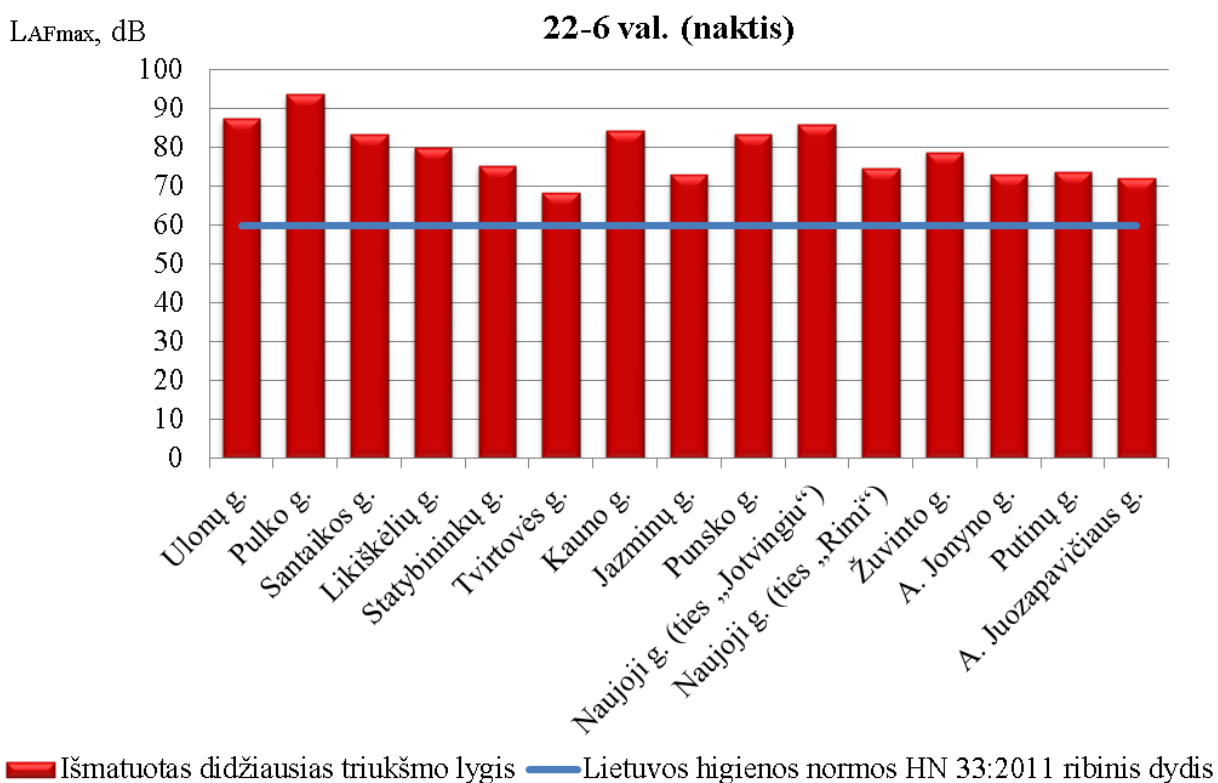
Toliau pateikti dienos, vakaro ir nakties didžiausio triukšmo lygio grafikai, palyginti su higienos normos reikšmėmis (žr. atitinkamai 27 pav., 28 pav. ir 29 pav.).



27 pav. Higienos normos ir išmatuoto didžiausio triukšmo lygio dienos metu palyginimas



28 pav. Higienos normos ir išmatuoto didžiausio triukšmo lygio vakaro metu palyginimas



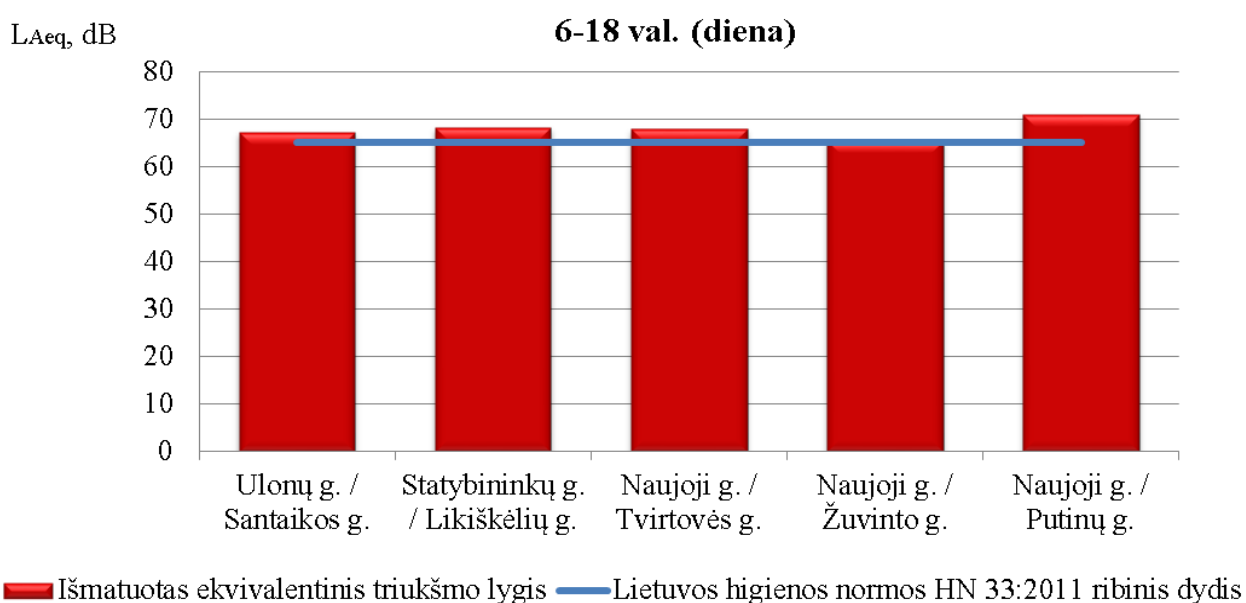
29 pav. Higienos normos ir išmatuoto didžiausio triukšmo lygio nakties metu palyginimas

Iš paveikslų matyti, kad didžiausio triukšmo lygio reikšmės visose gatvėse, visą paros laiką viršija didžiausią leistiną triukšmo lygį – dieną 70 dB, vakare 65 dB ir naktį 60 dB. Galima išskirti gatves, kuriose buvo mažiausiai ir daugiausiai viršytas triukšmas. Dienos ir vakaro metu mažiausiai (2–4 dB) viršyta Statybininkų gatvėje, o daugiausiai (apie 23 dB) – Santaikos gatvėje. Nakties metu mažiausiai (apie 8 dB) viršyta Tvirtovės gatvėje, o daugiausiai (apie 34 dB) – Pulko gatvėje.

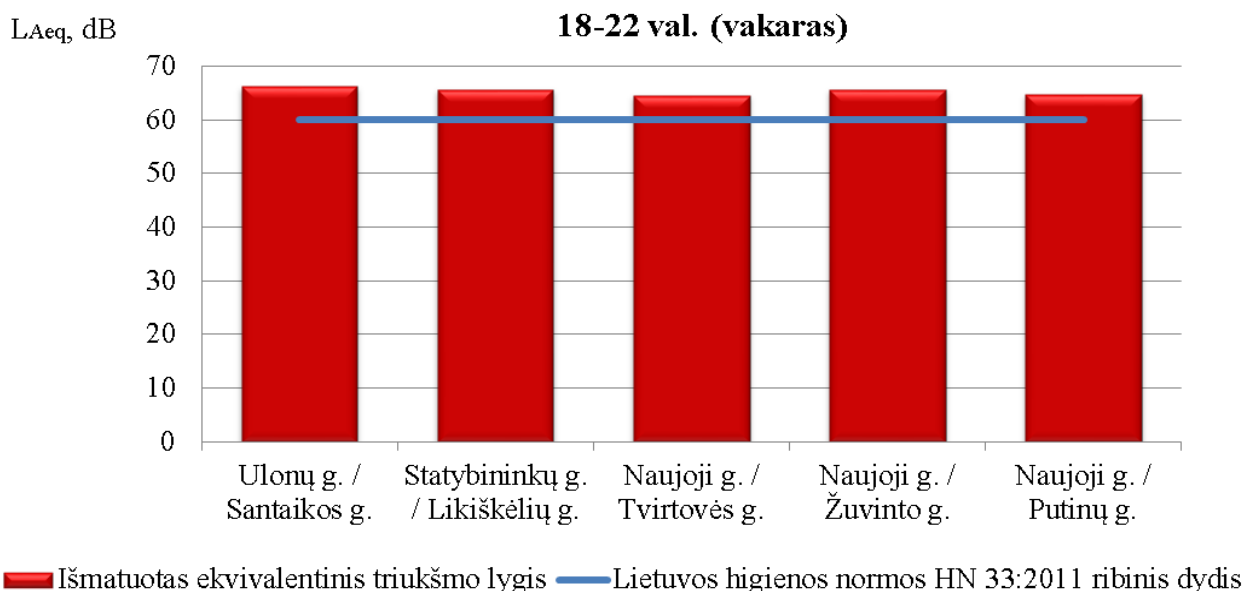
Matuojant pastebėta, kad didžiausias triukšmo lygis fiksuojamas tuo momentu, kai pravažiuojanti transporto priemonė būna ties triukšmo analizatoriaus matavimo mikrofonu. Tuomet garso bangos sklidimo kelias iki triukšmo analizatoriaus mikrofono yra mažiausias, taigi garso banga praranda mažiausiai energijos. Didžiausias triukšmo lygis skleidžiamas tik trumpą laiko tarpą, todėl ir higienos normos leistina reikšmė yra didesnė.

Apibendrinant gatvių triukšmo tyrimus, galima teigti, kad mažiausiai triukšminga yra Statybininkų gatvė. Šioje gatvėje ekvivalentinis ir didžiausias triukšmo lygiai yra mažiausi dienos bei vakaro metu. Nakties metu triukšmingumas, mažesnis negu Naujojoje gatvėje, užfiksuotas tik Tvirtovės gatvėje. Didžiausi ekvivalentinio bei didžiausio triukšmo lygiai užfiksuoti Santaikos gatvėje. Šioje gatvėje išmatuoti triukšmo lygiai didžiausi visą parą, išskyrus didžiausią triukšmo lygį nakties metu, jis didžiausias Pulko gatvėje.

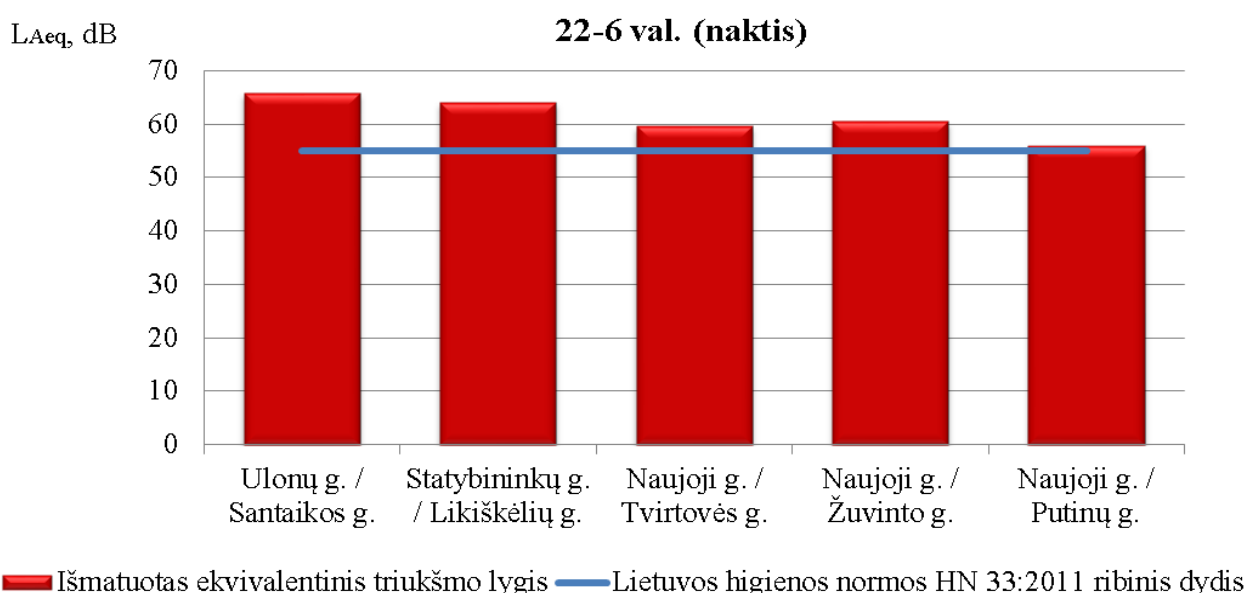
5-ųjų Alytaus miesto sankryžų išmatuotų triukšmo lygių palyginimas su higienos normos ribinėmis reikšmėmis atliekamas analogiškai kaip ir gatvių triukšmo atveju. Ekvivalentinių triukšmo lygių dienos, vakaro ir nakties metu ir higienos normos HN 33:2011 ribinių verčių palyginimas pateiktas atitinkamai 30 pav., 31 pav. ir 32 pav.



30 pav. Higienos normos ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio dienos metu palyginimas



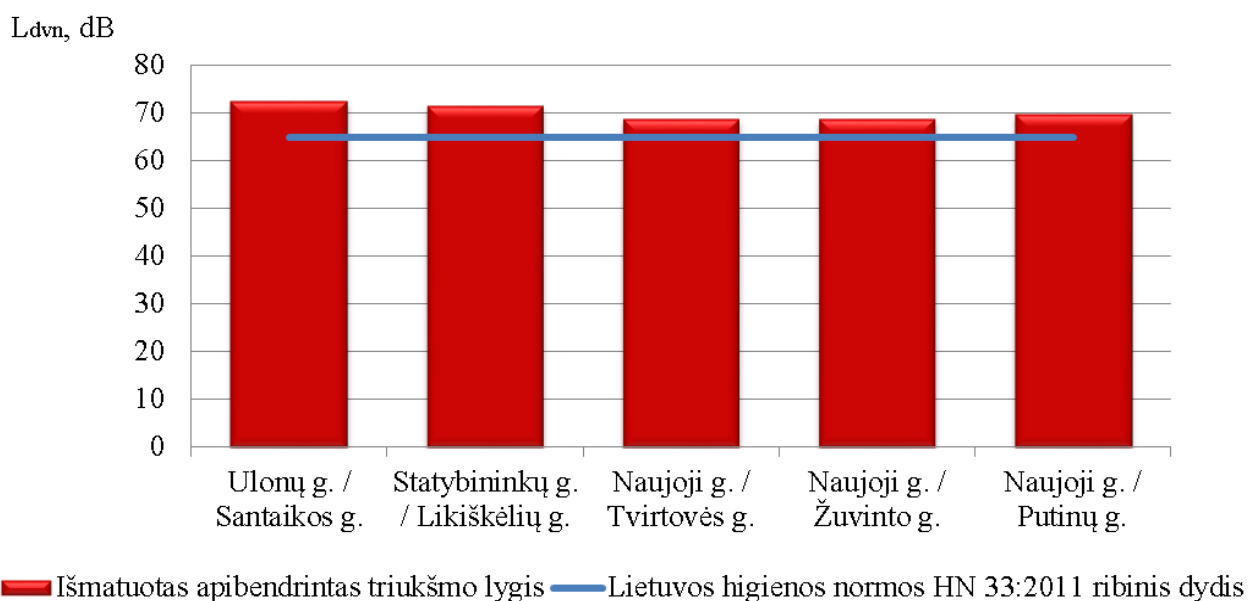
31 pav. Higienos normos ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio vakaro metu palyginimas



32 pav. Higienos normos ir išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio nakties metu palyginimas

Ekvivalentinis triukšmo lygis sankryžose visą parą viršija leistinas normas. Lygindami 30–32 pav., matome, kad priklausomai nuo paros laiko, keičiasi triukšmingiausios sankryžos. Dienos metu triukšmingiausia yra Naujosios / Putinų gatvių sankryža (71 dB), nakties metu didžiausias triukšmas užfiksuotas Ulonų / Santaikos gatvių sankryžoje (65,9 dB), o vakaro metu triukšmo lygis visose sankryžose yra labai panašus – apie 65,4 dB. Mažiausias triukšmo lygis dieną – Naujosios / Žuvinto gatvių sankryžoje (65,4 dB), naktį – Naujosios / Putinų gatvių sankryžoje (56,1 dB).

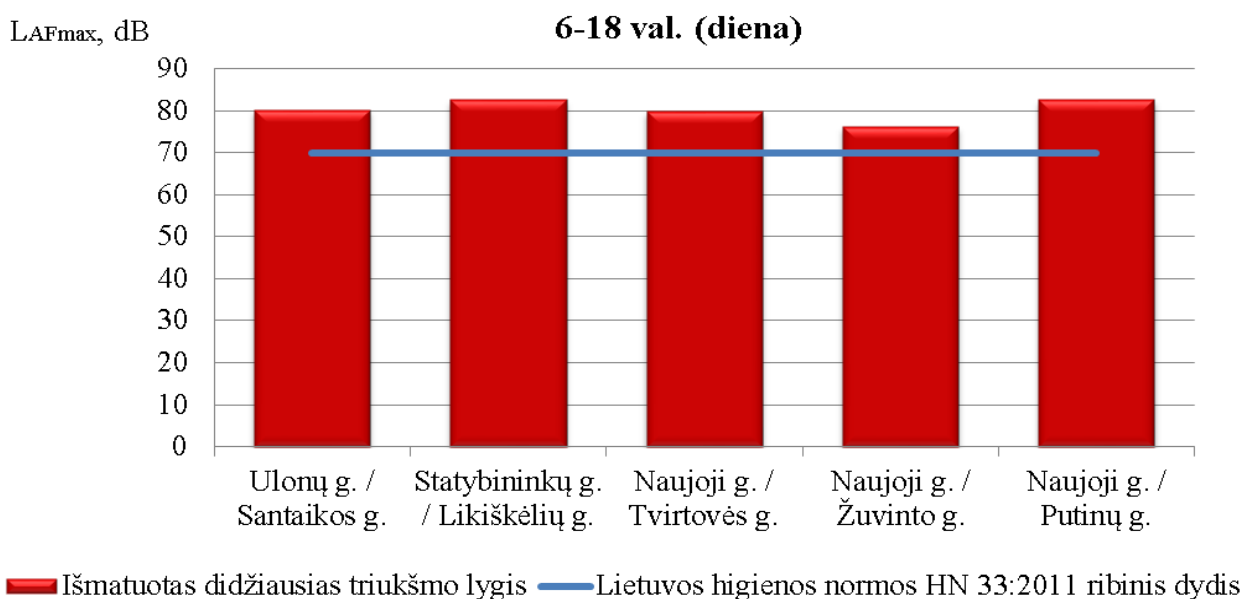
Apibendrinto ekvivalentinio triukšmo lygio sankryžose palyginimas su higienos norma HN 33:2011 pateiktas 33 paveiksle.



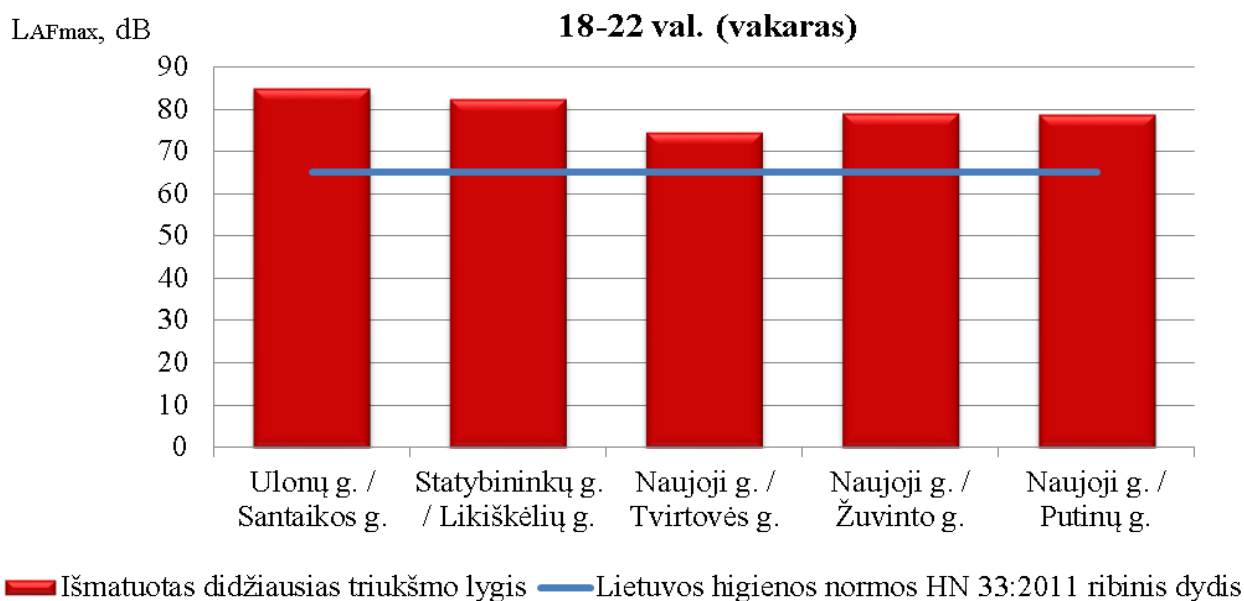
33 pav. Higienos normos ir išmatuoto apibendrinto triukšmo lygio palyginimas

Apibendrintas triukšmo lygis Alytaus miesto sankryžose yra gana panašus (69–72 dB), kadangi dienos metu triukšmas didesnis vienos sankryžose, o nakties metu – kitose sankryžose. Vakaro triukšmo lygis sankryžose, kaip minėta, labai panašus, todėl, skaičiuojant apibendrintus triukšmo lygius, jie priartėja vienas prie kito.

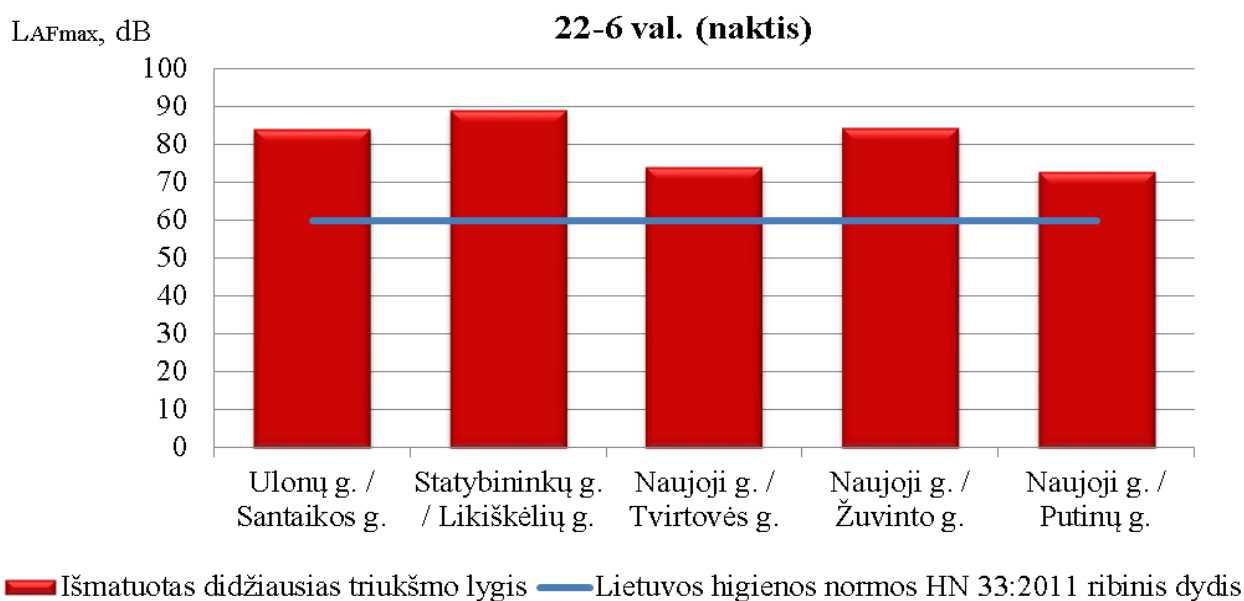
Galiausiai palyginami didžiausi triukšmo lygiai. Dienos, vakaro ir nakties didžiausi triukšmo lygiai pateikti atitinkamai 34 pav., 35 pav. ir 36 pav.



34 pav. Higienos normos ir išmatuoto didžiausio triukšmo lygio dienos metu palyginimas



35 pav. Higienos normos ir išmatuoto didžiausio triukšmo lygio vakaro metu palyginimas

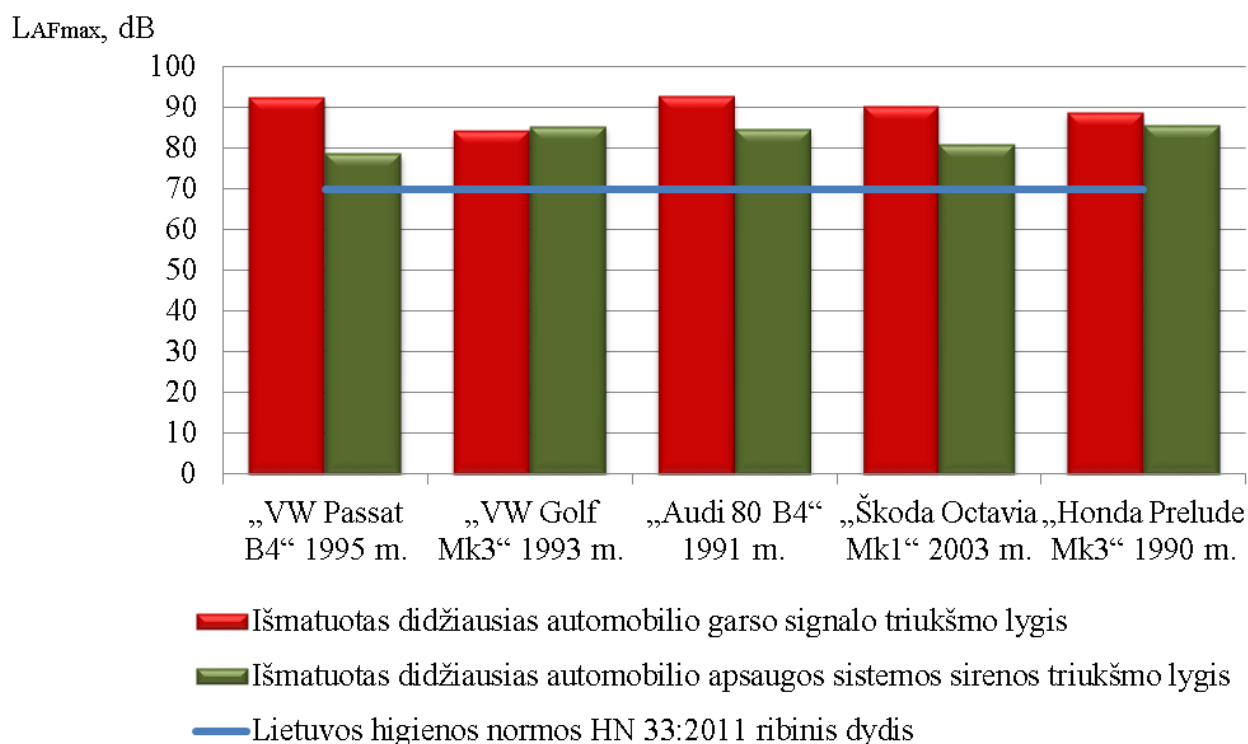


36 pav. Higienos normos ir išmatuoto didžiausio triukšmo lygio nakties metu palyginimas

Iš 34–36 pav. galima įvardinti triukšmingiausias ir ramiausias sankryžas. Dienos metu triukšmo lygis didžiausias dviejose sankryžose – Statybininkų / Likiškėlių gatvių sankryža ir Naujosios / Putinų gatvių sankryža (po 82,6 dB), mažiausias – Naujosios / Žuvinto gatvių sankryžoje (76,2 dB). Vakaro metu triukšmo lygis didžiausias Ulonų / Santaikos gatvių sankryžoje (85 dB), mažiausias – Naujosios / Tvirtovės gatvių sankryžoje (74,6 dB). Nakties metu triukšmo lygis didžiausias Statybininkų / Likiškėlių gatvių sankryžoje (89 dB), mažiausias – Naujosios / Putinų gatvių sankryžoje (72,8 dB).

3.9. Automobilio garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos triukšmo vertinimas

Automobilių garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos didžiausių triukšmo lygių atitiktis HN 33:2011 vertėms pateiktas 37 paveiksle.



37 pav. Higienos normos dienos metu ir išmatuoto didžiausio automobilio garso signalo bei apsaugos sistemos sirenos triukšmo lygio palyginimas

Garso signalų ir apsaugos sistemų sirenų didžiausios triukšmo lygio reikšmės viršija higienos normą dienos metu (70 dB), taigi nėra prasmės vaizduoti higienos normos leistinų reikšmių vakaro ir nakties metu, nes jos dar griežtesnės.

Automobilių stovėjimo aikštelės yra prie pat gyvenamųjų namų, todėl net ir mažesnis garso signalo ar apsaugos sistemos sirenos sukiamas triukšmas žmogų veikia labiau nei atitinkamas gatvės triukšmas. Dėl šios priežasties garso signalą reikėtų naudoti tik iškilus grėsmei eismo saugumui ar pamačius kliūtį kelyje. Taipogi, apsaugos sistema turėtų būti sureguliuota taip, kad sirena pradėtų kaukti tik esant realiam pavojui. Dažnai netvarkingos apsaugos sistemos suveikia net nuo greta automobilio praėjusio žmogaus ar stipresnio vėjo gūσιο.

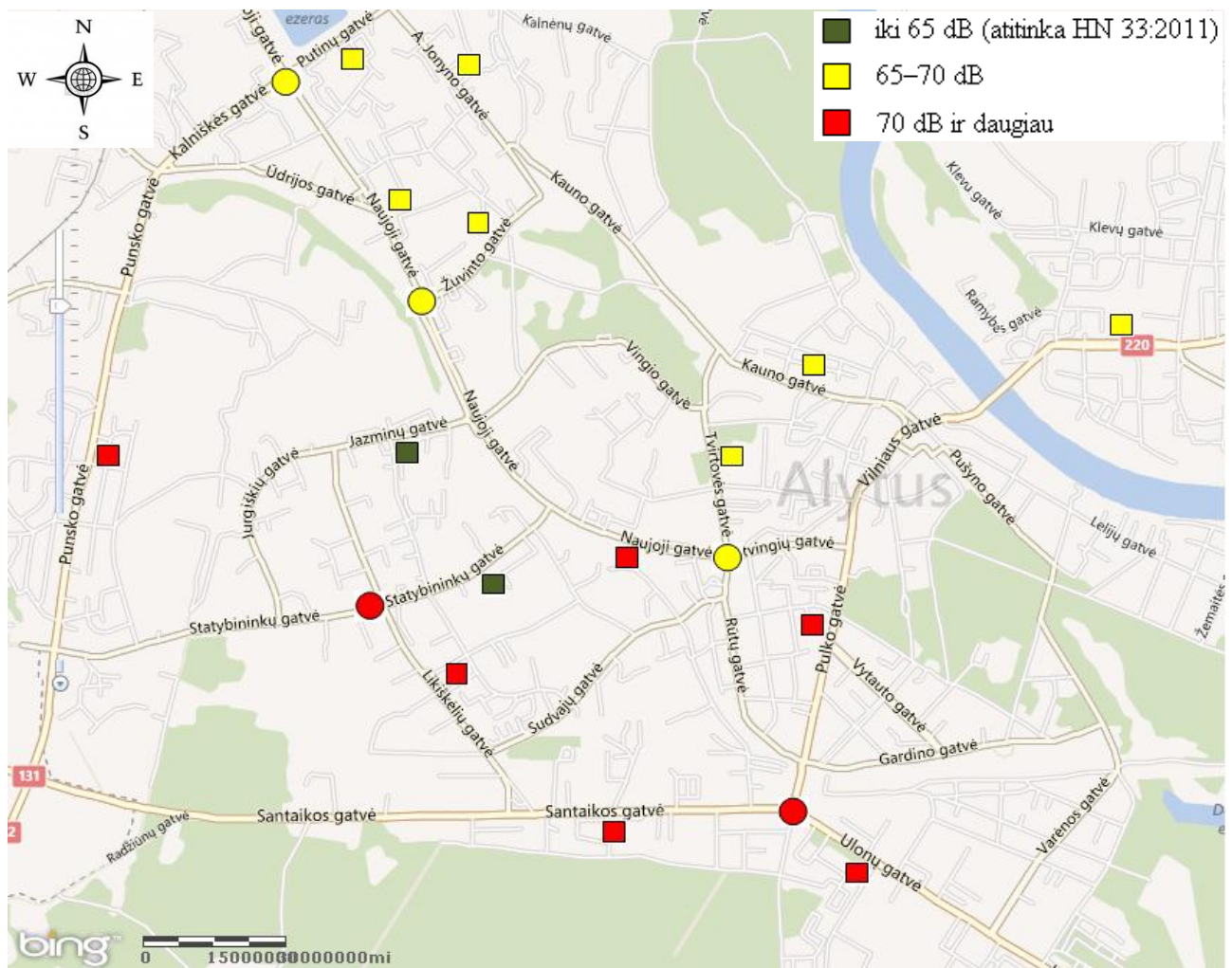
4. REZULTATŲ APDOROJIMAS BEI ANALIZĖ

4.1. Alytaus miesto triukšmo žemėlapių sudarymas

Sudarant triukšmo žemėlapi, reikalaujama metinio vidutinio triukšmo lygio matavimo visuose įvertinimo taškuose arba pakankamo tokių matavimo taškų skaičiaus, kuriems dažniausiai reikia daug ilgalaikių triukšmo matavimų. Be to, triukšmo kartografavimą atlikti matuojant yra ganėtinai sunku, nes sudėtinga atlikti matavimus pakankamame skaičiuje taškų per gana ilgą laikotarpį, dideliame plote reprezentatyviems (patikimiems) rezultatams gauti. Tiksliems rezultatams gauti, reikia naudoti keleto metų vidutinės triukšmo lygio reikšmes.

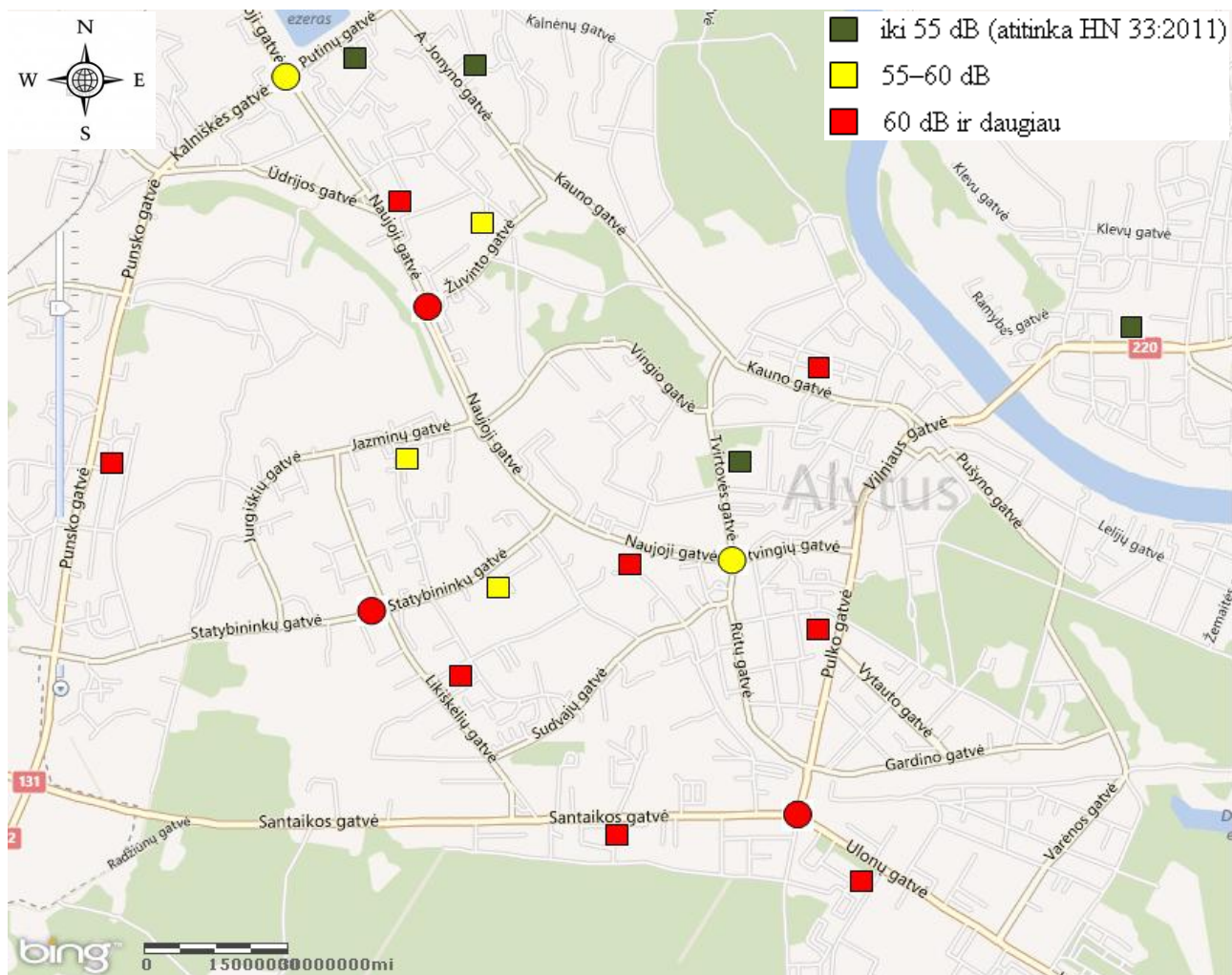
Sudarytas paprastesnis triukšmo žemėlapis, kuriame pavaizduoti anksčiau aprašyti išmatuoti triukšmo lygiai. Kaip nurodyta Europos Parlamento ir Tarybos direktyvoje 2002/49/EB (*Direktyva 2002/49/EB...2002*), yra naudojamas apibendrintas ekvivalentinis triukšmo lygis L_{dvn} ir ekvivalentinis nakties (6–18 val.) triukšmo lygis $L_{nakties}$. Ilgalaikiams triukšmo tyrimams išsisus keletą metų nebuvo galimybių, taigi gatvės buvo tirtos tik tam tikruose taškuose. Visame gatvės ilgyje bei atitinkamuose atstumuose nuo gatvės, kaip yra įprasta triukšmo žemėlapiams, triukšmo lygis nėra žinomas. Sudarytuose triukšmo žemėlapiuose pažymėtos triukšmo matavimo vietos, kuriose matavimų metu buvo gauti atitinkami triukšmo lygiai.

Apibendrintas ekvivalentinis triukšmo lygis Alytaus mieste pateiktas 38 paveiksle. Alytaus miesto žemėlapyje (38 pav.) matyti, kad apibendrinto triukšmo normą atitinka tik dvi gatvės – Statybininkų g. ir Jazminų g. Kitos gatvės viršija leistiną triukšmo lygį. Žemėlapyje labai aiškiai matomi triukšmingumo skirtumai tarp skirtingų Alytaus miesto vietų. Miesto šiaurės rytinėje dalyje vyrauja iki 5 dB didesnis triukšmas negu leistina norma (65 dB). Tuo tarpu, kai miesto pietvakarinėje dalyje triukšmo lygis didesnis, jis viršija 5 dB virš normos ribą. Triukšmingiausios išlieka tos gatvės, kuriomis vyksta tarpmiestinis susisiekimas, šalia kurių įsikūrę traukos objektai.



38 pav. Išmatuoto apibendrinto ekvivalentinio triukšmo lygio žemėlapis

Nakties metu Alytaus mieste vyraujantis triukšmas pateiktas 39 paveiksle. Nakties metu nustatytą triukšmo normą atitinka dvigubai daugiau gatvių, nei apibendrinto triukšmo atveju. Gatvės, atitinkančios triukšmo normą HN 33:2011, nakties metu pasiskirsto po miesto šiaurės rytinę dalį. Iki 5 dB viršijančios gatvės pasiskirstę miesto šiaurinėje dalyje bei miesto centrinėje dalyje. Daugiau nei 5 dB triukšmo lygį viršijančios gatvės, kaip ir apibendrinto triukšmo atveju, didžiąja dalimi lieka miesto pietinėje ir vakarinėje dalyje.



39 pav. Išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygio nakties metu žemėlapis

1.4 poskyryje nurodyta, kad Alytaus visuomenės sveikatos centras ištyrė triukšmo lygius pagrindinėse Alytaus gatvėse. Nustatyta, kad automobilių keliamas triukšmas mieste svyravo nuo 63,3 dBA (Naujojoje g.) iki 78,0 dBA (Santaikos g.). Mano eksperimentinių matavimų rezultatai rodo, kad priklausomai nuo paros laiko, triukšmo lygiai šiose gatvėse atitinkamai pasiskirsto taip – (60,2–69,3) dBA ir (67,2–71,7) dBA. Taigi, lyginant pateiktas reikšmes, galima daryti išvadą, kad Naujojoje g. triukšmo lygis padidėjo apie 6 dBA, o Santaikos g. sumažėjo apie 6,3 dBA. Tiksliau palyginti būtų galima tada, jeigu minėti matavimai būtų atlikti tuo pačiu metų laiku, tuo pačiu paros laiku bei toje pačioje gatvės vietoje.

Alytaus mieste atlikti triukšmo lygio matavimai bei gauti rezultatai pristatyti 16-oje jaunųjų mokslininkų konferencijoje „Mokslas – Lietuvos ateitis. Transportas“. Straipsnis „Automobilių keliamo triukšmo tyrimai Alytaus mieste“ pateiktas A priede.

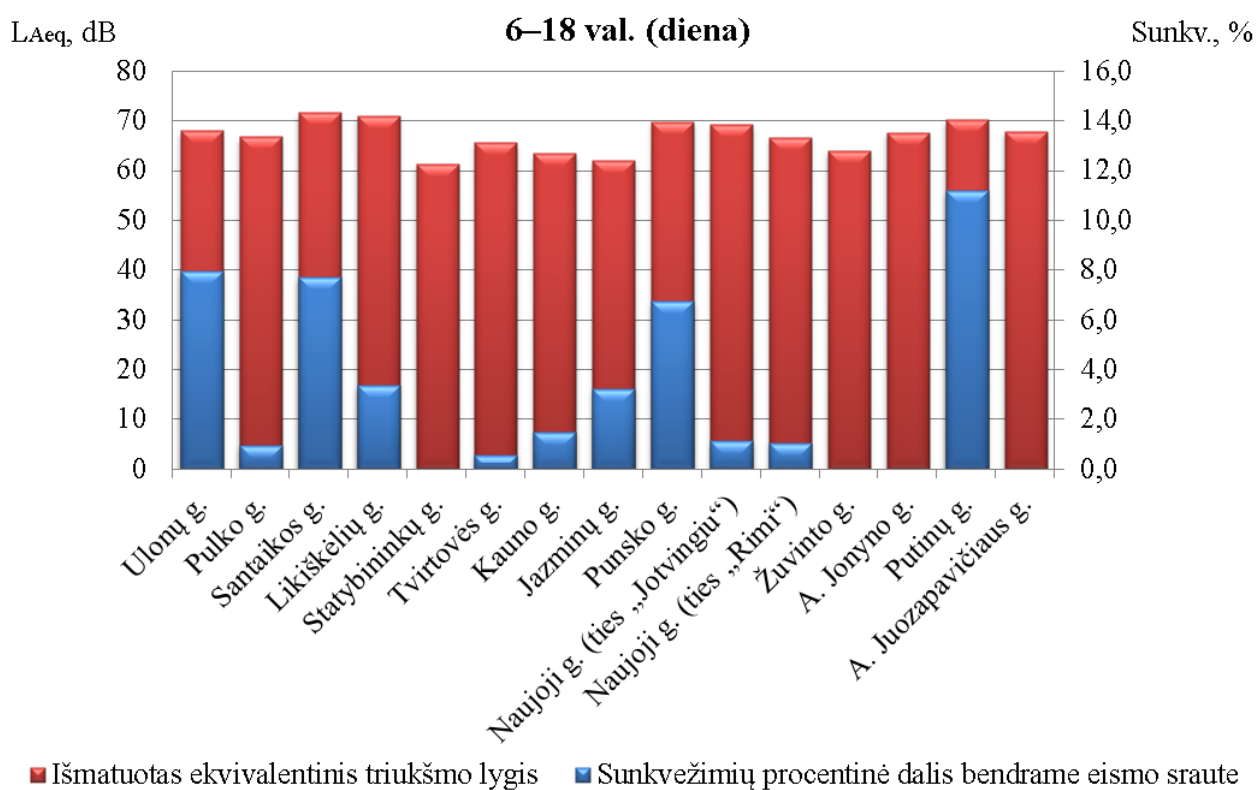
Siekiant paviešinti šio tyrimo rezultatus ir informuoti Alytaus miesto bendruomenę apie esamus triukšmo lygius gatvėse ir sankryžose, tyrimų rezultatai buvo paskelbti laikraštyje „Alytaus naujienos“ (Nr. 34. 2013 m. kovo 23 d., šeštadienis). Straipsnio kopija pateikta B priede.

4.2. Automobilių transporto eismo srautų vertinimas

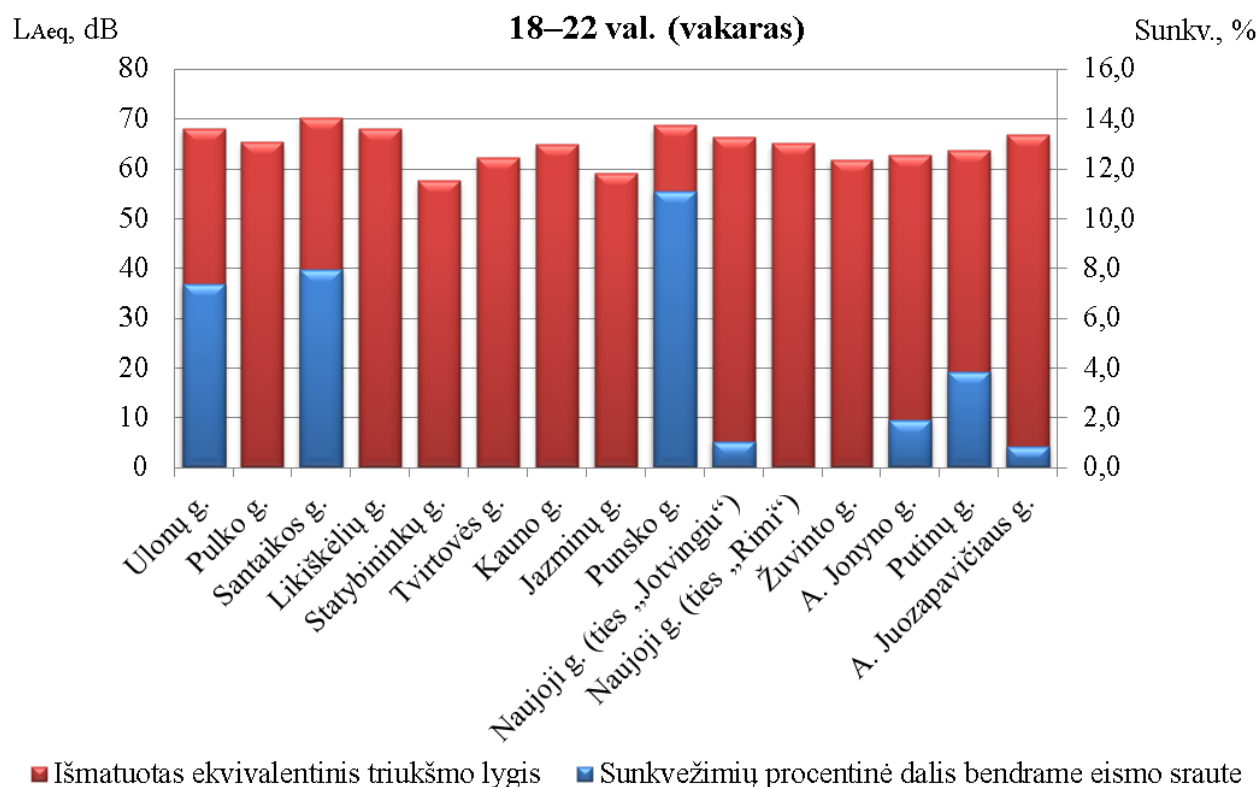
Kaip minėta 1.3 poskyryje, vertinant automobilių transporto keliamą triukšmą, reikia atsižvelgti ne tik į esamą triukšmo lygį, bet ir į tai, kurios transporto priemonės yra triukšmingiausios.

Atsižvelgiant į tai, nustatytos ekvivalentinio triukšmo lygių priklausomybės nuo sunkvežimių procentinės dalies bendrame eismo sraute dienos, vakaro ir nakties metu. Sunkvežimiai pasirinkti dėl to, kad jie yra vieni iš didžiausių triukšmo šaltinių Alytaus miesto gatvėse. Konkrečios priklausomybės pateiktos 40 pav., 41 pav. ir 42 pav.

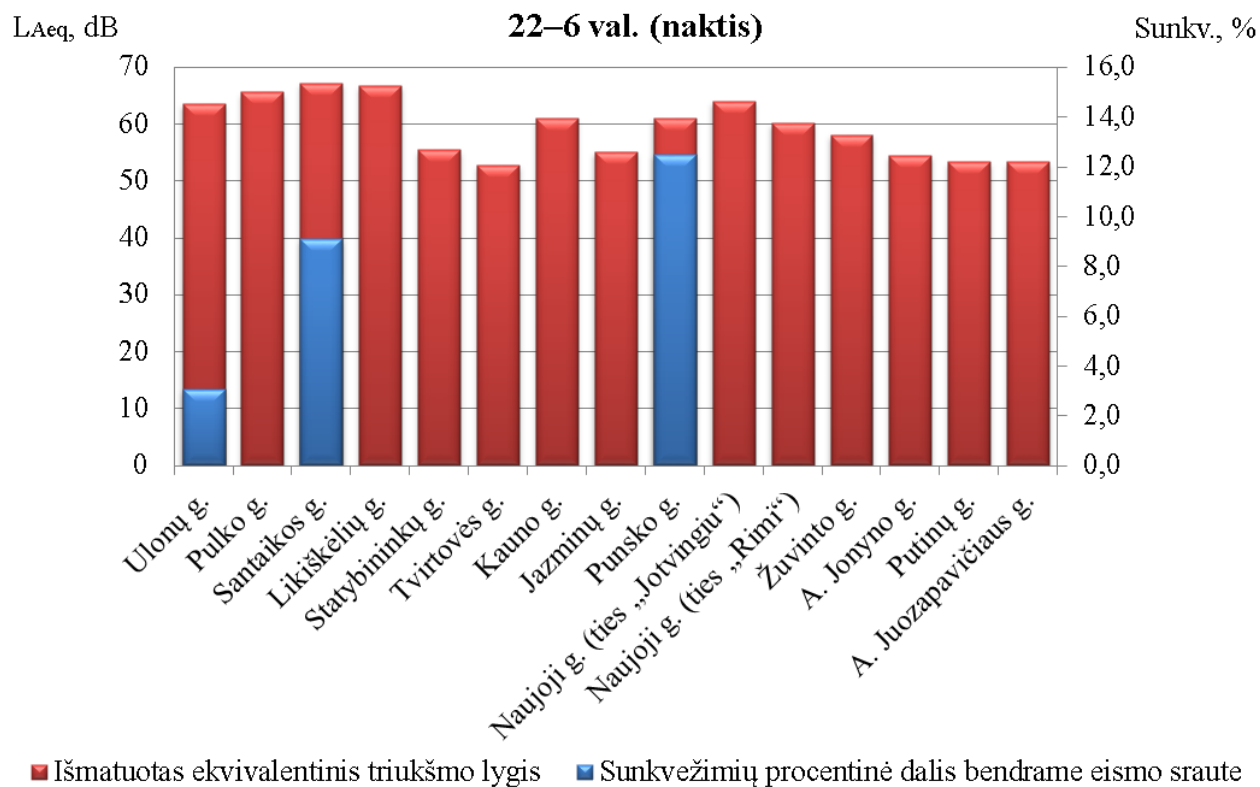
Iš pateiktų grafikų (40 pav., 41 pav. ir 42 pav.) matyti, kad, esant didesnei sunkvežimių procentinei daliai eismo sraute, ekvivalentinis triukšmo lygis yra ne visais atvejais didesnis. Tose gatvėse, kuriose sunkvežimių eismas labai nežymus arba jo visiškai neužfiksuota, išmatuoto ekvivalentinio triukšmo lygis yra mažesnis už tų gatvių triukšmą, kuriomis važiuoja ganėtinai daug sunkvežimių, tai aiškiausiai pastebima dienos metu. Lyginant gatves, kuriomis sunkvežimių eismas sudaro didžiausią procentinę dalį (11–12,5 %), matyti, kad ekvivalentinio triukšmo lygis kai kuriais atvejais gali būti didesnis net ir esant mažesniai sunkvežimių eismui. Tai būdinga dienos, vakaro ir nakties metu.



40 pav. Ekvivalentinio triukšmo lygio priklausomybė nuo sunkvežimių procentinės dalies eisme dienos metu



41 pav. Ekvivalentinio triukšmo lygio priklausomybė nuo sunkvežimių procentinės dalies eisme vakaro metu



42 pav. Ekvivalentinio triukšmo lygio priklausomybė nuo sunkvežimių procentinės dalies eisme nakties metu

Iš turimų duomenų galima išvesti tiesinę regresijos lygtį, nusakančią ekvivalentinio triukšmo lygio priklausomybę nuo sunkvežimių procentinės dalies visame transporto sraute. Šiuo atveju priklausomas kintamasis yra ekvivalentinis triukšmo lygis, jis yra žymimas y . Sunkvežimių procentas bendrame eismo sraute yra nepriklausomas kintamasis, kuris žymimas x . Tada tiesinę regresijos lygtį galima užrašyti taip:

$$y = a + bx, \quad (4.1)$$

čia: a ir b – regresijos lygties koeficientai. a yra įvertinta vidutinė y reikšmė, kai x reikšmė lygi 0, o b yra vidutinė įvertinta y reikšmė, x reikšmei padidėjus vienu vienetu.

Regresijos lygties koeficientai gauti pasinaudojus kompiuterinės programos „Microsoft Excel“ duomenų analizės paketu. Gauti regresijos lygties koeficientai ir galutinės ekvivalentinio triukšmo lygio Alytaus miesto gatvėse regresijos lygtys dienos, vakaro ir nakties metu pateiktos 28 lentelėje. Šioje lentelėje taip pat pateikti ir pirsono koreliacijos koeficientai r , nusakantys tiesinio ryšio stiprumą, bei apibrėžtumo (determinacijos) koeficientai r^2 , parodantys, kuri atsitiktinio dydžio y sklaidos dalis apie vidurkį paaiškinama tiesine regresija. Kuo r^2 artimesnis vienetui, tuo geriau regresijos lygtis aprašo kintamąjį y .

28 lentelė. Regresijos lygtys ir koreliacijos ryšio stiprumas

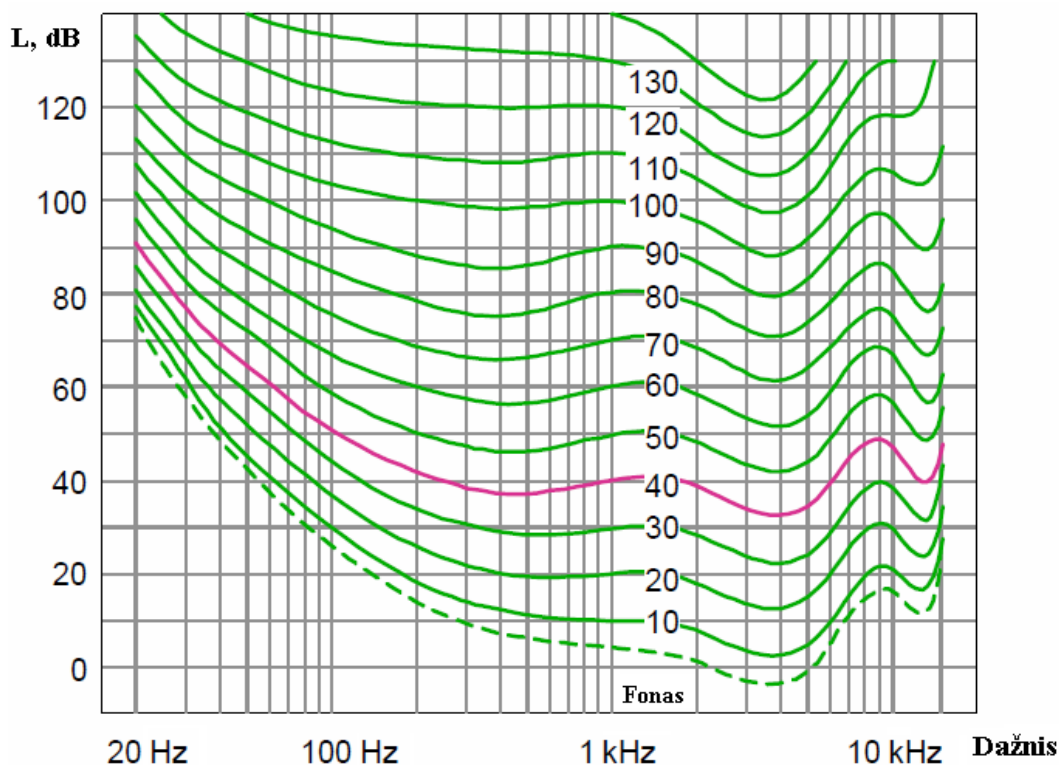
Parametras	Diena (6–18 val.)	Vakaras (18–22 val.)	Naktis (22–6 val.)
Koeficientas a	65,55	63,33	58,64
Koeficientas b	0,49	0,60	0,49
Regresijos lygtis	$y = 65,55 + 0,49x$	$y = 63,33 + 0,6x$	$y = 58,64 + 0,49x$
Koreliacijos koef. r	0,56	0,61	0,36
Apibrėžtumas r^2	0,31	0,37	0,13
Ryšio stiprumas	Vidutinis	Vidutinis	Silpnas

Analizuojant 28 lentelės duomenis, matyti, kad dienos ir vakaro ekvivalentinio triukšmo lygio priklausomybė nuo sunkvežimių procentinės dalies yra vidutinė – apie 30 % Alytaus miesto gatvių triukšmo lygis tiesiogiai priklauso nuo sunkvežimių eismo. Nakties metu situacija palankesnė sunkvežimiams – tik 13 % Alytaus miesto gatvių triukšmo lygis tiesiogiai priklauso nuo sunkvežimių eismo. Likusiose gatvėse pagrindiniai triukšmo šaltiniai yra lengvieji automobiliai bei kitos transporto priemonės.

Apibendrinant galima daryti išvadą, kad sunkvežimių eismas Alytaus miesto gatvėse turi didelę įtaką triukšmo lygiui, tačiau ši įtaka pastebima tik dalyje tirtų gatvių, todėl negalima kategoriškai teigti, kad sunkvežimiai yra vienintelė priežastis, dėl kurios Alytaus mieste viršijamos leistinos triukšmo lygio normos. Gatvėse, kuriose neužfiksuotas sunkvežimių eismas, triukšmo lygis priklauso nuo lengvųjų automobilių skaičiaus, jų techninės būklės, gamtos reljefo ir konkrečių eismo sąlygų.

4.3. Triukšmo spektrinė analizė

Žmogaus ausis ir klausos sistema sudaryta taip, kad skirtingų dažnių garsus suvokia nevienodai. Tik tie garsai, kurių dažnis yra intervale nuo 20 iki 20 000 Hz, gali būti girdimi ir suvokiami. Geriausiai girdimi (ausies jautrumas yra didžiausias) tie garsai, kurių dažnis yra tarp 700 Hz ir 6 kHz (*Brüel...1984*). Be to, žmogaus suvokiamas triukšmo šaltinio garsumas priklausomai nuo garso dažnio kinta netiesiškai. Suvokiamo triukšmo šaltinio garsumo priklausomybė nuo dažnio pavaizduota 43 paveiksle (*Brüel...1998*).



43 pav. Triukšmo lygis, kurį žmogus suvokia esant tam tikram dažniui

Šios lygaus garsumo kreivės rodo, koks garso slėgio skirtumas yra reikalingas, kad žmogus suvoktų kito dažnio garso stiprumą, kaip lygų 1 kHz garso stiprumui. Kaip pavyzdį galima palyginti du skirtingus dažnius – 20 Hz ir 1 kHz. Esant 120 dB garso lygiui, kurio dažnis yra 20 Hz, tam, kad

žmogus jaustų tą patį garsumą esant 1 kHz dažniui, reikalingas tik 90 dB garso lygis. Palyginus atitinkamus garso lygius, matyti, kad skirtumas – net 30 dB. Tai reiškia, kad 20 Hz dažnio garsas turi būti net 30 dB didesnis už 1 kHz dažnio garsą (esant 90 dB), kad juntamas garsumas būtų toks pats. Punktyrinė linija rodo minimalų binaurališkai (sugebant nustatyti garso šaltinio kryptį) juntamą garso lauką (*Brüel...*1998).

Esant tam pačiam dažniui (etaloninis 1000 Hz) garso stiprumas matuojamas fonais. Vieno fono skaitinė vertė yra lygi 1 dB, ties 1000 Hz dažniu (žr. 43 pav.).

Garso bangos ilgis priklauso nuo dažnio. Skirtingų dažnių bangos sklinda nevienodą atstumą. Kuo akustinės bangos (garso) dažnis yra didesnis, tuo jos ilgis yra mažesnis ir atvirkščiai. Dėl šios priežasties žemo dažnio garsai sklinda didesnę atstumą.

Atsižvelgiant į tai, kad, esant skirtingam dažniui, garsas suvokiamas nevienodai, atliekant triukšmo lygio matavimus, buvo nustatytos ir triukšmo lygio priklausomybės nuo dažnio. Triukšmo lygių Alytaus miesto gatvėse, sankryžose bei automobilių garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos triukšmo lygių dažniniai spektrai pateikti atitinkamai C, D ir E prieduose.

Žvelgiant į C priede pateiktus paveikslus, matyti, kad didžiausio ir ekvivalentinio triukšmo lygio didžiausios reikšmės Alytaus miesto gatvėse stebimos esant apytiksliai iki 250 Hz dažniui. Keliose gatvėse triukšmo lygis didžiausias reikšmes įgyja esant aukštesniems dažniams. Statybininkų, Santaikos ir Pulko gatvėse yra didžiausias (500–1300) Hz dažnio triukšmas.

D priede pateiktuose Alytaus miesto sankryžų triukšmo lygio priklausomybių nuo dažnio paveiksluose matyti panaši triukšmo lygio situacija. Triukšmingumas didžiausias esant žemam dažniui (iki 250 Hz).

Skirtingai negu gatvių ir sankryžų triukšmo lygiai, automobilių įspėjamųjų garso signalizacijos įtaisų triukšmo lygiai didžiausi esant (500–4000) Hz dažniui. Akivaizdu, kad automobilių įspėjamųjų garso signalizacijos įtaisų skleidžiamas triukšmas yra pastebimai aukštesnis (žr. E priedą).

Vertinant C, D ir E prieduose pateiktų paveikslų duomenis, galima teigti, kad Alytaus miesto gatvių ir sankryžų triukšmas yra palyginti žemo dažnio ir nepatenka į žmogaus klausos sistemos geriausiai girdimą dažnių intervalą – (700–6000) Hz. Automobilių garso signalai ir apsaugos sistemų sirenos yra aukštesnio dažnio, o jų didžiausios reikšmės gautos (700–6000) Hz intervalo ribose.

Žinodamas, kad žemesnio dažnio garsas sklinda toliau nei aukšto dažnio garsas ir kad žmogaus ausis jautriausiai reaguoja į (700–6000) Hz dažnio garsą, darau tokią išvadą – išmatuotas triukšmas Alytaus miesto gatvėse ir sankryžose gyventojus erzina mažiau nei tokio paties dydžio automobilių garso signalai ir apsaugos sistemų sirenos, tačiau gatvėse ir sankryžose automobilių transporto sukeltas triukšmo lygis, būdamas žemesnio dažnio, sklinda didesnę atstumą nuo triukšmo šaltinio.

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Išanalizavus pasaulinę triukšmo problematiką, galima teigti, kad leistinos ekvivalentinio triukšmo lygio ribos (dieną – 65 dB, vakare – 60 dB, naktį – 55 dB) gyvenamojoje aplinkoje viršijamos daugelyje Europos Sąjungos šalių.
2. Lyginant analitinių skaičiavimų ir eksperimentinių duomenų triukšmo lygius, konstatuota, kad teoriškai nustatytas triukšmo lygis yra apytiksliai 7 dB mažesnis už išmatuotą. Skaičiuojant neįmanoma įvertinti absoliučiai visus veiksnius, darančius įtaką triukšmo lygiui, taigi, norint gauti tikrąjį triukšmo lygį, būtina triukšmą matuoti triukšmo analizatoriumi.
3. Atlikus 15-os Alytaus miesto gatvių triukšmo matavimus ir gautas triukšmo lygio reikšmes palyginus su higienos normos HN 33:2011 leistinomis reikšmėmis, nustatytos triukšmingiausios ir tyliausios Alytaus miesto gatvės. Dienos metu ekvivalentinio triukšmo lygio normos (65 dB) neviršijamos Statybininkų, Kauno, Jazminų ir Žuvinto gatvėse, daugiausiai viršija – Santaikos ir Likiškėlių gatvėse. Vakaro metu normos (60 dB) neviršijamos Statybininkų ir Jazminų gatvėse, daugiausiai viršija – Santaikos gatvėje. Nakties metu normos (55 dB) neviršijamos Tvirtovės, A. Jonyno, Putinų ir A. Juozapavičiaus gatvėse, daugiausiai viršijamos – Santaikos ir Likiškėlių gatvėse.
4. Atlikus 5-ių Alytaus miesto sankryžų triukšmo matavimus ir gautas triukšmo lygio reikšmes palyginus su higienos normos HN 33:2011 leistinomis reikšmėmis, nustatytos triukšmingiausios ir tyliausios Alytaus miesto sankryžos. Dienos metu triukšmingiausia yra Naujosios / Putinų gatvių sankryža, nakties metu – Ulonų / Santaikos gatvių sankryžoje. Vakaro metu triukšmo lygis visose sankryžose yra labai panašus – apie 65,4 dB. Mažiausias triukšmo lygis dieną – Naujosios / Žuvinto gatvių sankryžoje, naktį – Naujosios / Putinų gatvių sankryžoje.
5. HN 33:2011 didžiausio leistino triukšmo lygio normos (dieną – 70 dB, vakare – 65 dB, naktį – 60 dB) gyvenamojoje aplinkoje visu paros metu viršijamos visose Alytaus miesto gatvėse bei sankryžose. Apibendrinto triukšmo lygis mažiausias Alytaus miesto šiaurės rytinėje dalyje, o didžiausias – pietvakarinėje dalyje.
6. Išmatavus 5-ių automobilių garso signalo ir apsaugos sistemos sirenos didžiausią triukšmo lygį, konstatuota, kad visi automobiliai viršijo HN 33:2011 leidžiamą didžiausią triukšmo lygį dienos metu – 70 dB.
7. Palyginus sunkvežimių procentinę dalį bendrame Alytaus miesto gatvių eismo sraute su išmatuotu ekvivalentinio triukšmo lygiu, konstatuota, kad dienos ir vakaro metu apie 30 % Alytaus miesto gatvių triukšmo lygis tiesiogiai priklauso nuo sunkvežimių eismo. Nakties ekvivalentinio triukšmo lygio tiesioginė priklausomybė nuo sunkvežimių procentinės dalies yra tik 13 % gatvių.

8. Alytaus miesto gatvių ir sankryžų triukšmas yra pakankamai žemo dažnio ir nepatenka į žmogaus klausos sistemos geriausiai girdimą dažnių intervalą – (700–6000) Hz. Automobilių garso signalai ir apsaugos sistemų sirenos yra aukštesnio dažnio, o jų didžiausios reikšmės gautos (700–6000) Hz intervalo ribose.
9. Rekomenduojama Alytaus mieste planuoti tyliąsias aglomeracijų, viešąsias ir gamtos zonas, nustatyti jų reglamentus, apriboti triukšmo šaltinių atsiradimą, likviduoti arba sumažinti skleidžiamo triukšmo lygį.
10. Skatinti miestiečius naudotis viešuoju transportu, plėtoti dviračių ir pėsčiųjų eismo infrastruktūrą.
11. Riboti tranzitinio ir sunkiųjų automobilių eismą Alytaus mieste, juos nukreipti aplinkkeliais. Transporto eismą padaryti kiek įmanoma tolygesnį, suderinti šviesoforus, leistiną važiavimo greitį mažinti iki 40 km/h.
12. Naudoti akustiškai pagrįstą urbanistinį planavimą. Naujai statomus pastatus orientuoti triukšmo šaltinio atžvilgiu, numatyti papildomus apsauginius statinius – triukšmo ekranus.
13. Tobulinti Alytaus miesto triukšmo valdymo procesą, kelti atitinkamų darbuotojų kvalifikaciją, priimti triukšmo valdymo norminius aktus.
14. Vykdyti strateginį Alytaus miesto triukšmo kartografavimą ir užtikrinti sistemingą triukšmo lygių stebėseną bei kontrolę aglomeracijoje.

LITERATŪRA IR KITI ŠALTINIAI

- Adamonienė, D.; Ašoklienė, L.; Bakienė, L.; Bendorienė, I. 2010. *Nacionalinės sveikatos tarybos metinis pranešimas 2010. Urbanizacija – nauji iššūkiai žmonių sveikatai*. Vilnius. 33–37.
- Alasauskas, Š. 2009. *Triukšmo Vilniaus mieste analizė*. Vilnius. 6 p.
- Automobilių rinka statistinės informacijos veidrodyje* [interaktyvus]. 2012. [žiūrėta 2013 02 11]. Prieiga per internetą:
<<http://www.laa.lt/asociacijos-naujienos/Automobiliu-rinka-statistines-informacijos-veidrodyje-id68-76>>.
- Babisch, W. 2008. Road traffic noise and cardiovascular risk, *Noise and Health* 10(38): 27–33.
- Baltrėnas, P.; Vasarevičius, S. 2003. Transporto sistemos aplinkosauginis vertinimas, iš *Transportas: technologijos, ekonomika, aplinka, sveikata*. Vilnius: Technika, 685–774.
- Blažys, R.; Garbinčius, G.; Dabužinskaitė, Ž.; Gedzevičius, I. 2009. Automobilių keliamo triukšmo tyrimai, *Mokslas – Lietuvos ateitis* 1(6): 41–44.
- Brüel & Kjær. *Basic Frequency Analysis of Sound*. 1998. Danija. 33 p.
- Brüel & Kjær. *Hand-held Analyzers Types 2250 and 2270 user manual: technical documentation* [interaktyvus]. 2012. [žiūrėta 2012 12 10]. Prieiga per internetą:
<<http://www.bksv.com/downloads/2250/BE1713.pdf>>.
- Brüel & Kjær. *Measuring sound*. 1984. Danija. 42 p.
- Direktyva 2002/49/EB „Dėl aplinkos triukšmo įvertinimo ir valdymo“ [interaktyvus]. OL L 189, 2004, specialus leidimas, 15 skyrius, 7 tomas, 101–115 p. [žiūrėta 2011 11 26]. Prieiga per internetą:
<<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0049:LT:NOT>>.
- Direktyva 2002/49/EB „Dėl aplinkos triukšmo įvertinimo ir valdymo“ [interaktyvus]. OL L 189, 2002, 12 p. [žiūrėta 2011 11 12]. Prieiga per internetą:
<<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002L0049:20081211:LT:PDF>>.
- Direktyva 2007/34/EB „Dėl leistino motorinių transporto priemonių garso lygio ir dujų išmetimo sistemų, siekiant jų suderinti su technikos pažanga“ [interaktyvus]. OL L 155, 2007, 49–67 p. [žiūrėta 2011 11 27]. Prieiga per internetą:
<<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:155:0049:0067:LT:PDF>>.
- Direktyva 70/157/EEB „Dėl valstybių narių įstatymų, reglamentuojančių leistiną motorinių transporto priemonių garso lygį ir dujų išmetimo sistemas, suderinimo“ [interaktyvus]. OL L 42, 1970, 16–20 p. [žiūrėta 2011 11 03]. Prieiga per internetą:
<<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31970L0157:LT:NOT>>.

- Future Noise Policy* [interaktyvus]. Briuselis, 1996. [žiūrėta 2012 10 11]. Prieiga per internetą:
<<http://www.nonoise.org/library/eunoise/greenpr.htm>>.
- History* [interaktyvus]. 2013. [žiūrėta 2013 01 15]. Prieiga per internetą:
<<http://www.bksv.com/AboutUs/AboutBruelAndKjaer/History.aspx>>.
- ISO 5130-2007. *Akustika. Stacionarių kelių transporto priemonių skleidžiamo garso slėgio lygio matavimai*. Ženeva, 2007. 28 p.
- Isakymas Nr. 3-169 „Dėl kelių transporto priemonių variklių triukšmo ribinių dydžių ir jų nustatymo tvarkos aprašo“* [interaktyvus]. Valstybės žinios, 2008, Nr. 57 -2150. [žiūrėta 2011 10 28]. Prieiga per internetą:
<<http://tar.tic.lt/Default.aspx?id=2&item=results&aktoid=504CEC4A-A22D-415B-A88E-726CDE08F5BB>>.
- Isakymas Nr. 3-357 „Dėl transporto priemonių ir sudedamųjų transporto priemonių dalių atitikties triukšmo kontrolės teisės norminiams aktams vertinimo ir sertifikavimo tvarkos aprašo patvirtinimo“* [interaktyvus]. Valstybės žinios, 2007, Nr. 118 -4840. [žiūrėta 2011 11 09]. Prieiga per internetą:
<<http://tar.tic.lt/Default.aspx?id=2&item=results&aktoid=38525318-05C0-4CA1-BD02-F09A029BD34F>>.
- Isakymas Nr. V-555 „Dėl Lietuvos higienos normos HN 33:2007 „Akustinis triukšmas. triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“ patvirtinimo“* [interaktyvus]. Valstybės žinios, 2007, Nr. 75 -2990. [žiūrėta 2011 10 21]. Prieiga per internetą:
<<http://tar.tic.lt/Default.aspx?id=2&item=results&aktoid=351FE679-3E5D-4B11-A0B8-46067B742448>>.
- Isakymas Nr. V-604 „Dėl Lietuvos higienos normos HN 33:2011 „Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“ patvirtinimo“* [interaktyvus]. Valstybės žinios, 2011, Nr. 75 -3638. [žiūrėta 2011 10 25]. Prieiga per internetą:
<<http://tar.tic.lt/Default.aspx?id=2&item=results&aktoid=A90CE6FC-3007-45B5-A38D-8B79388EACD2>>.
- JTEEK 28. Suvienodintos nuostatos dėl įspėjamųjų garsinės signalizacijos įtaisų ir variklinių transporto priemonių, atsižvelgiant į jų garso signalus, patvirtinimo* [interaktyvus]. OL L 185, 2010, 14 p. [žiūrėta 2013 03 27]. Prieiga per internetą:
<<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:185:0001:0014:lt:PDF>>.
- Kaulakys, J. 1999. *Fizinė technologinė aplinkos tarša*. Vilnius: Technika, 96 p.
- LST ISO 1996-2:2008 *Akustika. Aplinkos triukšmo aprašymas, matavimas ir įvertinimas. 2 dalis. Aplinkos triukšmo lygių nustatymas (tapatus ISO 1996-2:2007)*. Vilnius, 2008. 36 p.

- Mačiūnas, E. 1999. *Automobilių ir gyvenamosios aplinkos triukšmo, patenkančio į patalpas, apskaičiavimas ir įvertinimas: metodinės rekomendacijos*. Vilnius. 18 p.
- Mačiūnas, E.; Zurlytė, I.; Uzcila, V. 2006. *Pramoninio, orlaivių, kelių ir geležinkelių transporto keliamo triukšmo ir su emisija susijusių duomenų patikslintų skaičiavimo metodikų taikymas: metodinės rekomendacijos*. Vilnius: Naujoji matrica, 50 p.
- Noise Observation and Information Service for Europe – NOISE [interaktyvus]. Briuselis, 2009. [žiūrėta 2012 11 5]. Prieiga per internetą: <<http://noise.eionet.europa.eu/>>.
- Nutarimas Nr. 564 „Dėl Valstybinės triukšmo prevencijos veiksmų 2007–2013 metų programos patvirtinimo“ [interaktyvus]. Valstybės žinios, 2007, Nr. 67 -2614. [žiūrėta 2011 10 22]. Prieiga per internetą: <<http://tar.tic.lt/Default.aspx?id=2&item=results&aktoid=06DAF694-4ADE-47B5-A800-A5820ED16DEE>>.
- Pusė BMW vairuotojų be garsinio signalo kelyje neišgyventų [interaktyvus]. 2012. [žiūrėta 2012 10 12]. Prieiga per internetą: <<http://www.lrytas.lt/-13254455531324934652-pus%C4%97-bmw-vairuotoj%C5%B3-be-garsinio-signalo-kelyje-nei%C5%A1gyvent%C5%B3.htm>>.
- Sprendimas Nr. T-97 „Dėl triukšmo prevencijos Alytaus miesto viešosiose vietose taisyklių patvirtinimo“ [interaktyvus]. Alytus, 2006. [žiūrėta 2012 05 22]. Prieiga per internetą: <<http://www.alytus.lt/teises-aktai>>.
- Sprendimas Nr. T-98 „Dėl Alytaus miesto savivaldybės teritorijos tyliųjų zonų nustatymo“ [interaktyvus]. Alytus, 2006. [žiūrėta 2012 05 22]. Prieiga per internetą: <<http://www.alytus.lt/teises-aktai>>.
- Triukšmo grafikas [interaktyvus]. 2013. [žiūrėta 2013 02 14]. Prieiga per internetą: <<http://aplinkosauga.alytus.lt/triuksmo-grafikas>>.
- Triukšmas, jo poveikis sveikatai [interaktyvus]. 2013. [žiūrėta 2013 02 14]. Prieiga per internetą: <<http://aplinkosauga.alytus.lt/triuksmas>>.
- Triukšmo valdymo įstatymas Nr. IX-2499 [interaktyvus]. Valstybės žinios, 2004, Nr. 164 -5971. [žiūrėta 2011 10 12]. Prieiga per internetą: <<http://tar.tic.lt/Default.aspx?id=2&item=results&aktoid=8014ADF9-89F9-4597-B0CD-7E6F5E3523EA>>.
- Už triukšmo strateginį kartografavimą atsakingų valstybės ir savivaldybių institucijų veiklos lyginamoji analizė: 2010 m. ataskaita [interaktyvus]. Vilnius, 2010. [žiūrėta 2012 10 7]. Prieiga per internetą: <http://vsc.sam.lt/pub/imagelib/file/palyginimo_ataskaita_2010.pdf>.

- Van Maarseveen, M.; Zuidgesst, M. 2003. Sustainable urban transportation development: a modeling approach, in *Urban Transport and the Environment in the 21st Century*. Southampton: Witpress, 203–212.
- Working Paper on the Effectiveness of Noise Measures* [interaktyvus]. Briuselis, 2005. [žiūrėta 2013 02 15]. Prieiga per internetą:
<http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/13825_workingpaper.pdf>.
- Žeromskas, R. 1998. Lietuvos kelių transporto svarbiausios aplinkosauginės charakteristikos, *Aplinkos inžinerija*, 6(4). Vilnius: Technika, 104–145.

PRIEDAI



16-osios jaunujų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos
TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA,
vykusios 2013 m. gegužės 8 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 16th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'
TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT, 8 May 2013, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 16-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»
ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК, 8 мая 2013 г., Вильнюс, Литва

AUTOMOBILIŲ TRANSPORTO KELIAMO TRIUKŠMO TYRIMAS ALYTAUS MIESTE

Ramūnas Baliukonis, Gintautas Bureika

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Santrauka. Straipsnyje nagrinėjamas automobilių eismo keliamas triukšmas Alytaus mieste ir triukšmo poveikis žmogaus sveikatai bei gyvensenai. Tyrimų pradžioje atlikta mokslo publikacijų ir norminių dokumentų, reglamentuojančių triukšmo prevenciją bei triukšmo mažinimo priemonės, analizė. Pateikiami triukšmo nustatymo pagrindiniai teoriniai aspektai. Suformuluotas tyrimo tikslas ir iškelti tyrimo uždaviniai. Suplanuotas eksperimentas, parinkta eksperimento atlikimo metodika bei automobilių keliamo triukšmo matavimo įranga. Eksperimentiniai tyrimai atlikti, t.y. triukšmo lygis išmatuotas, 15-oje Alytaus miesto gatvių bei 5-iose sankryžose, vertinant pravažiuojančių automobilių srauto intensyvumą. Matavimai buvo atliekami dienos, vakaro ir nakties metu. Matematiškai apdorojus natūrinio eksperimento metu gautus rezultatus, pateiktos bendrosios išvados.

Reikšminiai žodžiai: transporto priemonių eismas, ekvivalentinis triukšmo lygis, triukšmo poveikis, higienos norma.

Įvadas

XX a. pradžioje tokia sąvoka, kaip „automobilių triukšmas“, buvo beveik nežinoma. Automobilį įpirkti galėjo tik pasiturintys Lietuvos gyventojai. Triukšmas miestuose augti pradėjo tik tada, kai į Lietuvą iš užsienio šalių (dažniausiai Vidurio ir Vakarų Europos) pradėjo plūsti platesniam pirkėjų ratui įperkami naudoti automobiliai. Nuo 1992 metų mūsų šalyje automobilių skaičius pradėjo sparčiai didėti, taigi didėjo ir automobilių srautų keliamas triukšmas miestų gatvėse. Transporto keliamas triukšmas tapo vis labiau aktualesnis Lietuvos Respublikos (toliau – LR) miestų bendruomenėms, kadangi per pastaruosius keliolika metų automobilių miestuose padaugėjo kelis kartus.

Pagrindiniai triukšmo šaltiniai mieste yra automobilių transporto srautai gatvėse. Išskirtiniais atvejais jie gali sukelti net iki 80 % bendro triukšmo lygio (Van Maarseveen *et al.* 2003). Pagrindinė vis didėjančio automobilių transporto triukšmo priežastis – šalyje nuolat didėjantis senų, techniškai netvarkingų automobilių skaičius bei nuolat besiplečianti transporto įmonių veikla. Per pastaruosius dešimt metų automobilių transporto srautai Lietuvos keliuose ir miestų gatvėse išaugo apie 2,4 karto. Dėl šių priežasčių padaugėjo eismo įvykių, piko valandomis miestuose susidaro milžiniškos automobilių spūstys, pail-

gėjo kelionės laikas. Bene aktualiausia problema žmogui yra ta, kad padidėję automobilių srautai sukelia triukšmą, kuris viršija leistinąsias normas, taip kenkdamas sveikatai (Baltrėnas *et al.* 2003; Žeromskas 1998).

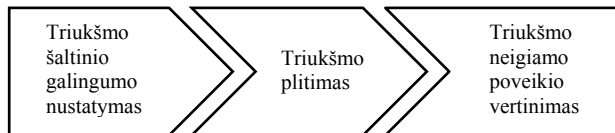
Pagrindinė automobilių sukeliama triukšmo žalinga pasekmė yra ta, kad jis neigiamai įtakoja žmogaus gyvenimą. Žmonės triukšmą suvokia kaip vieną didžiausių aplinkosaugos problemų. Triukšmas gali veikti ir fiziškai, ir psichologiškai, trikdydamas tokias pagrindines veiklas, kaip miegas, poilsis, mokslas ir bendravimas. Nors triukšmo žalingas poveikis žinomas jau seniai, pastaruoju metu nustatyta, kad triukšmas gali būti žalingas sveikatai, jei dienos metu keliamo ekvivalentinio triukšmo lygis viršija 65 dB(A) (Babisch 2008).

Nors triukšmas yra opi problema, iki šiol tyrimams, kuriais siekiama išmatuoti aplinkos triukšmą ir sukurti triukšmą mažinančias priemones, LR skiriama ženkliai mažiau dėmesio negu kitoms su automobilių transportu tiesiogiai susijusioms aplinkosauginėms problemoms, tokioms kaip oro, vandens ir dirvožemio tarša.

Šiame straipsnyje pateikiami ir aptariami natūrinio eksperimento metu gauti ekvivalentinio ir didžiausio triukšmo lygiai Alytaus miesto gatvėse bei sankryžose.

1. Triukšmo vertinimo teoriniai aspektai

Triukšmo šaltinio (šiuo atveju, gatve važiuojančių automobilių) įvertinimas gali būti atliekamas pagal tokią schemą (1 pav.):



1 pav. Triukšmo šaltinio vertinimo

Automobilių transporto sukeltą ekvivalentinio triukšmo lygio decibelais funkcija yra tokia (Klibavičius 2009):

$$L_{Aeq} = f(Q), \quad (1)$$

čia: Q – automobilių transporto srautas gatvėje, aut./h.

Kaip matyti iš (1) formulės, automobilių transporto sukeltą triukšmą priklauso nuo gatvės pravažiuojančių automobilių skaičiaus ir apskaičiuojamas taip (Klibavičius, 2009):

$$L_{Aeq} = e^{A_0} \cdot Q_{PA}^{B_0} + \sum L_p, \text{ dB} \quad (2)$$

čia: A_0 ir B_0 – laipsnio rodikliai pagrindiniam automobilių srautui, kurie atitinkamai lygūs 4,09988 ir 0,03284; Q_{PA} – pagrindinis srautas, išreikštas lengvaisiais automobiliais, aut./h; L_p – pataisos dėl variklinių transporto priemonių dalies sraute, tramvajų triukšmo, srauto vidutinio greičio, skiriamosios juostos pločio, dangos tipo ir kt., dB.

Srauto išreiškimui lengvaisiais automobiliais, naudojami atitinkami koeficientai, kurie pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Srauto išreiškimas lengvaisiais automobiliais

Transporto priemonė	Koeficientai
Lengvasis automobilis	1
Mažas sunkvežimis 3,5 t	1,5
Mažas sunkvežimis 3,5 t su priekaba	1,6
Autobusas	2,5
Troleibusas	2,7
Motociklas	1,5
Dviratis	0,05
Sunkvežimis	2,2

Triukšmo plitimą tam tikrame teritorijos taške galima nusakyti tokiu modeliu (2 pav.). Skaičiavimams naudojamos šios lygtys (Klibavičius 2009):

1. Atstumas tarp taško ir triukšmo šaltinio:

$$L_{AB}^2 = (X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2 + (Z_B - Z_A)^2, \text{ m} \quad (3)$$

čia: X, Y, Z – taško B koordinatės, įvertinus triukšmo šaltinio padėtį, m.

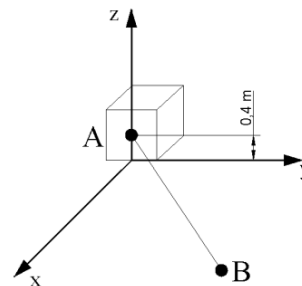
2. Triukšmo lygis taške B:

$$L_{AeqB} = L_{Aeq} - L_{DA}, \text{ dB} \quad (4)$$

čia: L_{DA} – triukšmo lygio kritimas priklausomai nuo atstumo, dB.

3. Triukšmo lygio kritimas apskaičiuojamas:

$$L_{DA} = 13,1539 + 6,40975 \cdot \ln(L_{AB}), \text{ dB}. \quad (5)$$



2 pav. Triukšmo plitimo modelis

Iš (5) formulės matyti, kad triukšmo lygis priklauso nuo atstumo L_{AB} kinta netiesiškai. Triukšmo lygis mažėja pagal natūrinio logaritmo funkciją. Triukšmo šaltiniui tolstant, kai atstumas nėra didelis, triukšmo lygio mažėjimo kreivė staigiai kyla į viršų (triukšmo lygis pastebimai mažėja), o esant didesniems atstumams, triukšmo sumažėjimas nėra toks žymus.

Vertinant triukšmo neigiamą poveikį žmogui, reikia atsižvelgti į tai, kad ilgalaikis triukšmo poveikis mažina žmogaus darbingumą, pvz. 70 dB garsas fizinio darbo našumą sumažina apie 2 %, o protinio – 4–5 %. Be to, triukšmą vertinti reikia dienos ir nakties metu (Klibavičius 2009).

2. Triukšmo lygio matavimo metodika

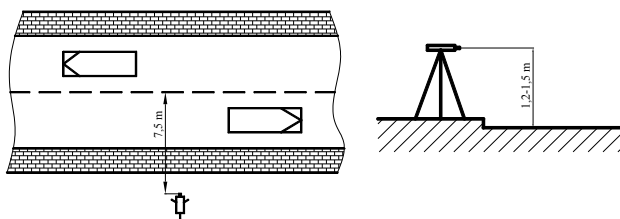
Matavimo įranga ir matavimo sąlygos turi atitikti tarptautinio standarto ISO 1996–2:2007 (LST ISO 1996–2:2008) pagrindinius reikalavimus.

Matuojamas triukšmas privalo būti kiek galima labiau artimesnis tam triukšmui, kurio charakteristikas norima ištirti. Norint nustatyti ar eismo sąlygos atitinka norimą ištirti transporto priemonių srautą, reikia išmatuoti vidutinį automobilių eismo greitį bei pasižymėti kelio paviršiaus dangą (asfaltas, cementbetonis, žvyras, grindinys). Norint kuo tiksliau įvertinti tiek ekvivalentinį, tiek didžiausią triukšmo lygį, matavimo trukmė parenkama tokia, kad matavimo metu pasikeistų visos matuojamai vietai būdingos eismo sąlygos, pvz. greitėjimas, lėtėjimas, važiavimas pastoviu greičiu, stovėjimas sankryžoje ir t. t.

Kai matuojamas ekvivalentinis triukšmo lygis, pravažiuojančių transporto priemonių skaičius turi būti skaičiuojamas visą matavimo laiko intervalą. Jeigu norima matavimo rezultatus priskirti tam tikroms automobilių transporto eismo sąlygoms, turėtų būti išskirtos bent dvi kategorijos: sunkvežimiai ir lengvieji automobiliai. Čia sunkvežimiams priskiriami automobiliai, kurių masė viršija 3,5 t.

Oro sąlygos turi būti tokios, kad matuojant nesukeltų pašalinių trikdžių, kurie tiesiogiai įtakotų matavimo rezultatus. Važiuojamosios gatvės dalies danga, kuria juda automobiliai, turi būti sausa. Gatvės danga neturėtų būti padengta sniegu ar ledu. Taip pat neleidžiama, kad važiuojamoji gatvės danga būtų sušalusi ar permirkusi nuo perteklinio vandens kiekio, nebent yra tiriama šių gatvės dangos sąlygų įtaka sukeliama triukšmui.

Matavimo vietą reikia rinktis atsižvelgiant į šiuos veiksnius: arti esančias kliūtis, vėjo kryptį, vėjo greitį, neviršijantį 5 m/s, oro drėgmę. Mikrofonas laikomas 1,2–1,5 m virš žemės paviršiaus. Triukšmo lygis matuojamas ir reglamentuojamas 7,5 m atstumu nuo važiuojamosios kelio dalies vidurio. Triukšmo lygio matavimo schema pateikta 3 paveiksle.



3 pav. Gatvės triukšmo matavimo schema

Triukšmo matavimui pasirinktas Brüel & Kjær gamintojo nešiojamas triukšmo analizatorius 2250, montuojamas ant specialaus gamintojo trikojo UA-0587, kurio aukštis bei triukšmo analizatoriaus tvirtinimo vietos padėtis yra reguliuojami. Trikojo aukštis reguliuojamas jo teleskopinėmis „kojomis“. Nešiojamas analizatorius ir trikojis parodytas 4 paveiksle (Brüel & Kjær 2012).



4 pav. Nešiojamas triukšmo analizatorius Brüel & Kjær 2250 ir trikojis UA-0587

Matavimų rezultatai per USB 2.0 jungtį perkeliama į kompiuterį pasinaudojant gamintojo programine įranga – BZ-5503.

3. Eksperimentiniai triukšmo tyrimai Alytaus mieste

Automobilių keliamo triukšmo tyrimai buvo atlikti siekiant nustatyti ir įvertinti esamą triukšmo lygį Alytaus miesto gatvėse bei sankryžose. Matavimai buvo atlikti 15-je gatvių ir 5-iose sankryžose. Higienos norma HN 33:2011 nustato ribines ekvivalentinio ir didžiausio triukšmo lygio reikšmes dienos (6–18) val., vakaro (18–22) val. ir nakties (22–6) val. metu (HN 33:2011). Taigi buvo matuojamas ekvivalentinis L_{eq} ir didžiausias L_{max} triukšmo lygis dienos, vakaro ir nakties metu. Matavimo trukmė pasirinkta atsižvelgiant į tai, kad, esant trumpam laiko intervalui, matavimams įtakos gali turėti transporto srautų svyravimai. Pasirinktas triukšmo matavimo laiko intervalas – 10 min. Triukšmo matavimo vietų vaizdai pateikti 5 pav.

Triukšmas Alytaus mieste matuotas 2012 m. liepos mėn. 3–6 d. Atliekant matavimus, taip pat buvo fiksuojamas pravažiuojančių automobilių skaičius abejomis eismo kryptimis. Užfiksuotas automobilių eismo intensyvumas atitinkamose gatvėse per 1 h pateiktas 2 lentelėje.

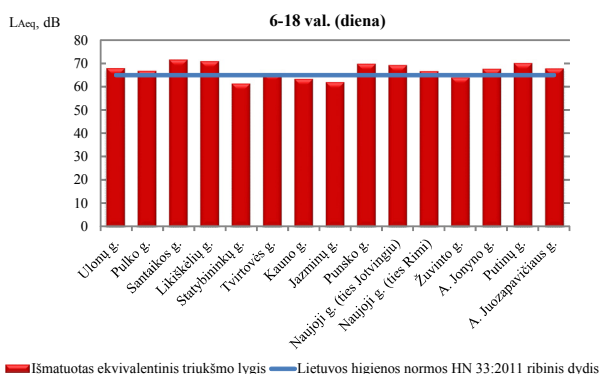


5 pav. Triukšmo lygio matavimo sankryžos ir gatvės vaizdai

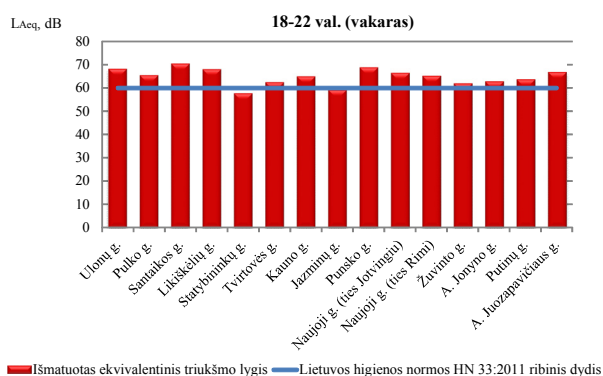
2 lentelė. Automobilių eismo intensyvumas gatvėse

Gatvės pavadinimas	Intensyvumas, aut./h		
	(6–18) val.	(18–22) val.	(22–6) val.
Ulonų g.	756	1056	390
Pulko g.	624	468	288
Santaikos g.	1008	906	396
Likiškėlių g.	714	366	408
Statybininkų g.	324	234	132
Tvirtovės g.	1050	480	60
Kauno g.	402	492	72
Jazminių g.	372	138	60
Punsko g.	534	324	48
Naujoji g. (ties Jotvingio PC)	1068	576	258
Naujoji g. (ties Rimi PC)	1140	924	240
Žuvinto g.	450	318	66
A. Jonyno g.	768	318	54
Putinių g.	966	312	54
A. Juozapavičiaus g.	852	708	42

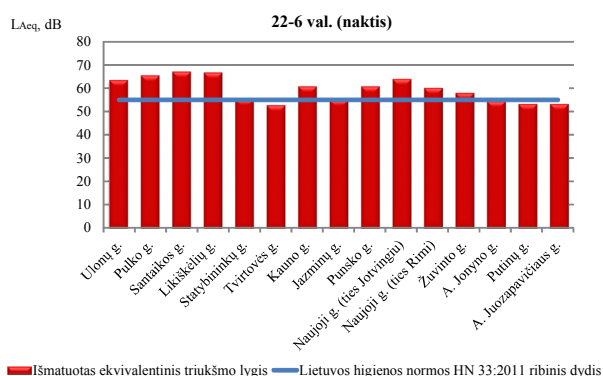
Išmatuoti ir palyginti su higienos normos HN 33:2011 leistinomis vertėmis ekvivalentinio triukšmo lygiai 15-oje Alytaus miesto gatvių pateikti 6–8 pav.



6 pav. Išmatuotų ekvivalentinio triukšmo lygių dienos metu ir higienos normos palyginimas



7 pav. Išmatuotų ekvivalentinio triukšmo lygių vakaro metu ir higienos normos palyginimas



8 pav. Išmatuotų ekvivalentinio triukšmo lygių nakties metu ir higienos normos palyginimas

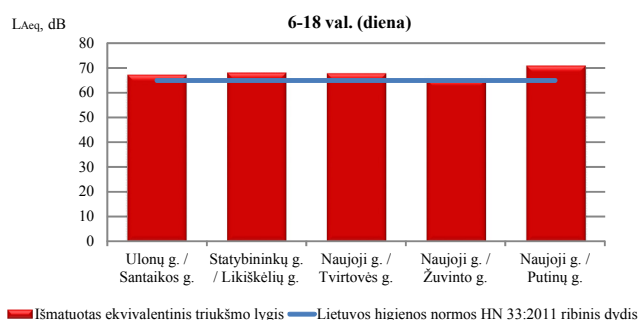
Iš 6 pav. matyti, kad gatvėse, kuriose yra didesni transporto srautai (beveik 1000 aut./h), dienos metu ekvivalentinis triukšmo lygis viršija leistiną normą – 65 dB. Leistinos triukšmo lygio normos neviršija tos gatvės, kuriomis juda mažesni (iki 500 aut./h) automobilių transporto srautai, jose nėra didelių traukos taškų – prekybos centrų, visuomeninių įstaigų, darbo įstaigų ir kt. Galima

išskirti šias gatves, kurios dienos metu neviršija leistinos higienos normos ir yra mažiausiai triukšmingos – Statybinių, Kauno, Jazminų ir Žuvinto gatvės. Keliose gatvėse – Pulko, Tvirtovės ir Naujojoje (ties Rimi PC) – nežymiai (iki 2 dB) viršijamas leistinas higienos normos lygis. Daugiausiai (apie 6 dB) higienos normos viršijamos Santaikos ir Likiškėlių gatvėse. Santaikos gatvėje didžiausias triukšmas kyla dėl sunkvežimių eismo.

Iš 7 pav. diagramų matyti tos pačios triukšmo kiti-
mo tendencijos kaip ir dienos metu. Pagrindinis skirtumas tas, kad vakaro metu higienos norma (60 dB) viršijama visose gatvėse, išskyrus Statybinių ir Jazminų gatves. Gatvių, atitinkančių higienos normos triukšmo lygį 60 dB, vakaro metu yra tik dvi.

Nakties metu triukšmas didžiausias pagrindinėse ir judriausiose Alytaus gatvėse – Ulonų, Pulko, Santaikos, Likiškėlių, Punksko ir Naujojoje. Visgi higienos normos leistinas nakties triukšmo lygis 50 dB viršijamas tose gatvėse, kuriose dienos metu triukšmo lygis atitiko higienos normos reikalavimus – 65 dB. Toks atvejis galimas todėl, kad automobilių eismo triukšmo lygis mažai keičiasi priklausomai nuo paros laiko. Esant nakties metui, triukšmo lygis sumažėja nepakankamai, kad atitiktų mažesnę leistiną triukšmo lygį – 50 dB. Gatvių, atitinkančių higienos normą, skaičius padidėja iki dienos metu buvusio skaičiaus – 4 gatvių.

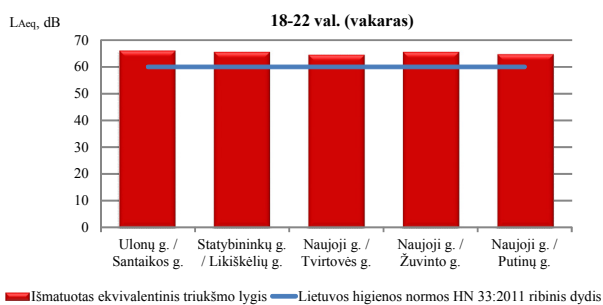
Išmatuotas ekvivalentinis triukšmo lygis ir 5-iose Alytaus miesto sankryžose. Šių triukšmo lygių ir higienos normos HN 33:2011 ribinių verčių palyginimas pateiktas atitinkamai 9–11 pav.



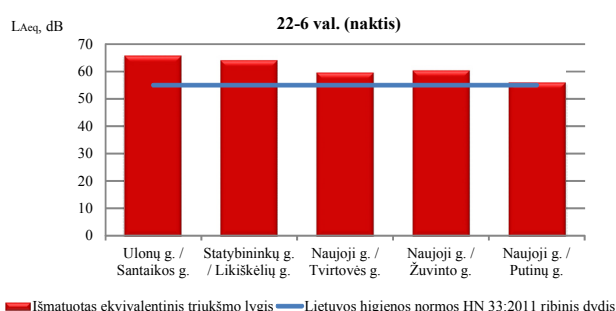
9 pav. Išmatuotų ekvivalentinio triukšmo lygių dienos metu ir higienos normos palyginimas

Ekvivalentinis triukšmo lygis sankryžose bet kuriuo paros laiku viršija leistinas normas. Lygindami 9–11 pav., matome, kad priklausomai nuo paros laiko, keičiasi triukšmingiausios sankryžos. Dienos metu triukšmingiausia yra Naujosios/Putinų gatvių sankryža (71 dB), nakties metu didžiausias triukšmas užfiksuotas Ulonų/Santaikos gatvių sankryžoje (65,9 dB), o vakaro metu triukšmo lygis visose sankryžose yra labai panašus – apie 65,4 dB.

Mažiausias triukšmo lygis dieną – Naujosios/Žuvinto gatvių sankryžoje (65,4 dB), naktį – Naujosios/Putinų gatvių sankryžoje (56,1 dB).



10 pav. Išmatuotų ekvivalentinio triukšmo lygių vakaro metu ir higienos normos palyginimas



11 pav. Išmatuotų ekvivalentinio triukšmo lygių nakties metu ir higienos normos palyginimas

Išmatuoto didžiausio triukšmo lygio reikšmės Alytaus miesto gatvėse bei sankryžose visą parą viršija higienos normos HN 33:2011 leistinas reikšmes (atitinkamai dieną – 70 dB, vakare – 65 dB, naktį – 60 dB).

5. Išvados

1. Automobilių eismas yra labiausiai paplitęs triukšmo šaltinis miestų gatvėse ir sudaro 60–80 % miesto triukšmo, todėl būtina imtis automobilių eismo valdymo veiksmingesnių priemonių ir darniau plėtoti miestų infrastruktūrą.

2. Atlikus 15-os Alytaus gatvių triukšmo matavimus ir gautas triukšmo lygio reikšmes palyginus su higienos normos HN 33:2011 leistinomis reikšmėmis, nustatytos triukšmingiausios ir tyliausios Alytaus miesto gatvės.

3. Dienos metu ekvivalentinio triukšmo lygio normos (65 dB) neviršijamos Statybininkų, Kauno, Jazminų ir Žuvinto gatvėse, daugiausiai viršija – Santaikos ir Likiškėlių gatvėse.

4. Vakaro metu normos (60 dB) neviršijamos Statybininkų ir Jazminų gatvėse, daugiausiai viršija – Santaikos gatvėje.

5. Nakties metu normos (55 dB) neviršijamos Tvirtovės, A. Jonyno, Putinų ir A. Juozapavičiaus gatvėse, daugiausiai viršijamos – Santaikos ir Likiškėlių gatvėse.

6. Dienos metu triukšmingiausia yra Naujosios/Putinų gatvių sankryža, nakties metu – Ulonų/Santaikos gatvių sankryžoje. Vakaro metu triukšmo lygis visose sankryžose yra labai panašus – apie 65,4 dB. Mažiausias triukšmo lygis dieną – Naujosios/Žuvinto gatvių sankryžoje, naktį – Naujosios/Putinų gatvių sankryžoje.

7. HN 33:2011 didžiausio triukšmo lygio leistinos normos visu paros metu viršijamos visose tirtose Alytaus miesto gatvėse bei sankryžose. Apibendrinto triukšmo lygis mažiausias Alytaus miesto šiaurės rytinėje dalyje, o didžiausias – pietvakarinėje dalyje.

Literatūra

- Babisch, W. 2008. Road traffic noise and cardiovascular risk, *Noise and Health* 10(38): 27–33.
- Baltrėnas, P.; Vasarevičius, S. 2003. Transporto sistemos aplinkosauginis vertinimas, iš *Transportas: technologijos, ekonomika, aplinka, sveikata*. Vilnius: Technika: 685–774.
- Brüel & Kjær. 2012. *Hand-held Analyzers Types 2250 and 2270 user manual: technical documentation* [interaktyvus], [žiūrėta 2012 12 10]. Prieiga per internetą: <<http://www.bksv.com/downloads/2250/BE1713.pdf>>.
- HN 33:2011. *Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje*.
- Klibavičius, A. 2009. *Transporto neigiamo poveikio aplinkai vertinimas*. Vilnius: Technika. 70 p.
- LST ISO 1996-2:2008. *Akustika. Aplinkos triukšmo aprašymas, matavimas ir įvertinimas. 2 dalis. Aplinkos triukšmo lygių nustatymas (tapatus ISO 1996-2:2007)*.
- Van Maarseveen, M.; Zuidgesst, M. 2003. Sustainable urban transportation development: a modeling approach, in *Urban Transport and the Environment in the 21st Century*. Southampton: Witpress: 203–212.
- Žeromskas, R. 1998. Lietuvos kelių transporto svarbiausios aplinkosauginės charakteristikos, *Aplinkos inžinerija*, 6(4). Vilnius: Technika: 104–145.

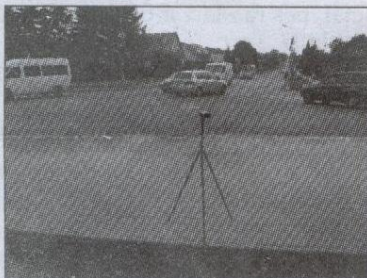
7

2013 m. kovo 23 d. Nr. 34 (12367)

Ištirtas Alytaus miesto gatvi

Rengdamas baigiamąjį magistro darbą Vilniaus Gedimino technikos universiteto (VGTU) Transporto inžinerijos fakulteto magistrantas Ramūnas Baliukonis ištyrė automobilių transporto keliamo triukšmo situaciją gimtajame Alytuje. Tyrimo metu išmatuotą triukšmo lygį jis palygino su higienos normomis (toliau – HN). Triukšmo lygis buvo matuojamas 15-oje Alytaus miesto gatvių ir 5-iose sankryžose. Atsižvelgiant į tai, kad HN nustato skirtingas leistinas didžiausio triukšmo lygio vertes skirtingu paros metu, matavimai atlikti dieną (6–18 val.), vakare (18–22 val.) ir naktį (22–6 val.).

Užsienio šalių patirtis rodo, kad pagrindiniai triukšmo šaltiniai miestų gatvėse yra automobilių transporto eismas. Išskirtiniais atvejais jis gali sudaryti net iki 80 proc. bendro triukšmo lygio. Pagrindinė automobilių sukeliama triukšmo žalinga pasekmė ta, kad jis neigiamai veikia žmogaus gyvenimą. Žmonės triukšmą suvokia kaip vieną didžiausių aplinkosaugos problemų. Triukšmas gali veikti ir fiziškai, ir psichologiškai, trikdydamas tokias pagrindines veiklas kaip miegas, poilsis, mokymasis, darbas ir bendravimas. Triukšmas gatvėse yra labai opi problema, tai kaip uždelstojo veikimo bomba. Jai spręsti Alytaus mieste turėtų būti skiriama tiek pat dėmesio, kaip ir kitoms aplinkosauginėms pro-



Triukšmo matavimo prietaisais Ulonų, Pulko ir Santaikos gatvių sankryžoje.



Gatvių triukšmo matavimų Alytuje rezultatai parodė, kad gatvėse, kuriose didžiojo transporto srautai, dienos metu triukšmo lygis didesnis už leistiną normą.

blemoms: oro, vandens ir dirvožemio taršai.

Gatvių triukšmo matavimų Alytuje rezultatai parodė, kad gatvėse, kuriose didesni kaip 1000 automobilių per valandą transporto srautai, dienos metu triukšmo lygis didesnis už leistiną normą. Leistinos triukšmo lygio normos neviršijamos tose gatvėse, kuriose juda mažesni kaip 500 automobilių per valandą transporto srautai ir kuriose nėra didelių žmonių traukos taškų – prekybos centrų, viešųjų, darbo įstaigų ir kt. Išskirtinos kelios gatvės, kurios dieną neviršija leistinos HN ir yra tyliausios: Statybininkų, Kauno, Jazminų ir Žuvinto. Kitose – Pulko, Tvirtovės ir Naujosios (ties „Rimi“) – leistinas higienos normos lygis viršijamas neženkliai, iki 2 dB. Daugiausia, iki 6 dB higienos normos viršijamos Santaikos ir Likiškėlių gatvėse.

Vakaro metu išmatuoto triukšmo lygio kitimo tendencijos panašios kaip ir dienos metu. Pagrindinis skirtumas tas, kad vakare HN viršijama visose gatvėse, išskyrus dvi: Statybininkų ir Jazminų. Naktį triukšmas didžiausias pagrindinėse ir judriausiose Alytaus gatvėse – Ulonų, Pulko, Santaikos, Likiškėlių, Punsko ir Naujosios. Visgi HN leistinas nakties triukšmo lygis viršijamas tose gatvėse, kuriose dienos metu jis atitiko HN reikalavimus. Toks reiškinys galimas todėl, kad automobilių eismo keliamo triukšmo lygis mažai keičiasi atsižvelgiant į paros laiką. Esant nakties metui jis sumažėja nepakankamai, kad atitiktų gerokai mažesnę triukšmo normą – tik 50 dB.

Išmatavus triukšmo lygį 5-iose Alytaus miesto sankryžose, konstatuota, kad triukšmas čia bet kuriuo paros laiku viršija leistinas

ų triukšmingumas



esni kaip 1000 automobilių per valandą

Zitos STANKEVIČIENĖS nuotr.

normas. Atsižvelgiant į paros laiką, skiriasi triukšmingiausios sankryžos. Dienos metu triukšmingiausia yra Naujosios ir Putinų gatvių sankryža, nakties metu didžiausias triukšmas užfiksuotas Ulonų ir Santaikos gatvių sankryžoje, o vakaro metu triukšmo lygis visose sankryžose labai panašus – apie 65 dB. Mažiausias triukšmo lygis dieną – Naujosios ir Žuvinto gatvių, naktį – Naujosios ir Putinų gatvių sankryžose.

Pabrėžtina, kad didžiausio triukšmo lygio reikšmės Alytaus miesto gatvėse bei sankryžose visą parą viršija HN leistinas reikšmes. Apibendrinant gatvių ir sankryžų triukšmo tyrimus galima teigti, kad netriukšmingiausia yra Statybininkų gatvė bei Naujosios ir Žuvinto gatvių sankry-

ža.

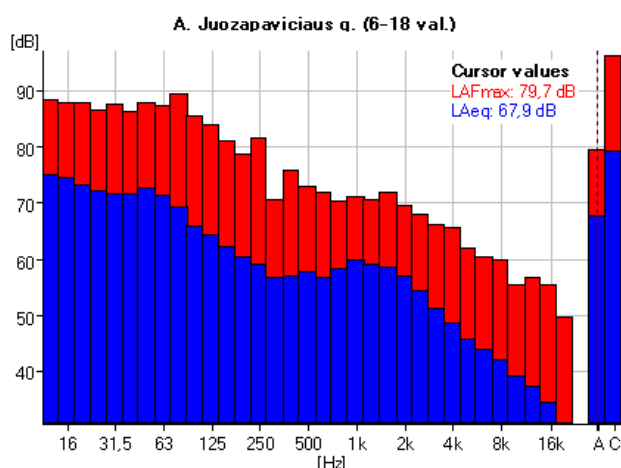
VGTU magistranto R.Baliukonio sudarytame Alytaus miesto triukšmo žemėlapyje matyti, kad leistiną triukšmo normą atitinka tik dvi gatvės – Statybininkų ir Jazminų. Triukšmo žemėlapyje labai aiškiai matomi triukšmo lygio skirtumai tarp atskirų Alytaus rajonų. Miesto šiaurės rytinėje dalyje gatvių triukšmo lygis viršija leistiną normą iki 5 dB, o pietvakarinėje dalyje už norminį didesnis daugiau kaip 5 dB.

Vertinant automobilių transporto keliamą triukšmą buvo atsižvelgta ne tik į esamą triukšmo lygį, bet ir į tai, kurios transporto priemonės triukšmingiausios. Nustatyta, kad būtent sunkvežimių eismas Alytaus miesto gatvėse turi lemiamą įtaką triukšmo lygiui. Gauti rezultatai rodo, kad bet kuriuo paros laiku didėjant sunkvežimių skaičiui eismo sraulte atitinkamai didėja ir gatvės triukšmo lygis. Tose gatvėse, kuriose sunkvežimių eismas labai neženklus arba matavimo metu jų visiškai neužfiksuota, triukšmo lygis staigiai krinta žemyn. Taigi triukšmingumo problemą Alytaus gatvėse gana lengvai galima spręsti sunkvežimių eismo reguliavimu miesto aplinkkeliais.

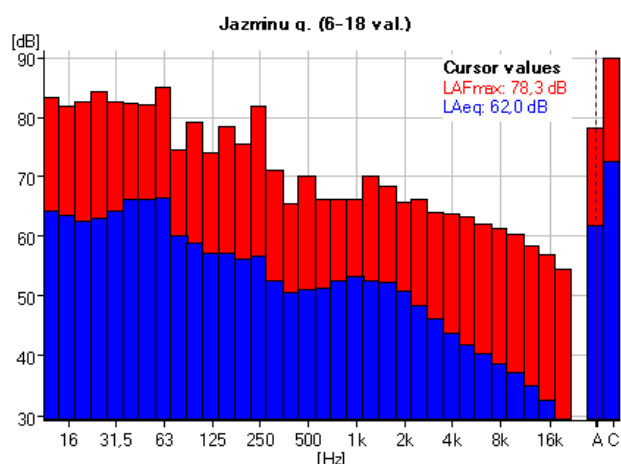
Dr. Gintautas BUREIKA

VGTU Transporto inžinerijos fakulteto docentas

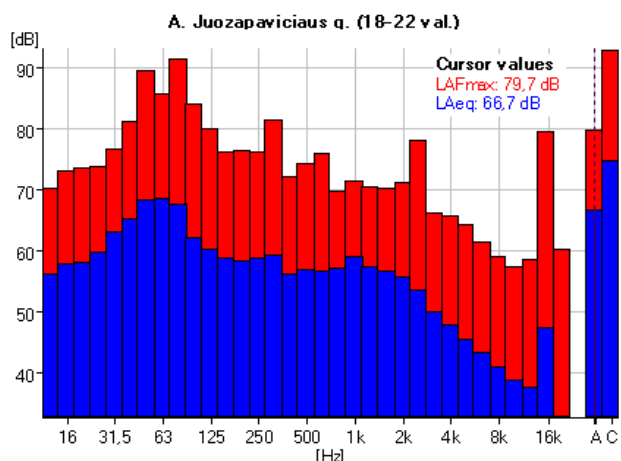
C priedas. Alytaus miesto gatvių triukšmo lygio tyrimų dažniniai spektrai



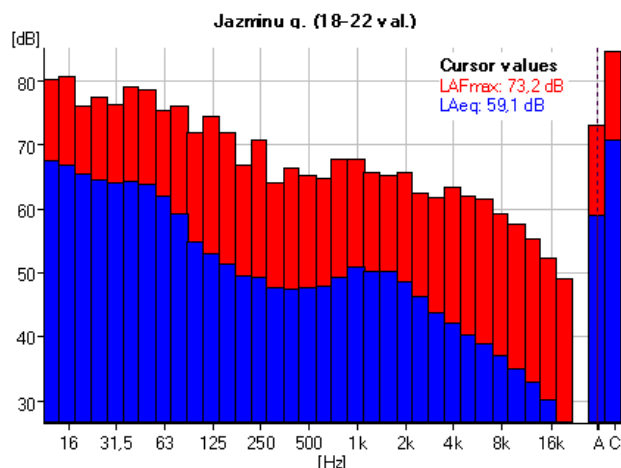
C priedo 1 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras
A. Juozapavičiaus g. (6–18) val.



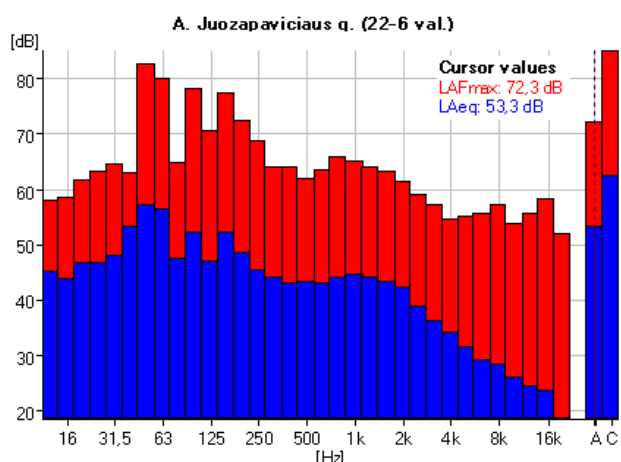
C priedo 4 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras
Jazminų g. (6–18) val.



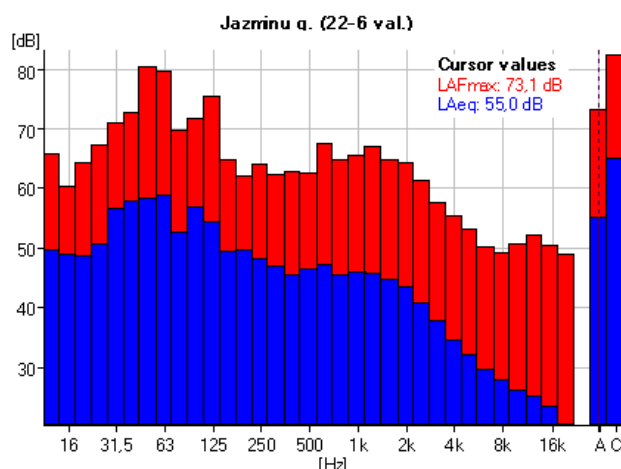
C priedo 2 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras
A. Juozapavičiaus g. (18–22) val.



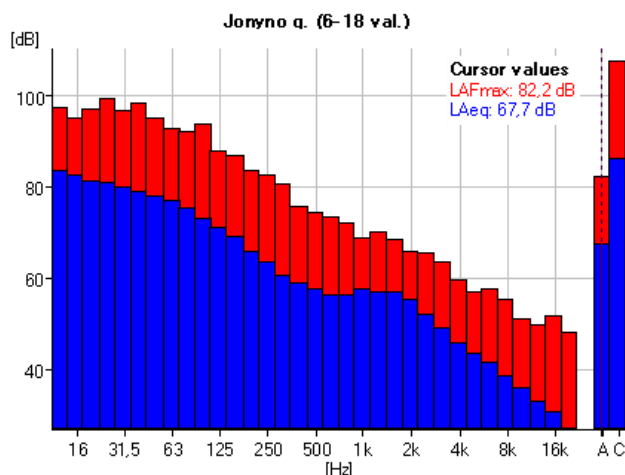
C priedo 5 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras
Jazminų g. (18–22) val.



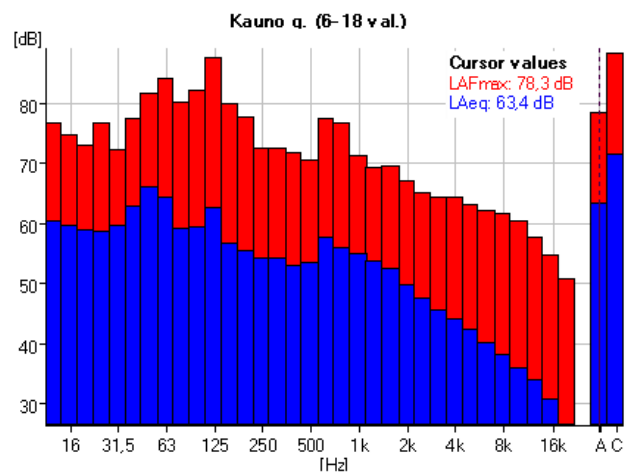
C priedo 3 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras
A. Juozapavičiaus g. (22–6) val.



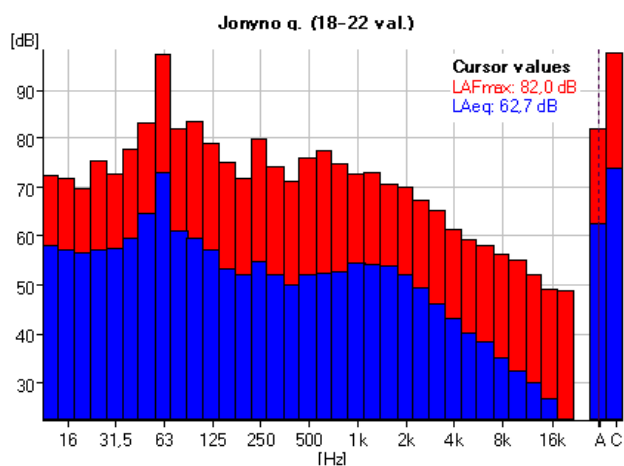
C priedo 6 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras
Jazminų g. (22–6) val.



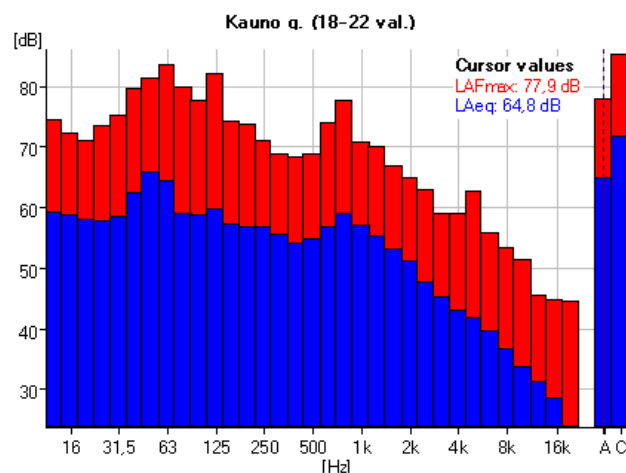
C priedo 7 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Jonyno g. (6–18) val.



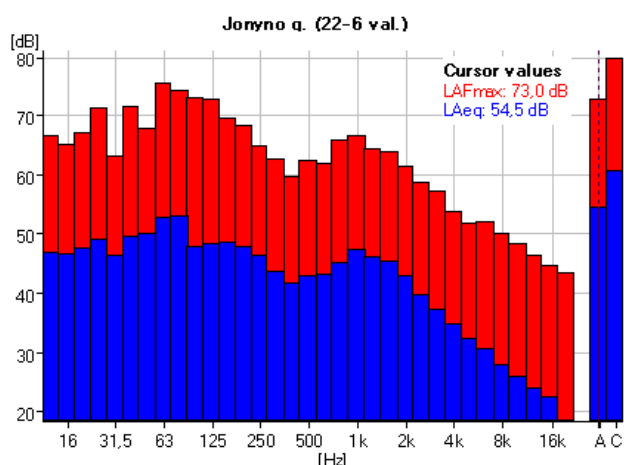
C priedo 10 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Kauno g. (6–18) val.



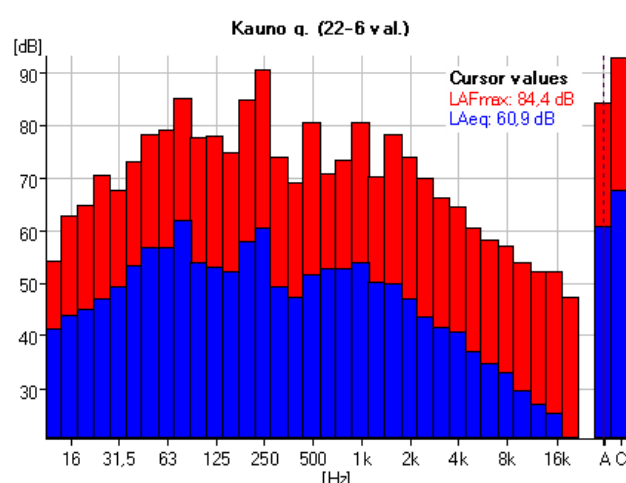
C priedo 8 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Jonyno g. (18–22) val.



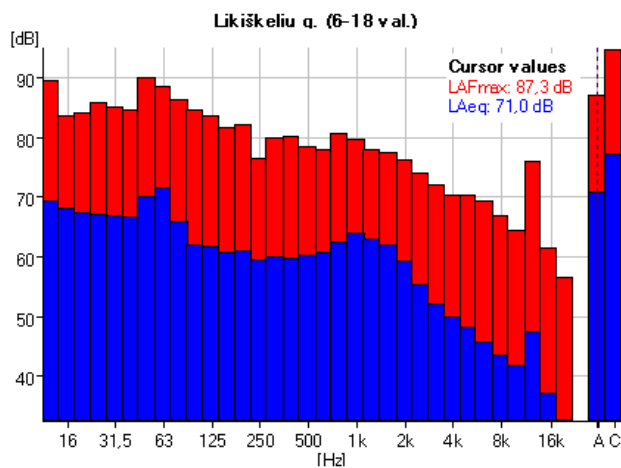
C priedo 11 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Kauno g. (18–22) val.



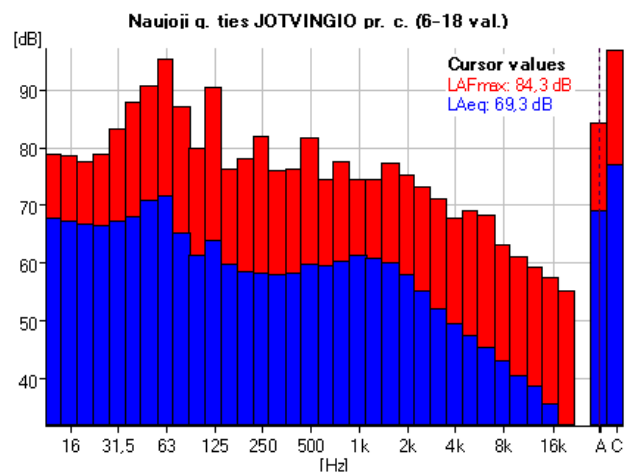
C priedo 9 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Jonyno g. (22–6) val.



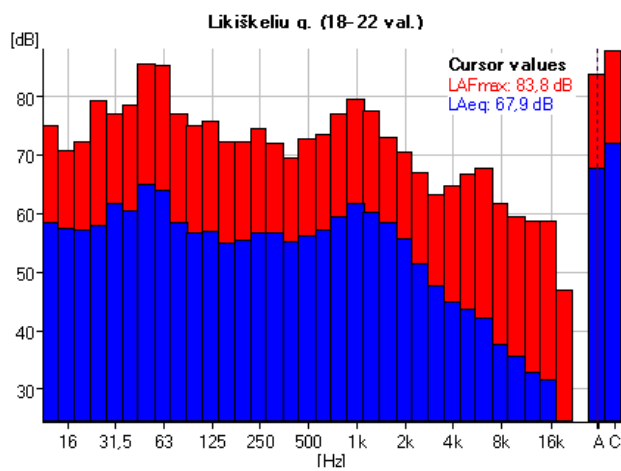
C priedo 12 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Kauno g. (22–6) val.



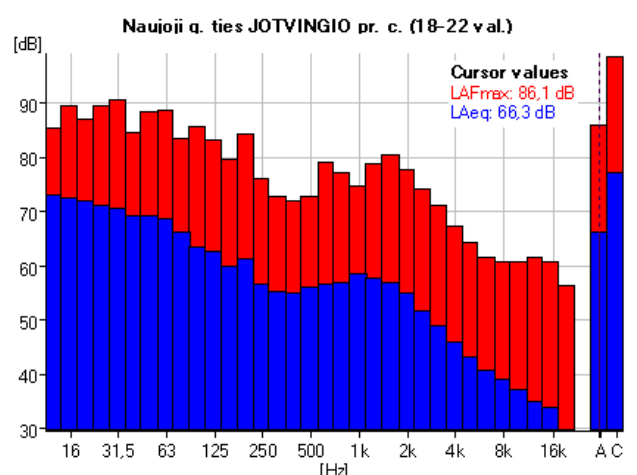
C priedo 13 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Likiškėlių g. (6–18) val.



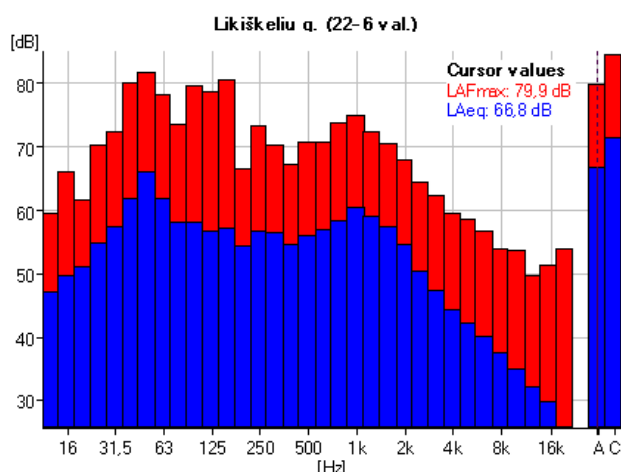
C priedo 16 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Naujojoje g. ties „Jotvingio“ PC (6–18) val.



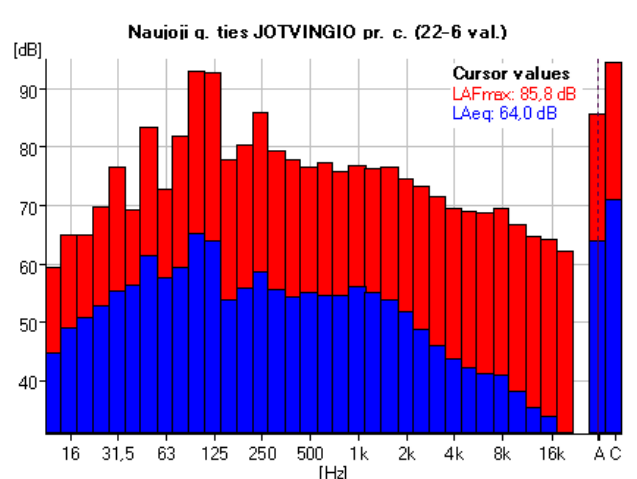
C priedo 14 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Likiškėlių g. (18–22) val.



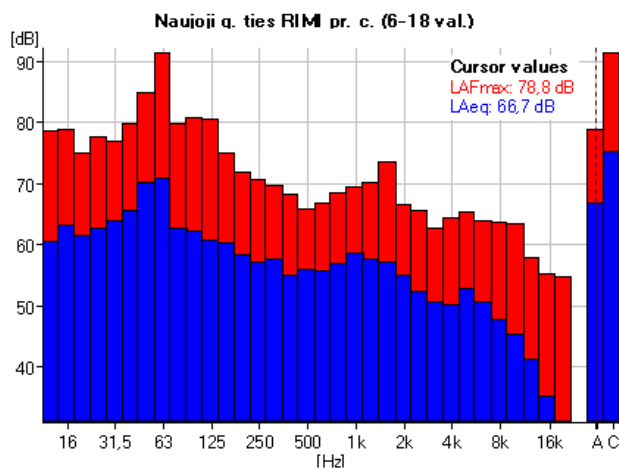
C priedo 17 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Naujojoje g. ties „Jotvingio“ PC (18–22) val.



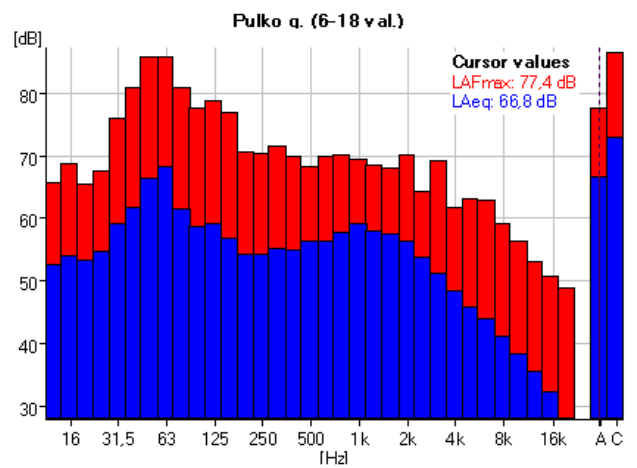
C priedo 15 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Likiškėlių g. (22–6) val.



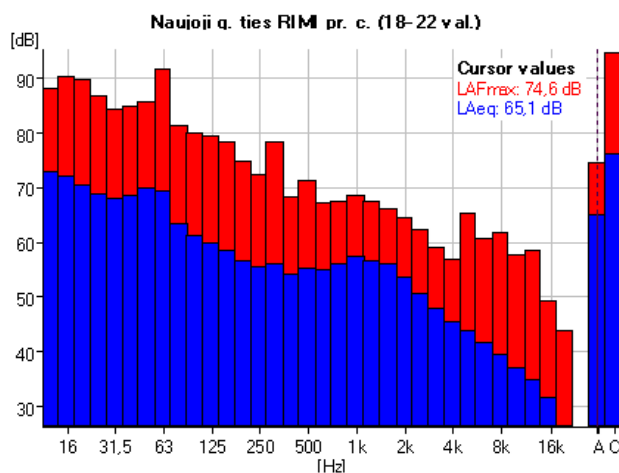
C priedo 18 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Naujojoje g. ties „Jotvingio“ PC (22–6) val.



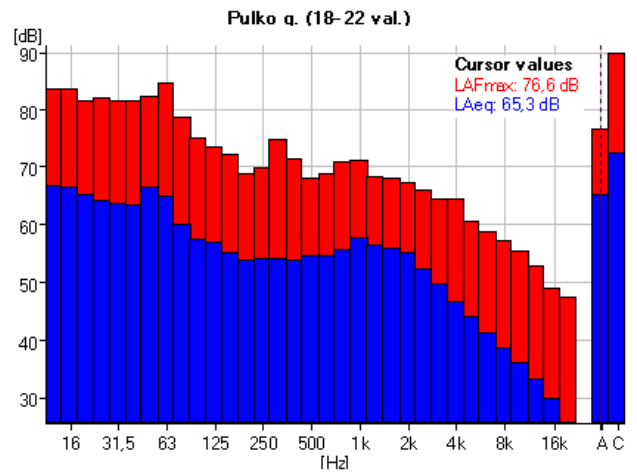
C priedo 19 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Naujojoje g. ties „Rimi“ PC (6–18) val.



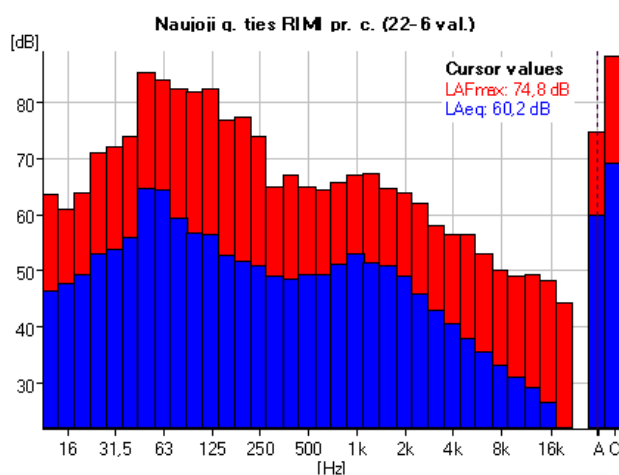
C priedo 22 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Pulko g. (6–18) val.



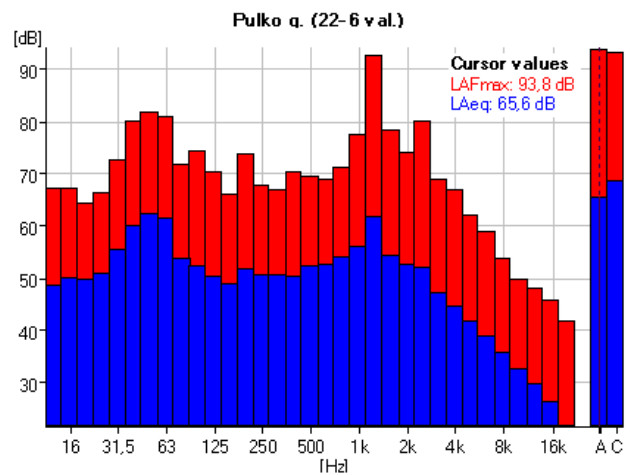
C priedo 20 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Naujojoje g. ties „Rimi“ PC (18–22) val.



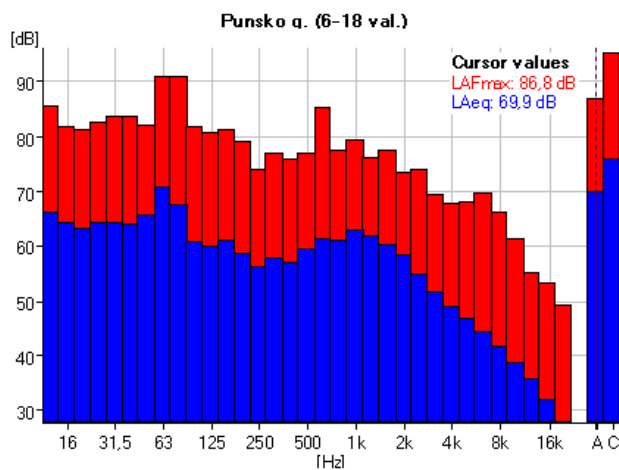
C priedo 23 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Pulko g. (18–22) val.



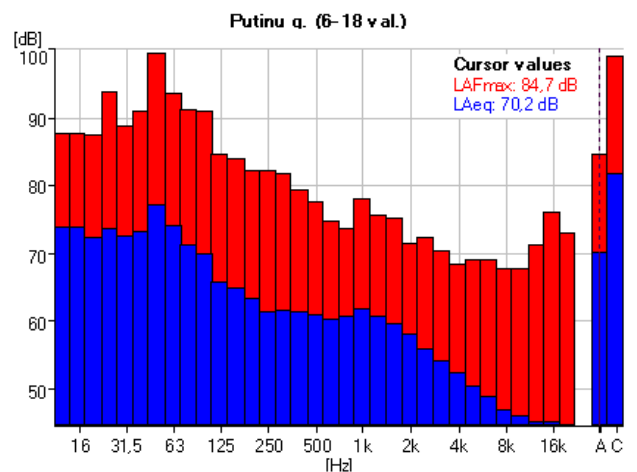
C priedo 21 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Naujojoje g. ties „Rimi“ PC (22–6) val.



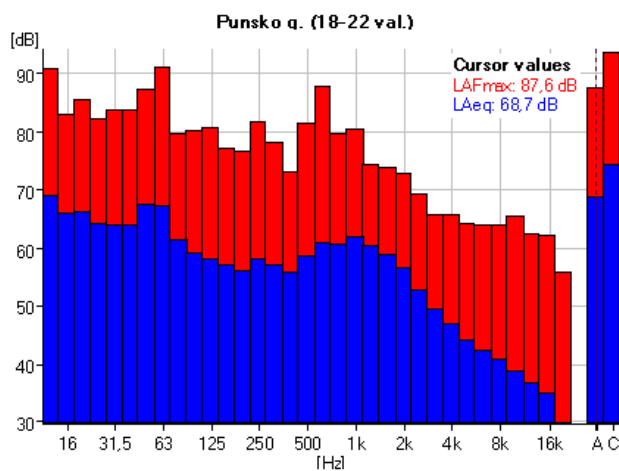
C priedo 24 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Pulko g. (22–6) val.



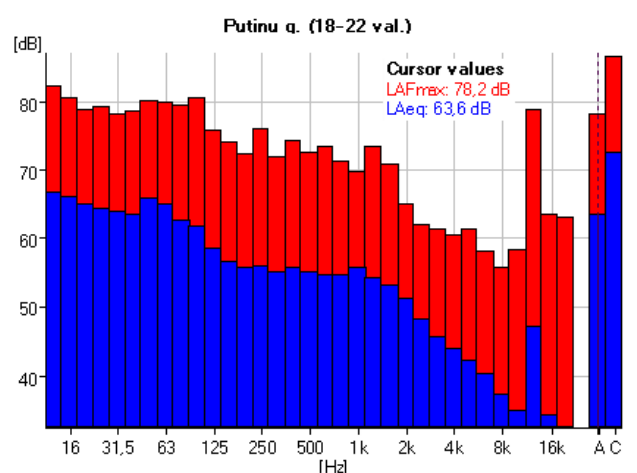
C priedo 25 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Punsko g. (6-18) val.



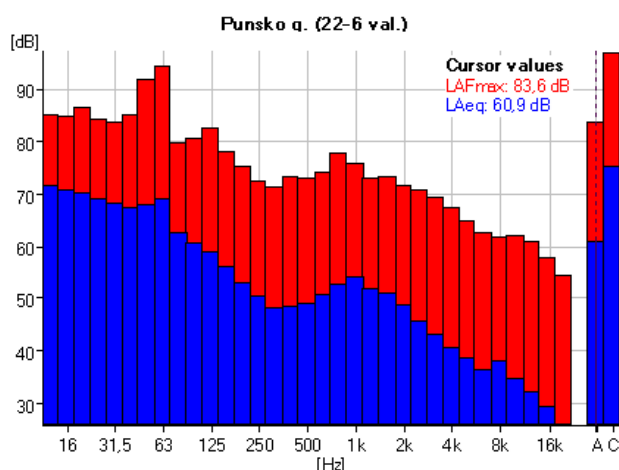
C priedo 28 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Putinų g. (6-18) val.



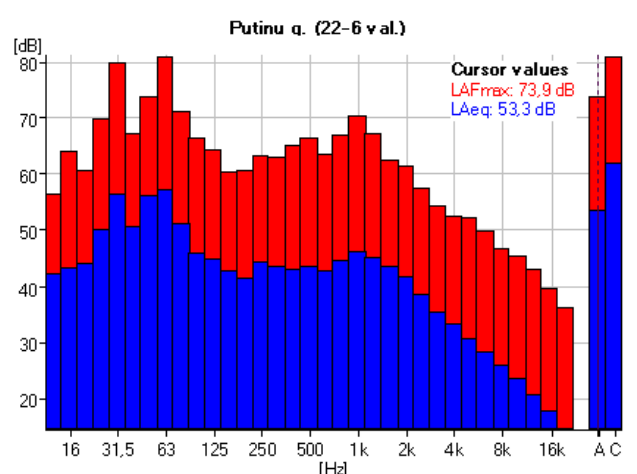
C priedo 26 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Punsko g. (18-22) val.



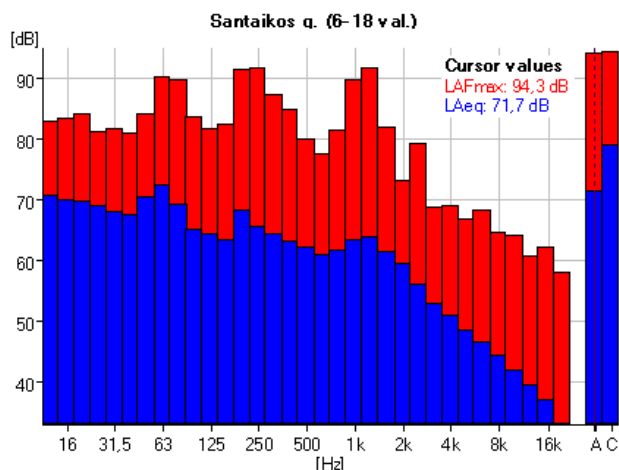
C priedo 29 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Putinų g. (18-22) val.



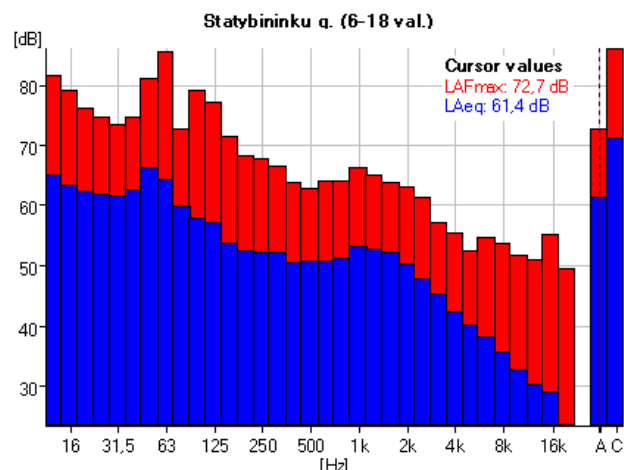
C priedo 27 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Punsko g. (22-6) val.



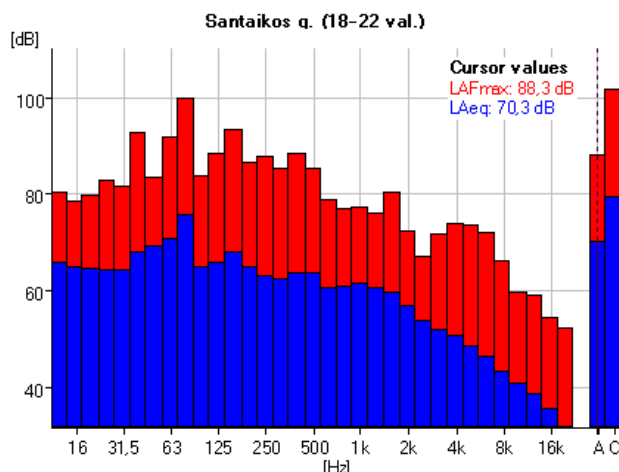
C priedo 30 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Putinų g. (22-6) val.



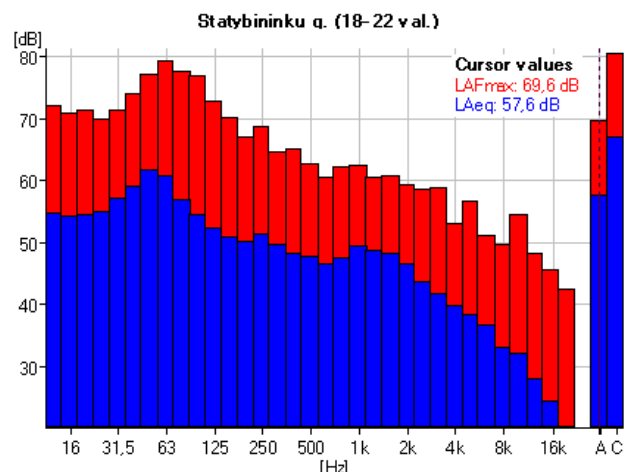
C priedo 31 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Santaikos g. (6–18) val.



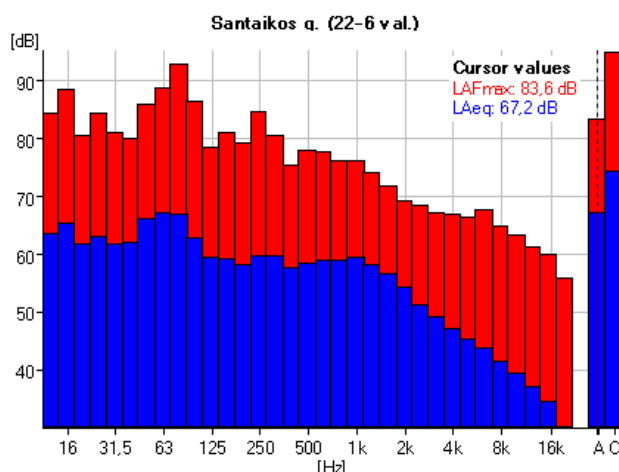
C priedo 34 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Statybininkų g. (6–18) val.



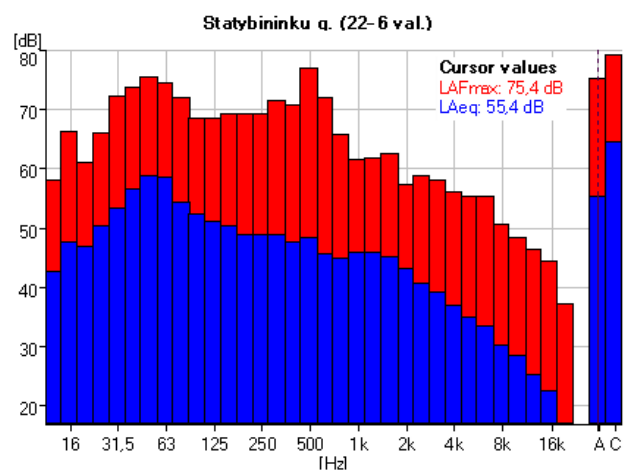
C priedo 32 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Santaikos g. (18–22) val.



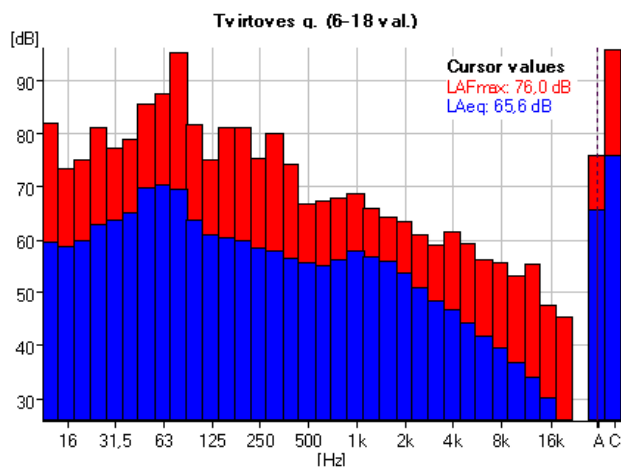
C priedo 35 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Statybininkų g. (18–22) val.



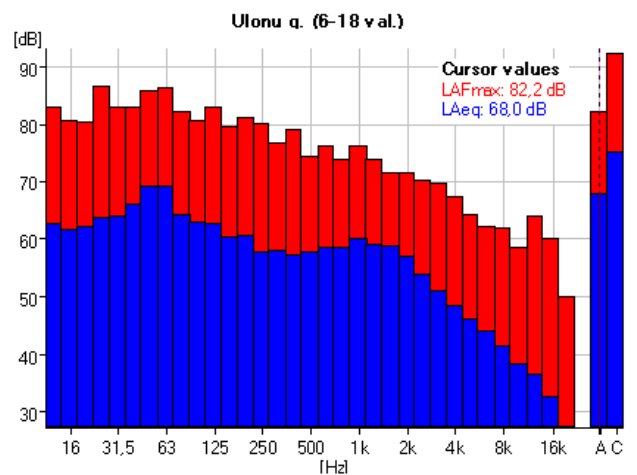
C priedo 33 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Santaikos g. (22–6) val.



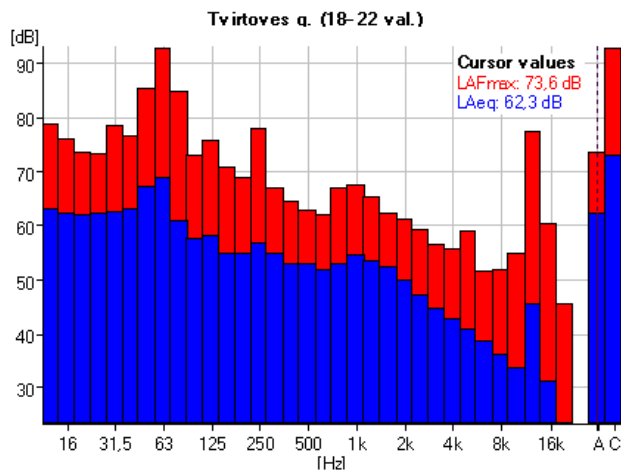
C priedo 36 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Statybininkų g. (22–6) val.



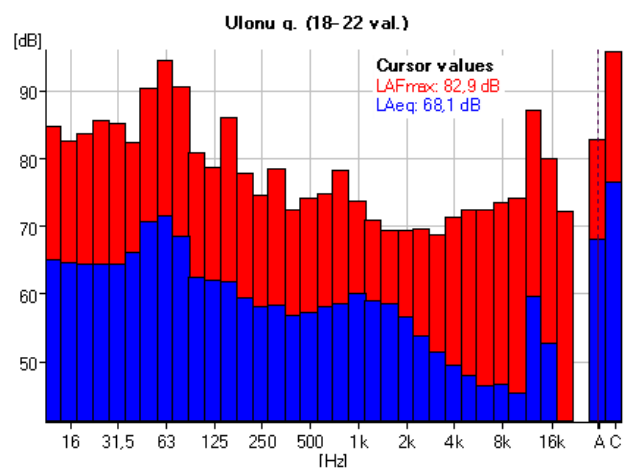
C priedo 37 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras
Tvirtovės g. (6–18) val.



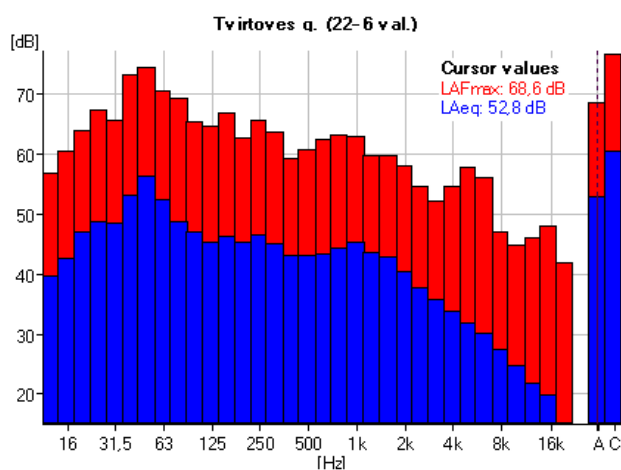
C priedo 40 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras
Ulonų g. (6–18) val.



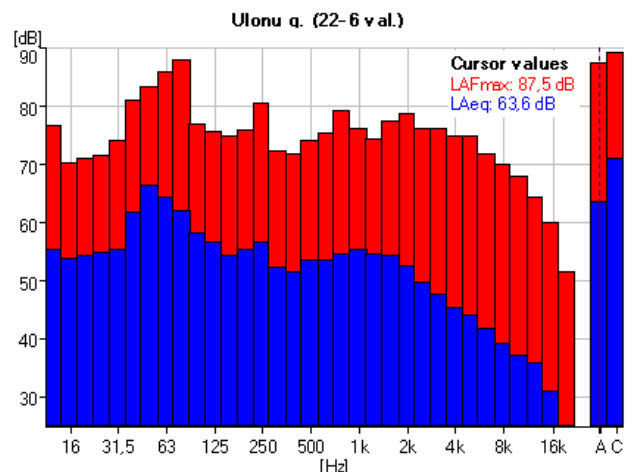
C priedo 38 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras
Tvirtovės g. (18–22) val.



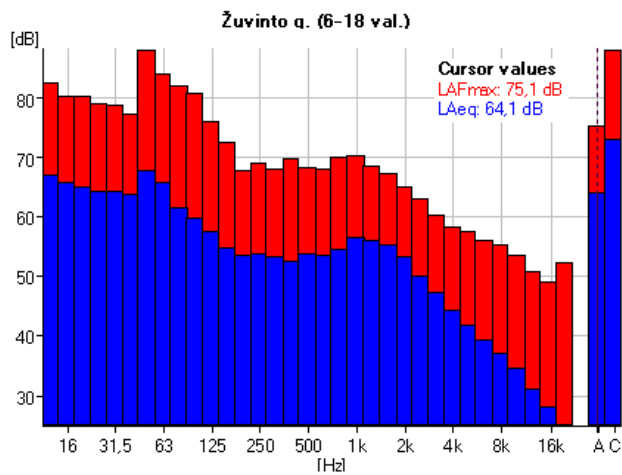
C priedo 41 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras
Ulonų g. (18–22) val.



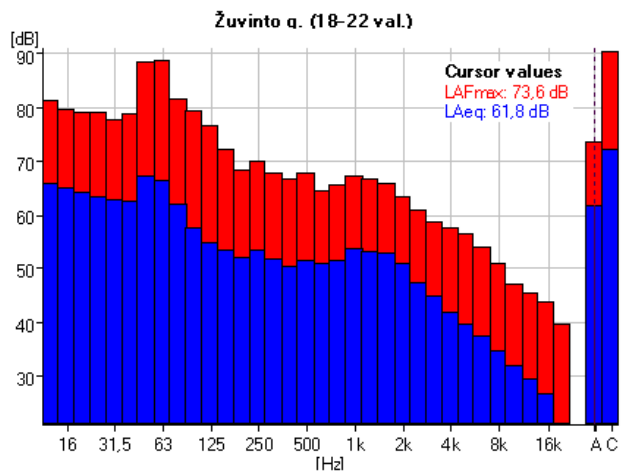
C priedo 39 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras
Tvirtovės g. (22–6) val.



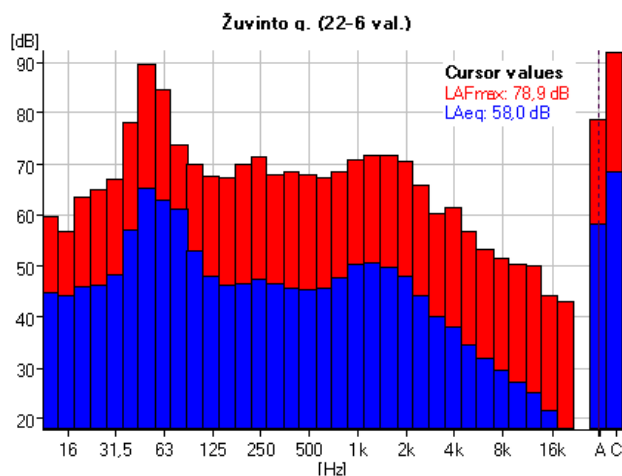
C priedo 42 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras
Ulonų g. (22–6) val.



C priedo 43 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras
Žuvinto g. (6–18) val.

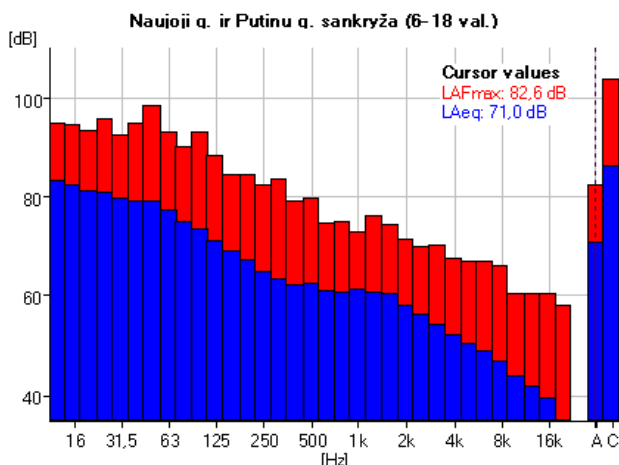


C priedo 44 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras
Žuvinto g. (18–22) val.

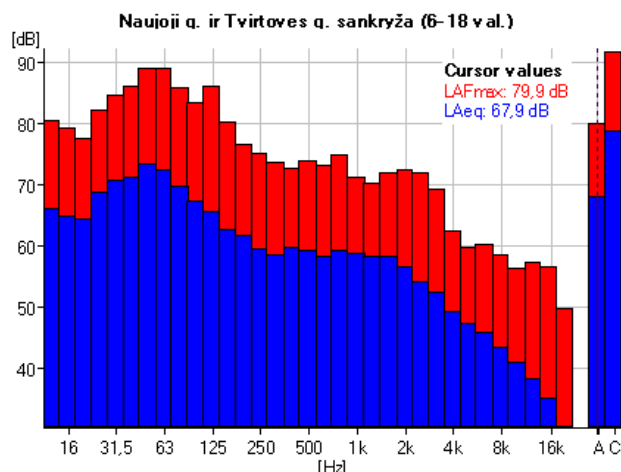


C priedo 45 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras
Žuvinto g. (22–6) val.

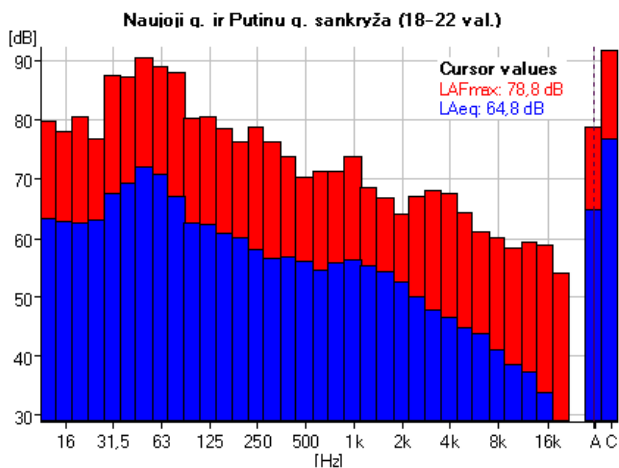
D priedas. Alytaus miesto sankryžų triukšmo lygio tyrimų dažniniai spektrai



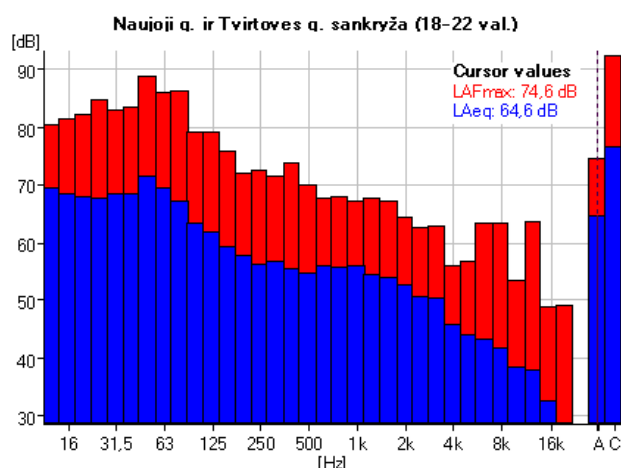
D priedo 1 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Naujosios ir Putinų g. sankryžoje (6–18) val.



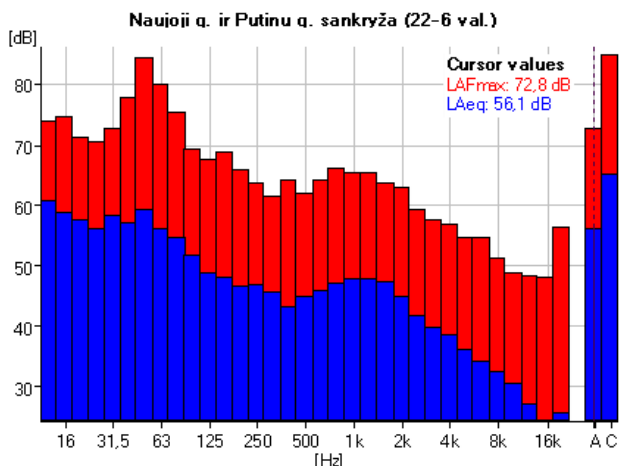
D priedo 4 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Naujosios ir Tvirtovės g. sankryžoje (6–18) val.



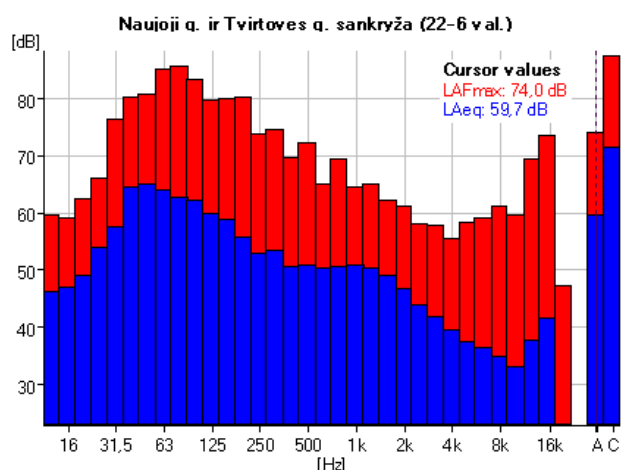
D priedo 2 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Naujosios ir Putinų g. sankryžoje (18–22) val.



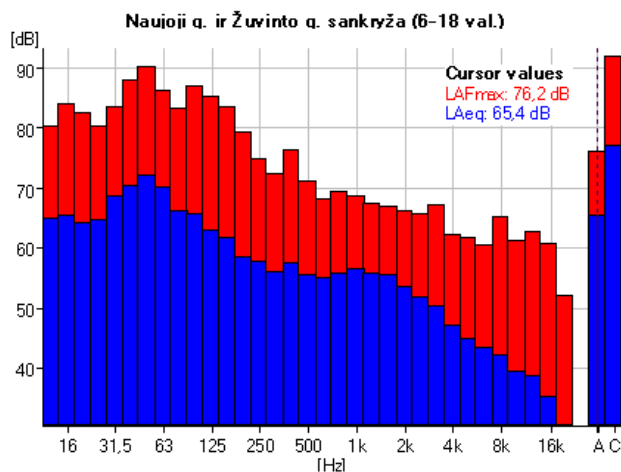
D priedo 5 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Naujosios ir Tvirtovės g. sankryžoje (18–22) val.



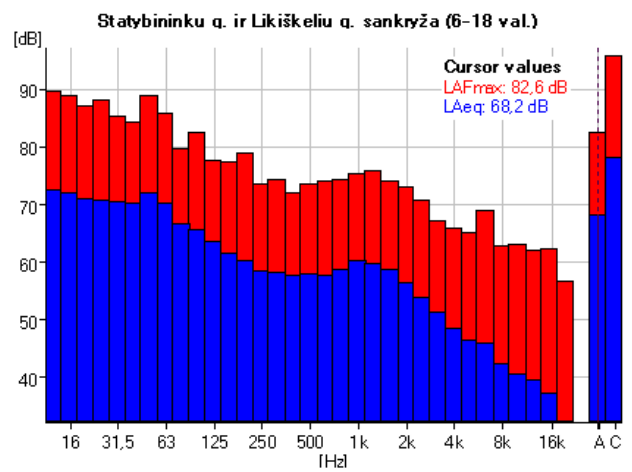
D priedo 3 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Naujosios ir Putinų g. sankryžoje (22–6) val.



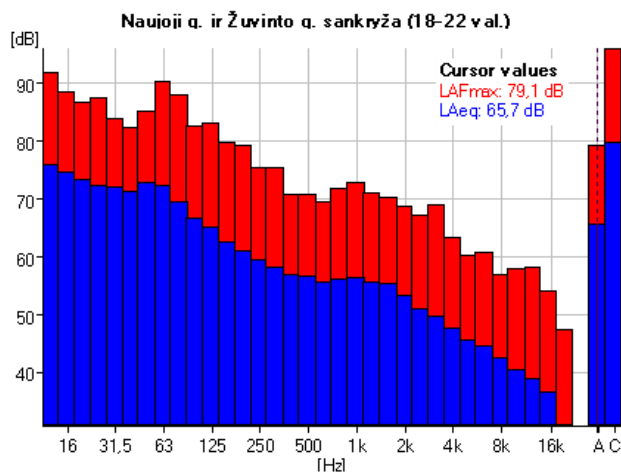
D priedo 6 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Naujosios ir Tvirtovės g. sankryžoje (22–6) val.



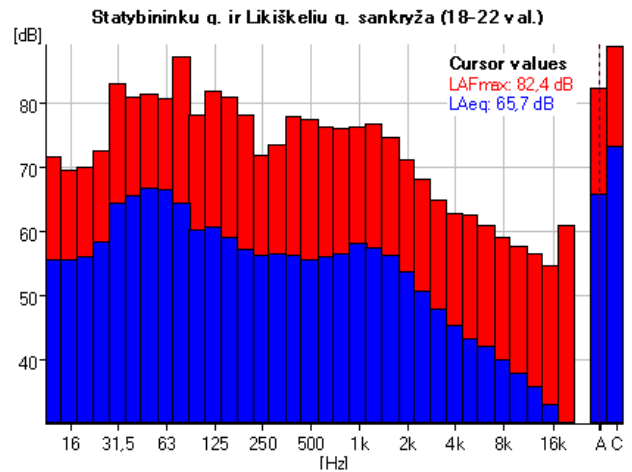
D priedo 7 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Naujosios ir Žuvinto g. sankryžoje (6–18 val).



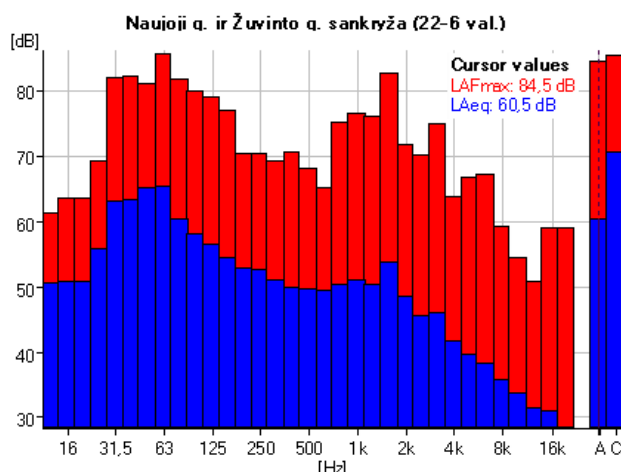
D priedo 10 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Statybininkų ir Likiškėlių g. sankryžoje (6–18 val).



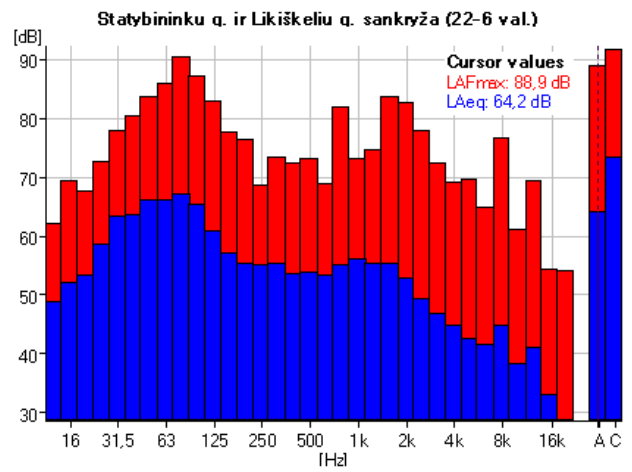
D priedo 8 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Naujosios ir Žuvinto g. sankryžoje (18–22) val.



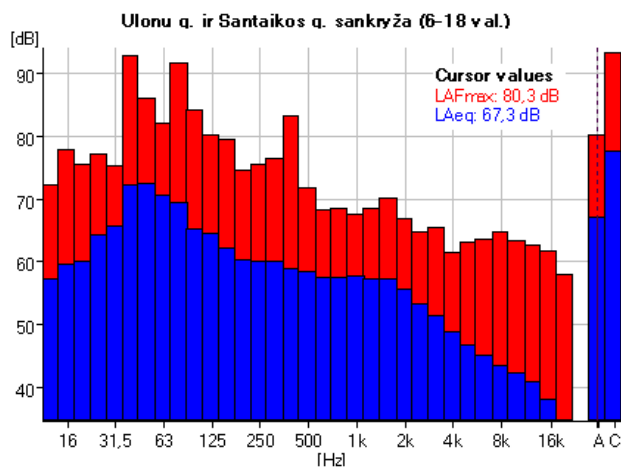
D priedo 11 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Statybininkų ir Likiškėlių g. sankryžoje (18–22) val.



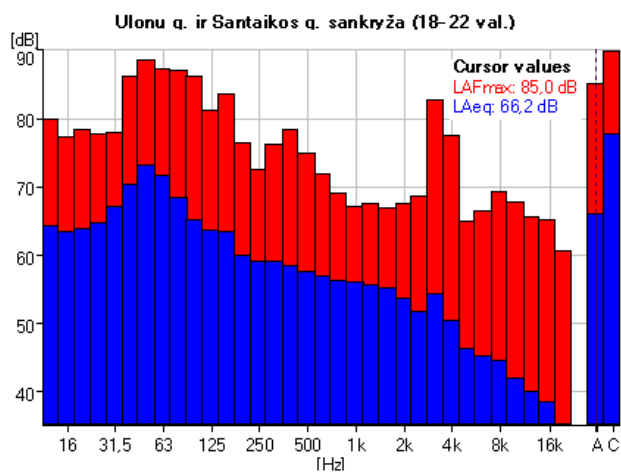
D priedo 9 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Naujosios ir Žuvinto g. sankryžoje (22–6) val.



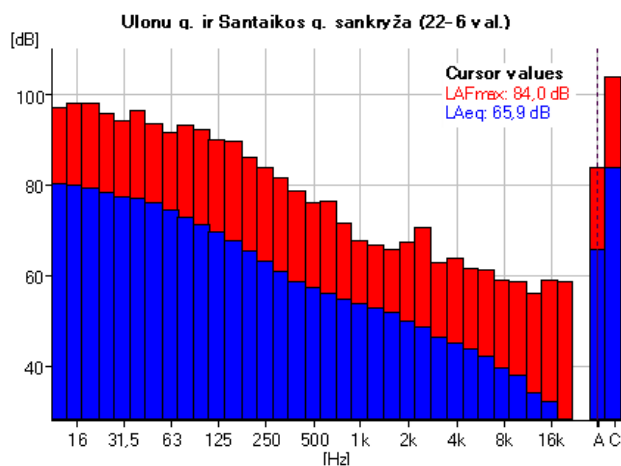
D priedo 12 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Statybininkų ir Likiškėlių g. sankryžoje (22–6) val.



D priedo 13 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Ulonų ir Santaikos g. sankryžoje (6–18) val.

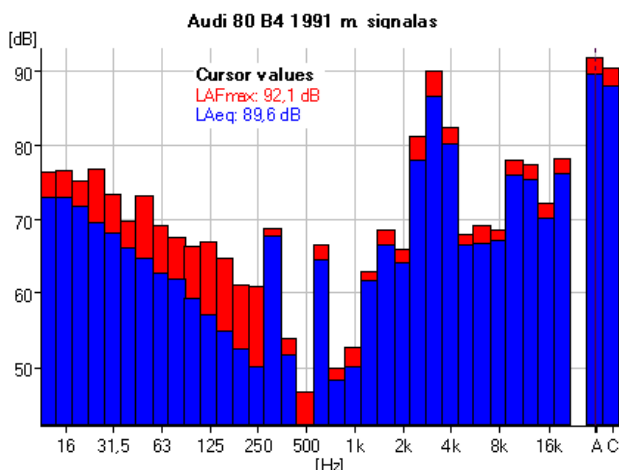


D priedo 14 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Ulonų ir Santaikos g. sankryžoje (18–22) val.

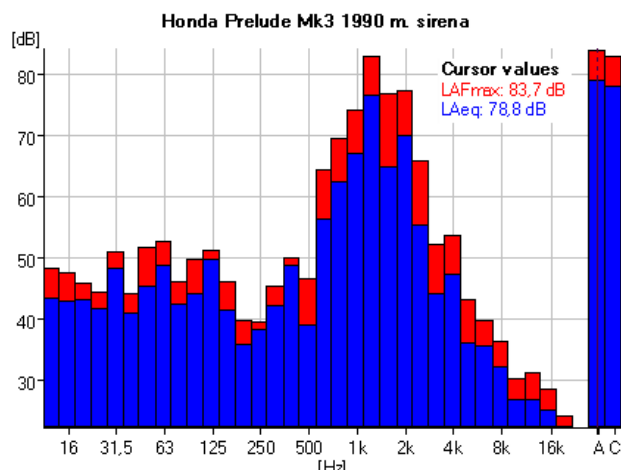


D priedo 15 pav. Triukšmo lygio dažninis spektras Ulonų ir Santaikos g. sankryžoje (22–6) val.

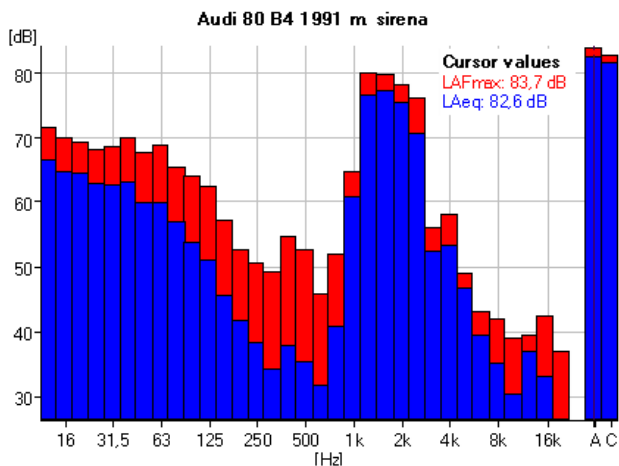
E priedas. Įspėjamųjų garso signalizacijos įtaisų triukšmo lygio tyrimų dažniniai spektrai



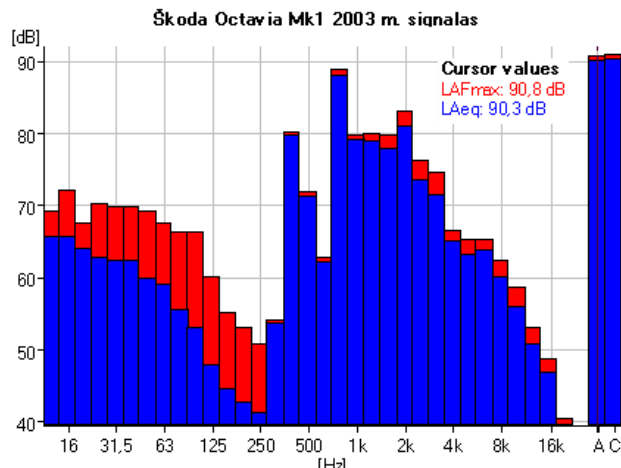
E priedo 1 pav. Automobilio „Audi 80 B4“ 1991 m. garso signalo dažninis spektras



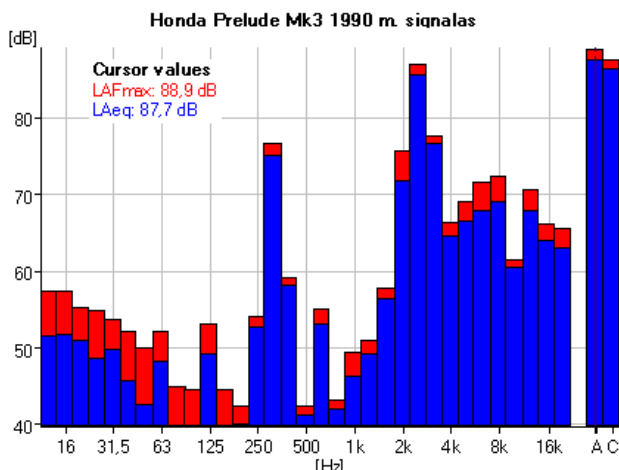
E priedo 4 pav. Automobilio „Honda Prelude Mk3“ 1990 m. apsaugos sistemos sirenos dažninis spektras



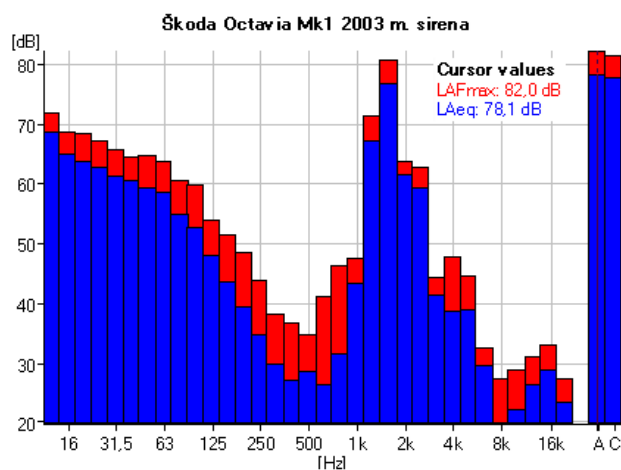
E priedo 2 pav. Automobilio „Audi 80 B4“ 1991 m. apsaugos sistemos sirenos dažninis spektras



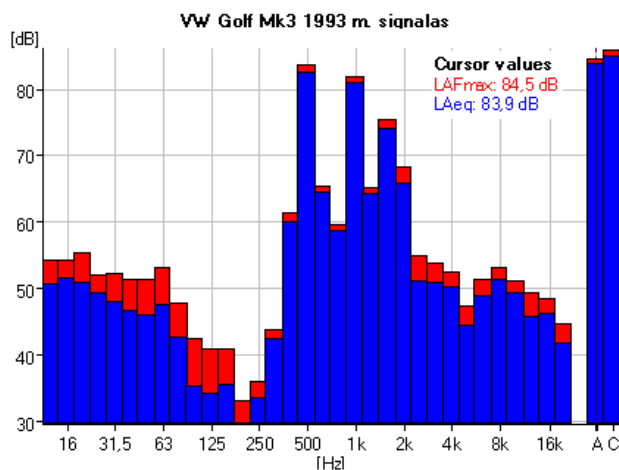
E priedo 5 pav. Automobilio „Škoda Octavia Mk1“ 2003 m. garso signalo dažninis spektras



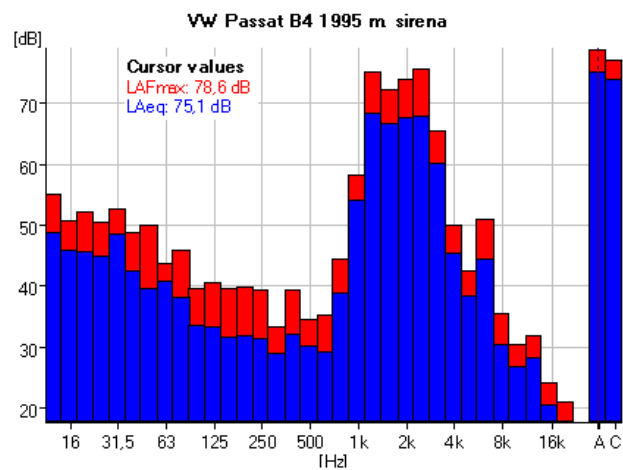
E priedo 3 pav. Automobilio „Honda Prelude Mk3“ 1990 m. garso signalo dažninis spektras



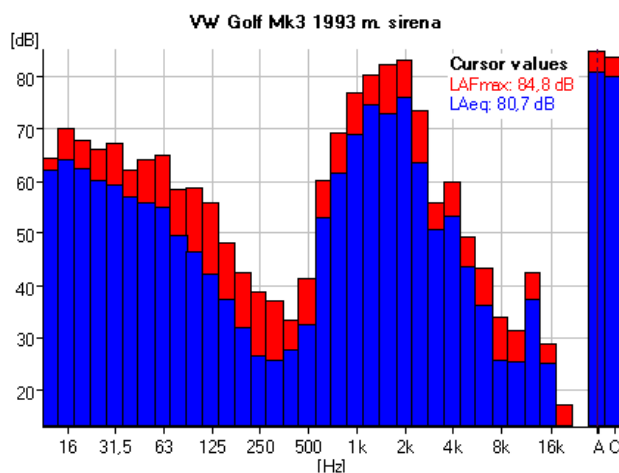
E priedo 6 pav. Automobilio „Škoda Octavia Mk1“ 2003 m. apsaugos sistemos sirenos dažninis spektras



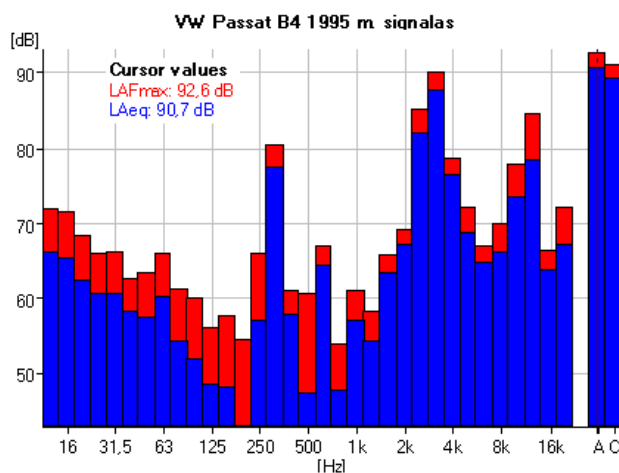
E priedo 7 pav. Automobilio „VW Golf Mk3“ 1993 m. garso signalo dažninis spektras



E priedo 10 pav. Automobilio „VW Passat B4“ 1995 m. apsaugos sistemos sirenos dažninis spektras



E priedo 8 pav. Automobilio „VW Golf Mk3“ 1993 m. apsaugos sistemos sirenos dažninis spektras



E priedo 9 pav. Automobilio „VW Passat B4“ 1995 m. garso signalo dažninis spektras