



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS FAKULTETAS

APLINKOS APSAUGOS KATEDRA

Eugenija Kirkliauskaitė

**FABIJONIŠKIŲ TYLIOSIOS VIEŠOSIOS ZONOS TYRIMAI IR
APSAUGOS NUO TRIUKŠMO BŪDAI**

**ANALYSIS OF PUBLIC QUIET AREA IN FABIJONIŠKĖS AND
METHODS OF PROTECTION AGAINST NOISE**

Baigiamasis magistro darbas

Aplinkos inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H17004

Aplinkos apsaugos specializacija

Bendrosios inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2013

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
APLINKOS APSAUGOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

(Vardas, pavardė)

(Data)

Eugenija Kirkliauskaitė

**FABIJONIŠKIŲ TYLIOSIOS VIEŠOSIOS ZONOS TYRIMAI IR APSAUGOS NUO
TRIUKŠMO BŪDAI**

**ANALYSIS OF PUBLIC QUIET AREA IN FABIJONIŠKĖS AND METHODS OF
PROTECTION AGAINST NOISE**

Baigiamasis magistro darbas

Aplinkos inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H17004

Aplinkos apsaugos inžinerijos specializacija

Bendrosios inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

Doc. dr. Egidijus Patraitis

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

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

Doc. dr. Raimondas Grubliauskas

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

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantas lekt. Regina Žukienė

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

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2013

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

Eugenija Kirkliauskaitė, 20073302

(Studento vardas ir pavardė, studento pažymėjimo Nr.)

Aplinkos inžinerijos fakultetas

(Fakultetas)

Aplinkos apsaugos inžinerija, Asmf-11

(Studijų programa, akademinė grupė)

BAIGIAMOJO DARBO (PROJEKTO)

SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

2013 m. Birželio 15 d.

(Data)

Patvirtinu, kad mano baigiamasis darbas (projektas) tema Fabijoniškių tyliosios viešosios
zonos tyrimai ir apsaugos nuo triukšmo būdai
patvirtintas 20 11 m. lapkričio 30 d. dekanu potvarkiu Nr. 418ap, 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: Lietuvių kalbos konsultantė lekt. Regina Žukienė

Doc. dr. Raimondas Grubliauskas

Mano darbo (projekto) vadovas doc. dr. Egidijus Petraitis

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

EUGENIJA KIRKLIAUSKAITĖ

(Parašas)

(Vardas ir pavardė)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Aplinkos inžinerijos fakultetas
Aplinkos **apsaugos** katedra

ISBN ISSN
Egz. sk.
Data-....-....

Aplinkos inžinerijos studijų programos baigiamasis magistro darbas
Pavadinimas **Fabijoniškių tyliosios viešosios zonos tyrimai ir apsaugos nuo triukšmo būdai**
Autorius **Eugenija Kirkliauskaitė** Vadovas doc. dr. **Egidijus Petraitis**

Kalba
x lietuvių
 užsienio

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjamos didėjančio triukšmo urbanizuotose teritorijose problemos, apžvelgiamas triukšmo poveikis žmogaus organizmui. Pagrindinis dėmesys skiriamas tyliųjų zonų išsaugojimo klausimams.

Vilniaus mieste įkurtos 7 tyliosios zonos. Viena iš labiausiai pažeidžiamų tyliųjų zonų Vilniuje – Fabijoniškių tylioji viešoji zona. Geležinio Vilko gatvė yra potencialus triukšmo taršos šaltinis, kuris gali įtakoti ribinių triukšmo lygių viršijimą Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje. Pagrindinis tikslas – nustatyti vyraujančius triukšmo lygius bei jų lemiančius veiksnius Fabijoniškių tyliojoje zonoje.

Baigiamajame magistro darbe atlikti natūriniai triukšmo matavimai Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje, taip pat transporto srauto, pravažiuojančio G. Vilko gatve skaičiavimas, siekiant įvertinti šios gatvės įtaką triukšmo lygiams tyliojoje viešojoje zonoje. Išanalizavus ir įvertinus natūrinius duomenis kompiuterinio modeliavimo būdu, modeliuojant CadnaA programa, parinktos apsaugos nuo triukšmo priemonės. Išnagrinėjus teorinius ir atlikus tyrimus, pateikiamos baigiamojo darbo išvados ir siūlymai.

Darbą sudaro 8 dalys: įvadas, tyliosios zonos ir apsaugos nuo triukšmo priemonės, metodinė dalis, eksperimentinių duomenų analizė, autotransporto keliamo triukšmo modeliavimas, išvados, rekomendacijos, literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 98 p. teksto be priedų, 80 iliustr., 2 lent., 79 bibliografinių šaltinių.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai: tylioji zona, Fabijoniškių tylioji viešoji zona, triukšmas, triukšmo žemėlapiai, apsauga nuo triukšmo.

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Environmental Engineering
Department of Environmental Protection

ISBN ISSN
Copies No.
Date-....-....

Master Degree Studies **Environmental Engineering** study programme Final work
Title: Analysis of Public Quiet Area in Fabijoniškės and Methods of Protection Against Noise
Author **Eugenija Kirkliauskaitė** Academic supervisor **Egidijus Petraitis**

Thesis language

☐

Lithuanian

☐

Foreign (English)

Annotation

The final master thesis examines the increasing noise problem in urban areas, overviews the effect of traffic noise on human health. The main objective is the quiet areas preserve issues.

Seven quiet zones have been founded in Vilnius city. Fabijoniškės quiet public area is one of the most vulnerable quiet areas in the city. Geležinis Vilkas street is a potential source of noise pollution, which may affect the threshold noise levels excess in Fabijoniškės quiet public area. The main aim of the work is to determine prevailing noise levels and their format in Fabijoniškės quiet area.

The specific noise measurements was made in Fabijoniškės quiet public area, as well as traffic counting on G. Vilko street, in order to rate the influence of this street to the traffic noise levels in quiet public area. Analysing and evaluating measurement data by computer simulation method, by modeling CadnaA program the noise protection measures were selected. After analyse of theory and carried out of research, the conclusions and recommendations were made.

Final thesis structure: introduction, quiet area and noise protection measures, methodology, analysis of experimental data, traffic noise modeling, conclusions, recommendations and references.

Keywords: Noise, noise prevention, quiet public area, noise protection measures

Lentelių ir paveikslų sąrašas

1.1 pav. Triukšmo tarša Europos miestuose.....	14
1.2 pav. Strateginio triukšmo kartografavimo rezultatai: žmonių, kuriuos veikia didesnis nei 55 dB L_{dvn} triukšmo lygis, skaičius milijonais (Europos aglomeracijose, kuriose yra daugiau nei 250 000 gyventojų).....	15
1.3 pav. Triukšmo poveikio žmogaus sveikatai schema (Babisch 2002)	18
1.4 pav. Tipiniai triukšmo žemėlapių pavyzdžiai: a – strateginis Loures miesto triukšmo žemėlapis, b – Almados miesto detalaus triukšmo žemėlapių fragmentas	20
1.5 pav. Gdanskio miesto triukšmo žemėlapių fragmentai: a – dinaminis triukšmo žemėlapis, b – triukšmo žemėlapis, sudarytas CadnaA programa; c – skirtumas tarp CadnaA triukšmo žemėlapių ir dinaminio triukšmo žemėlapių (algoritmo)	23
1.6 pav. Vilniaus miesto autotransporto integralus paros triukšmo lygis	26
1.7 pav. Kauno miesto savivaldybės strateginis triukšmo žemėlapis	27
1.9 pav. Lietuvos pagrindiniai keliai, kuriais per 2006 m. pravažiavo daugiau nei 6 milijonai transporto priemonių (faktinių tyrimų duomenys)	28
1.10 pav. Kelio A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda ruožo 18,11–95,52 km (Vilnius–Kaunas) strateginis triukšmo žemėlapis	29
1.11 pav. Triukšmą slopinantys ekranai: a – apsauginės želdinių (medžių ir krūmų) juostos, b – specialūs pastatai, kuriais žmonės naudojami atsistatinti, c,d – specialiai suformuotas reljefas, e,f – specialūs statiniai – akustinės sienos, ekranai	35
2.1 pav. Fabijoniškių tylioji viešoji zona	39
2.2 pav. Fabijoniškių tyliosios viešosios zonos žemėlapis su pažymėtais matavimo taškais	41
2.3 pav. Triukšmo matuoklis Bruel&Kjaer mediator 2260	42
2.4 pav. Autotransporto srauto skaičiavimo schema.....	47
3.1 pav. Autotransporto srautų kitimas sausio – gruodžio mėnesiais	49
3.2 pav. Transporto srauto intensyvumas paros bėgyje G. Vilko gatvėje sausio mėn.	50
3.3 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje, taškuose prie G.Vilko gatvės ir 120 m atstumu nuo G. Vilko gatvės sausio mėn.	50
3.4 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosios zonos buferinėje juostoje, esančiuose matavimo taškuose sausio mėn.....	51
3.5 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosiojoje zonoje esančiuose matavimo taškuose sausio mėn.	52
3.6 pav. Transporto srauto intensyvumas paros bėgyje G. Vilko gatvėje kovo mėn.	52
3.7 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje, taškuose prie G.Vilko gatvės ir 120 m atstumu nuo G. Vilko gatvės kovo mėn.	53
3.9 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosiojoje zonoje esančiuose matavimo taškuose kovo mėn.	54
3.10 pav. Transporto srauto intensyvumas paros bėgyje G. Vilko gatvėje gegužės mėn.....	51
3.11 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje, taškuose prie G.Vilko gatvės ir 120 m atstumu nuo G. Vilko gatvės gegužės mėn.	55
3.12 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosios zonos buferinėje juostoje, esančiuose matavimo taškuose gegužės mėn.....	52
3.13 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosiojoje zonoje esančiuose matavimo taškuose gegužės mėn.	56
3.14 pav. Pavasario matavimo rezultatai. Triukšmo sklaida nuo G. Vilko g. į Fabijoniškių viešąją tyliąją zoną, dienos metu.....	53

3.15 pav. Pavasario matavimo rezultatai. Triukšmo sklaida nuo G. Vilko g. į Fabijoniškių viešąją tyliąją zoną, vakaro metu.....	57
3.16 pav. Transporto srauto intensyvumas paros bėgyje G. Vilko gatvėje birželio mėn.....	54
3.17 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje, taškuose prie G.Vilko gatvės ir 120 m atstumu nuo G. Vilko gatvės birželio mėn.	58
3.18 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosios zonos buferinėje juostoje, esančiuose matavimo taškuose birželio mėn.	59
3.19 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosiojoje zonoje esančiuose matavimo taškuose birželio mėn.....	56
3.20 pav. Transporto srauto intensyvumas paros bėgyje G. Vilko gatvėje rugpjūčio mėn.....	60
3.21 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje, taškuose prie G.Vilko gatvės ir 120 m atstumu nuo G. Vilko gatvės rugpjūčio mėn.....	60
3.22 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosios zonos buferinėje juostoje, esančiuose matavimo taškuose rugpjūčio mėn.	61
3.23 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosiojoje zonoje esančiuose matavimo taškuose rugpjūčio mėn.....	58
3.24 pav. Vasaros matavimo rezultatai. Triukšmo sklaida nuo G. Vilko g. į Fabijoniškių viešąją tyliąją zoną, dienos metu	62
3.25 pav. Vasaros matavimo rezultatai. Triukšmo sklaida nuo G. Vilko g. į Fabijoniškių viešąją tyliąją zoną, vakaro metu.....	62
3.26 pav. Transporto srauto intensyvumas paros bėgyje G. Vilko gatvėje rugsėjo mėn.	63
3.27 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje, taškuose prie G.Vilko gatvės ir 120 m atstumu nuo G. Vilko gatvės rugsėjo mėn.	63
3.28 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosios zonos buferinėje juostoje, esančiuose matavimo taškuose rugsėjo mėn.	64
3.29 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosiojoje zonoje esančiuose matavimo taškuose rugsėjo mėn.	64
3.30 pav. Transporto srauto intensyvumas paros bėgyje G. Vilko gatvėje gegužės mėn.	65
3.31 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje, taškuose prie G.Vilko gatvės ir 120 m atstumu nuo G. Vilko gatvės lapkričio mėn.	65
3.32 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosios zonos buferinėje juostoje, esančiuose matavimo taškuose lapkričio mėn.	66
3.33 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosiojoje zonoje esančiuose matavimo taškuose lapkričio mėn.....	63
3.34 pav. Rudens matavimo rezultatai. Triukšmo sklaida nuo G. Vilko g. į Fabijoniškių viešąją tyliąją zoną, dienos metu	67
3.35 pav. Rudens matavimo rezultatai. Triukšmo sklaida nuo G. Vilko g. į Fabijoniškių viešąją tyliąją zoną, vakaro metu.....	64
3.36 pav. Transporto srauto intensyvumas paros bėgyje G. Vilko gatvėje gruodžio mėn.....	68
3.37 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje, taškuose prie G.Vilko gatvės ir 120 m atstumu nuo G. Vilko gatvės gruodžio mėn.	68
3.38 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosios zonos buferinėje juostoje, esančiuose matavimo taškuose gruodžio mėn.	69
3.39 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosiojoje zonoje esančiuose matavimo taškuose gruodžio mėn.	69
3.40 pav. Žiemos matavimo rezultatai. Triukšmo sklaida nuo G. Vilko g. į Fabijoniškių viešąją tyliąją zoną, dienos metu	70

3.41 pav. Žiemos matavimo rezultatai. Triukšmo sklaida nuo G. Vilko g. į Fabijoniškių viešąją tyliąją zoną, vakaro metu.....	68
4.1 pav. CadnaA programos modeliavimo proceso su GIS eiga (Baltrėnas ir Puzinas 2009).....	73
4.2 pav. Įvesties duomenys: nagrinėjamos teritorijos topografiniai duomenys su reljefo (pilka spalva), pastatų ir statinių (mėlyna spalva), želdinių (žalia spalva), kelių (ruda spalva) sluoksniais	74
4.3 pav. Nagrinėjamos vietovės situacijos modelis (a – vaizdas nuo Baltupių mikrorajono pusės; b – vaizdas nuo Šnipiškių mikrorajono pusės)	75
4.4 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu, sausio mėn.	76
4.5 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu, sausio mėn.	77
4.6 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu, kovo mėn.	78
4.7 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu, kovo mėn.	79
4.8 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu gegužės mėn. ...	76
4.9 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu gegužės mėn.....	77
4.10 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu birželio mėn. ..	81
4.11 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu birželio mėn... ..	82
4.12 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu rugpjūčio mėn.	79
4.13 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu rugpjūčio mėn.	83
4.14 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu rugsėjo mėn. ..	84
4.15 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu rugsėjo mėn....	81
4.16 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu lapkričio mėn.	85
4.17 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu lapkričio mėn.	82
4.18 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu gruodžio mėn.	86
4.19 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu gruodžio mėn.	87
4.20 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu 2012 metais....	87
4.21 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu 2012 metais ...	88
4.22 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu 2012 metais, suprojektavus triukšmo barjerą.....	86
4.23 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu 2012 metais, suprojektavus triukšmo barjerą.....	87
4.24 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu 2012 metais, suprojektavus želdinių juostą.....	91
4.25 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu 2012 metais, suprojektavus želdinių juostą.....	88
1.1 lentelė. Triukšmo strateginio kartografavimo I etapo pagrindiniai keliai.....	26
1.2 lentelė. Tyliųjų viešųjų zonų siūlomų ribinių verčių suvestinė.....	31

Santrumpos

dB – decibelas

EAA – Europos aplinkos agentūra

EEA – European Environmental Agency

ES – Europos Sąjunga

ETD – Europos Triukšmo Direktyva

GIS – geografinė informacinė sistema

HN – higienos norma

JAV – Jungtinės Amerikos valstyjos

JK – Jungtinė Karalystė

PSO – Pasaulinė sveikatos organizacija

VASC – Valstybinis aplinkos sveikatos centras

TURINYS

IVADAS	11
1. TYLIOSIOS ZONOS IR APSAUGOS NUO TRIUKŠMO PRIEMONĖS	13
1.1. Triukšmo tarša urbanizuotose teritorijose.....	13
1.1.1. Triukšmo tarša Pasaulio miestuose	13
1.1.2. Transporto triukšmo poveikis žmogui.....	16
1.2. Triukšmo žemėlapiai ir kartografavimas	19
1.2.1. Strateginis triukšmo kartografavimas Europos Sąjungoje.....	24
1.2.2. Strateginiai triukšmo žemėlapiai Lietuvoje.....	25
1.3. Tyliosios zonos	29
1.3.1. Tyliosios aglomeracijos zonos.....	31
1.3.2. Tyliosios gamtos zonos	32
1.3.3. Tyliosios viešosios zonos	33
1.4. Apsaugos nuo triukšmo priemonės.....	34
1.5. Modeliavimo programų apžvalga	37
1.6. Skyriaus išvados	38
2. METODINĖ DALIS	39
2.1. Tyrimo objektas.....	39
2.2. Eksperimentinių tyrimų metodika	40
2.3. Skyriaus išvados	48
3. EKSPERIMENTINIŲ DUOMENŲ ANALIZĖ	49
3.1. Tyrimų rezultatų analizė.....	49
3.2. Skyriaus išvados	71
4. AUTOTRANSPORTO KELIAMO TRIUKŠMO MODELIAVIMAS	73
4.1. Triukšmo sklaidos modeliavimo CadnaA programa metodika	73
4.2. Autotransporto keliamo triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatų analizė	75
4.3. Triukšmo sklaidos modeliavimas Fabijonškių tyliojoje viešojoje zonoje suprojektavus triukšmo mažinimo priemones	88
4.4. Skyriaus išvados	92
BENDROSIOS IŠVADOS.....	93
REKOMENDACIJOS	94
LITERATŪRA	95
PRIEDAI	101
I PRIEDAS	102
MOKSLINIŲ STRAIPSNIŲ SĄRAŠAS.....	Error! Bookmark not defined.

IVADAS

Problema. Pasaulinės ekonominės sistemos vystymasis, demografijos struktūros pokyčiai, taip pat žemės ūkio gamybos intensyvumo didėjimas padarė nemažą įtaką aplinkai. Iš aplinkos degradaciją sukeliančių veiksnių visuomenė labiausiai skundžiasi triukšmu. Europos aplinkos agentūros duomenimis apie 120 milijonų žmonių Europos Sąjungoje (ES), t.y. daugiau nei 30 % visos populiacijos, yra veikiami kelių eismo triukšmo, viršijančio 55 dB, o daugiau nei 50 milijonų ES gyventojų yra veikiami 65 dB triukšmo. Triukšminga aplinka sukelia nuovargį, silpnina dėmesį, lėtina psichines reakcijas, vargina nervų sistemą. Aplinkos triukšmo ir visuomenės sveikatos santykis yra viena iš pagrindinių priežasčių, kodėl aplinkos triukšmas, pastaraisiais metais, tapo svarbiausiu klausimu aplinkosaugos politikoje.

2002 m. birželio 25 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 2002/49/EB dėl aplinkos triukšmo įvertinimo ir valdymo apibrėžia pagrindinius Europos triukšmo politikos principus. Jos tikslas sumažinti triukšmo veikiamų žmonių skaičių ir pagerinti akustinės aplinkos kokybę. Įgyvendinant šį tikslą visos ES valstybės narės turi parengti triukšmo žemėlapius ir pagal triukšmo kartografavimo rezultatus informuoti visuomenę apie triukšmo poveikį. Be to, valstybės narės privalo sudaryti atitinkamus triukšmo prevencijos veiksmų planus.

Lietuvoje strateginiai triukšmo žemėlapiai yra skirti įvertinti aplinkos triukšmo lygį Lietuvos aglomeracijose, šalia pagrindinių kelių, pagrindinių geležinkelių ir pagrindinių oro uostų. Strateginiai triukšmo žemėlapiai yra reikalingi, nustatant pagal triukšmo režimą nepalankius miesto sklypus, pasirenkant tikslingiausias ir ekonomiškiausias triukšmo mažinimo priemones, planuojant racionalų gyvenamųjų pastatų, visuomeninių pastatų, kuriems keliami didesni akustinio komforto reikalavimai, taip pat poilsio zonų miesto teritorijose prie magistralių išdėstymą.

Sprendžiant didėjančio aplinkos triukšmo lygio problemą, Direktyvoje dėmesys skiriamas ilgalaikiam strateginiam planavimui, todėl yra būtina nustatyti ir apsaugoti tyliąsias zonas. Tyliųjų zonų paskirtis – sukurti miesto gyventojams ir svečiams akustinio komforto teritorijas gyvenamosiose, viešosiose ir gamtinėse erdvėse, kuriose būtų galima pailsėti nuo miesto triukšmo.

Darbo aktualumas. Siekiant užtikrinti miesto gyventojams akustinį komfortą parkuose, atvirose viešosiose erdvėse steigiamos tyliosios zonos, kurios skirtos socialiniam ir kultūriniam poilsiui. Tačiau gatvių keliamo triukšmo didėjimas lemia teritorijų, kurios yra vertingos dėl žemų

triukšmo lygių, mažėjimą. Šiuo urbanizacijos laikotarpiu sparčiai mažėja teritorijų su gera akustine aplinka. Tenka pripažinti, kad ne visada į šią opią problemą yra iš karto atkreipiamas deramas dėmesys. Dėl lėšų stygiaus tyrimai nėra pakankamai dažni ir preciziški. Tyliosios zonos nustatomos pagal triukšmo žemėlapius, kurie sudaromi pagal 12 mėnesių duomenis. Šie dydžiai dažnai gali būti viršijami, todėl kartais neatodairiška zonas parinkti tik pagal juos. Didėjant gyventojų nepasitenkinimui ši problema tampa vis aktualesnė.

Darbo tikslas: Ištirti triukšmo lygius bei jo pobūdį Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje ir pasiūlyti efektyviausias triukšmo mažinimo priemones.

Darbo uždaviniai:

1. Natūriniais tyrimais nustatyti Fabijoniškių tyliosios viešosios zonos triukšmo lygį įtakojančius šaltinius;
2. Įvertinti Geležinio Vilko gatvės keliamo triukšmo įtaką Fabijoniškių tyliajai viešajai zonai;
3. Sudaryti skaitmeninio modeliavimo uždavinį triukšmo sklaidai nagrinėjamoje teritorijoje tirti;
4. Įvertinti triukšmo mažinimo priemonių panaudojimo galimybes ir modeliavimo būdu parinkti efektyviausią.

Darbo naujumas. Pats triukšmo valdymas kaip aplinkosauginė strategija nėra itin sena ir šiuo metu vis dar tebesiformuoja. Nors tyliosios zonos yra nustatytos pagal triukšmo kartografavimą ir bendruosius miesto planus bei vertinant planuojamą infrastruktūrą, tačiau trūksta realių, natūrinių matavimų. Atsižvelgus į natūrinius tyrimus, galima tiksliau nustatyti triukšmo viršijimą per metus, tuo pačiu parinkti tinkamiausias apsaugos nuo triukšmo priemones.

Darbo praktinė vertė. Darbe bus sprendžiamas eismo keliamo triukšmo sklidimas į tyliąją viešąją zoną ir jo mažinimo priemonės. Taip pat bus vertinama esama situacija ir ieškoma būdų triukšmo sklaidai mažinti. Atsižvelgiant į gautus duomenis ir skaičiavimus, bus parinktos apsaugos nuo triukšmo priemonės, kurias būtų galima pritaikyti praktikoje.

1. TYLIOSIOS ZONOS IR APSAUGOS NUO TRIUKŠMO PRIEMONĖS

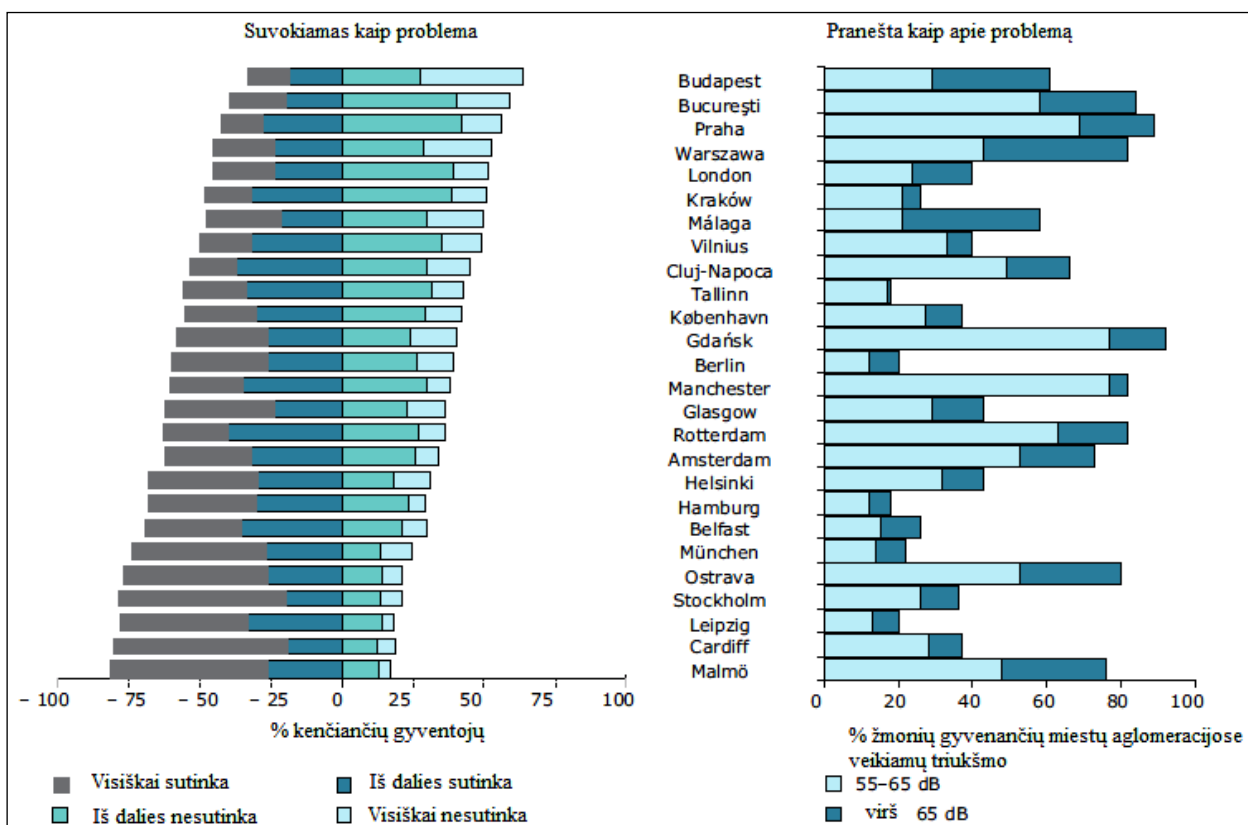
Triukšmas – nepageidaujamas garsas, kurio poveikis kelia didelį susirūpinimą tiek išsivysčiusiose, tiek besivystančiose šalyse. Svarbus uždavinys yra miestų gyventojams sukurti akustinį komfortą. Tam miestuose steigiamos tyliosios zonos. Joms apsaugoti nuo triukšmo taikomi įvairūs metodai: teisiniai, teritorijų planavimo, architektūriniai, urbanistiniai, techniniai.

1.1. Triukšmo tarša urbanizuotose teritorijose

Triukšmas neišvengiamai lydi žmonės per visus amžius, tačiau laikui bėgant pasikeitė ir triukšmo rūšis ir žmogaus suvokimas (Banerjee *et al.* 2009). Vargu ar įmanoma įvertinti kokia svarbi yra triukšmo tarša miesto aplinkoje XXI amžiuje. Didelė geležinkelių ir kelių transporto koncentracija, automobilių signalizacijų garsai, pramoginių ir sporto renginių keliamas triukšmas, taip pat remontų darbai, technikos skleidžiami garsai bei virš gyvenamosios teritorijos skrendančių lėktuvų triukšmas sukelia nepaprastai didelę akustinę taršą lauko ir vidaus erdvėse (Некипелова *et al.* 2004). Stambių miestų aglomeracijų triukšmas dabar yra vertinamas kaip veiksnys, kuris labai kenkia gyvenimo kokybei, panašiai kaip oro ir vandens tarša (Liebedowska 2005).

1.1.1. Triukšmo tarša Pasaulio miestuose

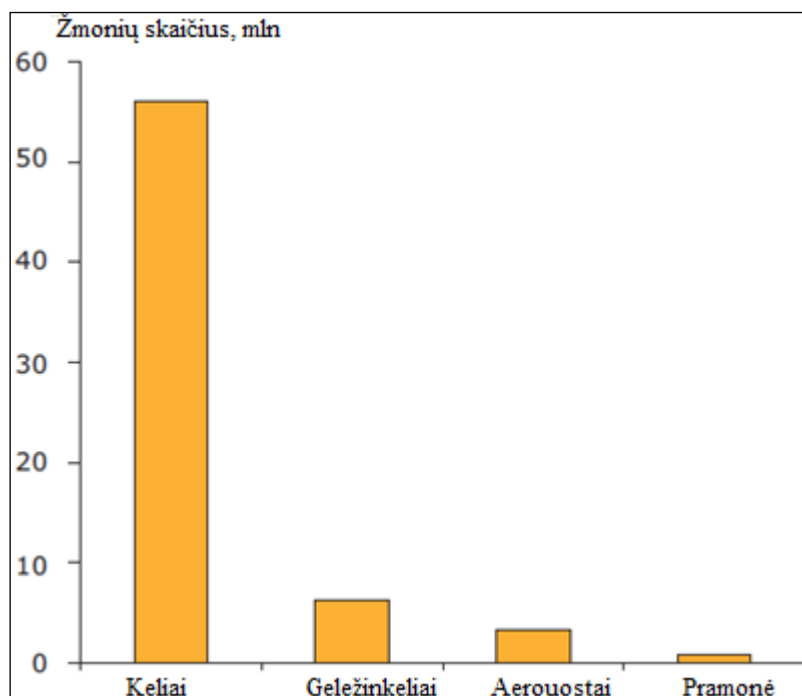
Europos miestuose daugėja triukšmo nebūtinai dėl to, kad triukšmu užterštos vietos tapo dar triukšmingesnės, bet greičiau dėl to, kad liko tik keletas tylių vietų. Šiuolaikinė visuomenė visą parą yra veikiamą transporto, laisvalaikio veiklos ir bendro kaimyninio triukšmo (EEA 2009). Išsamūs duomenys apie triukšmą Europoje yra negausūs, tačiau galima susidaryti bendrą vaizdą (1.1 pav.).



1.1 pav. Triukšmo tarša Europos miestuose (EEA 2008)

Eurocities darbo grupės 2008 m. atliktos apklausos dėl triukšmo duomenys parodė, kad 57 % respondentų Europos miestuose gyvena vietovėse, kuriuose garso lygis viršija 55 dB ir apie 9 % yra veikiami didesnio kaip 65 dB triukšmo (1.1 pav.). Ekstrapoliavus šiuos procentus visai Europai, galima manyti, kad daugiau nei 210 milijonų žmonių senajame žemyne yra veikiami triukšmo, viršijančio 55 dB ir 38 milijonai – didesnio nei 65 dB garso lygio (EEA 2009).

Pagal Europos Triukšmo Direktyvos įgyvendinimo duomenis atliktas Europos aglomeracijų su didesniu nei 250 000 gyventojų skaičiumi triukšmo kartografavimas parodė, kad transportas yra didžiausias triukšmo šaltinis (1.2 pav.). Maždaug 56 milijonai gyventojų didžiausiose ES-27 miestuose yra veikiami ilgalaikio vidutinio gatvių eismo triukšmo, kurio dydis viršija 55 dB L_{dvn} . Tuo metu naktimis apie 40 milijonų gyventojų yra veikiami ilgalaikio vidutinio gatvių eismo triukšmo lygio, viršijančio 50 dB $L_{nakties}$. Nustatyta, kad tokio triukšmo poveikis sveikatai yra gana žymus (EEA 2010).



1.2 pav. Strateginio triukšmo kartografavimo rezultatai: žmonių, kuriuos veikia didesnis nei 55 dB L_{dvn} triukšmo lygis, skaičius milijonais (Europos aglomeracijose, kuriose yra daugiau nei 250 000 gyventojų) (EEA 2010)

Pastaraisiais dešimtmečiais Jungtinėse Amerikos Valstijose (JAV) kelių eismo triukšmas yra ne taip aktyviai tyrinėjamas kaip Europos Sąjungoje (Seong *et al* 2011). Apie 20–30 milijonų amerikiečių mano, kad yra veikiami per didelio triukšmo. Apskaičiuota, kad 10 milijonų turi triukšmo įtakotų klausos sutrikimų (Gershon *et al.* 2006). Remiantis 2000 metų JAV surašymo duomenimis, 30 % amerikiečių skundėsi triukšmu ir 11 % teigė, kad jis yra varginantis. Iš besiskundžiančių triukšmu gyventojų apie 40 % dėl šios priežasties norėjo pakeisti gyvenamąją vietą (Goines and Hagler 2007).

Niujorko mieste vienas dažniausiai minimų triukšmo šaltinių yra metro. Geshon *et al.* (2006) atliko tyrimus, kuriuose buvo matuojamas triukšmas ant metro platformos, metro traukinio viduje ir autobusų stotelėse. Buvo išmatuoti vidutiniai ir maksimalūs garso lygiai. Gauti rezultatai: maksimalūs lygiai ant metro platformos – 106 dB, metro traukinio viduje – 112 dB ir 89 dB autobusų stotelėse. Šie rezultatai viršija Pasaulio sveikatos organizacijos (PSO) ir JAV Aplinkos apsaugos agentūros rekomenduojamą triukšmo lygį.

Fultono apskrityje, Džordžijos valstijoje (JAV), neseniai buvo atliktas gatvių eismo keliamo triukšmo modeliavimas ir analizuojamas jo poveikis žmonėms. Rezultatai rodo, kad 48 % visų valstijos gyventojų (apie 870 tūkstančių), gali būti veikiami 55 dB arba didesnio

triukšmo lygio dienos metu. Tuo metu maždaug 9 % gyventojų gali būti veikiami 67 dB ar net didesnio garso lygio. Nakties metu 32 % gyventojų greičiausiai yra veikiami triukšmo, kuris yra didesnis nei 50 dB (Seong *et al* 2011).

Sao Paulo mieste (Brazilijoje) buvo vertinama triukšmo tarša intensyvaus eismo gatvėse ir miesto gatvėse su vietiniu transportu. Ekvivalentiniai vidutiniai svertiniai garso lygiai atitinkamai svyravo nuo 70,88 iki 80,18 dB(A) ir nuo 50,82 iki 66,88 dB(A). Intensyvaus eismo gatvėse išmatuotas triukšmas pranoko net pramoniniuose rajonuose nustatytą leistiną garso lygį. Miesto gatvėse su vietiniu transportu triukšmas viršijo gyvenamuosiuose ir komerciniuose rajonuose leistinas normas (Moura-de-Sousa and Alves Cardoso 2002).

Maskvai, kaip ir kitiems didiesiems miestams, yra aktuali triukšmo problema. Maskvos gamtos ir aplinkos apsaugos departamento duomenimis 2010 metais triukšmas, sklindantis iš įvairių šaltinių, buvo viršytas 70 % miesto teritorijos. Perviršiai siekia: 20–25 dB(A) teritorijose šalia greitkelių, 30–35 dB(A) gyvenamųjų namų butuose, kurie orientuoti intensyvaus eismo gatvių kryptimi (be triukšmo izoliuojančio stiklo), 10–20 dB(A) šalia geležinkelių, važiuojant traukiniais, 10,8 dB(A) teritorijose, kurios periodiškai veikiamos orlaivių triukšmo, ir 30 dB(A), kai nesilaikoma nustatytų statybos reikalavimų nakties valandomis.

Honkonge spartus ekonominis augimas paskatino statybas bei padidino transporto srautus, kurie prisidėjo prie triukšmo problemos. Šiame mieste nuo autotransporto keliamo triukšmo, kurio lygis viršija 70 dB(A), kenčia daugiau kaip milijonas gyventojų (EPD 2010).

1.1.2. Transporto triukšmo poveikis žmogui

Triukšmas gali sukelti rimtų psichologinių, fiziologinių ir socialinių sutrikimų: nerimo jausmą, dirglumą, miego sutrikimą, kai kuriuos hormoninius pakitimus, klausos praradimą, kraujospūdžio padidėjimą. Be to, gali padidėti miokardo infarkto rizika ir paūmėti išeminės širdies liga bei suprastėti bendra gyvenimo kokybė, žmogaus gerovė (Passchier-Vermeer and Passchier 2000, van Kempen *et al.* 2002).

Į garsų triukšmą žmogaus organizmas reaguoja automatiškai ir nesąmoningai. Pasaulyje žmonės yra nuolatos veikiami triukšmo, todėl augantis triukšmo poveikis gali pasireikšti gana įvairiai. Mokslininkai iki šiol svarsto, ar augantis triukšmo poveikis gali sukelti „adaptacines ligas“, pavyzdžiui, streso ligas: astmą, opą, galvos skausmą, depresiją ar aukštą kraujospūdį. Prie triukšmo įtakos tokiems fiziniams negalavimas taip pat prisideda ir kiti veiksniai, pavyzdžiui, socialinis – ekonominis ir amžiaus faktorius bei jautrumas triukšmui (Ouis 2001).

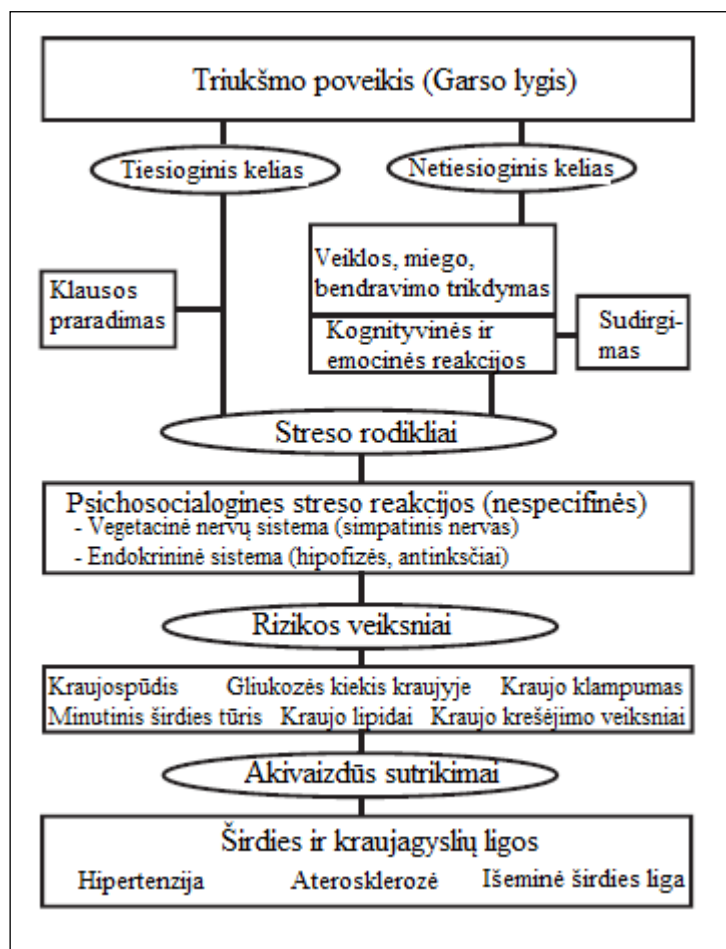
Pasak Mediema ir Vos (1998) triukšmo poveikio žmogui nėra, kai garsas yra žemesnis nei 40–45 dB, tačiau poveikis sparčiai stiprėja, kylant garso lygiui. Tyrimų duomenimis oro transporto triukšmas daro didesnę poveikį nei kelių keliamas triukšmas, o pastarasis yra daug labiau dirginantis už geležinkelio transporto bildėjimą.

Žinios, įgytos atliekant laboratorinius tyrimus (Öhrström and Björkman 1988), parodė, kad, žmogų veikiant transporto triukšmu devynias naktis per dvi savaites, jam pasireiškia miego kokybės ir nuotaikos pablogėjimas, nedarbingumas, padidėja nuovargis ryte bei dieną. Žmonės, daugelį metų gyvenantys labai triukšmingose teritorijose, gali būti veikiami panašiu būdu – ilgai gali pasireikšti psichologiniai ir psichosociologiniai sutrikimai.

Öhrström (2004) nustatė, kad labai didelis susierzinimas (apie 58 %) yra sukeliamas, kai triukšmo lygis prie labiau autotransporto triukšmo paveiktų fasadų siekia 67 dB $L_{Aeq, 24h}$ (t.y. ~69 dB $L_{Aeq, 16h}$), o prie mažiau paveiktų fasadų – 62 dB $L_{Aeq, 24h}$ (t.y. ~64 dB $L_{Aeq, 16h}$). Jis teigia, kad rimtesniam susierzinimui dėl aukštesnių triukšmo lygių įtakos taip pat gali turėti sunkiasvorių automobilių sukelta vibracija – apie 82 % tyrimo dalyvių buvo labai suerzinti kelių transporto keliamos vibracijos.

Vienas iš labiausiai paplitusių skundų dėl triukšmo poveikio yra miego sutrikimai ir tai gali daryti nemažą įtaką žmonių sveikatai ir gyvenimo kokybei (WHO 2011). Belgrade atlikti tyrimai, parodė, kad miego sutrikimai buvo ryškesni miesto vietose, kur gatvių eismo keliamas triukšmas viršijo 65 dB(A) L_{eq} . Tyrimo dalyviams triukšmingose teritorijose yra daug sunkiau užmigti, jie dažniau keliai naktimis ir sunkiau vėl užmiega. 48,7 % apklaustųjų iš šių teritorijų blogos kokybės miego priežastimi įvardino autotransporto triukšmą (Jakovljević *et al.* 2006).

Be triukšmo sukeltų psichosocialinių sutrikimų didelį susirūpinimą kelia ir triukšmo paskatintos širdies ir kraujagyslių ligos. Remiantis 61 epidemiologinių tyrimo (atlikto iki 2005 metų) rezultatais, buvo pripažinta, kad tarp transporto keliamo triukšmo ir miokardo infarkto yra tiesioginis ryšis (WHO 2011). Anglijoje ir Velse buvo atliktas tyrimas dėl transporto triukšmo įtakos išeminei širdies ligai ir miokardo infarktui. Tyrime dalyvavo 45–63 metų vyrai. Tyrimo metu buvo valdomi daugelis išeminės širdies ligos rizikos veiksnių. Remiantis rezultatais, nustatyta, kad miokardo infarkto rizika padidėjo 20 % tuose mikrorajonuose, kuriuose triukšmo lygis siekė 65–70 dB(A), lyginant su 51–55 dB(A) triukšmo lygiu (Babisch 1999). Lietuvoje tiriant 70 dB(A) aplinkos triukšmo įtaką miokardo infarkto rizikai, nustatyta, kad transporto triukšmas gyvenamajame mikrorajone neginčijamai didino vyresnio amžiaus vyrų sergamumą miokardo infarktu (Gražulevičienė ir kt. 2003).



1.3 pav. Triukšmo poveikio žmogaus sveikatai schema (Babisch 2002)

1.3 paveiksle yra parodyta principinė reakcijos schema, kuri buvo naudojama triukšmo epidemiologiniuose tyrimuose hipotezėms tikrinti (Babisch 2002). Schema supaprastina šią priežasties – pasekmės grandinę: garsas – dirginimas (triukšmas) – psichosociologinis sužadinimas (streso rodikliai) – (biologiniai) rizikos veiksniai – ligos – mirtingumas (į pastarąjį schemoje nėra atsižvelgta). Mechanizmas veikia „tiesiogiai“ per simpatinių nervų sąveiką ir „netiesiogiai“ – per emocinį ir kognityvinį garso suvokimą. Reiktų pažymėti, kad „tiesioginis“ poveikis yra svarbus ir esant žemiems garso lygiams, ypač miego metu. Atliekant statistinę triukšmo ir sveikatos ryšio analizę, objektyvus triukšmo poveikis (garso lygis) ir subjektyvus triukšmo „poveikis“ gali būti naudojami nepriklausomai vienas nuo kito (WHO 2009).

Vaikai gali būti ypač pažeidžiami triukšmo – jis gali trukdyti mokytis kritiniu vystymosi etapu. Be to, vaikai prasčiau negu suaugusieji sugeba numatyti, suprasti ir susidoroti su stresoriais. Jungtinėje Karalystėje (JK), Ispanijoje ir Olandijoje buvo tiriama orlaivių ir kelių triukšmo įtaka vaikų sveikatai. Nustatyta, kad dėl orlaivių keliamo triukšmo vaikams sutrinka

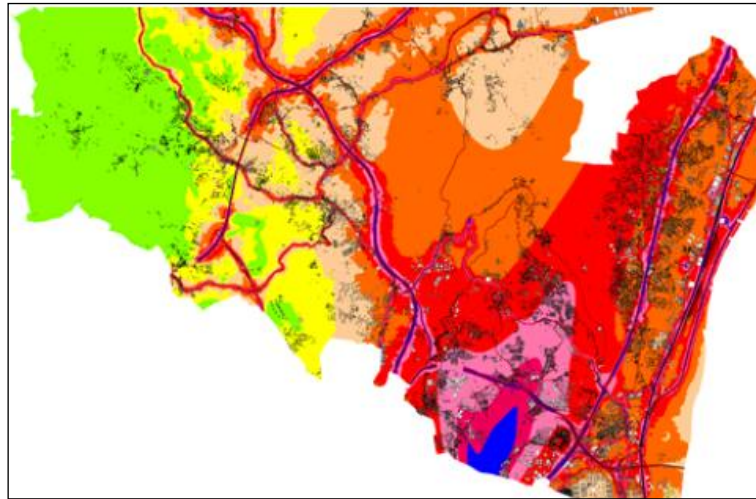
teksto suvokimas, o dėl kelių eismo triukšmo – epizodinė atmintis. Rezultatai taip pat rodo, kad susierzinimas su orlaivių keliamu triukšmu yra susijęs netiesiogiai, o su kelių transporto triukšmu – tiesiogiai (Stansfeld *et al.* 2005).

1.2. Triukšmo žemėlapiai ir kartografavimas

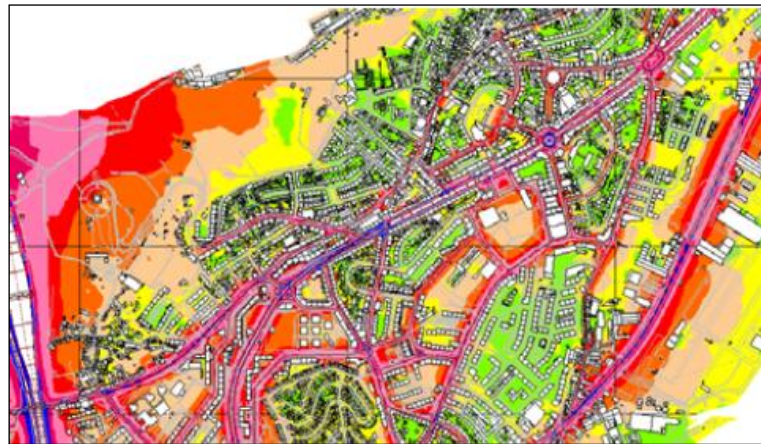
Triukšmo žemėlapis yra informacijos sluoksnis, kurį sudaro kiekvieno triukšmo šaltinio (kelių, geležinkelių, oro uostų, pramonės objektų, laisvalaikio veiklos ir kt.) emisijos ir sklaidos skaičiavimai kiekviename geografiniame taške (Coelho and Alarcão 2005). Tokiu būdu jis naudojamas kaip priemonė, vizualiai pristatanti triukšmo taršos pasiskirstymą geografinėje teritorijoje tam tikru momentu, arba sudarant statistinę bazę. Remiantis triukšmo žemėlapiais galima pagerinti arba išsaugoti akustinės aplinkos kokybę, atsižvelgiant į įvairius triukšmo taršos šaltinius. Taip pat, tai puiki miestų planavimo priemonė. Triukšmo žemėlapius kaip planavimo priemonę galima naudoti ir kitiems dalykams (de Noronha Castro Pinto and Moreno Mardones 2009):

- Triukšmo apibūdinimui tiriamoje teritorijoje;
- Duomenų bazių apie miestų planavimo su lokalizuota triukšminga, mišria ar tylia veikla kūrimui;
- Skirtingų ateities scenarijų modeliavimui;
- Numatomos infrastruktūros ir pramonės keliamo triukšmo prognozavimui.

Triukšmo žemėlapiai gali būti braižomi pagal matavimų arba skaičiavimų duomenis. Naudojant matavimų duomenis, yra sudaromi statiniai žemėlapiai su absoliučiomis reikšmėmis. Skirtingų triukšmo šaltinių indėlį sunku identifikuoti. Situaciją atspindintys ilgalaikiai matavimai yra sudėtingas ir sunkus uždavinys, tam reikia daug techninės įrangos. Skaičiavimai leidžia kurti duomenų bazines, kurias galima lengvai atnaujinti ir atskirti nevienodų triukšmo šaltinių indėlius. Sudarant žemėlapius dideliems miestams dėl didžiulio duomenų ir skaičiavimų kiekio, gali prireikti galingo ir talpaus kompiuterio. Matavimais pagrįsti triukšmo žemėlapiai buvo sudaromi ankstyvais 90-taisiais. Šiuo metu žemėlapiai sudaromi skaičiavimų pagrindu (1.4 pav.) (Coelho and Alarcão 2005).



a.



b.

1.4 pav. Tipiniai triukšmo žemėlapių pavyzdžiai: a – strateginis *Loures* miesto triukšmo žemėlapis, b – *Almados* miesto detalaus triukšmo žemėlapio fragmentas (Coelho and Alarcão 2005)

Šiais laikais, triukšmo žemėlapiai yra sudaromi atsižvelgiant į žinomus parametrus: 3D skaitmeninis reljefo apibūdinimas, eismo srautai ir jų sudėtis, vidutinis greitis ir meteorologinės sąlygos (Mioduszevski *et al.* 2011). Kompiuterinių priemonių raida padarė triukšmo kartografavimą lengvesnį ir tikslesnį. Triukšmo žemėlapiai priklauso nuo tikslių akustinių modelių, tačiau jų kūrimo patirtis rodo, kad dalis informacijos, kuri reikalinga, yra nepakankamai tiksli arba jos iš viso nėra (Asensio *et al.* 2009). Dėl to turi būti padarytos tam tikros prielaidos ir hipotezės, kad modelis būtų užpildytas reikiamais duomenimis. Todėl, kai tik įmanoma, žemėlapiai yra kalibruojami (Mioduszevski *et al.* 2011). Triukšmo žemėlapiai gali būti kalibruojami lyginant išmatuotus ir apskaičiuotus triukšmo lygius. Yra keli kalibravimo būdai: pilnas triukšmo lygių koregavimas (optimizuojant skirtumą tarp išmatuotos ir apskaičiuotos reikšmės) ir lokalus triukšmo lygių koregavimas (norint apskaičiuoti šaltinio triukšmo lygius,

matavimai yra atliekami pakartojimo metodu arti šaltinio; tai leidžia nustatyti nežinomus šaltinio parametrus). Dažniau rekomenduojamas yra pastarasis kalibravimo būdas (Manvell 2004).

Kiekvienam triukšmo šaltiniui yra kuriama duomenų bazė, kurią sudaro emisijos duomenys (pavyzdžiui, eismo intensyvumas, transporto priemonių ar orlaivių kiekis, įranga, pramonės išsidėstymas, triukšmo lygiai, oktavos spektro juosta), sklaidos duomenys (pavyzdžiui, kelio danga, bėgiai, žemės paviršius, pastatų fasadų akustinės savybės), meteorologiniai ir kiti duomenys, reikalingi triukšmo lygių nustatymui kiekvienoje paveiktoje vietoje. Triukšmo žemėlapių yra kuriami skirtingiems paros laikotarpiais. Europos triukšmo direktyvoje reikalaujama parengti žemėlapius 3 periodams: dienai, vakarui ir nakčiai (Coelho and Alarcão 2005). Grafiniai triukšmo žemėlapių gali būti braižomi triukšmo linijomis (izobelais) arba zonomis (5 dB intervalai) (Богданов *et al.* 2002).

Pastaraisiais metais pasaulyje platų pritaikymą miestų planavime, įvertinant triukšmo režimą, įgavo plokštuminiai triukšmo žemėlapių. Tačiau tokie žemėlapių nepakankamai tiksliai apibrėžia akustinio diskomforto zonas trimatėje erdvėje. Erdviniai triukšmo žemėlapių leidžia nustatyti atskirų triukšmo šaltinių ir jų grupių paveiktas zonas ir apskritis. Taigi erdvinį žemėlapių naudojimas, leidžia padidinti skaičiavimų tikslumą, analizuojant triukšmingą aplinką aplink šaltinį. Trimačiai triukšmo žemėlapių gali būti naudojami, vertinat triukšmo lygius keliose plokštumose, lygiagrečiose žemės paviršiui (Богданов *et al.* 2002). Norint sudaryti erdvinį triukšmo žemėlapių, būtina nustatyti visų triukšmo šaltinių koordinates ir skaičiavimo taškus, taip pat objektus, galinčius daryti įtaką triukšmo sklaidai (Абракитов 2008).

Išsiaiškinus atstumus tarp visų triukšmo šaltinių ir skaičiavimo taškų, galima nustatyti suminius triukšmo lygius kiekviename skaičiavimo taške (Богданов *et al.* 2002):

$$L_{ai} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{aij}} \quad (1.1)$$

L_{ai} – suminis triukšmo lygis, i-ajame taške iš n šaltinių, dB(A);

L_{aij} – triukšmo lygis i-ajame taške iš j-ojo triukšmo šaltinio, dB(A).

Didinat skaičiavimo tikslumą, reikia atsižvelgti į įvairių kliūčių galimą triukšmo spindulių ekranavimą. Tai išreiškiama formule:

$$L_{aij} = L_{ai} - \Delta L_{ats I} - \Delta L_{ekr I} \quad (1.2)$$

L_{ai} – i-ojo šaltinio triukšmo lygis, dB(A);

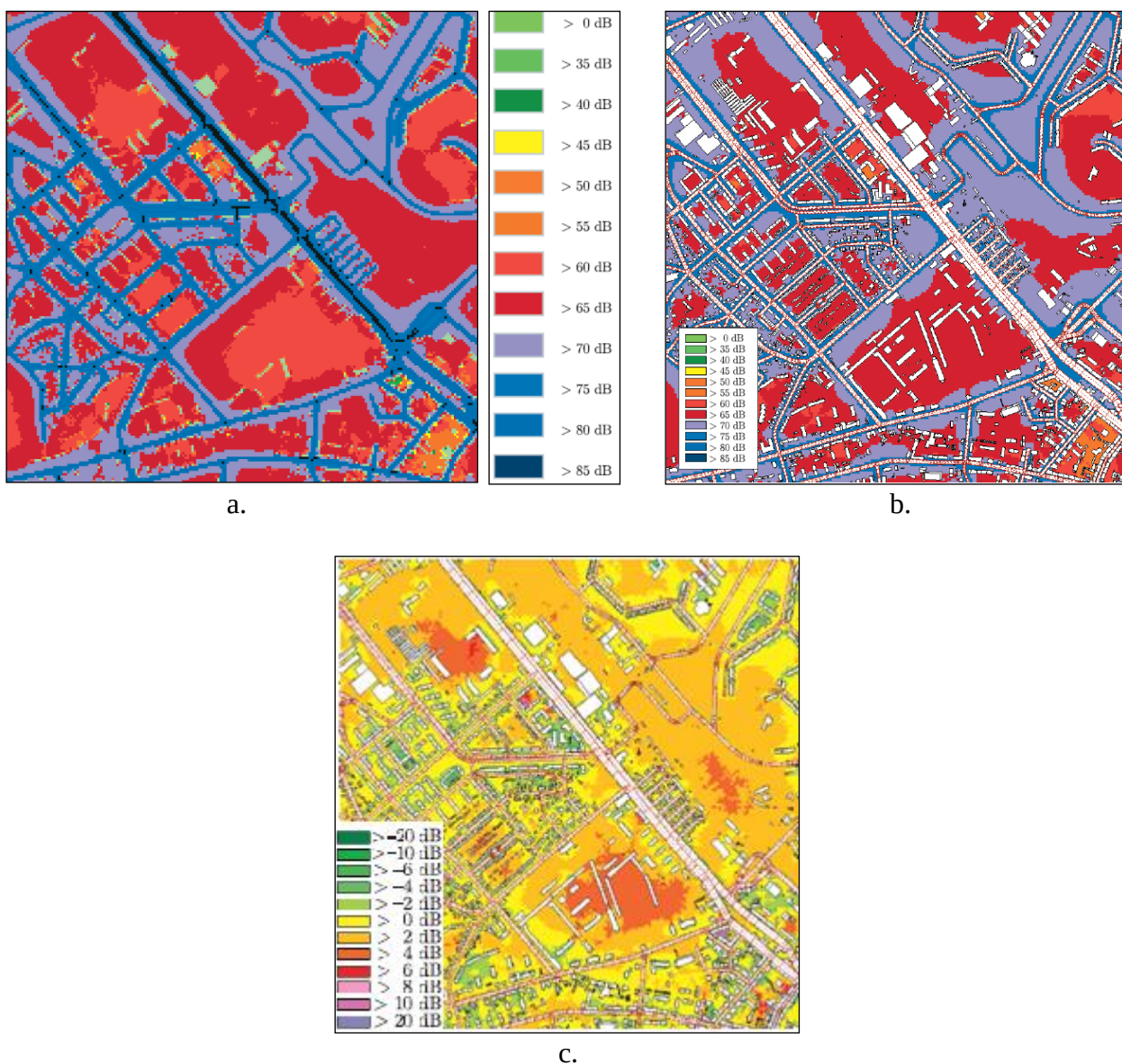
$\Delta L_{ats I}$ – triukšmo lygio sumažėjimas nuo atstumo tarp i-ojo šaltinio ir j-ojo skaičiuojamojo taško, dB(A);

$\Delta L_{ekr I}$ – triukšmo lygio sumažėjimas nuo ekranuojančių paviršių, esančių tarp i-ojo šaltinio ir j-ojo skaičiuojamojo taško, dB(A).

Greitas kompiuterinės technikos vystymasis leidžia automatizuoti triukšmo kartografavimą. Greiti modernūs kompiuteriai gali apdoroti didžiules statistinės ir grafinės informacijos apimtis. Dėl šios priežasties daugelis kompanijų siūlo įvairius miestų kartografavimo tipus (Luzzi and Vassiliev 2005). Kompiuterinis modeliavimas yra parankesnis, nes leidžia modeliuoti įvairias situacijas, nustatyti planuojamų triukšmo mažinimo priemonių efektyvumą ar, pavyzdžiui, pateikti situaciją ateityje, nulemtą nuolat augančio eismo intensyvumo (VVSPT 2011).

GIS sistema leidžia saugoti, analizuoti ir valdyti įvairių tipų erdvinis duomenis. Tai yra svarbu, atsižvelgiant į triukšmo kartografavimo mokslinius tyrimus (Murphy *et al.* 2006). GIS technologijos dažniausiai naudojamos triukšmo poveikio įvertinimui, sudarant strateginius triukšmo žemėlapius (Stoter *et al.* 2008). Atsižvelgiant į triukšmo šaltinius ir atstumus tarp jų yra taikomas interpoliacijos metodas. Interpoliacija GIS technologijoje naudojama, norint apskaičiuoti nežinomą triukšmo lygį kiekviename geografiniame taške. GIS programinėje įrangoje duomenys, reikalingi interpoliavimo procesui, paprastai yra taškiniai. Klaidinga manyti, kad teritorijose, kuriuose yra parengti triukšmo žemėlapiai, triukšmo lygiai nuskaityti nuo žemėlapių yra vienodi visuose taškuose. Triukšmo lygiai, gauti iš žemėlapių, gali būti didesni už realius (Yilmaz and Hocanlı 2006).

Strateginiai triukšmo žemėlapiai sudaromi pagal apskaičiuotus einamųjų metų (12 mėnesių) vidutinius duomenis. Tokių būdu sudarytas žemėlapis yra bendras ir negali pateikti išsamios informacijos apie realius triukšmo lygius, pavyzdžiui per paskutines 24 valandas. Per pastarąjį dešimtmetį buvo sukurta „dinaminio triukšmo žemėlapių“ sąvoka. Tokie žemėlapiai galėtų labiau prisidėti prie visuomeninio triukšmo taršos supratimo. Dinaminiai žemėlapiai nuolatos papildomi tiksliais matavimų duomenimis, pateikiančiais išsamią informaciją apie akustinį klimatą tam tikroje teritorijoje (1.5 a. pav.) (Czyżewski *et al.* 2009).



1.5 pav. Gdanskio miesto triukšmo žemėlapių fragmentai: a – dinaminis triukšmo žemėlapis, b – triukšmo žemėlapis, sudarytas CadnaA programa; c – skirtumas tarp CadnaA triukšmo žemėlapio ir dinaminio triukšmo žemėlapio (algoritmo) (Czyżewski *et al.* 2009)

Duomenys yra gaunami iš triukšmo monitoringo sistemos. Tokie triukšmo žemėlapiai labai gerai atspindi padėtį ir leidžia numatyti situacijas, kurios negali būti numatytos strateginiuose triukšmo žemėlapuose, pavyzdžiui, eismo nukreipimas. Dinaminiai triukšmo žemėlapiai sudaromi superkompiuterio pagalba. Czyżewski *et al.* (2009) palygino dinaminį ir CadnaA programa sudarytą triukšmo žemėlapi (1.5 pav.).

1.2.1. Strateginis triukšmo kartografavimas Europos Sąjungoje

Europos Taryba pirmoji iškėlė idėją apie bendrą visas ES šalis apimančią triukšmo žemėlapi, sudarytą, remiantis bendrais metodais ir rodikliais. Triukšmo kartografavimas apima visą planavimo procesą, pradedant neapdorotų duomenų rinkimu, saugojimu, koregavimu bei skaičiavimu ir baigiant modeliavimu, kuris pateikia informaciją apie lauko garso lygius, garso ir triukšmo poveikį aplinkai ar kenčiančių nuo triukšmo žmonių skaičių (Coelho 2003).

Triukšmo kartografavimas – tai „duomenų apie esamus arba prognozuojamus triukšmo atvejus pateikimas triukšmo rodiklio vienetais, kur nurodomos visos pažeistos galiojančios ribinės vertės, triukšmo veikiamų žmonių ar būstų skaičius tam tikroje zonoje, kuriose veikia nurodytam triukšmo rodikliui prilygstantis triukšmas“ (Europos Triukšmo direktyva (ETD)).

Triukšmo kartografavimo Europoje pagrindinis tikslas yra teikti svarbią informaciją, pagal kurią būtų sudaromi veiksmų planai, vietos strategijos nacionaliniu ir ES lygmeniu, siekiant kovoti su triukšmo tarša (Klæboe *et al.* 2006).

Plačiai apibrėžta „triukšmo žemėlapis“ sąvoka paprasčiausiai parodo tam tikroje geografinėje teritorijoje pateiktus apskaičiuotus ir/arba išmatuotus triukšmo lygius (Murphy and King 2010). Strateginiai triukšmo žemėlapiai yra skirti įvairių šaltinių triukšmo poveikio apibendrintam įvertinimui tam tikroje teritorijoje arba apibendrintai prognozei pateikti (Mačiūnas ir kt. 2007). Taigi, „triukšmo žemėlapiai“ labiau susiję su triukšmo duomenų pateikimu, o „strateginiai triukšmo žemėlapiai“ – su informacijos apie triukšmo poveikį įvertinimu, atsižvelgiant į Direktyvos sąlygas (Murphy and King 2010).

ES valstybėse narėse strateginis triukšmo kartografavimas, įgyvendinant Direktyvą, atliekamas keliais etapais:

- Pirmuoju etapu strateginiai triukšmo žemėlapiai sudaromi aglomeracijoms, kuriose yra daugiau kaip 250 000 gyventojų, ir pagrindiniams keliams, kuriais per metus pravažiuoja daugiau nei 6 milijonai transporto priemonių, pagrindiniams geležinkeliams, kuriais per metus pravažiuoja daugiau nei 60 000 traukinių, ir stambiems oro uostams;
- Antruoju etapu strateginiai žemėlapiai turi būti sudaromi aglomeracijoms, turinčioms daugiau nei 100 000 gyventojų.

Kartografavimo rezultatai atnaujinami kas penkis metus (Europos Komisijos... 2002).

Pirmojo etapo stebėjimo rezultatai jau yra prieinami per Europos triukšmo stebėjimo ir informavimo tarnybą, kurią prižiūri Europos aplinkos agentūra (EAA), ir jau bandoma atlikti preliminarą analizę Europos mastu (van den Berg and Licitra 2009).

1.2.2. Strateginiai triukšmo žemėlapiai Lietuvoje

Įgyvendinant Europos triukšmo direktyvą 2002/49/EB, Lietuvoje buvo priimtas Triukšmo valdymo įstatymas. Triukšmo valdymo įstatymas nustato triukšmo prevencijos teisinius pagrindus, triukšmo valdymo subjektų teises, pareigas, triukšmo kontrolės ir stebėsenos (monitoringo) tvarką. Strateginis triukšmo kartografavimas yra viena iš priemonių, įgyvendinant Lietuvos Respublikos triukšmo valdymo įstatymo nuostatas. Strateginis triukšmo žemėlapis yra skirtas aplinkos triukšmo lygiui įvertinti Lietuvos aglomeracijose, šalia pagrindinių kelių, pagrindinių geležinkelių ir pagrindinių oro uostų (Lietuvos Respublikos... 2004).

Vykdamas Direktyvos ir Triukšmo valdymo įstatymo reikalavimus iki 2007 metų, pirmojo etapo metu, turėjo būti parengti strateginiai triukšmo žemėlapiai didžiosioms šalies aglomeracijoms, kuriose gyventojų skaičius viršija 250 000, t.y. Vilniaus (1.6 pav.) ir Kauno (1.7 pav.) miestuose. Strateginiai triukšmo žemėlapiai Lietuvoje buvo sudaromi pirmą kartą.

Pagal Lietuvos Respublikos normatyvinius aktus, diena trunka 12 valandų, vakaras – 4 valandas, o naktis – 8 valandas. Vykdamas strateginį triukšmo kartografavimą, nustatomi šie triukšmo lygio rodikliai: dienos – L_{dienos} , vakaro – L_{vakaro} , nakties – $L_{nakties}$ ir integralus paros – L_{dvn} . Rengiant triukšmo strateginio kartografavimo ataskaitas, pagal ES reikalavimus naudojami integralus paros ir nakties triukšmo lygio rodikliai (L_{dvn} ir $L_{nakties}$) (Vilniaus triukšmo... 2011).

Jų pritaikymo galimybės yra labai plačios. Strateginiai triukšmo žemėlapiai yra naudojami vertinant esamą ir prognozuojamą triukšmo režimą keliuose ir gatvėse bei miesto teritorijose, rengiant organizacines ir administracines, architektūrines ir planavimo priemones, mažinančias transporto triukšmą (Mačiūnas ir kt. 2007).

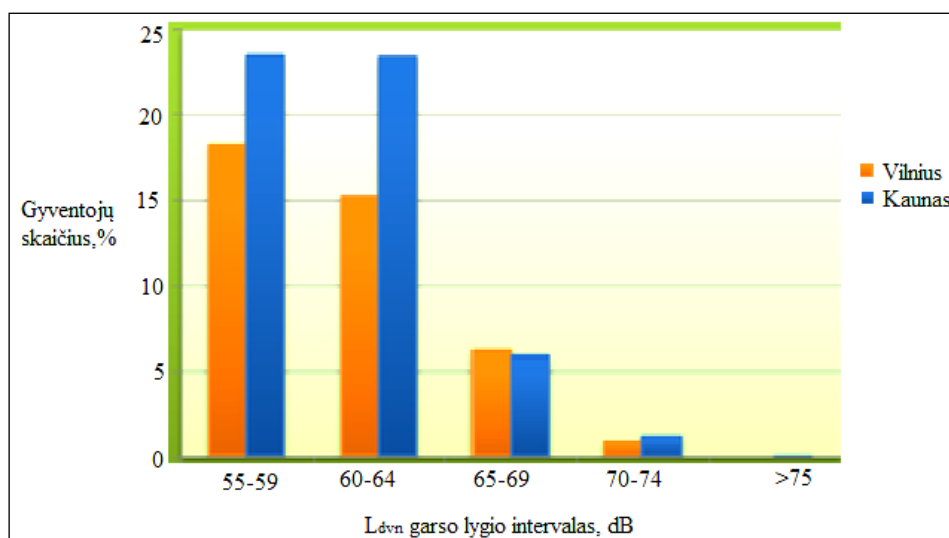
Aglomeracijų atveju sudaromi atskiri kelių, geležinkelių, orlaivių transporto ir pramoninės veiklos triukšmo strateginiai žemėlapiai. Žemėlapiai pateikiami plačiam miestų planavimo specialistų ratui ir suteikia informacijos apie triukšmo lygį miesto teritorijoje nuo suprognozuotų perspektyvinių transportų srautų atskirose miesto gatvėse iki lokalių triukšmo šaltinių (Klibavičius 2008). Vilniaus miesto savivaldybės internetiniame puslapyje yra pateikti interaktyvūs triukšmo žemėlapiai, kurie yra prieinami visiems.





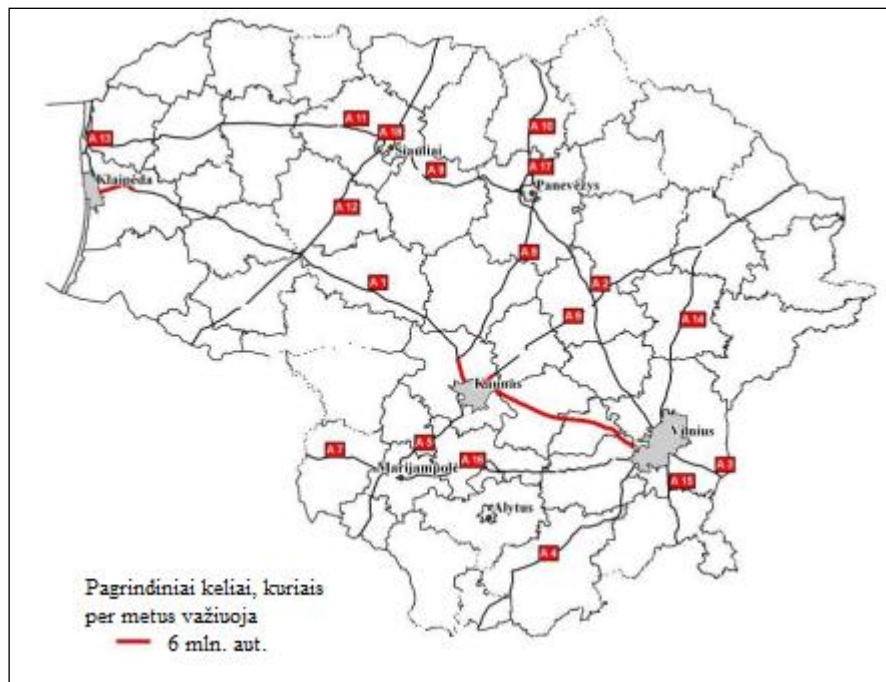
1.7 pav. Kauno miesto savivaldybės strateginis triukšmo žemėlapis (Kauno triukšmo... 2008)

1.8 paveiksle, lyginant Vilniaus ir Kauno miesto kelių transporto triukšmo veikiamų žmonių skaičių, matyti, kad Kauno mieste eismo triukšmas, kurio dydis 50–54 dB L_{dvn} , veikia didesnę procentą (~10 %) žmonių nei Vilniuje. Esant 60–64 dB L_{dvn} garso lygiui, Kauno kelių transporto triukšmo veikiamų gyventojų procentas taip pat yra didesnis (~17 %). Triukšmo lygiai, didesni už 65 dB L_{dvn} , abiejuose miestuose veikia beveik tokį patį procentą žmonių.



1.8 pav. Kelių transporto triukšmo (L_{dvn}) veikiamų žmonių skaičiaus palyginimas Vilniuje ir Kaune (VVSPT 2011)

Igyvendinant Direktyvą ir Triukšmo valdymo įstatymą, triukšmo žemėlapiai, turėjo būti parengti ir pagrindiniams šalies keliams, kuriais per metus pravažiuoja daugiau kaip 6 milijonai transporto priemonių (1.9 pav.).



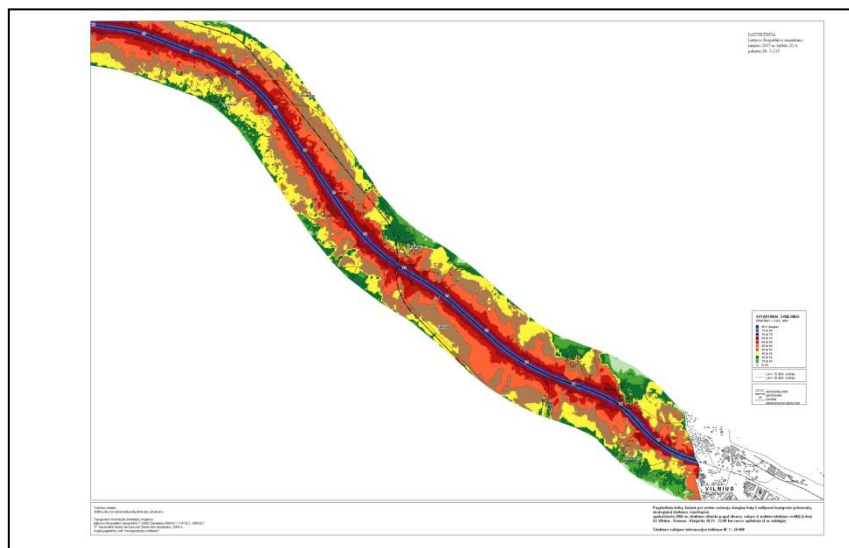
1.9 pav. Lietuvos pagrindiniai keliai, kuriais per 2006 m. pravažiavo daugiau nei 6 milijonai transporto priemonių (faktinių tyrimų duomenys) (Lietuvos automobilių... 2011)

Pagrindinių kelių, kuriais per metus pravažiuoja daugiau nei 6 milijonai transporto priemonių, strateginiai triukšmo žemėlapiai suskirstyti pagal kilometrus, kurie išskirti 1.1 lentelėje.

1.1 lentelė. Triukšmo strateginio kartografavimo I etapo pagrindiniai keliai (Lietuvos automobilių...2011)

Kelio Nr.	Pagrindinio kelio pavadinimas	Pagrindinio kelio ruožas, kuriam parengti strateginiai triukšmo žemėlapiai, km	Pagrindinių kelių ruožai, kuriems parengti strateginiai triukšmo žemėlapiai, km
A1	Vilnius–Kaunas–Klaipėda	18,11–95,52	77,41
		102,90–114,54	11,64
		288,34–304,89	16,55
A6	Kaunas–Zarasai–Daugpilis	5,95–14,04	8,09
Iš viso:			113,69

Pagrindinių kelių strateginio kartografavimo rezultatai parodė, kad didžiausias pastatų, būstų ir žmonių, gyvenančių ne aglomeracijose pagrindinių kelių apibendrinto dienos, vakaro ir nakties (L_{dvn}) rodiklio triukšmo poveikio zonoje (2006 m.), skaičius yra prie kelio A1 Vilnius – Kaunas–Klaipėda ruožo 18,11–95,52 km (1.10 pav.).



1.10 pav. Kelio A1 Vilnius–Kaunas–Klaipėda ruožo 18,11–95,52 km (Vilnius–Kaunas) strateginis triukšmo žemėlapis (Lietuvos automobilių...2011)

Šiame ruože virš 4000 žmonių yra veikiami 55–64 dB triukšmo, didesnio nei 65 dB triukšmo veikiami tik 514 žmonių (Lietuvos automobilių...2011).

Vykdam antrą etapą, strateginiai triukšmo žemėlapiai bus parengti kitiems Lietuvos miestams, kuriuose gyventojų skaičius yra virš 100 000.

1.3. Tyliosios zonos

Tyliosios zonos koncepcija buvo aiškiai įvardyta Europos Triukšmo direktyvoje ir įvesta į daugelio ES valstybių narių teisės aktus. Tyliąją zoną galima apibūdinti kaip sritį, kuri yra tylesnė už aplink esančias teritorijas ir turi atkuriamąjį psichologinį poveikį joje apsilankiusiems žmonėms (Botteldooren and De Coensel 2006). Direktyvoje išskirtos dviejų tipų tyliosios zonos, kurios apibrėžtos taip:

- „tylioji aglomeracijos zona“ – kompetentingos institucijos apibrėžta zona, kurioje bet kurio šaltinio skleidžiamo triukšmo L_{dvn} vertė ar kito atitinkamo triukšmo rodiklio vertė neviršija valstybės narės nustatytos tam tikros vertės;

- „tylioji gamtos zona“ – kompetentingos institucijos apibrėžta zona, netrikdoma transporto, pramonės ar rekreacinės veiklos triukšmo.

Per pastarąjį dešimtmetį tyla tapo ekologine vertybe (Votsi *et al.* 2012). Tyliosios gamtos zonos pagrindinė socialinė vertė yra jos panaudojimas ramiam poilsiui, ji gali būti naudinga gyventojų sveikatai gerinti ir nuovargiui mažinti (De Coelsen and Botteldooren 2006). Mūsų laikais tyliosios zonos pripažintos kaip būtinos gyventojų apsaugai nuo autotransporto triukšmo poveikio (Öhrström *et al.* 2006). Tyliųjų zonų paskirtis – sukurti miesto gyventojams ir svečiams akustinio komforto teritorijas viešosiose, gamtinėse ir gyvenamosiose erdvėse, kuriose būtų galima pailsėti nuo miesto triukšmo, išvengti dirginimo, garantuoti, kad nustatytose zonose triukšmo lygis neviršytų nustatytų (griežtesnių nei bendros triukšmo lygio normos) normatyvinių dydžių (Vilniaus miesto... 2011).

Pastaruoju metu labai sumažėjo miestų teritorijų, kuriose išliko gera akustinė aplinka. Europos Triukšmo direktyvoje, šioms teritorijoms išsaugoti yra numatyti veiksmai: „*pagal triukšmo kartografovimo rezultatus valstybės narės patvirtina veiksmų planus, kaip užkirsti kelią aplinkos triukšmui ar prireikus bent jį sumažinti atitinkamose vietovėse, o ypač ten, kur poveikio lygiai gali pakenkti žmonių sveikatai, ir kaip išlaikyti tinkamą aplinkos triukšmo lygį ten, kur jis toks yra*“.

Triukšmo prevencijos planai aglomeracijose skirti apsaugoti tyliąsias zonas nuo triukšmo padidėjimo. Direktyva reikalauja parengti triukšmo prevencijos veiksmų planus, siekiant apsaugoti tyliąsias zonas nuo triukšmo padidėjimo ateityje (Valstybinis aplinkos sveikatos centras 2008).

Tyla ypatingai yra vertinama aukšto išsivystymo lygio šalyse, tokiose kaip Didžioji Britanija, Švedija ar Norvegija (Votsi *et al.* 2012). Pavyzdžiui, Norvegijos sostinėje, Osle, šiuo metu yra 14 tyliųjų zonų, kurių bendras plotas apima 13 km²; tai sudaro 9% miesto užstatytos teritorijos. Apie 2/3 tyliųjų zonų teritorijos ilgalaikis vidutinis triukšmo lygis yra mažesnis nei 55 dB L_{dvn}. Maždaug 55 % gyventojų gali pasiekti šią zoną per 10 minučių eidami pesčiomis (EAA 2010). Jungtinėje Karalystėje tyliosios gamtos zonos buvo nustatomos, remiantis kriterijumi, kad tyliosios zonos yra tos vietos, kurios yra gana toli nuo triukšmą skleidžiančių objektų. Papildomai įvertinamas vizualus minėtų objektų įsiterpimas į natūralią aplinką.

Lietuvoje, kaip ir kitose ES valstybėse narėse, didelis dėmesys skiriamas triukšmo kontrolei urbanizuotose vietovėse. Pagal Lietuvos Respublikos Triukšmo valdymo įstatymą yra išskiriamos trijų tipų tyliosios zonos:

- tylioji aglomeracijos zona – zona, kurioje bet kurio šaltinio skleidžiamo triukšmo L_{dvn} ar kito triukšmo rodiklis neviršija nustatyto dydžio;
- tylioji gamtos zona – zona, netrikdoma transporto, pramonės ar kitų mechanizmų skleidžiamo triukšmo ir buitinės veiklos, kaimynų ar lankytojų keliamo triukšmo ar rekreacinės veiklos triukšmo;
- tylioji viešoji zona – urbanizuotų teritorijų zona, netrikdoma transporto, pramonės ar komercinės ir gamybinės veiklos triukšmo.

Skirtingi tyliųjų zonų tipai yra nustatomi, siekiant atsižvelgti į miesto gyventojų akustinio komforto reikmių įvairovę. Tyliosios gamtos zonos yra steigiamos, siekiant miesto gyventojams išsaugoti natūralios gamtinės aplinkos teritorijas, kuriose būtų garantuotas aukštas akustinis komfortas visą parą ir galimybė per 1–1,5 valandos nuo miesto centro ar gyvenamųjų rajonų pasiekti gamtinę teritoriją be urbanistinio triukšmo. Tyliosios viešosios zonos steigiamos miesto parkuose, atvirose viešose erdvėse, siekiant miesto gyventojams ir svečiams sukurti akustinį komfortą dienos ir vakaro metu arti gyvenamosios vietos arba miesto centro. Tyliosios aglomeracijos zonos steigiamos gyvenamos ir socialinės paskirties miesto rajonuose, siekiant miesto gyventojams sukurti akustinį komfortą nakties metu (Vilniaus miesto... 2011).

Lietuvoje tyliąsias zonas nustatyti pavesta savivaldybėms, taip pat jos turi atlikti triukšmo monitoringą tyliosiose zonose (Lietuvos Respublikos... 2004).

1.3.1. Tyliosios aglomeracijos zonos

Tai gyvenamosios (arba mišrios su rekreacine ir sveikatos apsaugos socialine infrastruktūra) paskirties teritorijos, netrikdomos intensyvaus transporto, kitų didelių triukšmo šaltinių triukšmo, skirtos ramaus pobūdžio gyvensenai.

Tyliosios aglomeracijos zonos gali būti nustatomos remiantis: triukšmo kartografavimo rezultatais; teritorijos funkcinio zonavimo, socialinės infrastruktūros ir gyvenamųjų namų lokalizacijos, aplinkos kokybės kartografavimo duomenimis; geografinių informacinių sistemų duomenimis apie detaliojo, specialiojo ir bendrojo teritorijų planavimo perspektyvinius sprendinius; gyventojų teritorijų bendruomenių ar kelių namų bendrijų (jų asociacijų) prašymais dėl tyliųjų aglomeracijos zonų steigimo; aplinkos apsaugos ir teritorijų planavimo specialistų ir akustikos ekspertų argumentuotais teikimais dėl zonų steigimo (Vilniaus miesto... 2011).

Pagrindinis triukšmo rodiklis aglomeracijų tyliosiose zonose turėtų būti L_{dvn} , tačiau kai kuriose teritorijose geriau tinka naudoti papildomus L_{dienos} , L_{vakaro} ir $L_{nakties}$ triukšmo rodiklius (Valstybinis aplinkos sveikatos centras 2008).

Siekiant akustinio komforto tyliosios aglomeracijos zonos ribose, vakaro ir nakties laikotarpiui gali būti nustatomos galimų triukšmo atvejų skaičiaus, triukšmo viršijimo trukmės ir aukštesnės nei nustatytos Lietuvos Respublikos vidutinės metinės vakaro ir nakties triukšmo lygio ribinės vertės. Statyba bei kiti aplinkos pertvarkymai tyliojoje gyvenamoje ir jos prevencijos zonose yra vykdomi įvertinus, ar nauji objektai nesukels nustatytų triukšmo lygio ribų viršijimo. Taip pat ribojamas motorinių transporto priemonių greitis eismas, triukšmą keliančių įrenginių naudojimas. Tyliosios aglomeracijos zonos steigiamos pagal gyventojų bendruomenės pageidavimą (prireikus narių daugumai). Tyliosios aglomeracijos zonos plotas neturėtų būti mažesnis nei 2 ha (Vilniaus miesto... 2011).

1.3.2. Tyliosios gamtos zonos

Tyla gamtinėse vietovėse turi tą pačią reikšmę kaip ir tyla aglomeracijose. Abiem atvejais siekiama nustatyti tylos ir ramybės zonas, tačiau gamtinėse vietovėse tylos išraiškos ir įvertinimo standartai yra kitokie ir turi būti griežtesni.

Standartai skiriasi dėl esminio gamtinėse vietovėse triukšmo aplinkos skirtumo. Garsinė aplinka gamtinėse vietovėse skiriasi. Be transporto, užmiestyje yra daug kitų triukšmo šaltinių. Modernus žemės ūkis yra labai priklausomas nuo visų žemės ūkio tipų mechanizacijos. Ūkių mechanizacijos mastai nuolat auga, ir dėl to triukšmas dėl žemės ūkio veiklos vis didėja. Elektrinės dažnai yra statomos gamtinėse vietovėse toliau nuo miestų ir didmiesčių. Visa tai yra priešinga miesto zonoms, kuriose triukšmo klimatas yra panašus (Valstybinis aplinkos sveikatos centras 2008).

Tyliosios gamtos zonos – tai natūralios gamtinės aplinkos, aukšto akustinio komforto teritorijos, tinkamos trumpalaikiam, neaktyviam gyventojų poilsiui gamtoje. Jomis gali būti dideli miesto miškų, parkų masyvai, netrikdomi transporto, kitų nenatūralių triukšmo šaltinių triukšmo. Jose ribotinas ir aktyvus gyventojų poilsis naudojant motorines ar kitokias triukšmingas poilsio priemones. Siekiant didesnio akustinio komforto, tyliosios gamtos zonos ribose nustatomos galimų triukšmo atvejų skaičiaus, triukšmo viršijimo trukmės ir aukštesnės nei vidutinės triukšmo lygio ribinės vertės. Tyliojoje gamtos ir jos prevencijos zonose ribojama statyba bei kiti radikalūs aplinkos pertvarkymai (išskyrus rekreacinio pobūdžio (objektų) statybą),

ribojamas motorinių transporto priemonių eismas (tik aptarnaujantis transportas), triukšmą keliančių įrenginių naudojimas. Tyliojoje gamtos zonoje nestatomi rekreacijos plėtrą skatinantys įrenginiai, išskyrus natūralios dangos takus, lankytojų srautą nukreipiančius ženklus, medžių genėjimą. Tyliosios gamtos zonos plotas neturėtų būti mažesnis nei 80 ha (Vilniaus miesto... 2011).

1.3.3. Tyliosios viešosios zonos

Tai rekreacinės ir socialinės-kultūrinės paskirties teritorijos, visų pirma miesto parkai ir rekreacinės zonos, netrikdomos transporto, kitų didelių triukšmo šaltinių triukšmo, skirtos trumpalaikiam poilsiui, rekreacijai, socialinei kultūrinei veiklai, bendravimui.

Pasirenkant tyliųjų viešųjų zonų triukšmo rodiklius, turėtų būti vadovaujamasi analogiškais kriterijais kaip ir tyliųjų aglomeracijos zonų nustatymo atveju. Kitaip nei tyliųjų aglomeracijos zonų atveju, tyliųjų viešųjų zonų nustatymas turi remtis ne kiekybiniais, o kokybiniais kriterijais. Tylioji viešoji zona apibrėžiama panašiais kriterijais kaip ir tylioji gamtos zona, tačiau tyliosiose viešosiose zonose nedraudžiamas triukšmas dėl visuomenės rekreacinės veiklos (Valstybinis aplinkos sveikatos centras 2008).

Siekiant didesnio akustinio komforto tyliosios viešosios zonos ribose dienos ir vakaro laikotarpiu nustatomos galimų triukšmo atvejų skaičiaus, triukšmo viršijimo trukmės ir aukštesnės nei nustatytos Lietuvos Respublikos vidutinės metinės dienos ir vakaro triukšmo lygio ribinės vertės. Tyliojoje viešojoje ir jos buferinėje prevencijos zonose ribojama statyba bei kiti radikalūs aplinkos pertvarkymai, sukelsiantys zonoje nustatytų triukšmo lygio ribų viršijimą (išskyrus rekreacinio pobūdžio (objektų) statybą), ribojamas motorinių transporto priemonių eismas (tik aptarnaujantis transportas), triukšmą keliančių įrenginių naudojimas. Tyliojoje viešojoje zonoje pageidautina sukurti ir palaikyti triukšmo nekeliančią rekreacijos infrastruktūrą (vaikščiojimo ir bėgimo takeliai, suoliukai, pavėsinės, fizinės mankštos aikštelės). Tyliosios viešosios zonos plotas neturėtų būti mažesnis nei 2 ha (Vilniaus miesto... 2011).

1.2 lentelėje pateikiama tyliosioms viešosioms zonoms apibrėžti siūlomų rodiklių triukšmo ribinių verčių suvestinė.

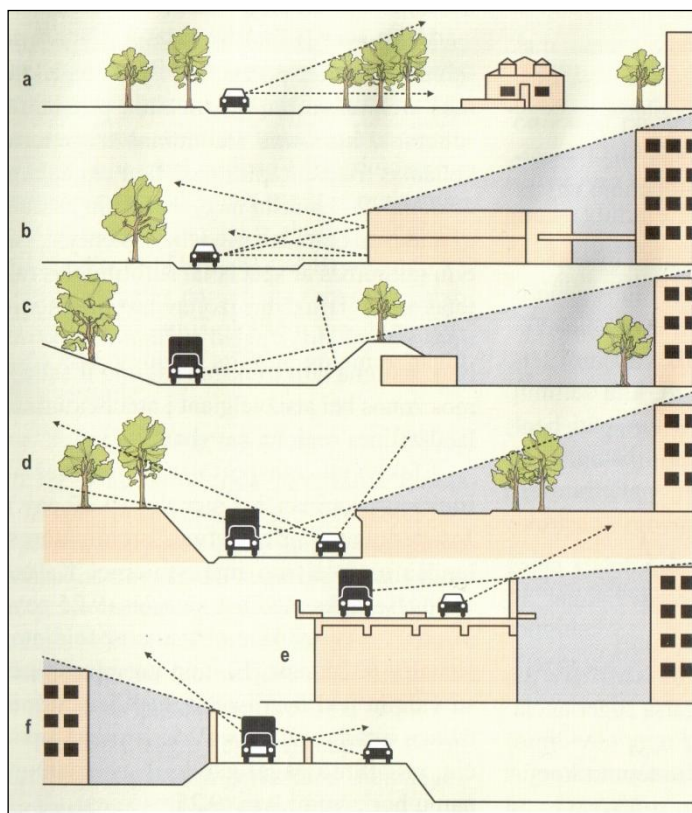
1.2 lentelė. Tyliųjų viešųjų zonų siūlomų ribinių verčių suvestinė (Valstybinis aplinkos sveikatos centras 2008)

<i>Kriterijus</i>	<i>Aprašymas</i>	<i>Lygis</i>
Kalbos aiškumas	Kalbos aiškumas 1 m atstumu	45 dB LAeq, T
Dirginimo reakcija	Dažniausia dirginimo ribinė reikšmė	50 dB LAeq, T
Kalbos interferencijos lygis	Tylus moters balsas 1 m atstumu	44 dB kalbos interferencijos lygis
Natūralių garsų dominavimas	Natūralūs garsai 5 dB didesni nei dirbtinio triukšmo emisija	37 dB LAeq, T
Kiti veiksniai	Landšaftas, vandens telkiniai, natūralūs garsai, augmenija ir t.t.	Nėra įvertintų reikšmių

50 dB LAeq, T triukšmo lygis turėtų būti tyliųjų viešųjų aglomeracijos zonų viršutinė ribinė vertė. Pavyzdžiui, Vilniaus Savivaldybėje Tyliosiose viešosiose zonose pageidautina sukurti ribinį vidutinį metinį dienos ir vakaro aplinkos triukšmo lygį 50 decibelų: ($L_{dienos} < 50$ dBA, $L_{vakaro} < 50$ dBA). Papildomas kriterijus (jei yra organizuota stebėseną) – nenatūralių triukšmo šaltinių sukeltų triukšmo įvykių skaičius per parą neturi viršyti 9, o bendra jų trukmė neviršyti 30 min (Vilniaus miesto... 2011).

1.4. Apsaugos nuo triukšmo priemonės

Pastaruoju metu didėjant aplinkos triukšmo ir jo poveikių problemoms vis daugiau dėmesio skiriama ir apsaugos nuo triukšmo mažinimo priemonėms. Aplinkos triukšmo poveikio gyventojų sveikatai mažinimui taikomos įvairios techninės, technologinės, urbanistinės, architektūrinės, organizacinės, inžinerinės, teisinės apsaugos priemonės (Šiaulių municipalinio... 2009).



1.11 pav. Triukšmą slopinantys ekranai: a – apsauginės želdinių (medžių ir krūmų) juostos, b – specialūs pastatai, kuriais žmonės naudojami atsitiktinai, c,d – specialiai suformuotas reljefas, e,f – specialūs statiniai – akustinės sienos, ekranai (Baltrėnas ir kt. 1996)

Apsaugoti nuo transporto triukšmo dažnai taikomos tokios priemonės kaip triukšmo barjerai, užtvaros, želdinių juostos, apsauginiai pylimai, įrengiamos gatvės tuneliuose, gerinama kelio danga ir kt. (1.11 pav.). Triukšmą slopinančiais ekranais gali būti negyvenamieji pastatai – parduotuvės, garažai, dirbtuvės ir kiti panašios paskirties žemaaukščiai namai (Grubliauskas 2009).

Akustinio ekrano efektas priklauso nuo jo aukščio, ilgio ir atstumo iki šaltinio. Norint padidinti akustinį efektą, viršūnė turi būti virš linijos, jungiančios akustinį triukšmo šaltinio centrą su skaičiuojamuoju tašku. Norint sumažinti ekrano aukštį, jo atstumas nuo triukšmo šaltinio turi būti mažiausias (Stauskis 2007). Akustiniams ekranams vis dažniau naudojamos specialiai tam sukurtos medžiagos ir konstrukcijos, tačiau neatsisakoma ir tradicinių medžiagų – medžio, įvairių spalvų betono (Kazragis ir Gailius 2006). Ekranai dažnai sukelia gyventojų nepasitenkinimą, dėl to, kad gadina estetinį vietos vaizdą ar užgožia miesto matomumą. Tokiu atveju gali būti taikomos skaidrios triukšmo slopinimo sienelės. Siekiant sumažinti triukšmą prie

greitkelių triukšmo barjerai yra svarbi ir tinkama priemonė, tačiau jų taikymo galimybės miesto centre ir priemiesčiuose yra gana ribotos (Van Renterghen and Botteldooren 2009).

Triukšmo ekranų estetiką praturtina želdiniai (Grubliauskas 2009). Anksčiau atliktų tyrimų duomenimis, nustatyta, kad augmenija veikia kaip A-svertinį garso lygį mažinantis barjeras (Ayaz and Arshad-Nauman 1998; Pal *et al.* 2000; Samara and Tsitsoni 2011). Tesalonikuose triukšmo lygiai buvo matuojami šalia žiedinio kelio su intensyviu eismu. Buvo lyginamas triukšmo mažėjimas 60 m atstumu, esant tik žolinei dangai ir esant miškui. Atlikus tyrimą paaiškėjo, kad antruoju atveju garso lygis sumažėjo 6 dB daugiau nei pirmuoju atveju. Taip pat nustatyta, kad geriau sodinti spygliuočius, nes tokių būdu triukšmas mažinamas visus metus (Samara and Tsitsoni 2011). Pakistane atliktų tyrimų duomenimis, nustatyta, kad medžių juostos, kombinuotos su krūmais, sumažina triukšmo intensyvumą 8 dB (Ayaz and Arshad-Nauman 1998). Naudojant augmeniją kaip triukšmo barjerą palei greitkelius, siūloma tokios miškininkystės charakteristikos: 2–3 m aukščio krūmai, brandaus medžių aukštis turėtų būti 15 m, bendras apsodintos teritorijos plotis mažiausiai 20 m (Pal *et al.* 2000).

Vienas iš pigesnių apsaugos nuo gatvių triukšmo ir taršos ekranavimo priemonių yra pylimai, t.y. iš grunto natūraliai supiltos triukšmo užtvaros. Bet šia priemone galima taikyti tik tuo atveju, kai yra pakankamas plotas pylimui įrengti. Apsaugos nuo triukšmo pylimai paprastai supilami iš statybos metu sukaupto arba atvežto iš kitur grunto (Petraitis 2007). Norint, kad pylimai maksimaliai atspindėtų eismo srautų garso bangas, juos reikia pratęsti ir apželdinti, kad sudarytų kuo statesnį kampą (Baltrėnas *et al.* 2009). Užtikrinant, kad projektinis pylimo aukštis bus išlaikytas visą eksploatavimo laiką ir nepakis dėl pylimo nestabilumo jie paprastai supilami 10–20 % aukštesni, negu numatyta projekte. Vokietijoje pylimų, sustiprintų gelžbetonio konstrukcijomis, yra keli šimtai kilometrų (Petraitis 2007).

Teritorijų planavimo ir architektūrinėmis priemonėmis galima sukurti tyliąsias erdves urbanizuotose aplinkose. Tankiau užstatytose teritorijose pastatai tarnauja kaip kliūtys laisvam autotransporto eismo keliamo triukšmo sklidimui ir silpnina garso lygį. Dėl to gyvenamųjų blokų vidinėse erdvėse garso lygis yra daug mažesnis (Montalvão Guedes *et al.* 2011). Pavyzdžiui, „Sony centre“ Berlyne panaudoti žiedu išdėstyti daugiaaukščių pastatų blokai, siekiant sukurti centrinę tyliąją aikštę. Yra daug kitų architektūrinių pavyzdžių, kurie buvo sėkmingi, sudarant tyliąsias erdves didmiesčio aplinkoje. Planuojant teritorijų apstatymą siekiama, kad gyvenamuosiuose pastatuose būtų sukuriamas „tylusis fasadas“.

1.5. Modeliavimo programų apžvalga

Siekiant įvertinti aplinkos akustinę taršą, paprasčiausias būdas yra išmatuoti aplinkos triukšmo garso lygius. Tačiau matavimų metodo pritaikymo sritis siaura, negalima prognozuoti triukšmo lygio dar projektavimo stadijoje, be to negalima įvertinti skirtingų triukšmo šaltinių atskirai. Todėl įvairiose statybos projektavimo stadijose plačiai taikomi imitacinio modeliavimo metodai. Tam gali būti naudojamos specialios programos – „EKOL“, „LAERM“. Šios programos modeliuoja triukšmo plitimą teritorijoje bei triukšmo lygį analizuojamuose taškuose (Ašmenskas ir kt. 1997).

Dabartiniu metu yra nemažai programinių įrangų, atliekančių autotransporto keliamo triukšmo sklaidos modeliavimą. Paminėtinos CadnaA, MapNoise, IMMI, SoundPlan ir kt. programinės įrangos.

CadnaA (Computer Aided Noise Abatement) – tai kompiuterinė programa, skirta apskaičiuoti ir pavaizduoti, įvertinti ir prognozuoti sukiamą triukšmą bei oro taršą (DataKustic... 2012). CadnaA galimybės leidžia modeliuoti pačius įvairiausius scenarijus, pasirenkant vieno ar kelių tipų triukšmo šaltinius (Triukšmo sklaidos... 2012):

- mobilius triukšmo šaltinius (kelius, geležinkelius, oro transportą)
- stacionarius triukšmo šaltinius (pramonės įmonės ir kt.)

Programa yra aiški ir patogi naudotojams tiek atliekant įvairius testus tiek sudėtingus mokslinius tyrimus. Dirbant CadnaA galima naudoti vieną modelį, nedarant jokių pakeitimų, netgi jeigu reikia apskaičiuoti triukšmo lygius pagal įvairius nacionalinius standartus. Skaičiavimai atliekami pagal 30 standartų ir direktyvų (DataKustic... 2012).

„**MapNoise**“ yra pažangi taikomoji GIS programinė įranga, skirta triukšmo keliuose ir gatvėse apskaičiavimui bei triukšmo žemėlapių sudarymui (Hnit Baltic Geoinfoservisas 2004).

„MapNoise“ modelis veikia geoinformacinėje sistemoje (modelis yra Geografinės informacinės sistemos programos „MapInfo“ taikomoji programa) Jis suteikia galimybę apskaičiuoti triukšmo poveikio lygį žemutiniuose aukštuose ir priešais pastatus, bet kuriuose aukštuose. Taip pat galima nustatyti į triukšmo poveikio zoną patenkančių namų skaičių, juos sugrupuojant pagal triukšmo poveikio lygį.

IMMI programų paketas skirtas triukšmo sklaidos ir oro teršalų sklaidos modeliavimui. Šis programų paketas pritaikytas ir atitinka nuolat besikaitančius reglamentus bei standartus. Priklausomai nuo skaičiavimo metodo IMMI gali apskaičiuoti įvairius triukšmo lygio rodiklius (L_{eq} , L_{dienos} , L_{vakaro} , $L_{nakties}$, L_{dvn} , L_{Amax} , L_{10} ir kt.) bei statistinius rodiklius. IMMI skaičiavimo

metodai apima kelių eismo triukšmo, geležinkelių triukšmo, oro transporto triukšmo, pramoninio ir poilsio triukšmo sklaidos skaičiavimus. Integruota daugiau kaip 20 nacionalinių ir tarptautinių triukšmo skaičiavimo metodų (IMMI noise mapping... 2013).

SoundPLAN programinė įranga viena iš pirmųjų triukšmo ir oro taršos planavimo ir kartografavimo modeliavimo programų rinkoje. Naudojama transporto keliamo triukšmo, pramoninio ir poilsio triukšmo planavimui bei vertinimui. Šioje programoje įdiegta daugiau kaip 50 skaičiavimo standartų (Soundplan... 2013).

1.6. Skyriaus išvados

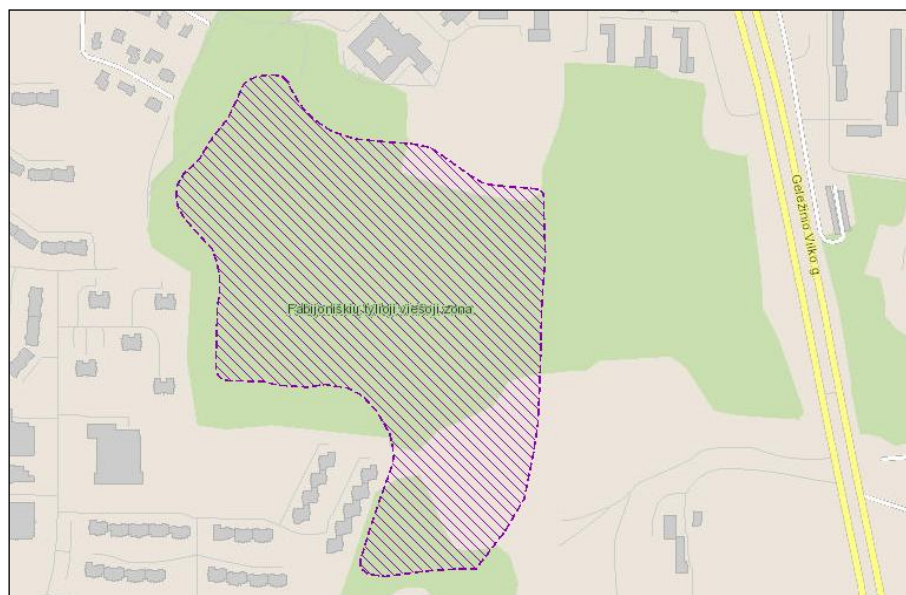
1. Plečiantis miestams ir intensyvėjant transportui, viena iš pagrindinių pasaulio didmiesčių problema tapo transporto keliamas triukšmas. Europos Sąjungoje ir JAV nuo jo kenčia apie 30 % gyventojų populiacijos.
2. Nuolatinio triukšmo poveikis žmonėms gali būti gana įvairus. Galimi rimti psichologiniai, fiziologiniai ir socialiniai sutrikimai, pavyzdžiui, nerimo jausmas, dirglumas, miego sutrikimai, kai kurie hormoniniai pakitimai, klausos praradimas, kraujospūdžio padidėjimas, padidėjusi miokardo infarkto rizika ir paūmėjusi išeminė širdies liga. Be to, blogėja bendra gyvenimo kokybė ir gerovė.
3. Dėl triukšmo didėjimo, nyksta teritorijos, kurios buvo vertingos dėl žemo triukšmo lygio. Siekiant sumažinti triukšmo neigiamą poveikį žmogui, vienas iš pagrindinių triukšmo politikos uždavinių – įsteigti ir išsaugoti tyliąsias zonas. Aplinkos triukšmo mažinimui taikomos įvairios techninės, technologinės, urbanistinės, architektūrinės, organizacinės, inžinerinės, teisinės apsaugos priemonės.

2. METODINĖ DALIS

Kelių transporto priemonių keliamas triukšmas miestuose yra vienas pagrindinių aplinkos veiksnių, nepalankiai veikiantis gyventojų sveikatą. Siekiant užtikrinti miesto gyventojams akustinį komfortą parkuose, atvirose viešosiose erdvėse steigiamos tyliosios zonos. Šios teritorijos skirtos socialiniam ir kultūriniam poilsiui. Tyliųjų zonų apsauga yra vienas iš prioritetinių triukšmo prevencijos tikslų. Šių teritorijų akustinį įvertinimą, efektyviausių ir ekonomiškiausių architektūrinių planavimo, statybinių akustinių ir organizacinių administracinių priemonių, skirtų mažinti kelių transporto keliamą triukšmą, parinkimą reikia atlikti naudojantis triukšmo žemėlapiais. Tam būtina nustatyti bendrus aplinkos triukšmo įvertinimo metodus ir ribinių verčių apibrėžimą, zonose reikia atlikti triukšmo kartografavimą, nes taip galima surinkti duomenis, būtinus parodyti tose zonose esamą triukšmo lygį.

2.1. Tyrimo objektas

Vilniaus miesto šiaurinėje dalyje, Fabijoniškėse, įkurta Fabijoniškių tylioji viešoji zona (2.1 pav.). Didžiąją zonos dalį užima miškas. Jos užimamas plotas yra 14 ha.



2.1 pav. Fabijoniškių tylioji viešoji zona (Teminiai Vilniaus... 2011)

Visa Fabijoniškių tyliosios viešosios zonos teritorija patenka į Cedrono aukštupio kraštovaizdžio draustinį, kurį įsteigė Vilniaus miesto taryba. Jis įsteigtas, siekiant išsaugoti išraiškingą Cedrono upelio aukštupio zoną. Tai urbanizuotoje teritorijoje tarp smulkių vidutinio aukščio ir aukštų vidutinio stambumo kalvų vingiuojantis gilus „kanjoninio“ tipo upelio slėnis. Neatskiriama jo vertybė – slėnio šlaituose esančios pievos su pavieniais senais ąžuolais – pavyzdinių plačialapių miškų likučiais. Cedrono upelis įteka į Neries upę. Tai vienintelis nepaverstas kanalu Vilniaus upelis, esantis miesto teritorijoje (Vilniaus miesto... 2012). Upelio žemupio slėniai yra apsupti miškais ir yra Verkių regioninio parko kultūros ir istorijos draustinio zonoje.

Iš šiaurinės ir vakarinės pusės zoną supa gyvenamasis rajonas. Rytinėje pusėje išsidėsčiusi Geležinio Vilko gatvė. Ši gatvė laikoma potencialiu triukšmo taršos šaltiniu, kuris gali įtakoti ribinių triukšmo lygių viršijimą tyliojoje viešojoje zonoje.

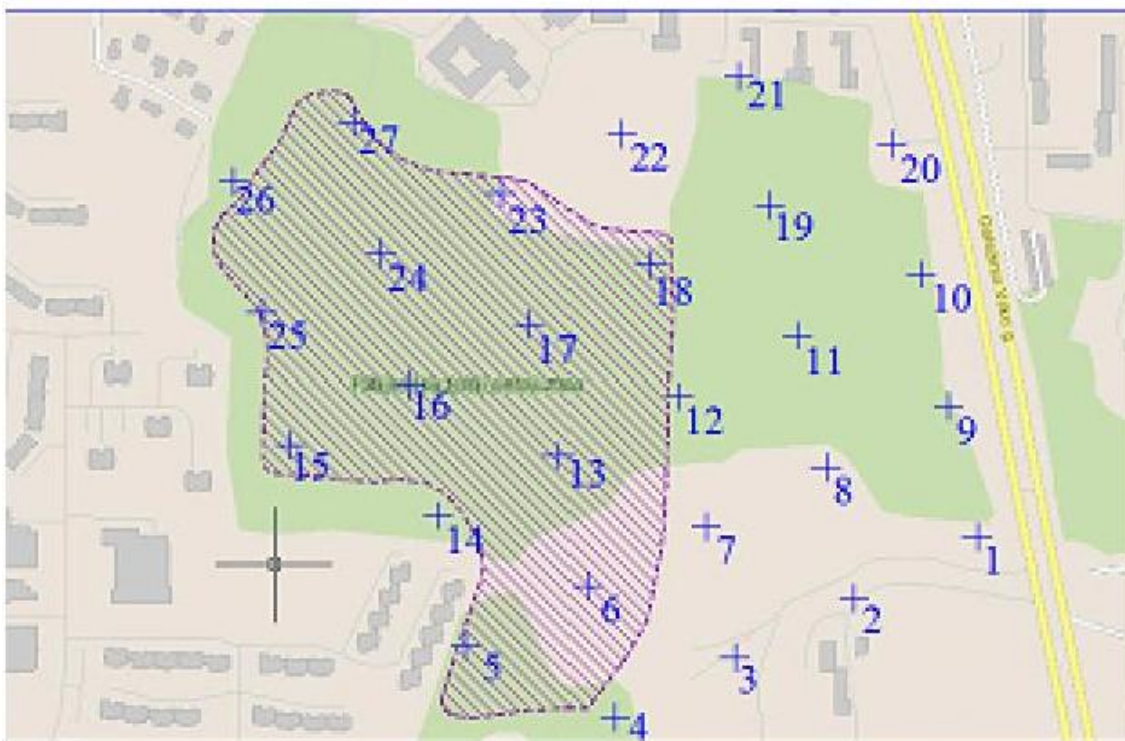
2.2. Eksperimentinių tyrimų metodika

Transporto keliamo triukšmo matavimai

Autotransporto keliamo triukšmo lygio matavimai atliekami teritorijose esančiose autotransporto sukiamo triukšmo įtakos zonoje. Triukšmo matavimai atliekami atrankos būdu parinktose Fabijoniškių tyliosios viešosios zonos apylinkių vietose, kurios tinkamiausios nagrinėjamos aplinkos akustikai apibūdinti. Matavimo vietos parenkamos atsižvelgiant į skirtinguose gatvių ruožuose pravažiuojančių autotransporto srautų kiekį ir greitį, vietovės foninį triukšmą, vietovės užsodinimą ir apstatymą. Matavimo vietų padėtys ir jų skaičius priklauso nuo nagrinėjamos aplinkos reikalingos erdvinės sklaidos. Autotransporto keliamo triukšmo tyrimams parinktos 27 matavimo vietos. Matavimo vietos pažymėtos žemėlapyje (2.2 pav).

11 matavimo taškų yra tyliosios viešosios zonos teritorijoje, t.y. 5, 6, 13, 15, 16, 17, 18, 23, 24, 25, ir 27 taškai. Tyliosios zonos prevencinėje juostoje, tai yra buferinėje teritorijoje aplink tyliąją zoną, kurioje būtina įgyvendinti triukšmo prevencijos priemonės, yra 7 matavimo taškai (3, 4, 7, 12, 14, 22 ir 26). Buferinės juostos plotis – 65 m. Esant triukšmą absorbuojančiai aplinkai, juostos plotis gali būti mažinamas iki 30 m. Esant atspindinčiai aplinkai, juostos plotis gali būti didinamas iki 300 m. Kadangi didžiojoje nagrinėjamos teritorijos dalyje auga miškas, čia buferinės juostos plotis yra 30 m.

Kiti matavimo taškai yra šalia G. Vilko gatvės (1, 9, 10, 20 taškai) bei tarp G. Vilko gatvės ir buferinės juostos rytinės dalies (2, 8, 11, 19, 21 taškai).



2.2 pav. Fabijoniškių tyliosios viešosios zonos žemėlapis su pažymėtais matavimo taškais

Siekiant išsiaiškinti autotransporto keliamo triukšmo lygius, atsižvelgiant į skirtingą paros laiką, kiekvienoje iš 27 matavimo vietų tyrimai atliekami skirtingais paros laikais: dienos (6–18 val.), vakaro (18–22 val.) ir nakties (22 – 6 val.).

Triukšmo lygiai įvertinami matavimo rezultatus lyginant su leidžiamomis triukšmo lygio vertėmis. Vilniaus miesto tyliosioms viešosioms zonoms jos nurodytos Vilniaus miesto savivaldybės tyliųjų zonų reglamente, kuris patvirtintas 2011 m. gruodžio 14 d. Vilniaus miesto savivaldybės sprendimu Nr. 1-341.

Tyliojoje viešojoje zonoje pagal Vilniaus miesto savivaldybės tyliųjų zonų reglamentą, ribinis vidutinis metinis dienos ir vakaro aplinkos triukšmo lygis – 50 decibelų: $L_{\text{dienos}} < 50 \text{ dBA}$, $L_{\text{vakaro}} < 50 \text{ dBA}$. Triukšmo šaltinių sukeltų triukšmo įvykių skaičius dienos ir vakaro metu neturi viršyti 9, o jų trukmė neviršyti 30 min (išskyrus švenčių dienomis, taip pat per masinių pramogų renginius, kuriuos rengti nustatyta tvarka yra išduotas leidimas).

Kiekvienoje triukšmo matavimo vietoje koordinatų matuokliu nustatomos šių vietų geografinės koordinatės.

Prieš atliekant triukšmo lygio matavimus, pirmiausia nustatomos meteorologinės oro sąlygos: santykinis oro drėgnis, oro temperatūra bei vėjo greitis. Turint šiuos duomenis,

sprendžiama, ar galima atlikti matavimus. Nematuojama, kai sniega, lyja, yra rūkas arba vėjo greitis didesnis kaip 5 m/s. Kai vėjo greitis 5 m/s, mikrofonas apgaubiamas specialiu ekranu.

Prieš atliekant matavimus ir po jų, prietaisas kalibruojamas pagal prietaiso naudojimo instrukcijas. Jeigu kalibravimo rezultatai skiriasi daugiau kaip 2 dB, triukšmo matavimai pakartojami.

Triukšmo matavimams naudojamas Bruel&Kjaer mediator 2260 triukšmo ir vibracijų matuoklis (2.3 pav.).



2.3 pav. Triukšmo matuoklis Bruel&Kjaer mediator 2260

Triukšmo lygį matuojant Bruel&Kjaer mediator 2260, santykinė matavimo paklaida yra $\pm 1,5 \%$. Tai yra vienas iš naujausių šios firmos gaminamų prietaisų. Šis prietaisas gali matuoti ekvivalentinio bei plačiajuosčio triukšmo parametrus. Prietaisu registruojamas triukšmas nuo 6,3 Hz iki 20 kHz dažnio diapazone. Juo galima matuoti efektyvųjį triukšmo lygį apibrėžiamą A, B arba C charakteristikomis arba atskirose oktavose, kurios išskiriamos standartizuotais filtrais. Matuojant triukšmo dažninį spektrą, pradedama nuo mažiausio dažnio ir atliekami matavimai visoms dažnių reikšmėms (31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Hz).

Išmatuojamas ekvivalentinis ir maksimalus triukšmo lygiai ir triukšmo spektras pirmoje matavimo vietoje. Tada einama į kitą matavimo vietą ir kartojama triukšmo matavimo procedūra.

Triukšmo rodikliai

1. Dienos, vakaro, nakties triukšmo lygio L_{dvn} apibrėžimas

Direktyvos 2002/49/EB I priedo 3 ir 5 straipsniai apibrėžia L_{dienos} (dienos rodiklis), L_{vakaro} (vakaro rodiklis), $L_{nakties}$ (nakties rodiklis) ir L_{dvn} (dienos, vakaro ir nakties rodiklis) triukšmo rodiklius. Remiantis Direktyvos 2002/49/EB 5 straipsniu, L_{dvn} ir $L_{nakties}$ rodikliai turi būti naudojami skaičiuojant strateginius triukšmo žemėlapius.

Dienos, vakaro, nakties triukšmo lygis L_{dvn} decibelais (dB) apskaičiuojamas pagal tokią formulę (2.1):

$$L_{dvn} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(12 \times 10^{\frac{L_{dienos}}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_{vakaro}}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{nakties}}{10}} \right) \quad (2.1)$$

čia:

L_{dienos} – vidutinis ilgalaikis A svertinis garso lygis, nustatytas vienerių metų dienos laikotarpiui, kaip apibrėžta ISO 1996-2: 1987;

L_{vakaro} – vidutinis ilgalaikis A svertinis garso lygis, nustatytas vienerių metų vakaro laikotarpiui, kaip apibrėžta ISO 1996-2: 1987;

$L_{nakties}$ – vidutinis ilgalaikis A svertinis garso lygis, nustatytas vienerių metų nakties laikotarpiui, kaip apibrėžta ISO 1996-2: 1987;

Pagal šią klasifikaciją diena trunka 12 valandų, vakaras – 4 valandas, o naktis – 8 valandas, atitinkamai nuo 06.00 val. iki 18.00 val., nuo 18.00 val. iki 22.00 val. ir nuo 22.00 val. iki 06.00 val. vietos laiku.

Atsižvelgiama tik į laisvai sklindantį garsą, tai reiškia, kad neatsižvelgiama į garsą, atsispindėjusį nuo pastato fasado (paprastai manoma, kad matuojant tai sudaro 3 dB pataisą rezultatuose).

Atliekant strateginį triukšmo kartografavimą nustatomas vertinimo taško aukštis $4 \pm 0,2$ m virš žemės paviršiaus. Kadangi L_{dvn} yra sudėtinis rodiklis, paskaičiuotas iš L_{dienos} , L_{vakaro} ir $L_{nakties}$, šis aukštis taip pat yra privalomas ir šiems rodikliams.

L_{dvn} įvertinimo taško aukštis priklauso nuo paskirties:

– kai skaičiuojama sudarinėjant strateginį triukšmo žemėlapi, kuriame vaizduojamas triukšmo poveikis pastatuose ir greta jų, įvertinimo taškai turi būti $4,0 \pm 0,2$ m (nuo 3,8 m iki 4,2 m) aukštyje virš žemės paviršiaus ties „triukšmingiausiu“ fasadu; „triukšmingiausias“ fasadas yra

arčiausiai į konkretų triukšmo šaltinį atsukta išorinė pastato siena; kitais tikslais galima pasirinkti kitaip;

- kai matuojama sudarinėjant strateginį triukšmo žemėlapi, kuriame vaizduojamas triukšmo poveikis pastatuose ir greta jų, galima pasirinkti ir kitokį aukštį, tačiau ne mažiau kaip 1,5 m nuo žemės paviršiaus, o rezultatai gali būti pakoreguoti taip, kad atitiktų 4 m aukštį;

- kitais tikslais, pvz., planuojant akustiką ir skirstant į triukšmo zonas, galima pasirinkti ir kitokį aukštį, tačiau ne mažiau kaip 1,5 m nuo žemės paviršiaus, pavyzdžiui:

- kaimo vietovėse su vienaaukščiais namais,
- vietinėms priemonėms, skirtoms sumažinti triukšmo poveikį konkrečioms būstams, projektuoti,

- tam tikros ribotos zonos išsamiam triukšmo kartografavimui atlikti, pavaizduojant, kaip triukšmas veikia atskirus būstus.

2. Nakties triukšmo rodiklio apibrėžimas

Nakties triukšmo rodiklis $L_{nakties}$ – tai ilgalaikis vidutinis A svertinis garso lygis, nustatytas vienerių metų nakties laikotarpiui, kaip apibrėžta ISO 1996-2: 1987;

Kaip jau buvo minėta anksčiau, naktis trunka 8 valandas. Metai yra atitinkami garso sklidimo metai, o vidutinė metų trukmė yra nustatoma pagal meteorologines sąlygas, Atsižvelgiama tik į laisvai sklindantį garsą ir įvertinimo taškas yra tas pats, kaip ir vertinant L_{dvn} .

3. Papildomi triukšmo rodikliai

Kai kuriais atvejais be rodiklių L_{dvn} ir $L_{nakties}$, kur taikoma L_{dienos} ir L_{vakaro} , gali būti pravartu naudoti specialiuosius triukšmo rodiklius ir atitinkamas ribines vertes. Toliau pateikti keli pavyzdžiai:

- nagrinėjamas triukšmo šaltinis veikia tik trumpą laiką (pvz., mažiau kaip 20 proc. visų dienos laikotarpių trukmės per metus, visų vakaro laikotarpių trukmės per metus ar visų nakties laikotarpių trukmės per metus),

- vidutinis triukšmo įvykių skaičius vienu ar daugiau laikotarpių yra labai mažas (pvz., mažiau kaip vieną kartą per valandą; triukšmo įvykį galima apibrėžti kaip trumpiau nei penkias minutes trunkantį triukšmą; tai gali būti triukšmas, kurį sukelia pravažiuojantis traukinys ar praskrendantis orlaivis),

- triukšme dominuoja žemo dažnio garsai,

- nagrinėjant triukšmo maksimumus: nakties laikotarpiui taikomi rodikliai L_{Amax} arba SEL (garso ekspozicijos lygis),

- papildoma apsauga savaitgaliais arba tam tikru metų laikotarpiu,
- papildoma apsauga dienos laikotarpiu,
- papildoma apsauga vakaro laikotarpiu,
- įvairių šaltinių skleidžiamo triukšmo derinys,
- tyliosios gamtos zonos,
- triukšmas turi stiprių toninių komponentų,
- triukšmas yra impulsinis.

Autotransporto srauto skaičiavimo metodika

Autotransporto srauto skaičiavimo tikslas yra įvertinti pravažiuojančio autotransporto srautus. Geležinio Vilko gatve pravažiuojančio autotransporto srauto intensyvumas turi įtakos triukšmo lygiui tyliojoje viešojoje zonoje, todėl skaičiuojamas visomis eismo kryptimis per valandą pravažiuojančio autotransporto priemonių skaičius. Skaičiavimai atliekami dienos, vakaro ir nakties laiku. Pagal HN 33-2011 dienos laikas yra nuo 06.00 iki 18.00 val., vakaro – 18.00 iki 22.00 val., nakties - 22.00 iki 06.00 val.

Triukšmo emisija priklauso nuo:

- Automobilio tipo;
- Greičio (ar greitėjimo);
- Transporto srauto;
- Išilginio profilio.

Automobilio tipai. Prognozėms naudojami du pagrindiniai automobilių tipai:

1. Lengvieji automobiliai (automobiliai su mažesne nei 3,5 t keliamąja galia).
2. Sunkvežimiai (automobiliai su 3,5 t ar didesne keliamąja galia).

Greitis. Autotransporto greitis yra parenkamas vadovaujantis tokia pagrindine taisykle: kiekviename kelio segmente naudojamas didžiausias leidžiamas ruožo greitis. Šis greitis priimamas kaip vidutinis skaičiuojamajame kelio segmente.

Transporto srautas. Transporto srauto tipas yra papildomas greičio parametras, kuris apima įsibėgėjimą, lėtėjimą, variklio apkrovą ir netolygaus ar pastovaus eismo judėjimą. Apibrėžiamos keturios kategorijos (Mačiūnas ir kt. 2007):

a) sklandus nenutrūkstantis srautas: dominančioje kelio atkarpoje 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;

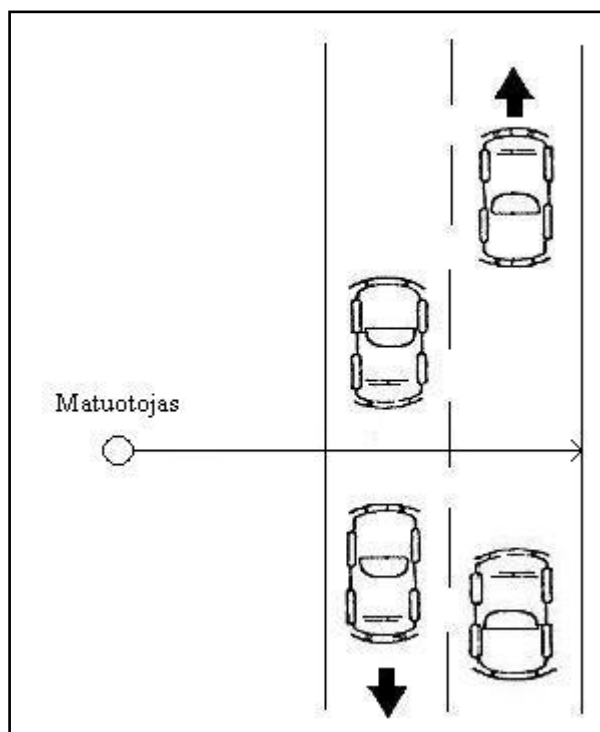
b) netolygus nenutrūkstantis srautas: srautas su daugeliu įsibėgėjančių ar lėtėjančių automobilių, tai nestabilus srautas nei laiko prasme (t.y. yra staigūs srauto pokyčiai mažais laiko tarpais), nei erdvės prasme (t.y. bet kuriuo laiko momentu automobilių koncentracija dominančioje kelio atkarpoje yra 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, išsišakančius ar susijungiančius kelius su daug sankryžų, kelius automobilių parkuose, prie sankryžų su pėsčiųjų takais;

c) 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.;

d) netolygus lėtėjantis srautas: žymios dalies automobilių greitis mažėja. Dažniausiai būna pagrindinėse urbanizuotų teritorijų sankryžose, greitkelių pradžioje, ties rinkliavų postais ir t.t.

Taip pat skaičiuojami pravažiuojančio autotransporto kiekiai, t.y., nustatomas, keliu pravažiuojančio autotransporto intensyvumas, tuo pačiu ir pravažiuojančio autotransporto tipas.

Automobilių transporto srautai skaičiuojami tą pačią dieną, kai ir atliekami triukšmo lygių matavimai. Nustatoma, kiek ir kokio tipo automobilių pravažiuoja viena ir kita kryptimi, pasirinktoje gatvės vietoje pasirinktu laiko intervalu (2.4 pav.).



2.4 pav. Autotransporto srauto skaičiavimo schema

Siekiant įvertinti Geležinio Vilko gatvės autotransporto srautus, pirmiausia reikia nusistatyti Geležinio Vilko gatvės srautų svyravimą per parą. Siekiant detaliau išnagrinėti autotransporto srauto ypatumus, yra parenkamos charakteringos transporto srauto skaičiavimo vietos (2.4 pav.). Šiose vietose srauto skaičiavimai atliekami visą parą, kiekvieną valandą autotransporto srautus skaičiuojant po 15 minučių ir skirstant juos į aukščiau aprašytus automobilio tipus (lengvasis, sunkvežimiai).

Išilginis profilis. Norint nustatyti garso emisijos skirtumą kaip funkciją nuo važiuojamosios dalies nuolydžio, atsižvelgiama į tris išilginius kelio profilius:

- horizontali važiuojamoji dalis arba horizontali važiuojamosios dalies atkarpa, kurioje transporto srauto kryptimi gradientas mažesnis nei 2 %;
- kylanti važiuojamoji dalis yra vieta, kurioje transporto srauto kryptimi pakilimo gradientas yra didesnis nei 2 %;
- nuolaidi važiuojamoji dalis yra vieta, kurioje transporto srauto kryptimi nuolydžio gradientas yra didesnis nei 2 %.

Autotransporto srautų skaičiavimus rekomenduojama atlikti pavasario ir rudens mėnesiais, kai yra didžiausias automobilių srautas. Būtent šių sezonų skaičiavimai yra reikalingi transporto sukeliama triukšmo ribinių sąlygų įvertinimui.

2.3. Skyriaus išvados

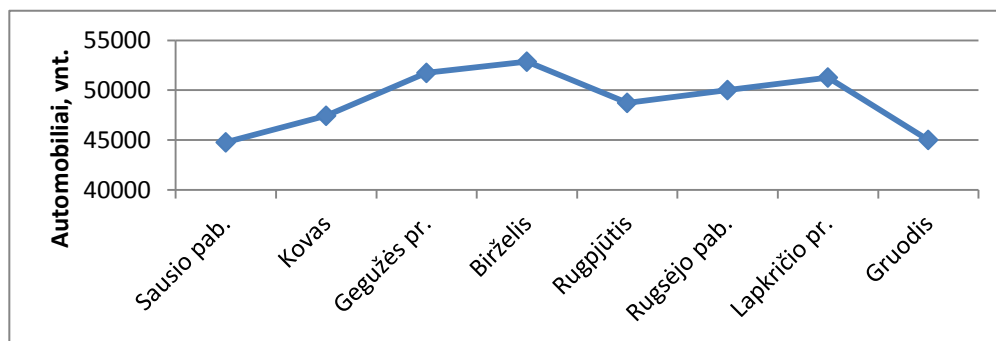
1. Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje visus metus bus atliekami triukšmo matavimai ir autotransporto srauto skaičiavimai.
2. Triukšmo matavimams parinkti 27 charakteringi taškai. Juose triukšmomačiu Bruel&Kjaer mediator 2260 atliekami ekvivalentinio ir maksimalaus triukšmo lygio matavimai dieną, vakare ir naktį.
3. Geležinio Vilko gatve pravažiuojančio autotransporto srauto intensyvumas turi įtakos triukšmo lygiui tyliojoje viešojoje zonoje. Autotransporto srautas skaičiuojamas tą pačią dieną kaip ir triukšmo lygiai. Transporto priemonės skaičiuojamos dviem kryptimis, išskiriant transporto tipą (lengvasis, sunkusis).

3. EKSPERIMENTINIŲ DUOMENŲ ANALIZĖ

3.1. Tyrimų rezultatų analizė

Fabijoniškių tylioji viešoji zona išsidėsčiusi šalia Geležinio Vilko gatvės, kurios intensyvaus eismo keliamas triukšmas gali sukelti triukšmo viršijimą zonoje. Siekiant įvertinti triukšmo lygius bei parinkti tinkamiausias priemones apsaugoti zoną nuo triukšmo, atliekami triukšmo matavimai prie triukšmo šaltinio ir pačioje zonos teritorijoje. Vertinant eismo keliamą triukšmą, skaičiuojami autotransporto srautai. Triukšmo lygio bei transporto srauto matavimai atliekami tuo pačiu metu.

Natūriniai triukšmo matavimai bei transporto srautų skaičiavimai atlikti 2012 metų sausio-gruodžio mėnesiais. Natūrinių matavimų metu nustatyta, kad per nagrinėjamą laikotarpį vidutinis automobilių srautas Geležinio Vilko gatvėje yra sąlyginai didelis (3.2 pav.).



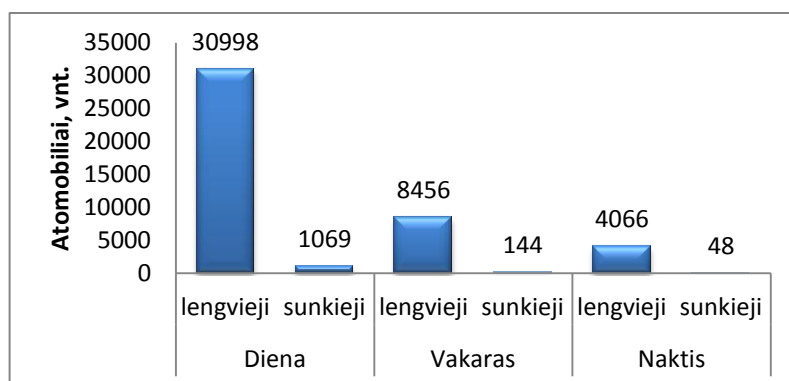
3.1 pav. Autotransporto srautų kitimas sausio – gruodžio mėnesiais

Per metus automobilių skaičius kinta nevienodai, tačiau yra artimas 50 tūkst. aut./parą. Mažiausiu automobilių skaičiumi pasižymi žiemos mėnesiai, šiuo laikotarpiu vidutiniškai per parą pravažiuodavo apie 45 000 automobilių. Automobilių srauto intensyvumo sumažėjimas stebimas ir rugpjūčio mėnesį. Didžiausias automobilių srautas – vasaros pradžioje. Jis siekia beveik 53 tūkst. aut./parą.

Atlikus transporto srauto skaičiavimus per metus, nustatyta, kad dienos metu pravažiavusių automobilių kiekis vidutiniškai siekė net 34 422 automobilių, sunkiojo autotransporto kiekis bendrame sraute dieną sudarė apie 3,5 %. Vakaro metu vidutinis metinis transporto srautas – 8704 automobiliai. Nakties metu autotransporto srautas bendrame paros sraute sudarė tik 12 %.

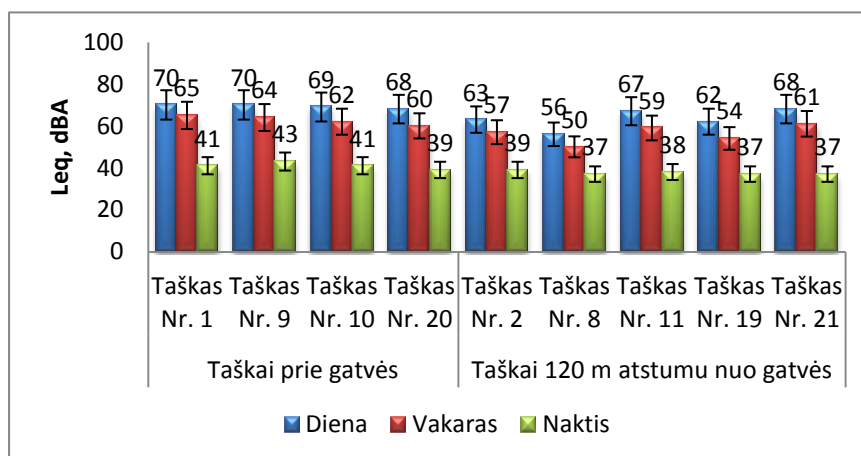
Sausio mėnesį vidutinis dieną pravažiuojančių automobilių kiekis siekė 32067 vienetus (3.2 pav.). Esant tokiam autotransporto srautui, išmatuoti ekvivalentiniai triukšmo lygiui

arčiausiai gatvės, esančiuose taškuose siekė 70 dBA: 1-me ir 9-me taškuose 70 dBA, 10-me ir 20-me atitinkamai 69 dBA ir 68 dBA (3.3 pav.).



3.2 pav. Transporto srauto intensyvumas paros bėgyje G. Vilko gatvėje sausio mėn.

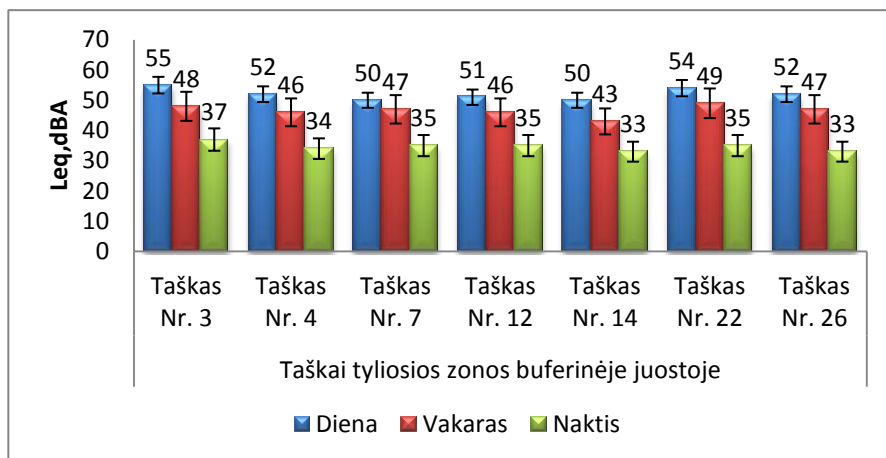
Nutolus nuo gatvės 120 m atstumu, t.y. 2-me ir 19-me matavimo taškuose, triukšmo lygis sumažėja 6-7 dBA, o 8- jame – net 14 dBA. (3.3 pav.) Tokį triukšmo sumažėjimą 8-jame taške galėjo lemti miško juosta bei reljefo ypatumai, t.y. įduba. 21-me matavimo taške išmatuotas triukšmo lygis yra didesnis nei kituose taškuose, nutolusiuose 120 m atstumų nuo gatvės, tačiau čia didesnę įtaką garso lygiui turi šalia esanti gyvenamoji teritorija.



3.3 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje, taškuose prie G.Vilko gatvės ir 120 m atstumu nuo G. Vilko gatvės sausio mėn.

Vakaro metu transporto intensyvumas, o atitinkamai ir triukšmo lygis, yra mažesnis nei dienos metu. Triukšmo lygiai matavimo taškuose, esančiuose šalia gatvės, kito nuo 60 iki 65 dBA.

Triukšmo prevencijos juostoje, t.y. buferinėje teritorijoje aplink tyliąją viešąją zoną, vyraujantis triukšmo lygis dienos metu yra 50-55 dBA, vakare – 43-49 dBA. 3 ir 22 taškai yra arčiau gatvės bei mažiau ekranuojami, todėl čia triukšmo lygiai didesni nei kituose buferinės juostos matavimo taškuose (3.3 pav.).



3.4 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosios zonos buferinėje juostoje, esančiuose matavimo taškuose sausio mėn.

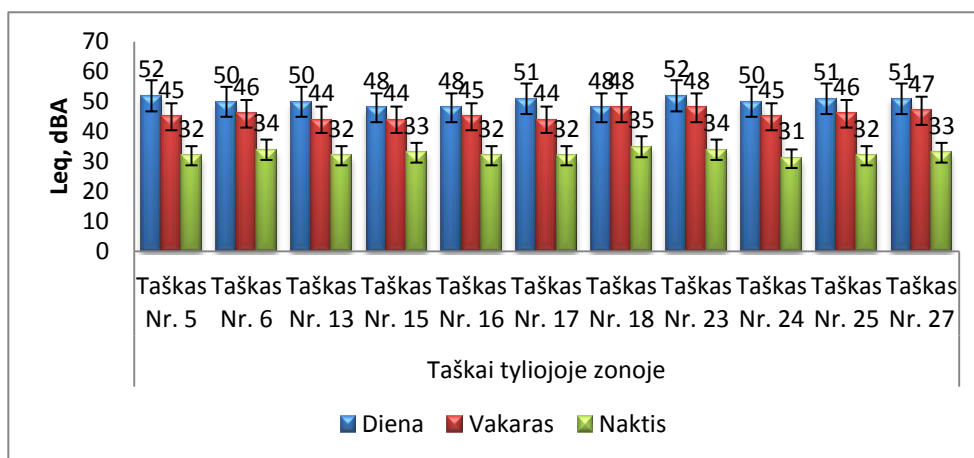
Matavimo taškuose, esančiuose tyliojoje zonoje, triukšmo lygiai dienos metu buvo 48-52 dBA. Leistinas triukšmas tyliojoje zonoje, pagal Vilniaus miesto savivaldybės tyliųjų zonų reglamentą, dienos ir vakaro metu negali viršyti 50 dBA. 5-me ir 23-me matavimo taškuose fiksuotas 52 dBA triukšmo lygis. Minėtuose taškuose triukšmas viršija leistinus 2 dBA – taškai išsidėstę šalia tyliosios zonos ribų.

Vakaro metu triukšmo lygio viršijimas tyliojoje viešojoje zonoje nenustatytas. Triukšmo lygiai svyruoja nuo 44 iki 48 dBA: zonos vidurinėje dalyje – 44-45 dBA, pakraščiuose apie 48 dBA (3.5 pav.).

Nakties metu triukšmo lygiai yra pakankamai maži. Kaip dienos taip ir nakties metu didžiausi lygiai fiksuojami šalia G. Vilko gatvės – jie siekė 39 – 43 dBA (3.3 pav).

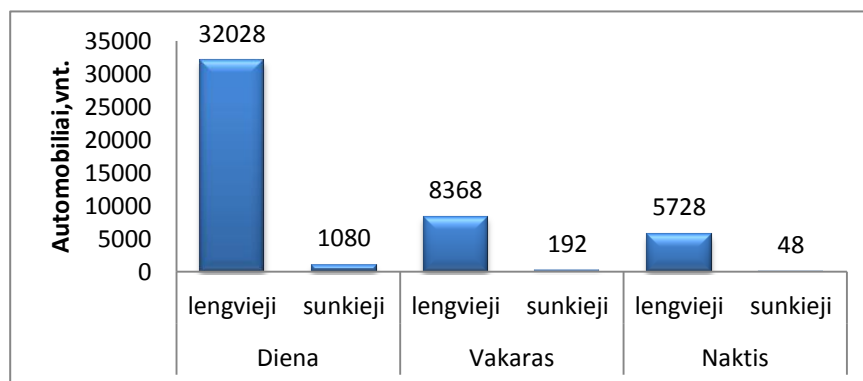
Lyginant su dienos triukšmo lygiais, naktį triukšmas šiuose taškuose sumažėja iki 43 %, o lyginant su vakaro – apie 23-30 %.

Nuo gatvės artėjant tyliosios zonos link ir pačioje zonoje triukšmo lygiai vyrauja nuo 31 iki 35 dBA. Tai yra pakankamai maži triukšmo lygiai, daugiausia įtakoti bendro foninio triukšmo lygio (3.4, 3.5 pav.).



3.5 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosiojoje zonoje esančiuose matavimo taškuose sausio mėn.

Pavasario pradžioje transporto intensyvumas buvo didesnis nei sausio mėnesį. Kovo mėnesį G. Vilko gatvė per parą pravažiuojančių automobilių kiekis siekė 47444 vnt (3.6 pav.). Dienos metu transporto intensyvumas padidėjo 1000 aut.



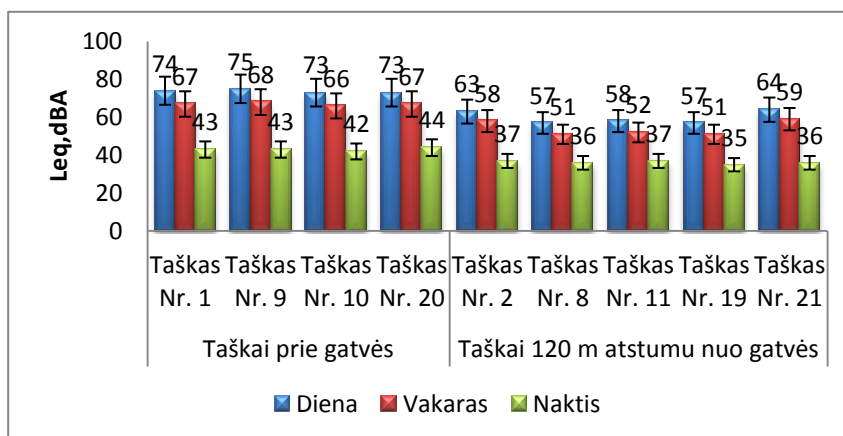
3.6 pav. Transporto srauto intensyvumas paros bėgyje G. Vilko gatvėje kovo mėn.

Labiausiai autotransporto srautas padidėjo nakties metu – net 23 %. Vakaro metu lengvųjų transporto priemonių skaičius mažai kito ir netgi sumažėjo maždaug 100 vnt., tačiau sunkiųjų automobilių skaičius padidėjo 50 vnt.

Kovo mėnesį fiksuoti didesni triukšmo lygiai, lyginant su sausiu. Matavimo taškuose prie kelio dienos metu jie siekė 73-75 dBA. Didžiausias ekvivalentinis triukšmo lygis fiksuotas 9-me matavimo taške – 75 dBA, t.y. 7 % didesnis nei sausio mėnesio didžiausias (3.3, 3.7 pav.). Tokį triukšmo padidėjimą galėjo lemti ir didesnis transporto priemonių važiavimo greitis.

Triukšmo lygiai taškuose, esančiuose nuo gatvės 120 m atstumu sumažėja iki 57-63 dBA. 8-me, 11-me ir 19-me taškuose jie yra apylygiai - 57-58 dBA. 2-jame taške išmatuotą didesnę triukšmą (63 dBA) galėjo įtakoti atviresnė vietovės dalis bei vietinis įvažiavimo keliukas.

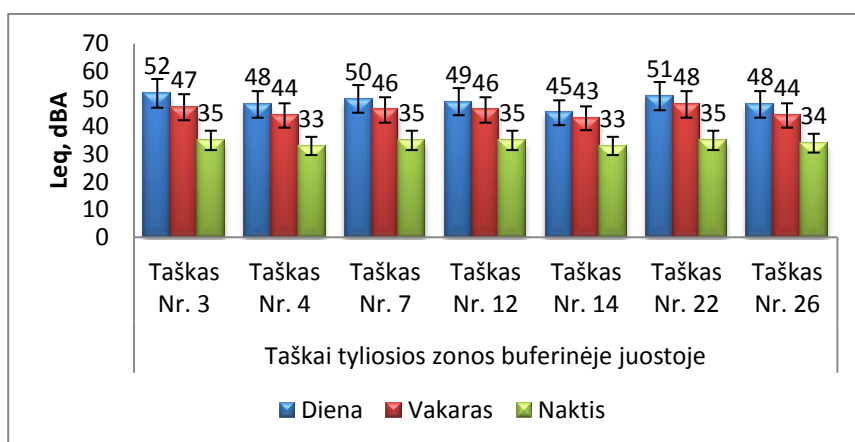
Triukšmo lygiai 11-me bei 19-me taškuose buvo netgi 1,1 karto mažesni, lyginant su sausio mėnesį išmatuotais garso lygiais (3.3, 3.7 pav.).



3.7 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje, taškuose prie G.Vilko gatvės ir 120 m atstumu nuo G. Vilko gatvės kovo mėn.

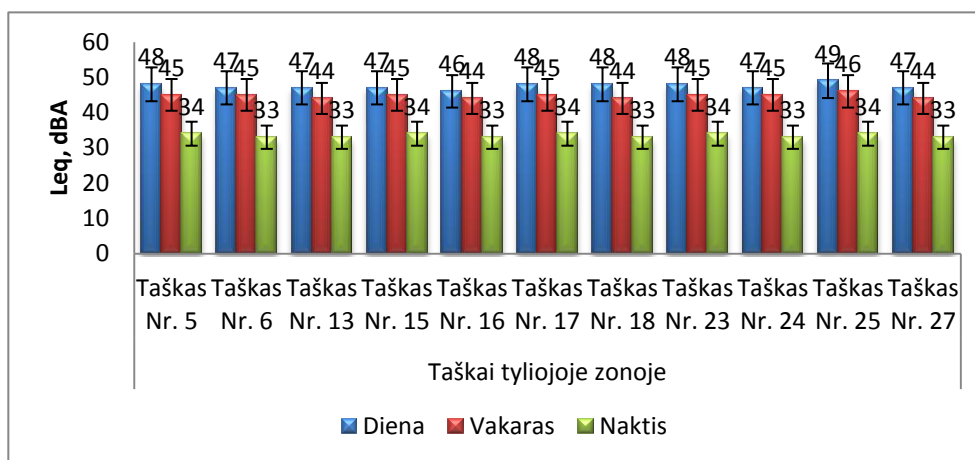
Vakaro metu triukšmo lygiai šalia gatvės esančiuose taškuose buvo 6-10 % didesni, lyginant su sausio mėnesiu, ir siekė 66-68 dBA (3.7 pav.), kai sausį fiksuota 60-64 dBA tuose pačiuose taškuose (3.3 pav.). Kiek didesnį triukšmo lygį kovo mėnesį galėjo lemti didesnis pravažiuojančių sunkiųjų autotransporto priemonių skaičius.

Buferinėje juostoje triukšmo lygiai kito nuo 45 dBA iki 52 dBA dienos metu. Mažesni triukšmo lygiai išmatuoti taškuose, esančiuose arčiau tyliosios viešosios zonos ribos. Kiek didesni triukšmo lygiai fiksuoti 3-me ir 7-me taškuose ir siekė 50-52 dBA. Vakaro metu čia vyraavo 43 – 48 dBA (3.8 pav.).



3.8 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosios zonos buferinėje juostoje, esančiuose matavimo taškuose kovo mėn.

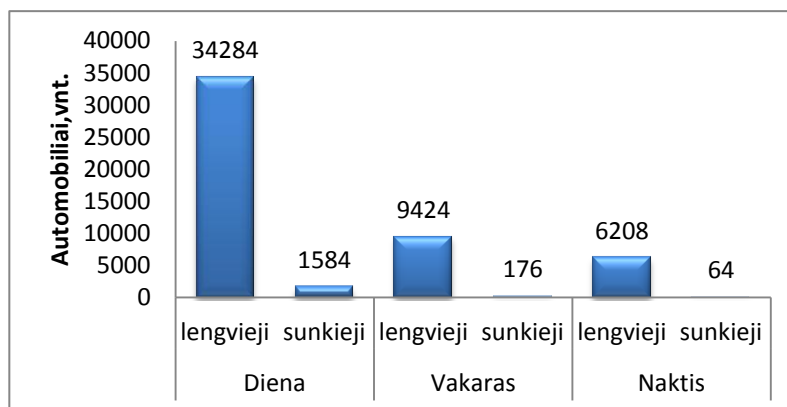
Tyliosios viešosios zonos ribose esančiuose matavimo taškuose vyraujantys ekvivalentinio triukšmo lygiai buvo 47-48 dBA (3.9 pav.), t.y. 4-7 % (2-4 dBA) mažesni, lyginant su sausio mėnesį išmatuotais triukšmo lygiais (3.5 pav.). Vakaro metu garso lygiai siekė 46 dBA. Triukšmo lygiai tyliojoje zonoje nei dienos, nei vakaro metu neviršijo leistino 50 dBA lygio.



3.9 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosiojoje zonoje esančiuose matavimo taškuose kovo mėn.

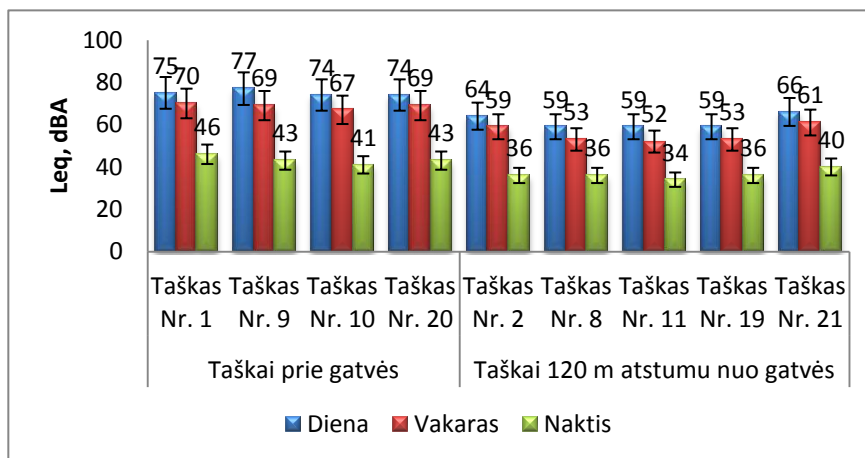
Nakties metu triukšmo lygiai kovo mėnesį buvo 1-2 dBA didesni nei sausį. Nežymų triukšmo padidėjimą galėjo lemti didesnis automobilių srautas. Šalia G. Vilko gatvės matavimo taškuose fiksuota 43-44 dBA. Zonos ribose vyravo 33-35 dBA garso lygiai.

Pavasario pabaigoje transporto intensyvumas žymiai padidėjo, lyginant su praėjusio laikotarpio duomenimis. Gegužės mėnesio pabaigoje transporto intensyvumas padidėjo 9 ir 13 %, atitinkamai lyginant su sausio ir kovo mėnesiais.



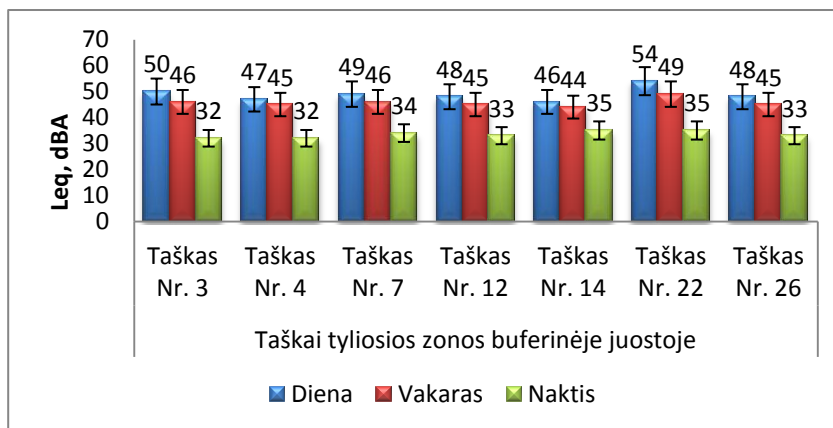
3.10 pav. Transporto srauto intensyvumas paros bėgyje G. Vilko gatvėje gegužės mėn.

Iš 3.11 paveikslo matyti, kad triukšmo lygiai padidėjo, lyginant su praėjusiu laikotarpiu. Ekvivalentinis triukšmo lygis šalia gatvės esančiuose taškuose dienos metu siekė 77 dBA, vakaro – 70 dBA, nakties – 46 dBA. 1-me, 2-me ir 3-me matavimo taškuose triukšmo lygiai buvo didesni nei lygiagrečiai išsidėsčiusiuose taškuose, tą lemia atvira, mišku neužžėlusi vietovės dalis (3.11, 3.12 pav.).



3.11 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje, taškuose prie G.Vilko gatvės ir 120 m atstumu nuo G. Vilko gatvės gegužės mėn.

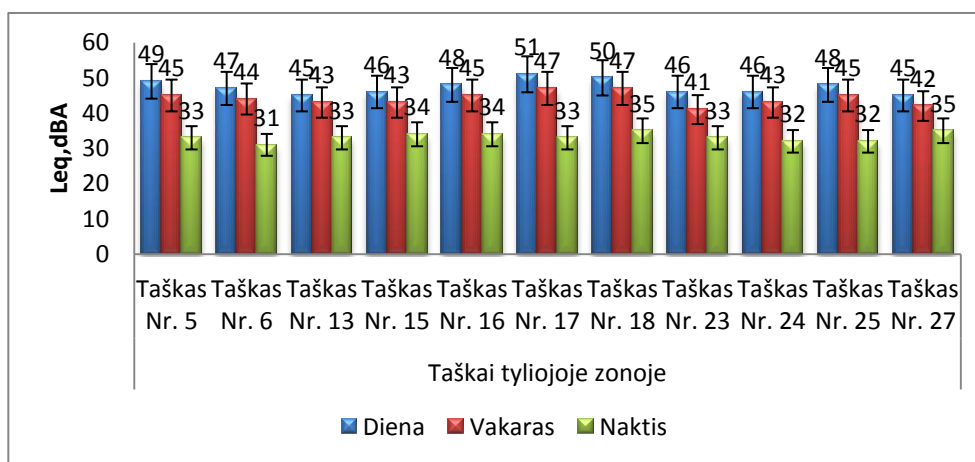
Nutolus nuo gatvės 120 m atstumu, triukšmo lygiai dieną kinta nuo 59 dBA iki 66 dBA, vakare siekia 61 dBA (3.11 pav.), t.y. triukšmo lygis padidėja 1-2 dBA, lyginant su pavasario pradžia. Buferinėje tyliosios zonos juostoje triukšmo lygiai išmatuoti dienos metu buvo 48-54 dBA, vakaro metu – 44 - 49 dBA (3.12 pav.). Lyginant su sausio mėnesį išmatuotais triukšmo lygiais, matyti, kad sausio mėnesį prevencijos juostoje triukšmo lygiai buvo didesni 2-10 % (3.4, 3.12 pav.).



3.12 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosios zonos buferinėje juostoje, esančiuose matavimo taškuose gegužės mėn.

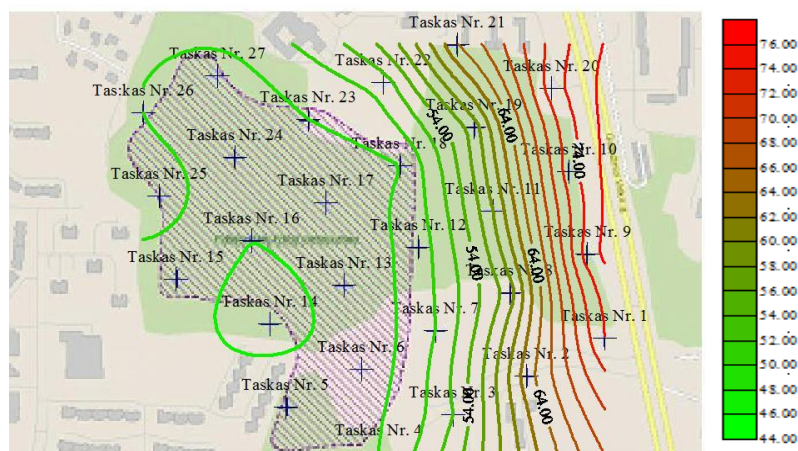
Tyliosios zonos teritorijoje triukšmo lygiai dienos metu mažai skiriasi nuo kovo mėnesį išmatuotų ir siekia 45-51 dBA. 17-me ir 18-me taške fiksuotas atitinkamai 51 dBA ir 50 dBA triukšmas. Šie triukšmo lygiai yra artimi leistinam, o 17-me taške nežymiai viršija (1dBA) (3.13 pav.).

Vakare triukšmo lygiai tyliojoje zonoje nebuvo viršijami, vyravo 44 – 47 dBA garso lygis (3.13 pav.). Didžiojoje tyliosios zonos dalyje vyrauja miško danga, taip pat vietovei būdingas kalvotas reljefas. Nors transporto srautai šiuo laikotarpiu padidėjo, triukšmo lygis tyliojoje zonoje mažai pakito. Tai galėjo lemti želdiniai, t.y. pavasari, atsiradus lapijai, pagerėja triukšmo sugertis.



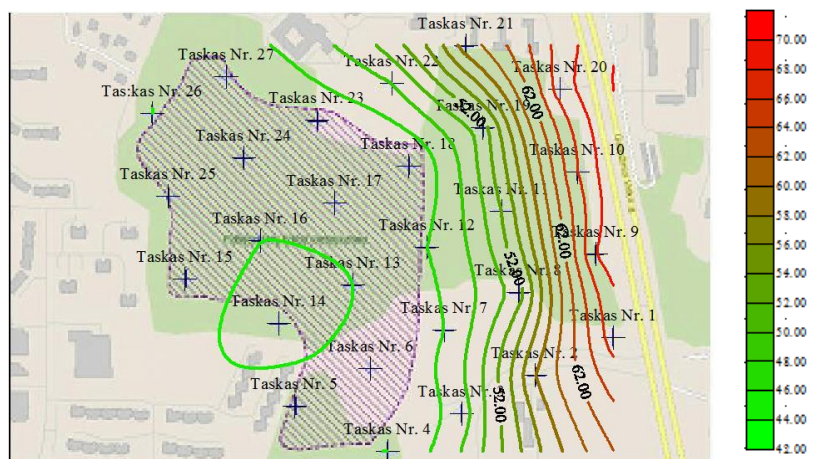
3.13 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosiojoje zonoje esančiuose matavimo taškuose gegužės mėn.

Nakties metu šalia G. Vilko gatvės vyravo 43-46 dBA ekvivalentinio triukšmo lygiai. Artėjant prie tyliosios zonos garso lygis sumažėja iki 31- 36 dBA. Tokį triukšmo lygį gali sukelti lapų šlamesys.



3.14 pav. Pavasario matavimo rezultatai. Triukšmo sklaida nuo G. Vilko g. į Fabijoniškių viešąją tyliąją zoną, dienos metu

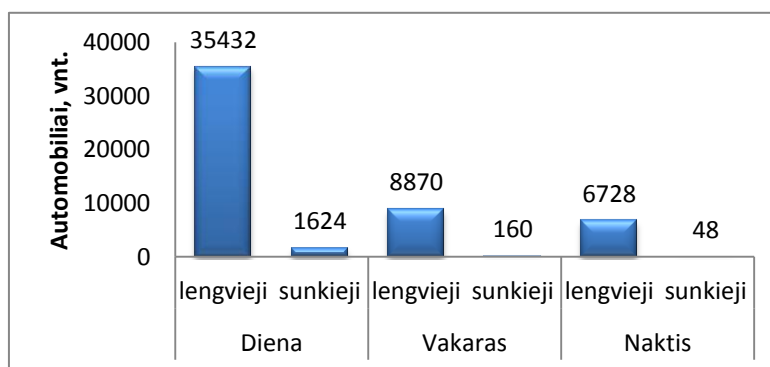
Tam, kad būtų paprasčiau suprasti išmatuotų triukšmo lygių pasiskirstymą nagrinėjamoje teritorijoje, sudaryti žemėlapiai su triukšmo sklaida. Pavasario natūrinių tyrimų rezultatai pateikti 3.14 ir 3.15 paveiksluose.



3.15 pav. Pavasario matavimo rezultatai. Triukšmo sklaida nuo G. Vilko g. į Fabijoniškių viešąją tyliąją zoną, vakaro metu

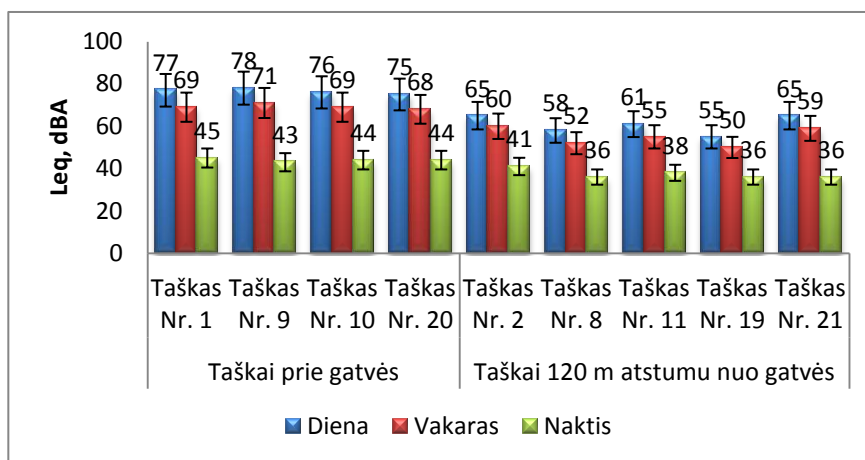
3.14 paveiksle matyti triukšmo sklaidos matavimų rezultatai dieną, judant nuo G. Vilko gatvės Fabijoniškių tyliosios viešosios zonos link. Pavasario sezono vakaro metu išmatuotų triukšmo lygių pasiskirstymas pateiktas 3.15 paveiksle.

Birželio mėnesį buvo nustatytas didžiausias autotransporto intensyvumas. Lyginant su žiemos laikotarpiu automobilių srautas per parą padidėjo 15 %. Labiausiai padidėjo dienos ir nakties metu pravažiavusių automobilių skaičius: dieną – 4,86 tūkst., naktį – apie 2,7 tūkst. Vasaros pradžioje dienos metu pravažiavo daugiau kaip 36 tūkst. automobilių (3.16 pav.). Tačiau vakaro ir nakties metu pravažiavusių automobilių skaičius nežymiai skiriasi nuo nustatyto pavasarį.



3.16 pav. Transporto srauto intensyvumas paros bėgyje G. Vilko gatvėje birželio mėn.

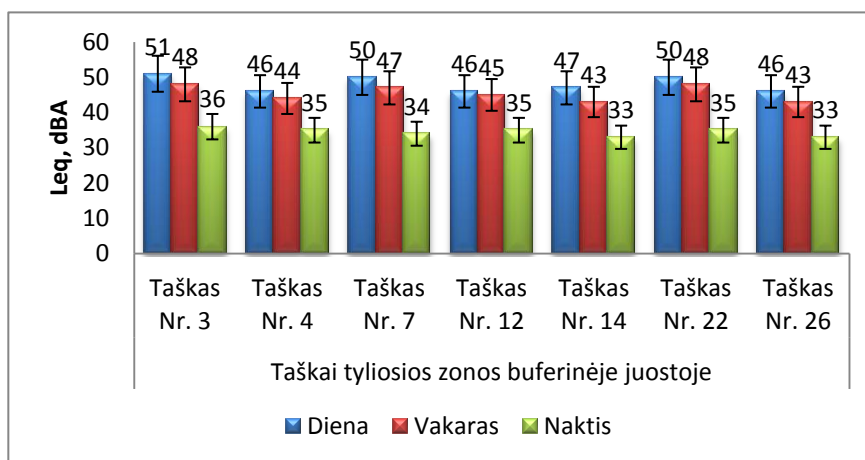
Labai padidėjus automobilių srautui dieną, padidėjo ir triukšmo lygis matuotas taškuose prie gatvės (1, 9, 10 ir 20). Triukšmo lygis siekė 75 - 78 dBA (3.17 pav.), t.y. buvo 6-8 % didesnis nei šaltuoju metu laikotarpiu.



3.17 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje, taškuose prie G.Vilko gatvės ir 120 m atstumu nuo G. Vilko gatvės birželio mėn.

Nutolus nuo gatvės 120 m atstumu, triukšmo lygiai svyruoja nuo 55 (19 taškas) iki 65 dBA (2 ir 21 taškai). Tokį skirtumą tarp taškų, vienodai nutolusių nuo gatvės, galėjo įtakoti vietovės ypatumai, pvz., 2-as taškas yra atviroje vietovėje, kur triukšmas sklinda geriau, o 21 taškas yra netoli gyvenamųjų pastatų, kurie ekranuoja nuo gatvės sklindantį triukšmą, tačiau jų kieme irgi yra sukliamas tam tikras triukšmo lygis dėl vietinio judėjimo. 11, 19 taškai išdėstyti miško teritorijoje, kurioje žemesnį triukšmo lygį įtakoja želdinių absorbcija. Taip pat triukšmo lygio skirtumui tarp taškų įtakos galėjo turėti laiko skirtumas, t.y. nuėjus kelią nuo 11 iki 19 taško ir tarp jų išmatavus triukšmo lygius 12,13,14,15,16,17 ir 18 taškuose, praėjo nemažai laiko.

Tyliosios viešosios zonos buferinėje juostoje dienos metu išmatuoti triukšmo lygiai kito tarp 46-50 dBA, vakare – 43-48 dBA, naktį tesiekė 36 dBA (3.18 pav.). Lyginant su sausio mėnesį išmatuotais triukšmo lygiais tuose pačiuose matavimo taškuose, matyti, kad žiemą triukšmo lygis buferinėje juostoje buvo 4-9 % didesnis, nors transporto srautas žiemą 1,18 karto mažesnis. Pavasario metu išmatuoti garso lygiai šioje teritorijos dalyje skyrėsi 1-2 dBA nuo birželio mėnesį išmatuotų.

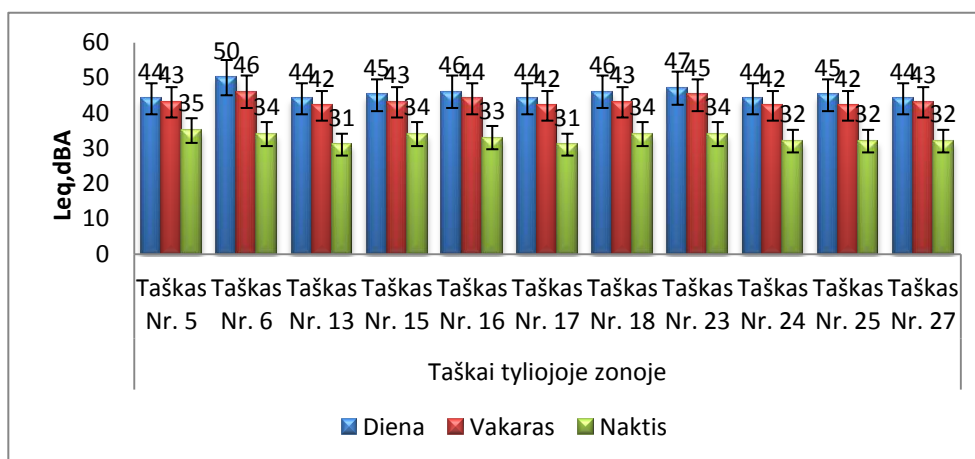


3.18 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosios zonos buferinėje juostoje, esančiuose matavimo taškuose birželio mėn.

Tyliojoje zonoje didžiausias išmatuotas ekvivalentinis triukšmo lygis dieną buvo 6-me taške ir siekė leistino triukšmo lygio ribą, t.y. 50 dBA. Kituose taškuose vyravo vidutiniškai 46 dBA triukšmas (3.19 pav.).

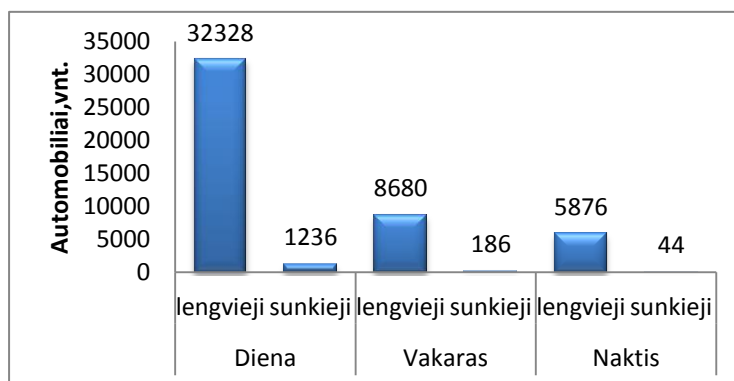
Vakare triukšmo lygiai buvo panašūs į pavasario mėnesiais išmatuotus lygius. Triukšmo viršijimas zonoje nenustatytas – fiksuoti kiek žemesni nei dieną 43-44 dBA triukšmo lygiai (3.19 pav.).

Naktį triukšmo lygiai beveik nesiskiria, lyginant su ankstesniu laikotarpiu išmatuotais triukšmo lygiais, vyravo 32-44 dBA garso lygiai (3.19 pav.).



3.19 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosiojoje zonoje esančiuose matavimo taškuose birželio mėn.

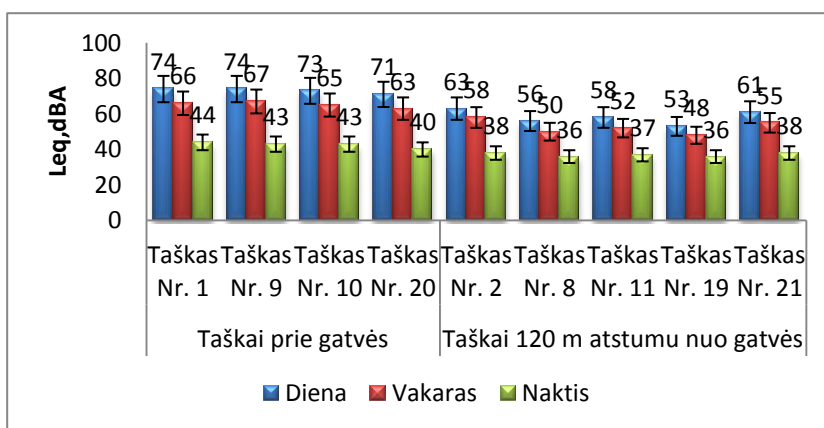
Vasaros pabaigoje automobilių srautas dienos metu sumažėjo, lyginant su gegužės ir birželio mėnesiais, tačiau buvo didesnis sausio ir kovo mėnesį. Dienos metu pravažiavo daugiau kaip 32 tūkst. lengvųjų automobilių (3.20 pav.).



3.20 pav. Transporto sruto intensyvumas paros bėgyje G. Vilko gatvėje rugpjūčio mėn.

Rugpjūčio mėnesį sumažėjus (8 %) autotransporto srautui, dienos metu, lyginant su birželio mėnesiu, triukšmo lygiai matavimo taškuose, esančiuose šalia Geležinio Vilko gatvės sumažėjo 3-4 dBA. Lyginant su šaltuoju laikotarpiu tuose pačiuose taškuose, triukšmo lygiai rugpjūtį buvo didesni 1-3 dBA, transporto srautas didesnis 5 %.

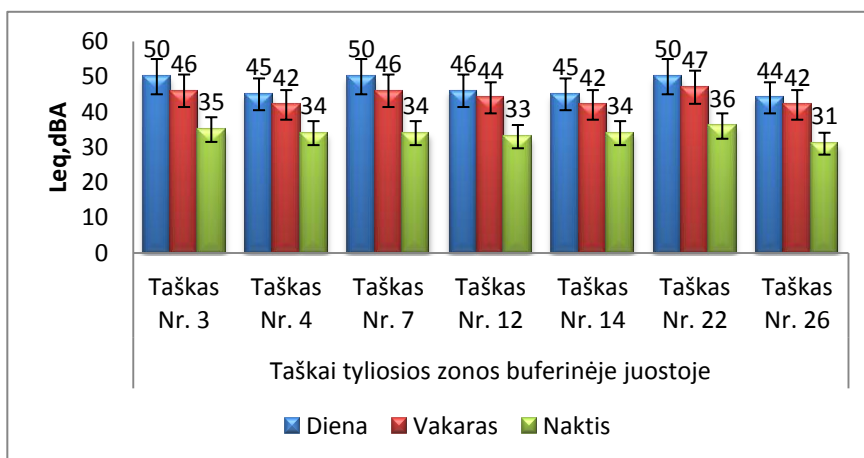
Artėjant nuo G. Vilko gatvės prie tyliosios viešosios zonos, jos buferinėje juostoje bei pačioje zonoje triukšmo lygiai buvo žemesni lyginant su ankstesnių laikotarpiu išmatuotais triukšmo lygiais.



3.21 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje, taškuose prie G. Vilko gatvės ir 120 m atstumu nuo G. Vilko gatvės rugpjūčio mėn.

Buferinėje juostoje rugpjūtį vyraavo 44-50 dBA triukšmo lygis dienos metu, 42-47 dBA – vakare (3.22 pav.). Tyliosios zonos ribose esančiuose matavimo taškuose triukšmo lygis kito nuo 42 dBA iki 51 dBA dienos metu (3.23 pav.).

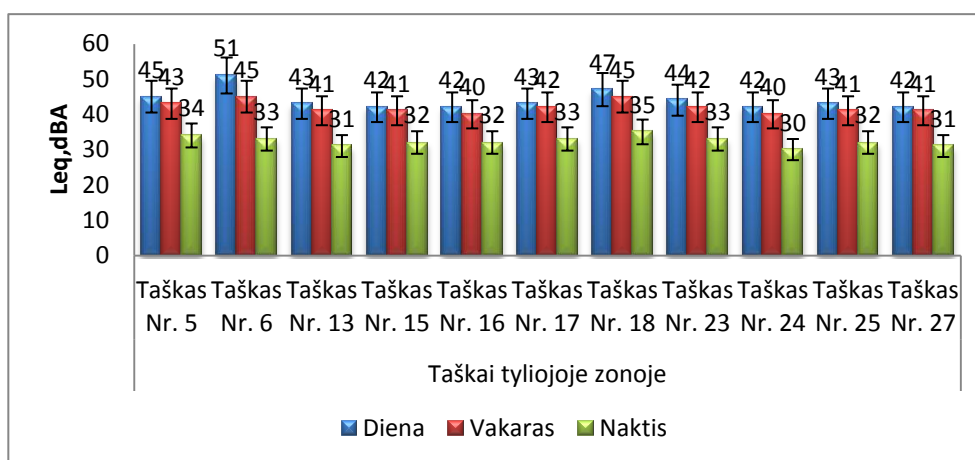
Birželio mėnesį tiek buferinėje juostoje, tiek tyliojoje zonoje garso lygis didenis 1-2 dBA, lyginant su rugpjūčiu. Tai įtakojo didesnis pravažiuojančių automobilių skaičius.



3.22 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosios zonos buferinėje juostoje, esančiuose matavimo taškuose rugpjūčio mėn.

Rugpjūčio mėnesio triukšmo lygio matavimai parodė, kad dienos metu Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje leistinas triukšmo lygis buvo viršytas tik viename matavimo taške Nr. 6 (3.23 pav.).

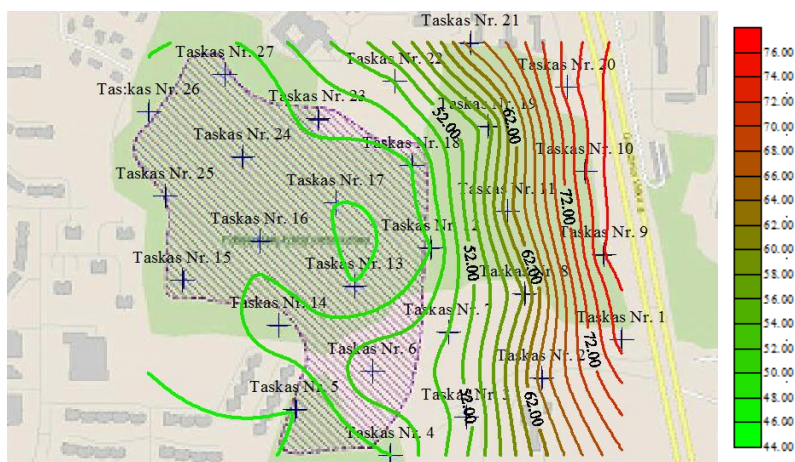
Vakaro metu tyliojoje zonoje triukšmo lygiai siekė 40 – 43 dBA (3.23 pav.). Lyginant su birželio, gegužės, kovo ir sausio mėnesiais, tai yra mažiausi fiksuoti triukšmo lygiai. Sausio ir kovo mėnesį triukšmo lygiai siekė 45 dBA, kovą – 48 dBA. Transporto srtais šiais mėnesiais buvo mažesni nei rugpjūtį, todėl didesnę triukšmo lygį lėmė lapijos nebuvimas. Birželio ir gegužės mėnesiais aukštesnį garso lygį įtakojo didesnis pravažiuojančių automobilių skaičius bei padidėjęs transporto priemonių važiavimo greitis.



3.23 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosiojoje zonoje esančiuose matavimo taškuose rugpjūčio mėn.

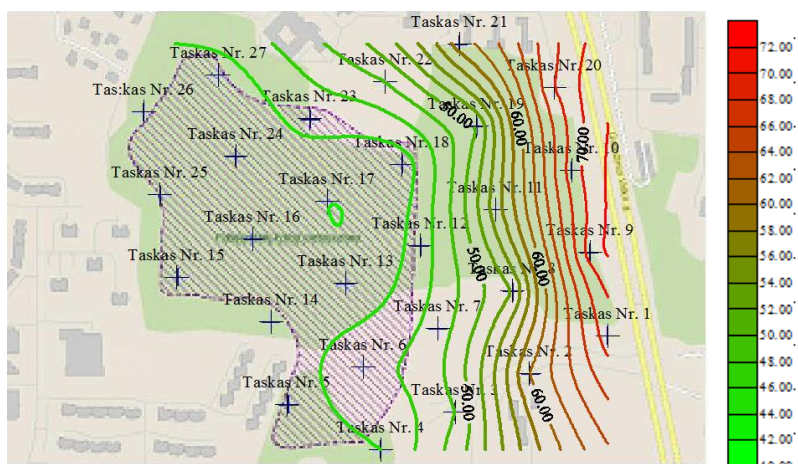
Nakties metu, kaip ir prieš tai tyrinėto laikotarpio metu, tyliosios zonos teritorijos ribose buvo nustatytas 30 – 35 dBA foninis garso lygis (3.23 pav.).

3.24 paveiksle pavaizduotas žemėlapis su vasaros metu išmatuotų triukšmo lygių pasiskirstymu nagrinėjamoje vietovėje. Matyti, kad triukšmo lygiai tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu buvo didesni 6-me ir 23-me taškuose.



3.24 pav. Vasaros matavimo rezultatai. Triukšmo sklaida nuo G. Vilko g. į Fabijoniškių viešąją tyliąją zoną, dienos metu

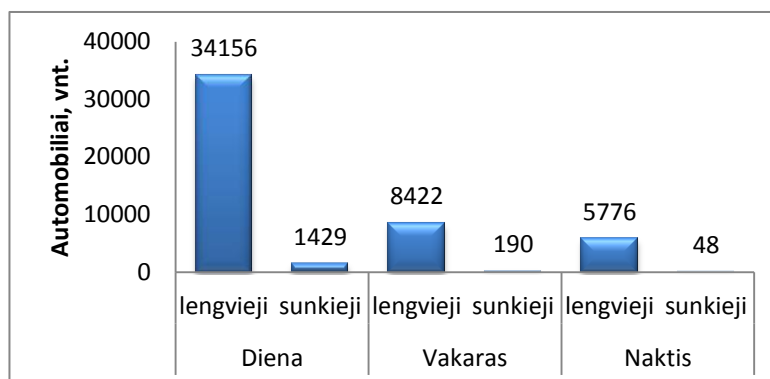
Žiūrint į žemėlapi, pavaizduotą 3.25 paveiksle, taip pat išsiskiria 6 ir 23 matavimo taškai, kuriuose triukšmo lygis vakaro metu buvo didesnis, nei kituose tyliosios zonos taškuose, tačiau leistino 50 dBA triukšmo lygio neviršijo.



3.25 pav. Vasaros matavimo rezultatai. Triukšmo sklaida nuo G. Vilko g. į Fabijoniškių viešąją tyliąją zoną, vakaro metu

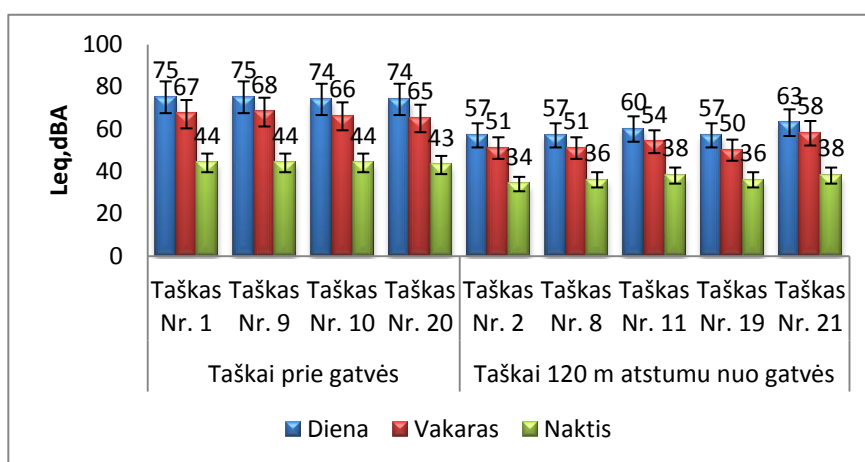
Rugsėjo mėnesio pabaigoje lengvojo transporto srautas dienos metu padidėjo 3 %, lyginat su rugpjūčio mėnesiu, tačiau nebuvo toks didelis kaip birželį, lyginant su šaltuoju metų laiku, kai

pravažiuojančių G. Vilko gatve transporto priemonių padaugėjo 10 %. Dienos metu pravažiavo daugiau kaip 35 tūkst. automobilių. Vakaro metu sunkiųjų automobilių srautas buvo didesnis nei vasaros metu.



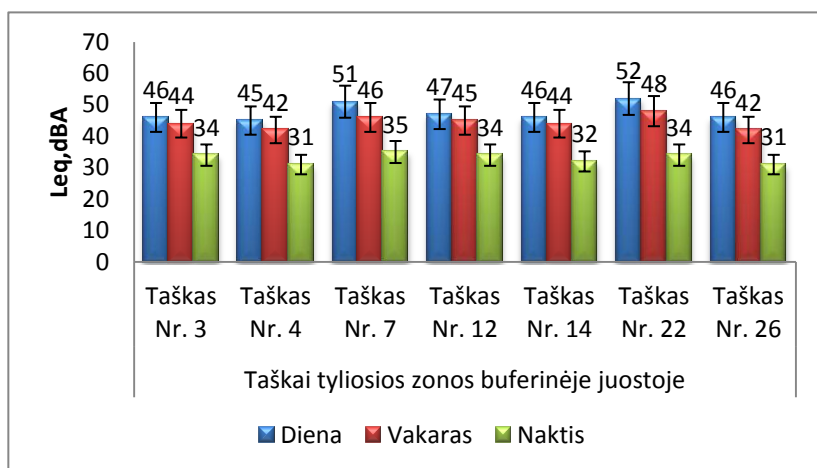
3.26 pav. Transporto srauto intensyvumas paros bėgyje G. Vilko gatvėje rugsėjo mėn.

Rugsėjo mėnesį fiksuoti triukšmo lygiai matavimo taškuose prie kelio dienos metu siekė 74-75 dBA, vakare – 65-68 dBA, naktį tik 44 dBA. Tolstan nuo gatvės tyliosios zonos link, garso lygis dienos metu sumažėja iki 57 – 63 dBA, vakare – 50-58 dBA. Nutolus nuo gatvės apie 120 m triukšmo lygiai sumažėja 1,25 karto. Tai įtakoja tiek miško danga, tiek netolygus reljefas.



3.27 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje, taškuose prie G.Vilko gatvės ir 120 m atstumu nuo G. Vilko gatvės rugsėjo mėn.

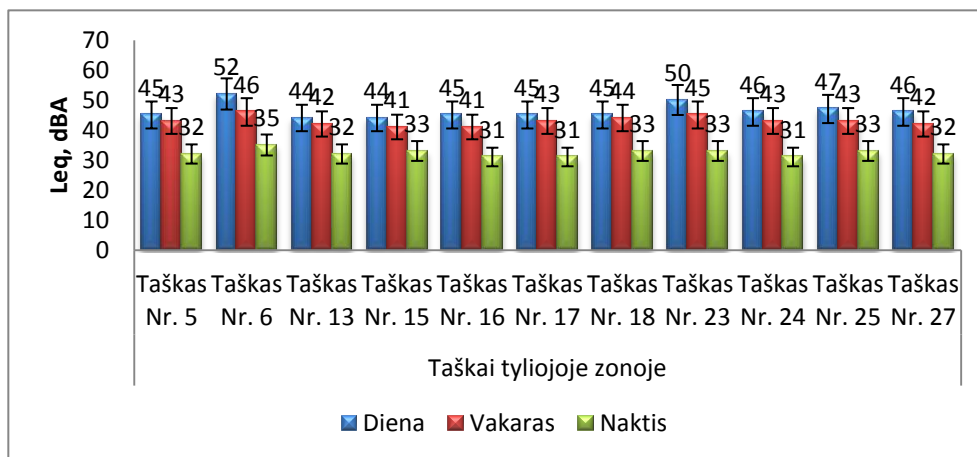
Prevenicinėje juostoje triukšmo lygiai buvo kiek didesni 7-me ir 22-me matavimų taškuose ir atitinkamai siekė 51 – 52 dBA dienos metu. Vakare šioje teritorijos dalyje vyravo 45 – 48 dBA garso lygiai. Lyginant su birželio ir rugpjūčio mėnesiais, triukšmo lygiai buferinėje juostoje skiriasi nežymiai (1-2 dBA), o lyginant su sausio mėnesiu, 3-5 dBA mažesni nei sausį.



3.28 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tylosios zonos buferinėje juostoje, esančiuose matavimo taškuose rugsėjo mėn.

Dieną matuoti triukšmo lygiai daugumoje tylosios zonos matavimo taškų buvo 44-45 dBA. Išsiskyrė tik du taškai su didesniais triukšmo lygiais, tai 6 ir 23 matavimų taškai, kuriuose triukšmo lygiai atitinkamai siekė 52 dBA ir 50 dBA. Kaip ir rugpjūtį triukšmo viršijimas nustatytas 6-me matavimų taške; triukšmo norma buvo viršyta 2 dBA (3.29 pav.).

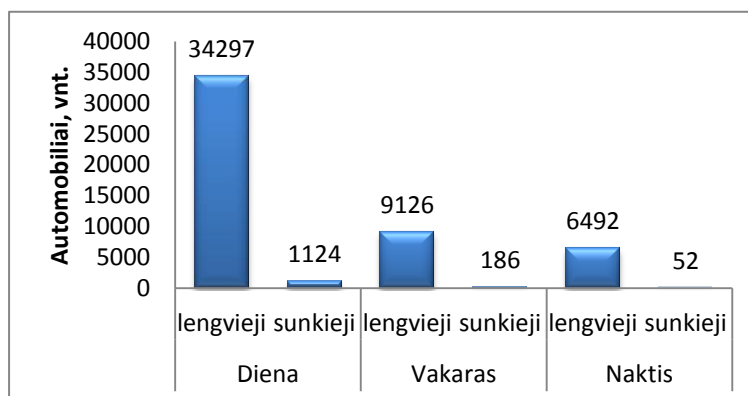
Vakaro metu tyliojoje zonoje išmatuotas ekvivalentinis triukšmo lygis siekė 41- 46 dBA (3.29 pav.). Tokie patys triukšmo lygiai vyravo ir gegužės, birželio mėnesiais, kiek didesnis triukšmas buvo fiksuotas šaltuoju metų laiku ir siekė 48 dBA.



3.29 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tylosiojoje zonoje esančiuose matavimo taškuose rugsėjo mėn.

Nakties metu triukšmo lygiai yra pakankamai maži. Kaip dienos taip ir nakties metu didžiausi fiksuojami šalia G. Vilko gatvės ir siekia 43 – 44 dBA. Lyginant su dienos triukšmo

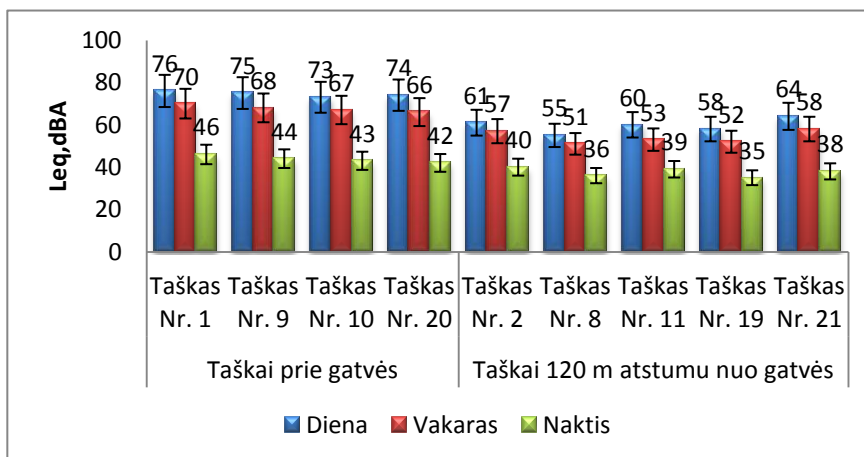
lygiais, naktį triukšmas šiuose taškuose sumažėja iki 30 dBA, o lyginant su vakaro – apie 15-20 dBA.



3.30 pav. Transporto srauto intensyvumas paros bėgyje G. Vilko gatvėje gegužės mėn.

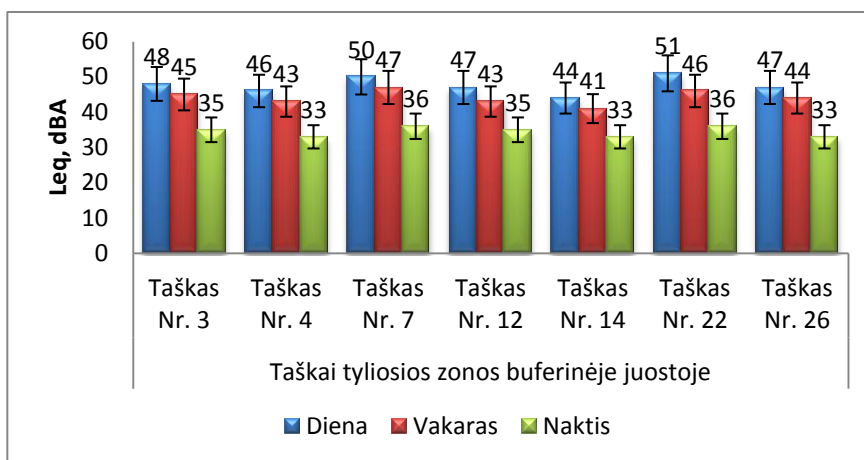
Lapkričio mėnesį transporto srautas per para yra didesnis nei rugsėjo mėnesį, bendras paros automobilių skaičius viršijo 51 tūkstantį (3.30 pav.). Labiausiai padidėjo lengvojo transporto srautai vakaro bei nakties metu – vakare viršijo 9 tūkst., o naktį siekė 6,5 tūkst. automobilių, kai praeito nagrinėjamo laikotarpio metu vidutinis transporto kiekis atitinkamai vakare siekdavo apie 8,5 tūkst., o naktį - apie 5,5 tūkst.

Iš 3.31 paveikslo matyti, kad šalia gatvės esančiuose taškuose ekvivalentinis triukšmo lygis dienos metu siekė 76 dBA, vakaro – 70 dBA, nakties – 46 dBA. 1-me ir 2-me matavimo taškuose triukšmo lygiai buvo didesni, nei lygiagrečiai išsidėsčiusiuose taškuose. Tai lemia atvira, mišku neužžėlusi vietovė.



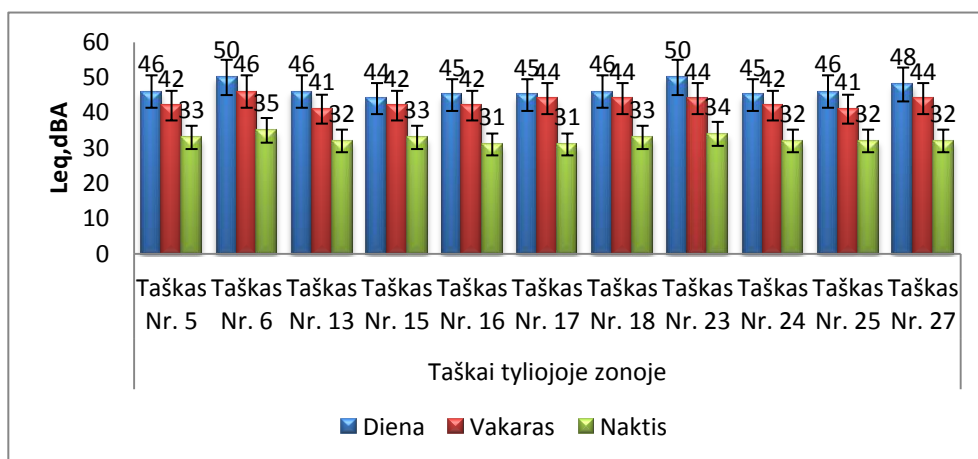
3.31 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje, taškuose prie G.Vilko gatvės ir 120 m atstumu nuo G. Vilko gatvės lapkričio mėn.

Buferinėje juostoje lapkritį vidutinis triukšmo lygis buvo 48 dBA dienos metu. Kaip ir kitais sezonais didesnių triukšmo lygiu pasižymėjo 7 ir 22 matavimų taškai, kurie yra mažiau ekranuojami. Vakare šioje teritorijos dalyje vyravo 42-47 dBA (3.32 pav.).



3.32 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosios zonos buferinėje juostoje, esančiuose matavimo taškuose lapkričio mėn.

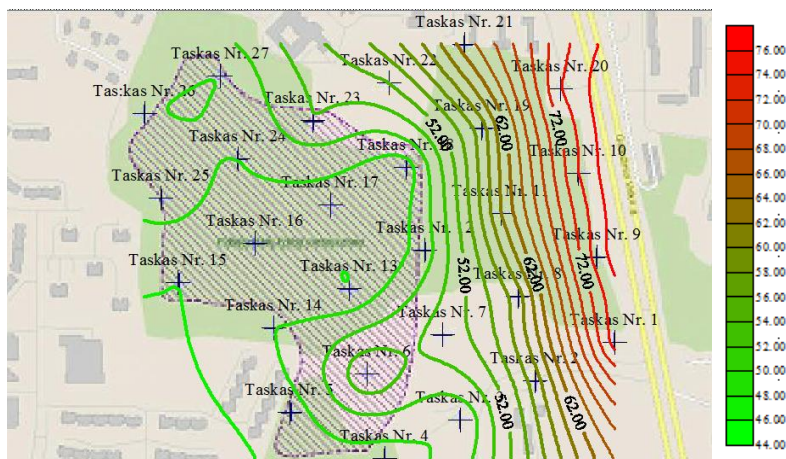
Tyliosios zonos teritorijoje triukšmo lygiai dienos metu mažai skiriasi nuo pavasario bei vasaros mėnesiais išmatuotų ir siekia 44-50 dBA (3.33 pav.). Didelis triukšmo lygis buvo išmatuotas taškuose Nr. 6 ir Nr. 23 – čia jis siekė 50 dBA, t.y. leistino triukšmo ribą. Dideliam triukšmo lygiui taške Nr. 23 matavimo metu daugiau įtakos galėjo turėti gyvenamosios teritorijos sklindžiamas triukšmas nei sklindantis nuo gatvės.



3.33 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosiojoje zonoje esančiuose matavimo taškuose lapkričio mėn.

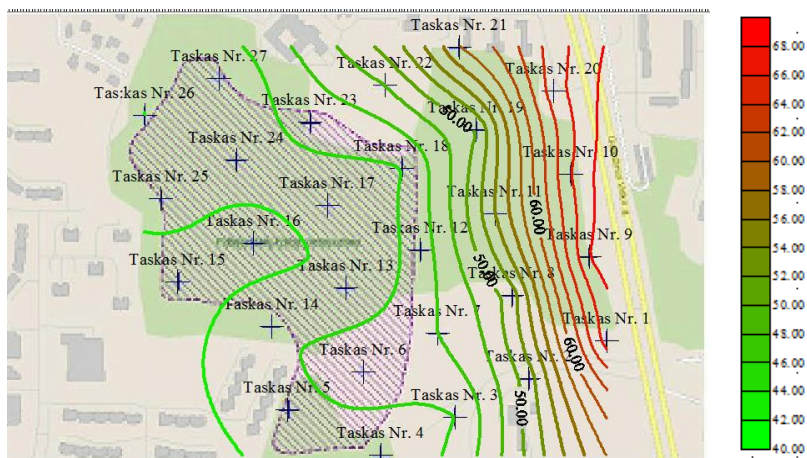
Tačiau 6-me taške jau vasaros bei vėlyvo pavasario metu buvo fiksuotas nežymus triukšmo viršijimas 1-2 dBA. Šios vietos neekranuoja nei pastatai, nei želdiniai, todėl čia didesniai triukšmo lygiui įtakos turi nuo G. Vilko gatvės sklindantis triukšmas.

Vakare triukšmo lygiai tyliojoje zonoje nebuvo viršijami, garso lygis siekė 46 dBA (3.33 pav.). Lapkričio mėnesio nakties metu išmatuotas triukšmas neišsiskyrė nuo kitų mėnesių išmatuotų triukšmo lygių. Šalia G. Vilko gatvės vyravo 43-46 dBA ekvivalentinio triukšmo lygiai. Artėjant tyliosios zonos link garso lygis sumažėja iki 31- 36 dBA.



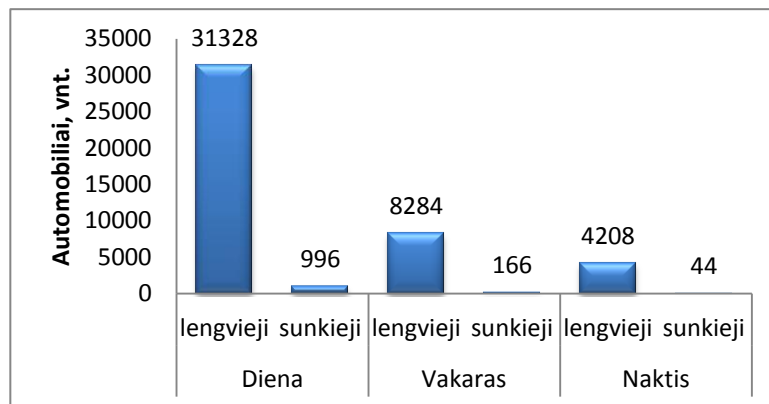
3.34 pav. Rudens matavimo rezultatai. Triukšmo sklaida nuo G. Vilko g. į Fabijoniškių viešąją tyliąją zoną, dienos metu

3.34 ir 3.35 paveikslai parodo rudenį išmatuoto triukšmo sklaidą nagrinėjamoje vietovėje dienos ir vakaro metu. Vėlgi didesni triukšmo lygiai buvo fiksuojami pietrytinėje nagrinėjamos teritorijos dalyje, kurios nedengia medžiai, t.y. 1-me, 2-me, 6-me ir 7-me matavimo taškuose.



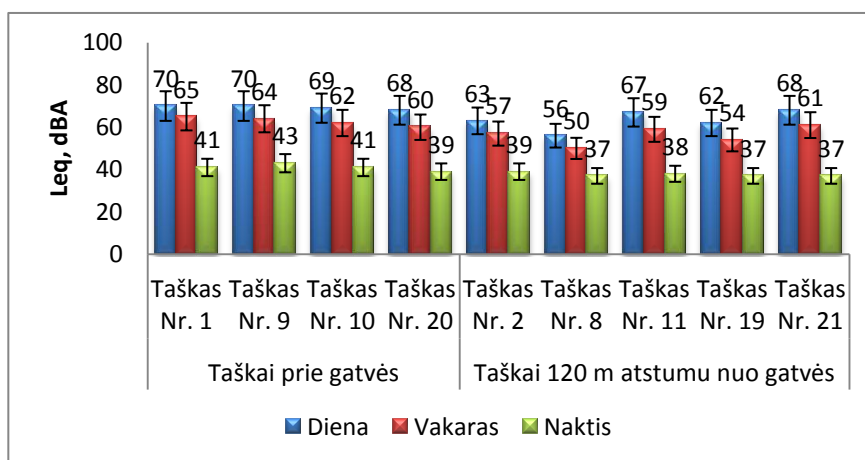
3.35 pav. Rudens matavimo rezultatai. Triukšmo sklaida nuo G. Vilko g. į Fabijoniškių viešąją tyliąją zoną, vakaro metu

Gruodžio mėnesį vidutinis dieną pravažiuojančių automobilių kiekis siekė 32,3 tūkst., vakare – 8,5 tūkst., o naktį tik 4,2 tūkst (3.37 pav.). Bendras automobilių srautas žymiai sumažėjo lyginant su pavasario (sumažėjo 10 %), vasaros (15 %) bei rudens (10 %) laikotarpiais, bet mažai skyrėsi nuo sausio mėnesį buvusio srauto, tik 245 vnt. arba 0,5 %.



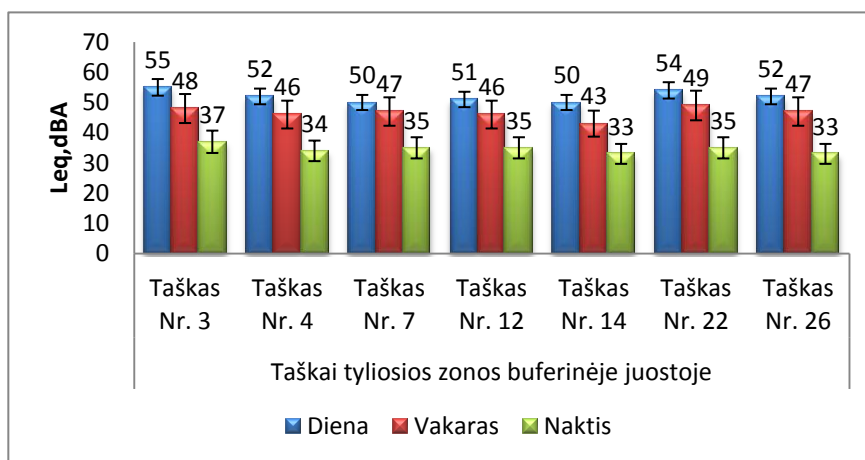
3.36 pav. Transporto srauto intensyvumas paros bėgyje G. Vilko gatvėje gruodžio mėn.

Šaltuoju laikotarpiu sumažėjus transporto priemonių srautui G. Vilko gatvė atitinkamai fiksuoti ir mažesni triukšmo lygiai arčiausiai gatvės esančiuose taškuose – 71-73 dBA, kai vasaros metu dieną siekė 74-78 dBA (3.17, 3.37 pav.). Triukšmo lygių sumažėjimą galėjo lemti dėl žiemos metu pavojingesnių važiavimo sąlygų sumažėjęs automobilių greitis.



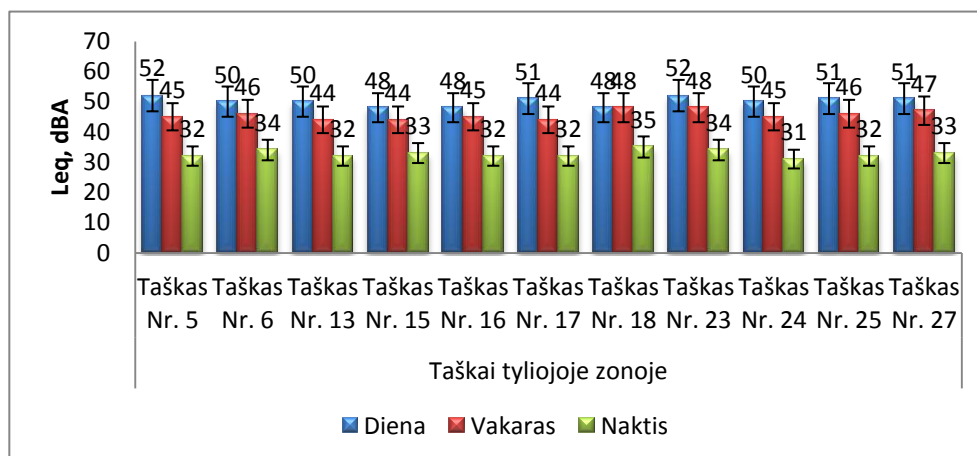
3.37 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje, taškuose prie G. Vilko gatvės ir 120 m atstumu nuo G. Vilko gatvės gruodžio mėn.

Nutolus nuo gatvės 120 m atstumu, triukšmo lygiai sumažėja 9-15 dBA, tačiau šiuose taškuose (2, 8, 11 ir 19) triukšmo lygiai yra labai panašūs į vasaros metu išmatuotus, o kai kuriuose taškuose netgi didesni.



3.38 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosios zonos buferinėje juostoje, esančiuose matavimo taškuose gruodžio mėn.

2-me taške gruodžio, rugpjūčio ir gegužės mėnesį triukšmo lygis buvo 64 dBA, o 11-me taške gruodį išmatuotas triukšmas siekė 62 dBA, pavasario, vasaros bei rudens metu svyravo nuo 58 iki 61 dBA, tik sausį šiame taške triukšmo lygis buvo didesnis – 67 dBA.



3.39 pav. Triukšmo lygio kitimas paros bėgyje tyliosiojoje zonoje esančiuose matavimo taškuose gruodžio mėn.

Buferinėje tyliosios zonos juostoje dienos metu vyraavo 51-55 dBA, o pačioje tyliojoje zonoje – 48-51 dBA.

Daugumoje tyliosios zonos ribose esančių matavimo taškų (5, 15, 17, 18, 24 ir 25) buvo fiksuotas 50 dBA triukšmas, t.y. leistino triukšmo riba. Taškuose Nr. 23 ir Nr. 27 triukšmas buvo viršytas 1-2 dBA.

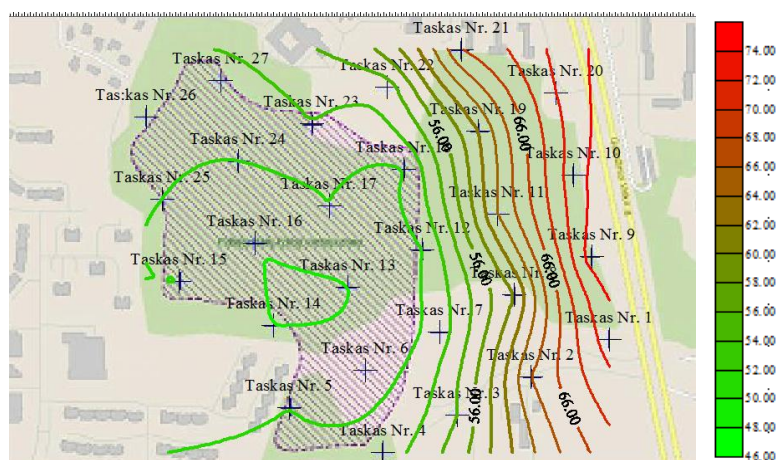
Pavasario, vasaros bei rudens metu tyliosios zonos ribose esančiuose taškuose triukšmo lygiai vidutiniškai siekė 44-46 dBA dienos metu. Žiemą buferinės juostos matavimo taškuose

išmatuoti triukšmo lygiai buvo didesni, siekė 55 dBA, t.y. padidėjo iki 9 %, o tyliojoje zonoje triukšmo lygiai aukštesni 1-9 dBA.

Vakaro metu triukšmo viršijimų tyliojoje zonoje nenustatyta, triukšmo lygiai siekė 45-49 dBA. Kitais metų laikais išmatuoti triukšmo lygiai tuose pačiuose taškuose buvo mažesni vidutiniškai 8 %.

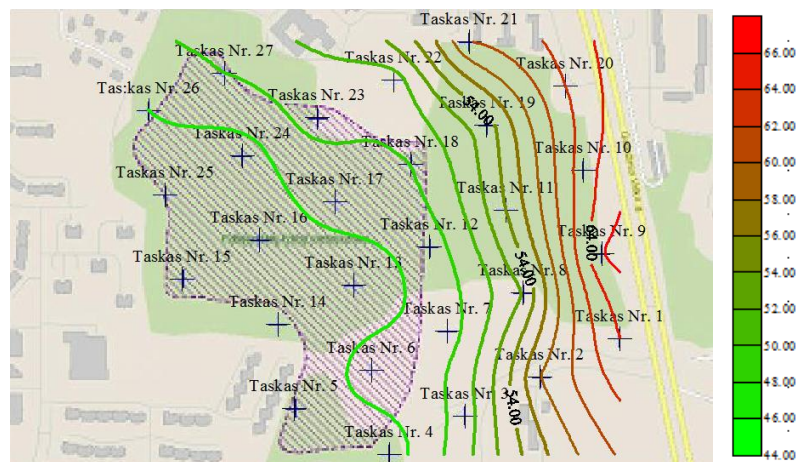
Iš tyrimo rezultatų matyti, kad garso lygiai žiemos metu judant nuo G. Vilko gatvės tyliosios zonos link bei pačioje tyliojoje zonoje sumažėja ne taip kaip šiltuoju metų laiku. Tam daugiausia įtakos daro želdiniai.

Nuo gatvės artėjant prie tyliosios zonos ir pačioje zonoje nakties metu vyrauja 31 – 35 dBA triukšmo lygiai. Tai yra pakankamai maži triukšmo lygiai, daugiausia įtakoti bendro foninio triukšmo.



3.40 pav. Žiemos matavimo rezultatai. Triukšmo sklaida nuo G. Vilko g. į Fabijoniškių viešąją tyliąją zoną, dienos metu

3.40 ir 3.41 paveiksluose pavaizduotuose žemėlapiuose, pavaizduoti triukšmo sklaidos nuo G. Vilko gatvės Fabijoniškių tyliosios viešosios zonos link žiemos sezono dienos ir vakaro matavimų rezultatai.



3.41 pav. Žiemos matavimo rezultatai. Triukšmo sklaida nuo G. Vilko g. į Fabijoniškių viešąją tyliąją zoną, vakaro metu

Žiemos metu triukšmo lygiai yra žemesni šalia gatvės esančiuose taškuose, tačiau artėjant prie tyliosios zonos yra aukštesni, lyginant su kitais sezonais.

Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje leistinas triukšmo lygis dienos metu žiemos laikotarpiu viršijamas (viršijo 1-2 dBA) daugumoje matavimo taškų. Šiltuoju laikotarpiu tai pasitaiko retai, jie užfiksuoti matavimo taškuose, esančiuose atviresnėje vietovės dalyje. Vakaro metu triukšmo lygiai nebuvo viršyti.

3.2. Skyriaus išvados

1. Metų bėgyje automobilių srauto intensyvumas kinta nevienodai, tačiau yra artimas 50 tūkst. aut./parą. Dieną vidutinis metinis pravažiuojančių automobilių skaičius yra 34422 vnt., vakare – 8879 vnt., o naktį – 5685 vnt. Didžiausias automobilių intensyvumas buvo birželio mėnesį – 52862 aut./parą, mažiausias – sausį – 44781 aut./parą.
2. Šaltuoju metų laikotarpiu, esant mažesniau automobilių srauto intensyvumui, šalia G.Vilko gatvės, esančiuose matavimo taškuose išmatuoti triukšmo lygiai buvo 3-5 dBA mažesni, o tyliosios zonos ribose esančiuose taškuose – 4-5 dBA didesni, lyginant su šiltuoju metų laikotarpiu. Vadinasi, kad triukšmą, šiltuoju metų laikotarpiu, sulaiko didžiojoje teritorijos dalyje esantis miškas, todėl triukšmo lygiai tyliojoje zonoje yra didesni žiemą.

3. Vasaros, rudens metu dažniausias triukšmo viršijimas dienos metu tyliojoje zonoje fiksuotas 6-me matavimų taške, viršyta 1-2 dBA. 6-to matavimo taško vieta nėra ekranuojama mišku ar pastatais, todėl sklindantis triukšmas nuo G. Vilko gatvės yra didesnis nei kituose lygiagrečiai išsidėsčiusiuose tyliosios zonos matavimo taškuose.
4. Rudens, žiemos mėnesiais tyliosios zonos 23-me, 27-me matavimų taškuose buvo nustatyti leistini 50 dBA ar nežymiai didesni triukšmo lygiai. Čia aukštesniam triukšmo lygiui įtakos galėjo turėti ne tik G. Vilko gatve pravažiuojančių transporto priemonių skaičius, bet ir triukšmas, sklindantis iš netoliese esančių gyvenamųjų namų aplinkos.

4. AUTOTRANSPORTO KELIAMO TRIUKŠMO MODELIAVIMAS

4.1. Triukšmo sklaidos modeliavimo CadnaA programa metodika

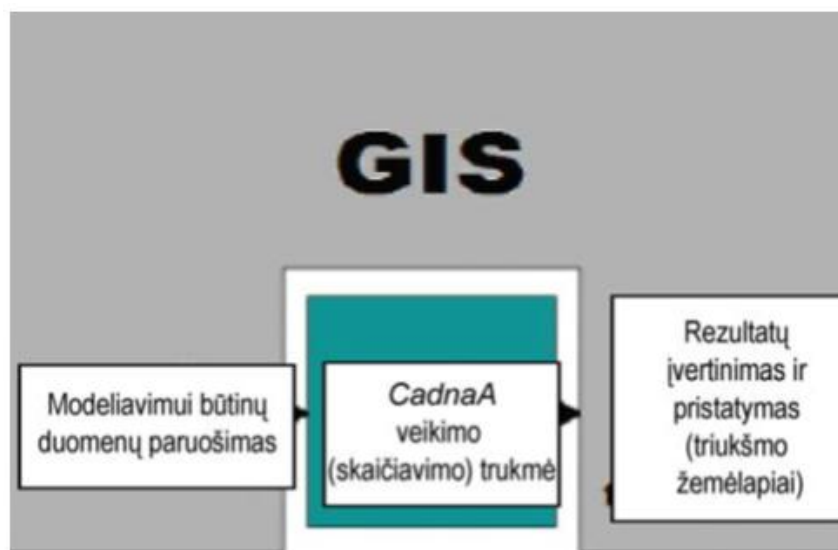
Siekiant įvertinti transporto, pravažiuojančio G. Vilko gatve, keliamo triukšmo lygį Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje bei parinkti tinkamiausias triukšmo mažinimo priemones, triukšmo sklaida sumodeliuota CadnaA programa.

CadnaA programos modeliavimo proceso eiga susideda iš trijų pagrindinių etapų (4.1 pav.):

I etapas – duomenų, reikalingų modeliui sukurti, įvedimas.

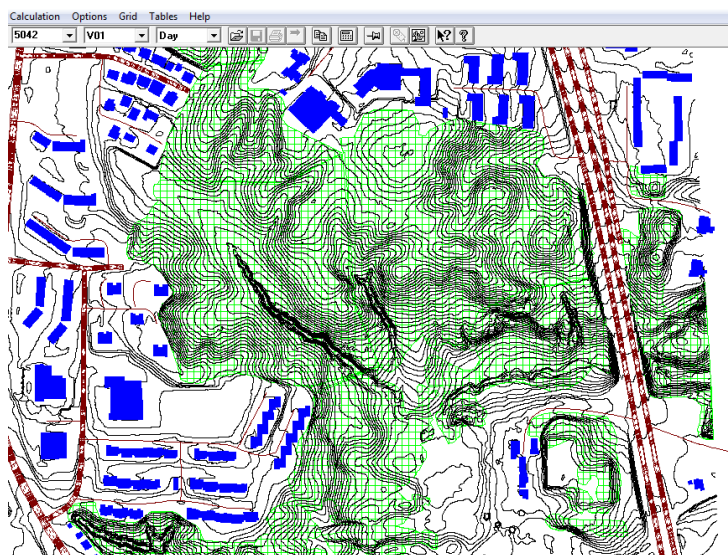
II etapas – įvestų duomenų apdorojimas ir modelio skaičiavimo procesas.

III etapas – skaičiavimo rezultatų išvedimas ekrane.



4.1 pav. CadnaA programos modeliavimo proceso su GIS eiga (Baltrėnas ir Puzinas 2009)

Triukšmui modeliuoti įvedami duomenys: topografiniai duomenys su reljefo, pastatų ir statinių, želdinių, kelių sluoksniais, adresų duomenys, mobilių triukšmo šaltinių duomenys ir keliamo triukšmo parametrai (4.2 pav.).



4.2 pav. Įvesties duomenys: nagrinėjamos teritorijos topografiniai duomenys su reljefo (pilka spalva), pastatų ir statinių (mėlyna spalva), želdinių (žalia spalva), kelių (ruda spalva) sluoksniais

CadnaA programa išskiria šiuos triukšmo šaltinius:

- taškinį šaltinį, triukšmo galios lygis PWL ,

$$PWL = PWL_{Pt} + 10lg \frac{Q}{(h^{-1})} + 10lg \frac{l}{(m)} - 10lg \frac{v}{(\frac{km}{h})} - 30 \text{ dB} \quad (4.1)$$

- linijinį šaltinį: triukšmo galios lygis PWL , triukšmo galios lygis iš vieneto ilgio PWL' arba judančio taškinio šaltinio triukšmo galios lygis $PWL-Pt$;

- ploto šaltinį: triukšmo galios lygis PWL , triukšmo galios lygis iš ploto vieneto PWL' arba judančio taškinio šaltinio triukšmo galios lygis $PWL-Pt$,

$$PWL = PWL_{Pt} + 10lg \frac{Q}{(h^{-1})} + 10lg \frac{S}{(m^2)}. \quad (4.2)$$

Kuriant judančio šaltinio modelį įvedamas taškinio šaltinio PWL , įvykių skaičius per valandą Q ir greitis (km/h). Šių duomenų pagrindu apskaičiuojamas bendras triukšmo lygis, įvertinus linijinius ir ploto triukšmo šaltinius.

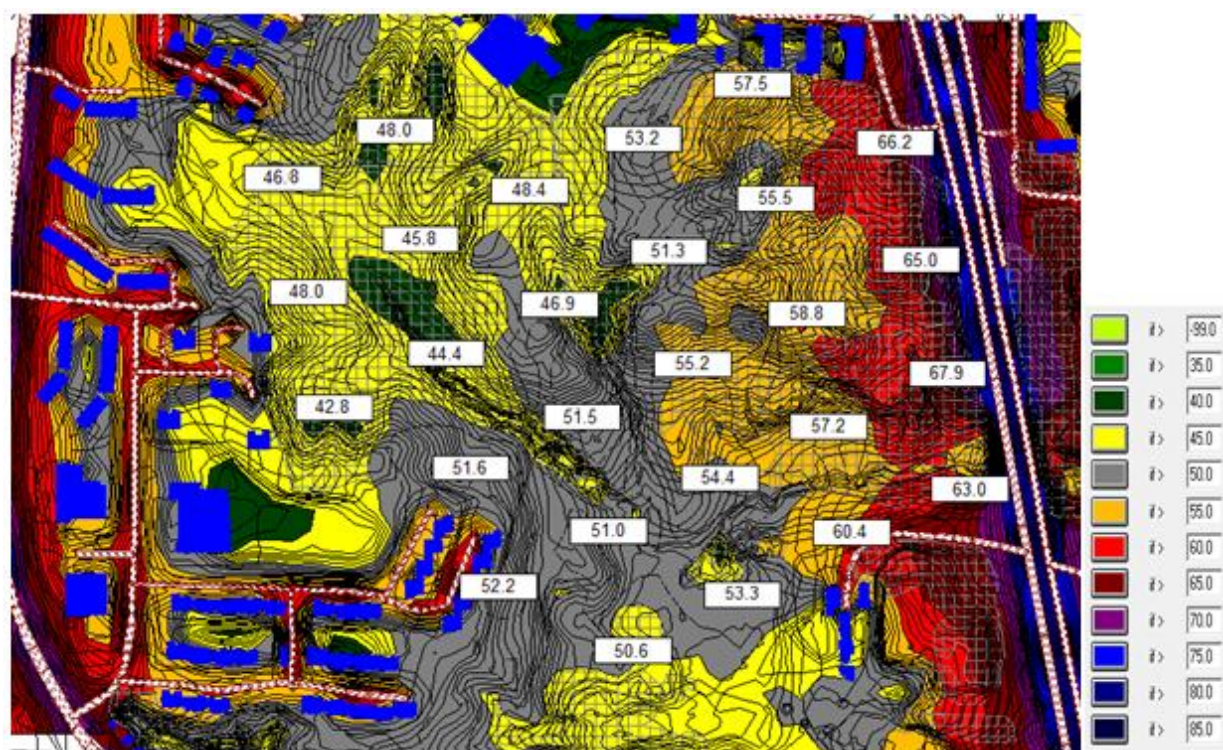
Modeliui sudaryti imamos tokios sąlygos: transporto priemonių, pravažiuojančių Geležinio Vilko gatve per parą, sausio mėnesį yra 45026 vnt., kovo mėnesį – 47444 vnt., gegužės pradžioje – 51740 vnt., birželį – 52862 vnt., rugpjūčio pradžioje – 48738 vnt., rugsėjo mėnesį – 50021 vnt., lapkritį – 51277, gruodžio mėnesį – 44781 vnt., transporto priemonių važiavimo

zoną būtina apsaugoti, įrengiant triukšmo mažinimo priemones. Siekiant parinkti tinkamiausias priemones triukšmui mažinti, atliekamas triukšmo sklaidos modeliavimas.

Kadangi triukšmo lygiai Vilniaus miesto tyliosiose zonose yra ribojami tik dienos ir vakaro metu, o atlikus tyrimus, matyti, kad Fabijoniškių tyliojoje zonoje triukšmo lygiai nakties metu yra žemi, triukšmo sklaida modeliuojama tik dienos ir vakaro laikotarpiams.

Iš pradžių triukšmo sklaida modeliuojama į tyliąją viešąją zoną, siekiant palyginti triukšmo lygius su matavimų rezultatais. Tyrimo metu buvo skaičiuojami transporto srautai Geležinio Vilko gatve, kurie panaudojami modeliui sudaryti. Nagrinėjamos vietovės modelis sudarytas pagal 4.1 skyriuje aprašytą metodiką.

4.4 – 4.5 paveiksluose pavaizduota automobilių keliamo triukšmo sklaida sausio mėnesį dienos ir vakaro metu.



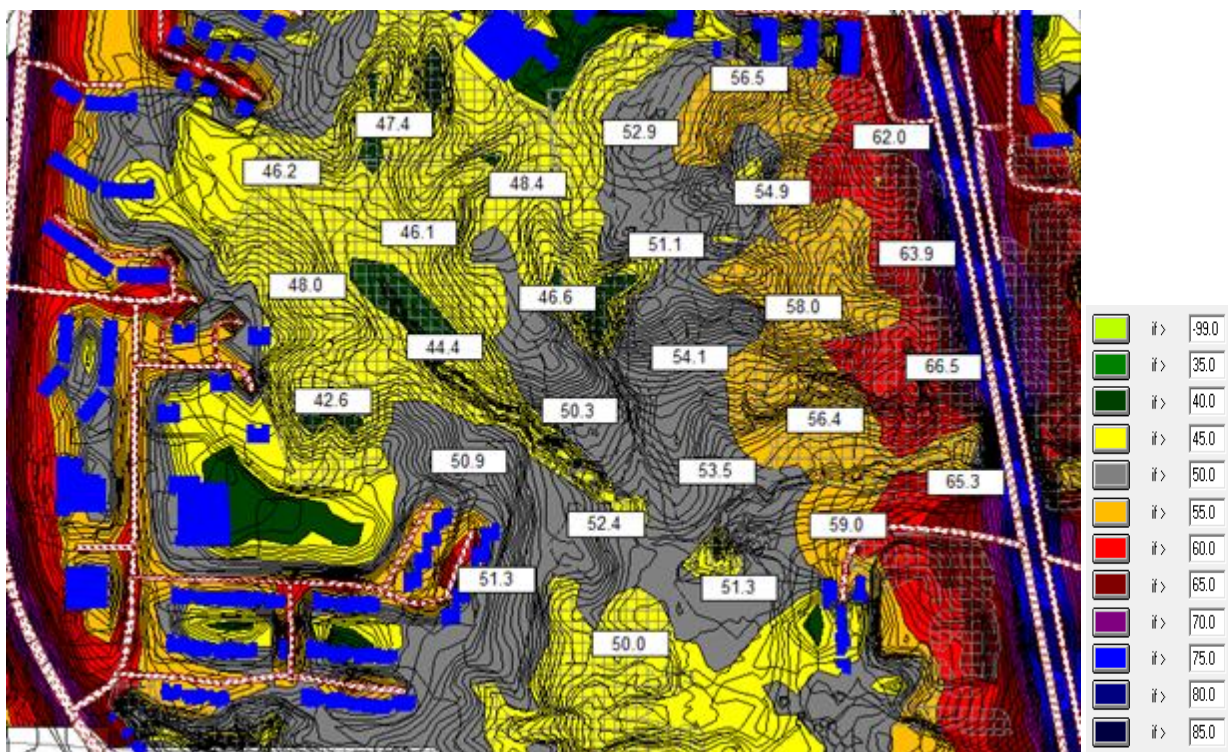
4.4 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu, sausio mėn.

Paveiksluose pavaizduoti skaičiai parodo sumodeliuotą triukšmo lygį taškuose, kuriuose buvo atliekami matavimai.

Iš 4.4, 4.5 paveikslų matyti, kad didesni triukšmo lygiai vyrauja pietinėje ir pietrytinėje nagrinėjamos teritorijos dalyje. Lyginat su matavimo rezultatais, pastebėta, kad išmatuoti triukšmo lygiai ir sumodeliuoti triukšmo lygiai skiriasi ± 8 dBA.

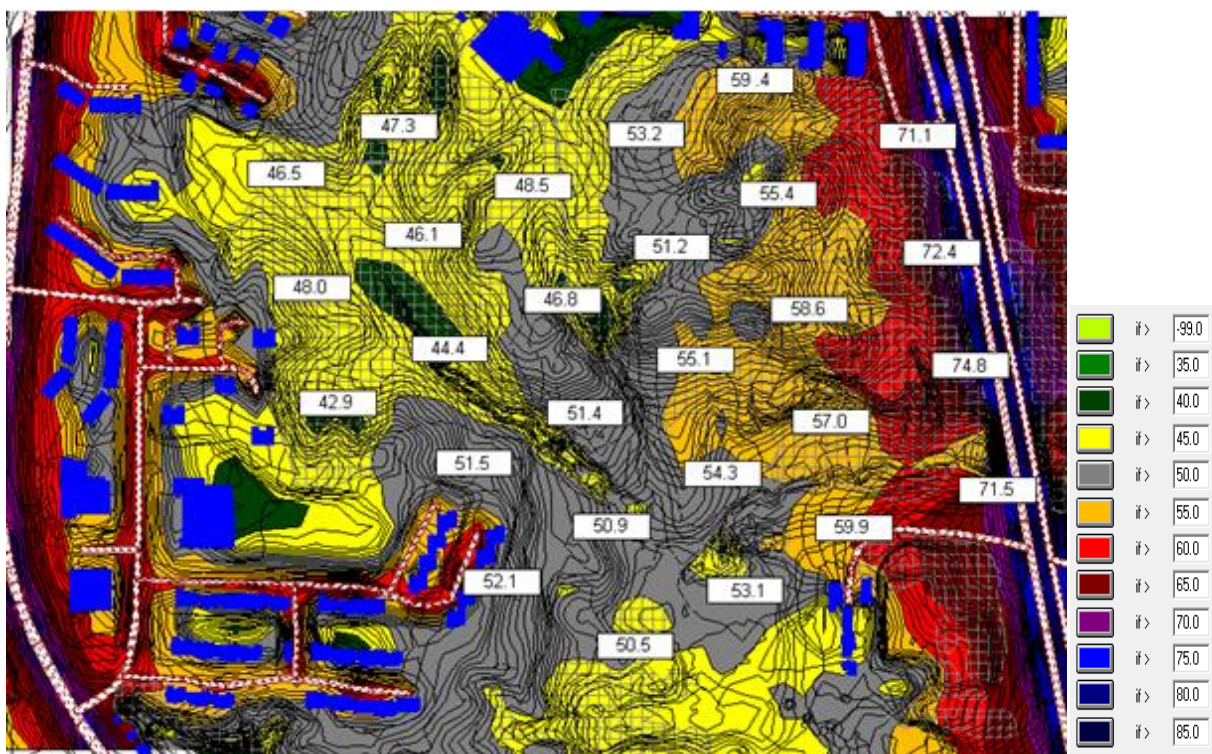
Šiaurinėje tyliosios zonos dalyje sumodeliuoti triukšmo lygiai yra mažesni 4-6 % už matavimo rezultatus. Matavimo metu šiuose taškuose buvo nustatyti 50-51 dBA garso lygiai, t.y. artimi ribinėms vertėms. Triukšmo sklaidos rezultatams įtakos galėjo turėti tai, kad transporto srautai buvo skaičiuojami tik Geležinio Vilko gatvėje, o gyvenamųjų namų aplinkoje transporto judėjimas natūroje neskaičiuotas. Todėl sudarant modelį dėl priimtų sąlygų galėjo atsirasti tokia paklaida.

Triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatai dienos metu parodo, kad triukšmo lygiai viršyti 1-2 dBA tyliojoje zonoje 5-me, 6-me, 13-me ir 18-me taškuose, kai matavimo metu ribiniai triukšmo lygiai fiksuoti 6-me ir 18-me taškuose.



4.5 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu, sausio mėn.

Atlikus matavimus vakaro metu, triukšmo lygio viršijimo nebuvo nustatyta, tačiau iš modeliavimo rezultatų matyti, jog 5-me, 6-me ir 13-me taškuose garso lygiai viršyti 1-2 dBA.



4.6 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu, kovo mėn.

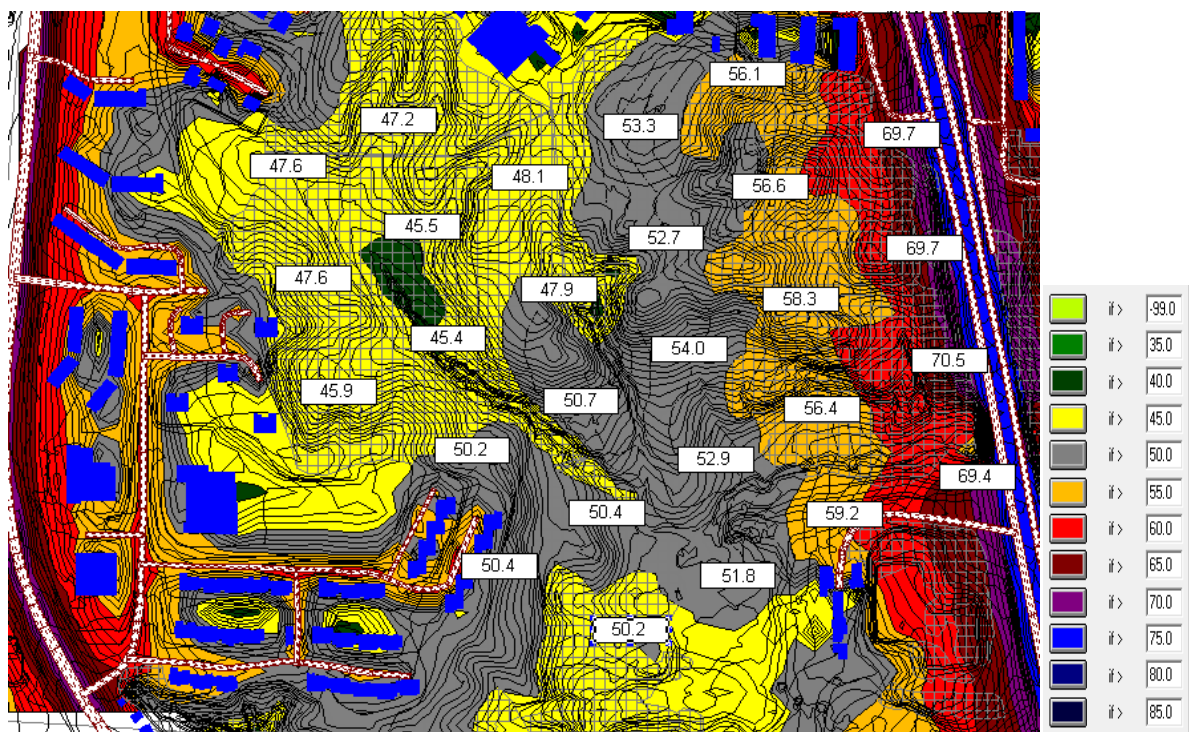
Pavasario pradžioje, kovo mėnesį, atlikus triukšmo sklaidos modeliavimą Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje, matyti, kad triukšmas yra viršijimas vėlgi pietinėje teritorijos pusėje. Tai daugiausiai galėjo lemti atviresnė vietovės dalis.

Lyginant su tyrimo rezultatais, pastebėta, kad kovo mėnesį triukšmo lygis nėra viršijimas nei dienos nei vakaro metu. Tačiau natūrinių ir modeliavimo rezultatai skiriasi tik $\pm 6\%$ dienos metu ir $\pm 9\%$ vakaro metu.

Iš 4.6 paveikslo matyti, kad didžiausi triukšmo lygiai yra 6-me ir 18-me taškuose. 6 taško triukšmo lygiui daugiausiai įtakos turi gyvenamosios aplinkos sukeltas triukšmas, o 18 – Geležinio Vilko gatve pravažiuojančio autotransporto sukeltas triukšmas.

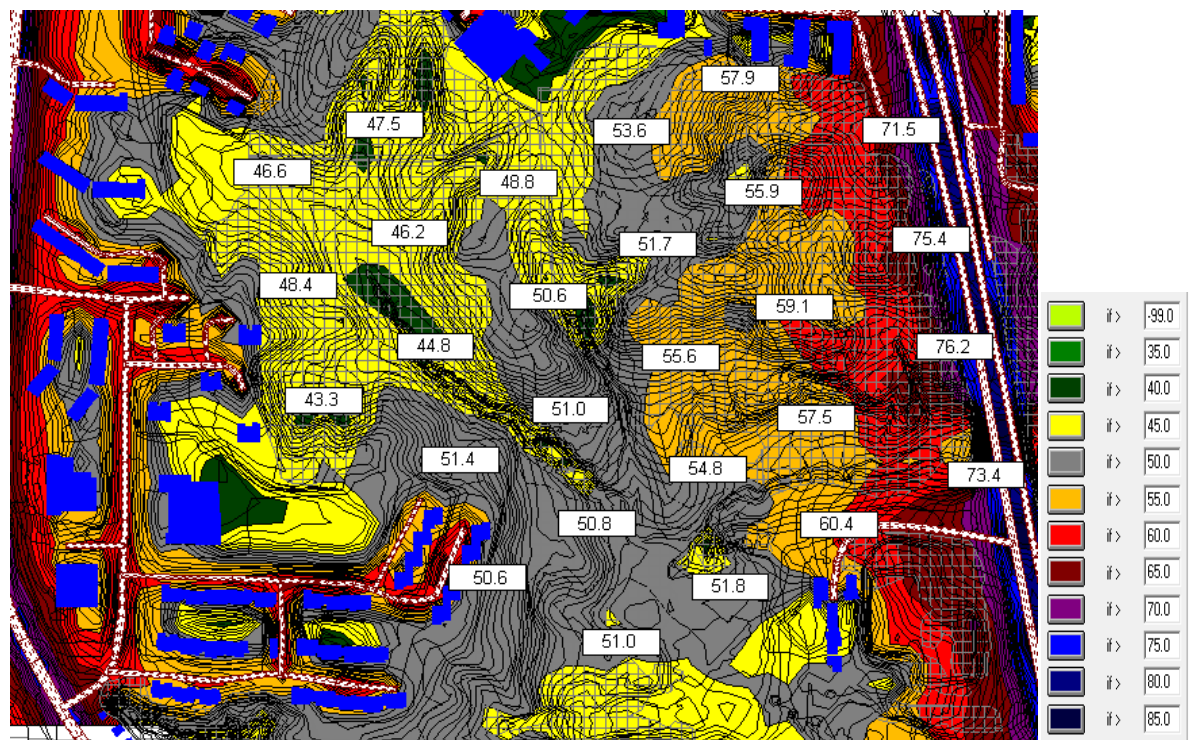
Kovo mėnesį vakaro metu gauti triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatai (4.7 pav.) rodo, jog didžiausias išmatuotas triukšmo lygis buvo 18-me taške ir viršijo leistiną – beveik 3 dBA.

Kovo ir sausio mėnesių triukšmo sklaidos rezultatai šalia Geležinio Vilko gatvės skiriasi 6-9 %, ir kovo mėnesį buvo didesni. Tą įtakojo padidėjęs transporto priemonių, pravažiuojančių dienos bei vakaro metu skaičius. Tačiau tyliojoje zonoje bei buferinėje tyliosios zonos juostoje triukšmo lygis yra ganėtinai panašus, skiriasi tik 2-4 dBA.



4.7 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu, kovo mėn.

Gegužės mėnesį automobilių, pravažiuojančių Geležinio Vilko gatve, skaičius padidėjo daugiau kaip 200 aut./h, lyginant su kovo ir sausio mėnesiais. Todėl ir matavimo bei modeliavimo rezultatai rodo didesnę triukšmo lygį šalia gatvės nei buvo ankstesniais mėnesiais.

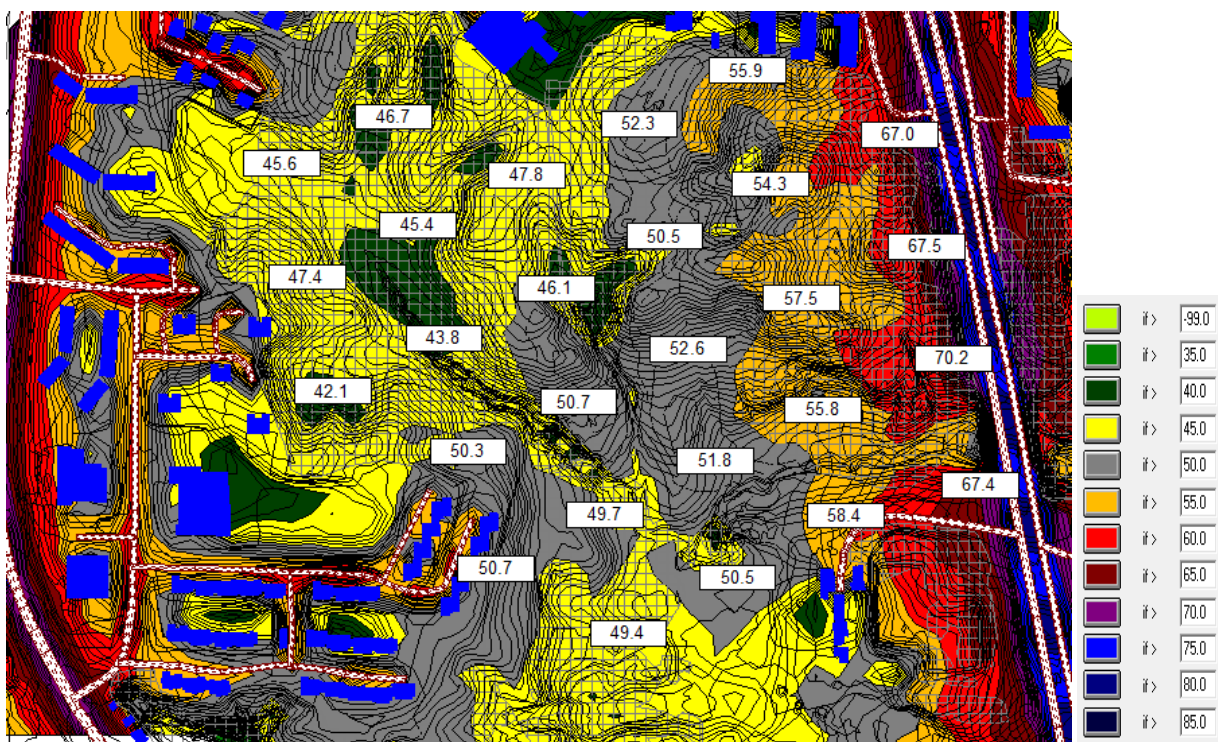


4.8 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu gegužės mėn.

Tyrimo metu leistino triukšmo lygio viršijimas dienos metu buvo fiksuotas 17-me taške (51 dBA), 18-me ir 5-me siekė ribinį dydį. Atlikus triukšmo sklaidos modeliavimą, matyti, kad šiuose taškuose triukšmo lygiai siekia 51 dBA. Taip pat, žiūrint 4.8 paveikslą, matyti, kad triukšmo ribiniai dydžiai yra 5-me, 6-me ir 13-me taškuose. Nors triukšmo lygiai šalia gatvės yra aukštesni dėl G. Vilko gatvėje padidėjusio transporto srauto, žiūrint į taškus arčiau tyliosios zonos bei jos ribose, matyti, kad triukšmo lygiai mažai skiriasi nuo šaltojo laikotarpio.

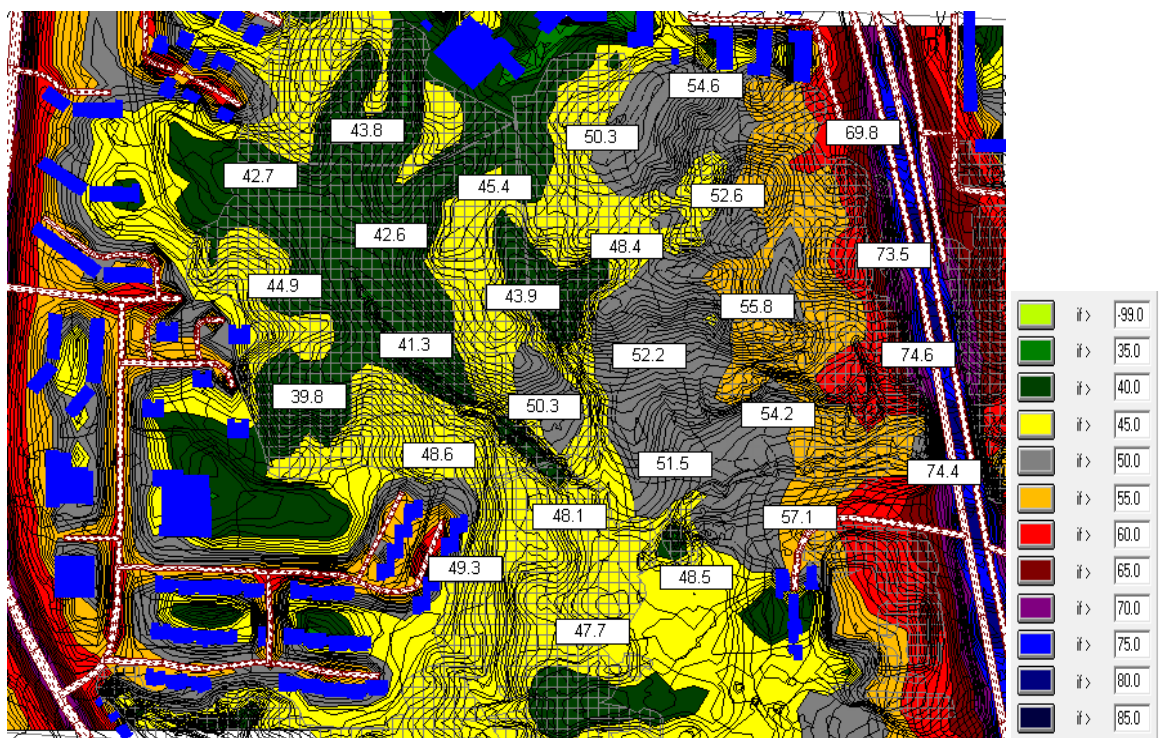
Triukšmo sklaidos modeliavimas gegužės mėnesį vakaro metu rodo, kad didžiojoje tyliosios zonos teritorijos dalyje vyrauja 42 – 47 dBA garso lygiai, tačiau yra ir vietų, kuriose triukšmas buvo virš normos ribų (5, 13, 18 taškai) (4.9 pav.). Matavimo metu triukšmo viršijimas nebuvo nustatytas, tačiau daugumoje taškų triukšmas siekė 41-47 dBA.

Gegužės mėnesio natūrinių matavimų ir triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatai dienos metu vidutiniškai skiriasi $\pm 5 \%$, vakaro metu – 7,4 %.



4.9 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu gegužės mėn.

Iš triukšmo sklaidos žemėlapių matyti, kad triukšmo sklaidai nemažą įtaką daro reljefo formos – didesni triukšmo lygiai vyrauja aukštesnėse teritorijos vietose, o žemesnės vietos yra ekranuojamos kalvų, todėl triukšmo lygiai daug mažesni.



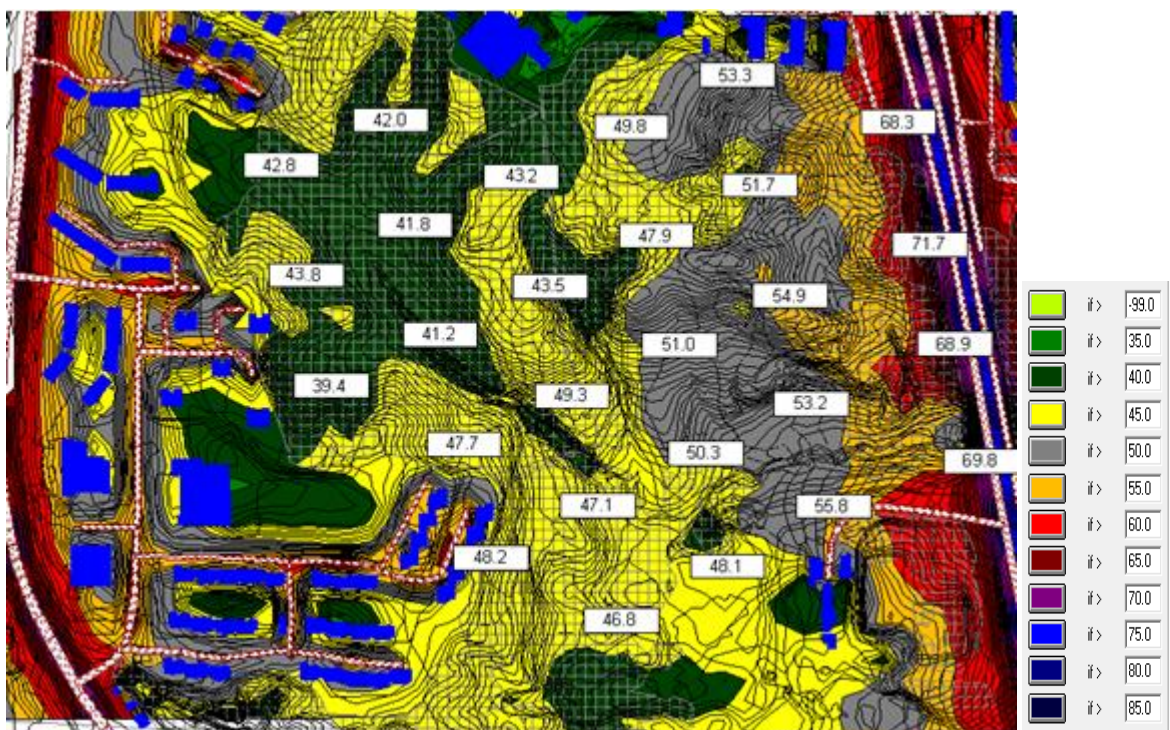
4.10 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu birželio mėn.

Birželio mėnesio triukšmo sklaidos rezultatai rodo, kad triukšmo lygiai šalia G.Vilko gatvės yra gana aukšti, siekia 75 dBA, tačiau tolstant nuo gatvės labai sumažėja ir, lyginant su kitų mėnesių triukšmo sklaidos rezultatais, yra mažiausi tiek dienos, tiek vakaro metu (4.10, 4.11 pav.).

Matavimo metu, dieną didžiojoje tyliosios zonos dalyje vyraavo 44 – 46 dBA triukšmo lygiai, tik pietinėje teritorijos dalyje išmatuoti kiek aukštesni, siekiantys ribinį dydį (50 dBA) garso lygiai. Modeliuotos triukšmo sklaidos rezultatai (4.10 pav.) beveik atitinka matavimo rezultatus: triukšmo lygiai pietinėje nagrinėjamos teritorijos pusėje yra aukštesni nei kitose tyliosios zonos dalyse ir siekia 49 dBA, kai tuo metu vidurinėje bei šiaurinėje dalyje vyrauja 40–45 dBA. Modeliuojant triukšmo sklaidą, triukšmo lygis, siekiantis normą, buvo nustatytas 13-me taške.

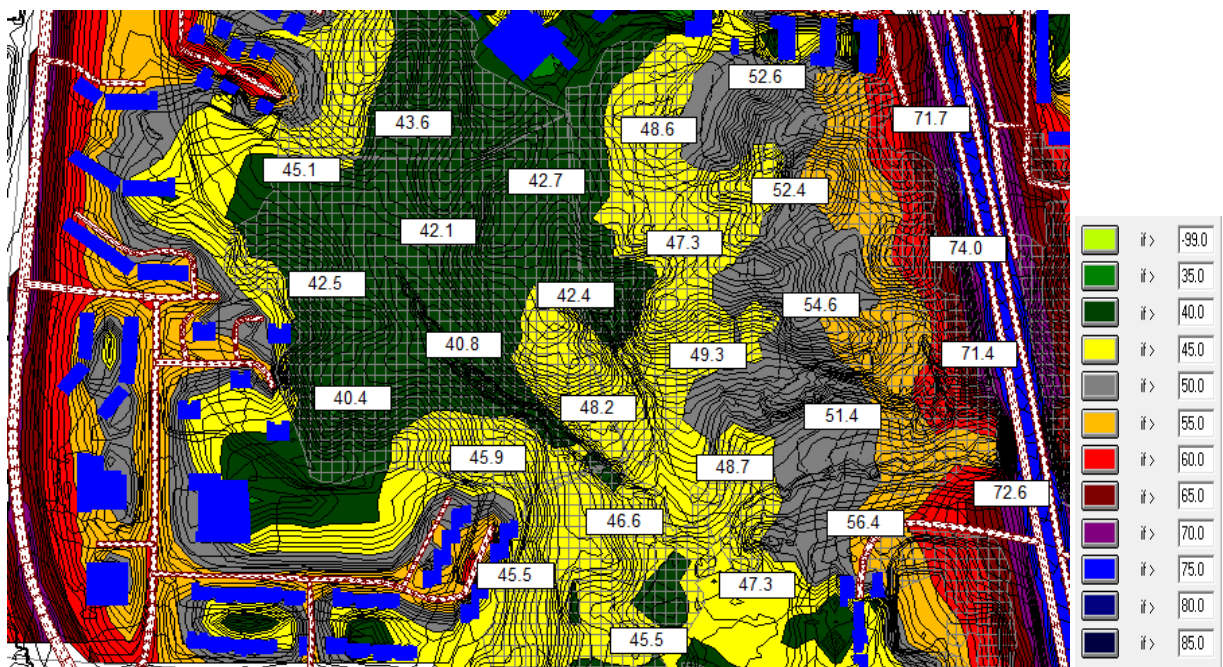
4.11 paveiksle matyti, kad leistinas triukšmo lygis vakaro metu nebuvo viršytas. Kaip ir dienos metu, kiek aukštesni triukšmo lygiai vyrauja pietinėje teritorijos dalyje. Ši teritorijos dalis yra mažiau dengiama miško, todėl čia triukšmas sklinda geriau. Tuo tarpu kitose teritorijos dalyse triukšmo sklaidą veikia ne tik tankiai sužėlęs miškas, o taip pat ir reljefo pažemėjimai ar paaukštėjimai.

Matavimo rezultatai skiriasi nuo modeliavimo rezultatų ± 7 dBA.



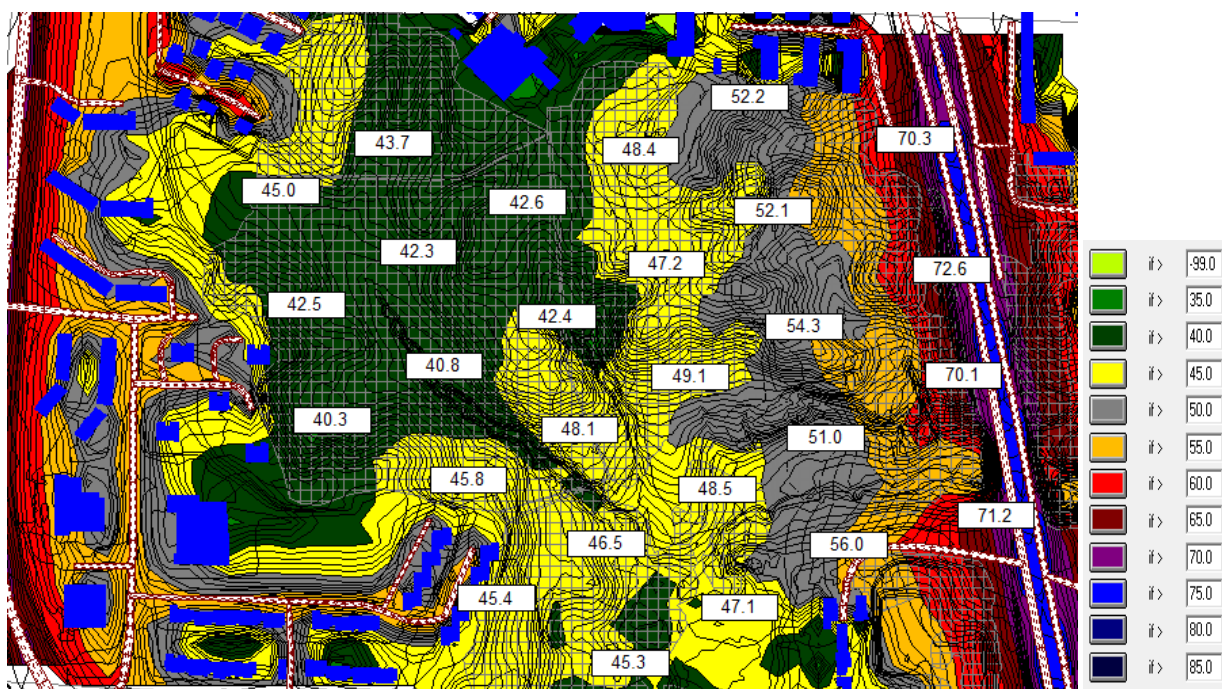
4.11 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu birželio mėn.

Kaip ir birželio mėnesį, rugpjūtį triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatai rodo gana žemus triukšmo lygius tyliojoje viešojoje zonoje (4.12, 4.13 pav.). Dar mažesnius triukšmo lygius įtakoja sumažėjęs transporto srautas bei augalai.



4.12 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu rugpjūčio mėn.

Stanevičiaus gatvės bei gyvenamųjų namų, esančių vakarinėje teritorijos pusėje, įtaka vasaros metu nežymi, kadangi gatvės triukšmą ekranuoja gyvenamieji namai, o jų pačių teritorijoje susidarantis triukšmas sugeriamas miško medžių.



4.13 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu rugpjūčio mėn.

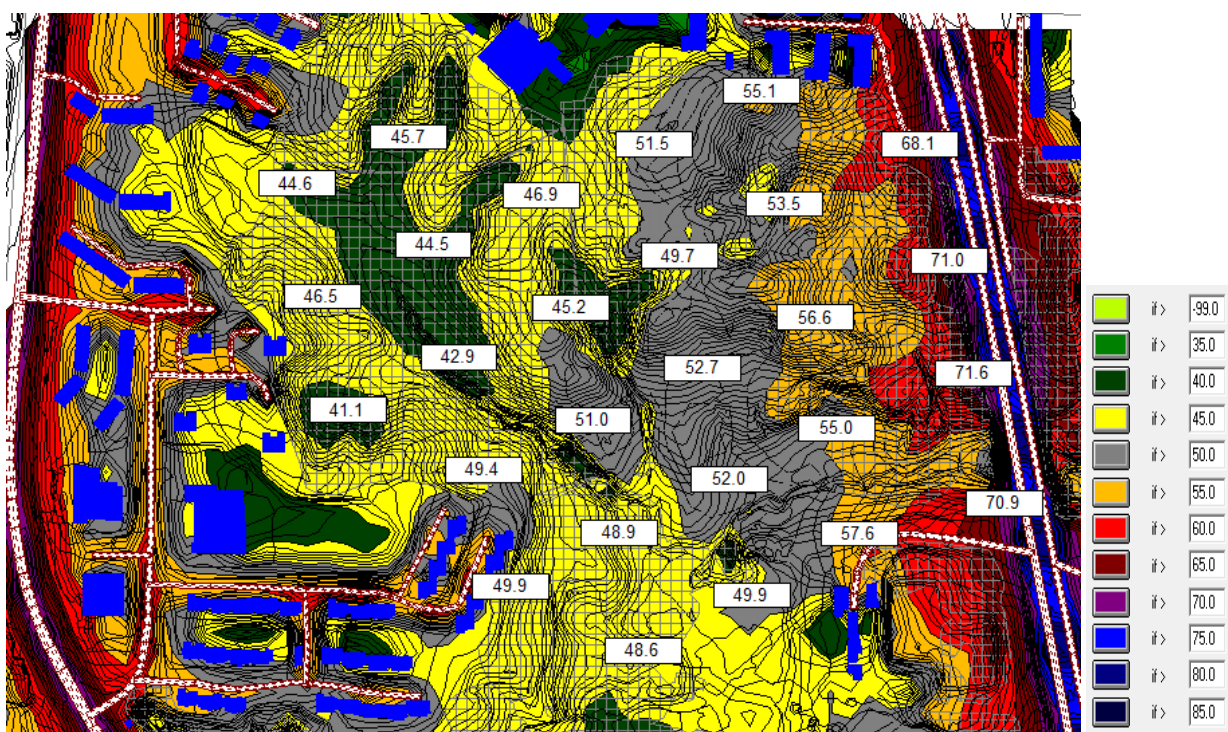
Matavimo metu dieną tyliojoje zonoje vyravo 42 – 47 dBA triukšmo lygiai, vakaro metu – 40-45 dBA. Triukšmo sklaidos žemėlapiuose (4.12 ir 4.13) galima matyti, kad sumodeliuoti triukšmo lygiai atitinka matavimo rezultatus.

Tiek matavimų, tiek triukšmo sklaidos modeliavimo metu triukšmo, viršijančio normą, nustatyta nebuvo, nei dienos, nei vakaro metu.

Iš 4.14 paveikslo matyti, kad rudens pradžioje, Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje, sumodeliavus triukšmo sklaidą, triukšmo lygiai padidėjo, lyginant su vasaros mėnesių modeliavimo rezultatais.

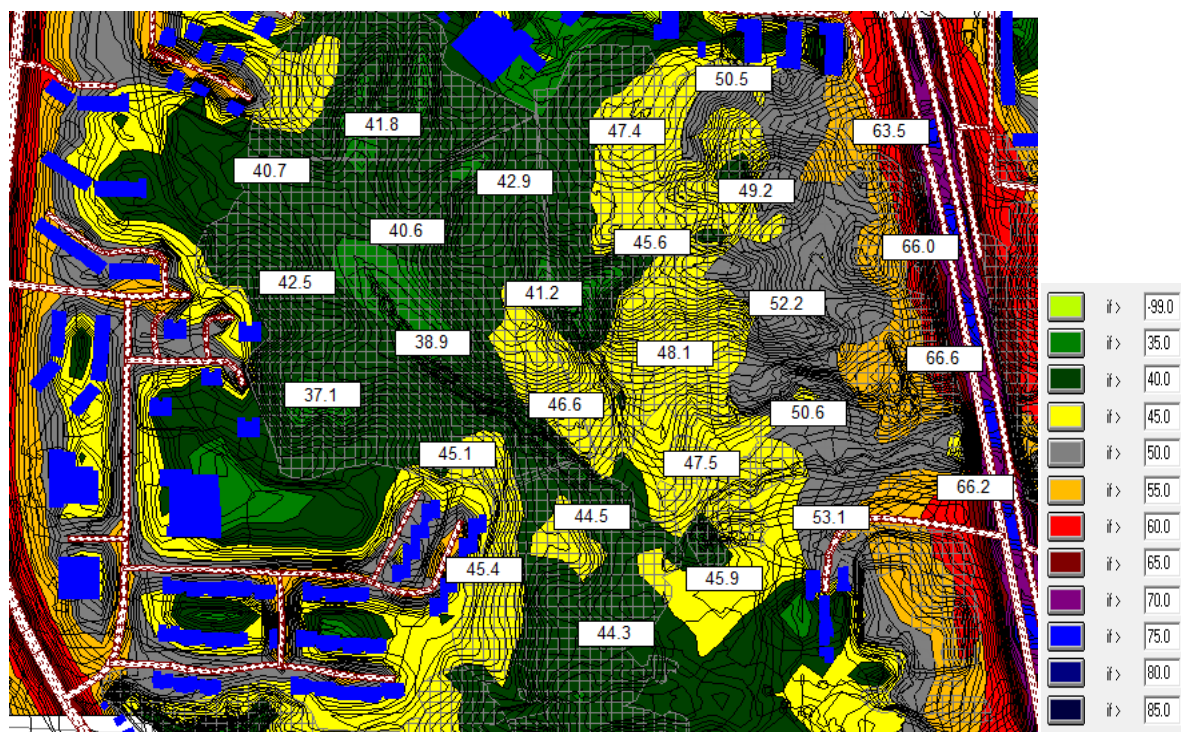
Atlikus tyrimą, paaiškėjo, kad triukšmas 6-me matavimo taške dienos metu buvo viršytas 2 dBA. Žiūrint į modeliavimo rezultatus minėtame taške, triukšmas yra artimas ribiniam ir siekia 49 dBA. Modeliavimo metu leistinas triukšmas viršijimas 1 dBA 13-me taške.

Prisiminus matavimo rezultatus, pastebėta, kad išmatuoti triukšmo lygiai ir sumodeliuoti triukšmo lygiai skiriasi ± 8 dBA. Šiaurinėje tyliosios zonos dalyje sumodeliuoti triukšmo lygiai yra mažesni tik 1-4 dBA, lyginant juos su matavimo rezultatais.

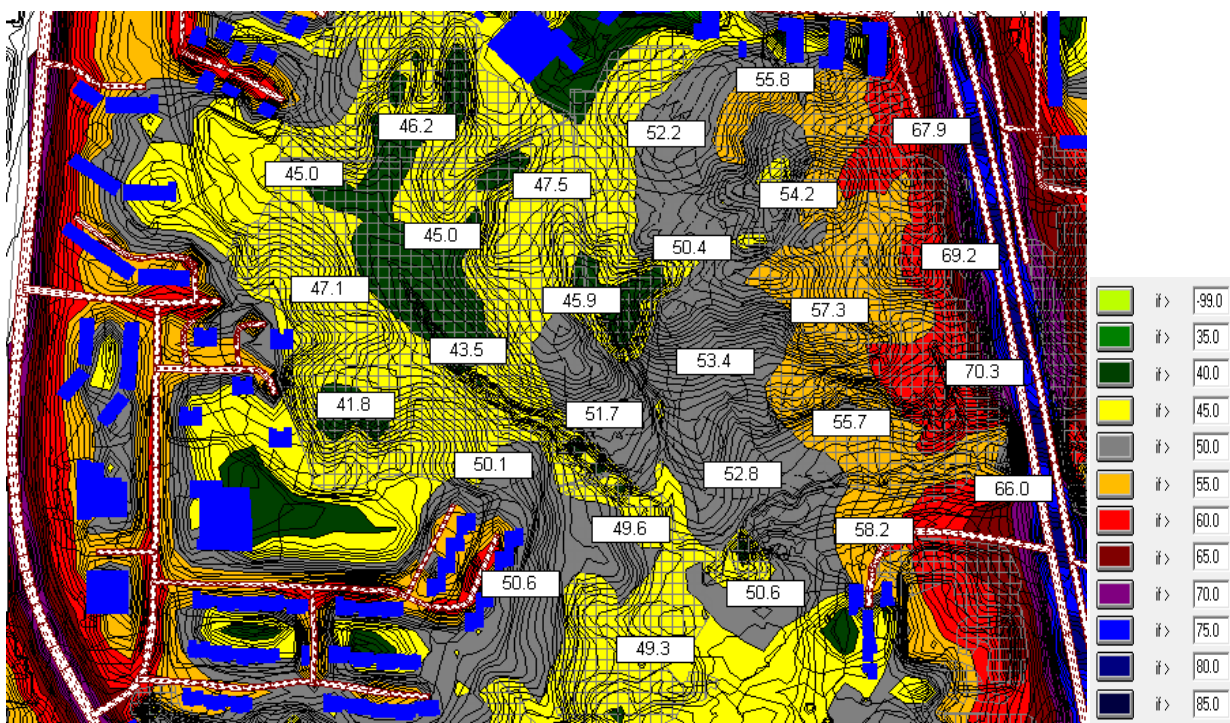


4.14 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu rugsėjo mėn.

4.15 paveiksle matyti, kad leistinas triukšmo lygis vakaro metu nebuvo viršytas. Kaip ir dienos metu, kiek aukštesni triukšmo lygiai vyrauja pietrytinėje teritorijos dalyje. Triukšmo lygiai nebuvo viršyti ir matavimo metu.

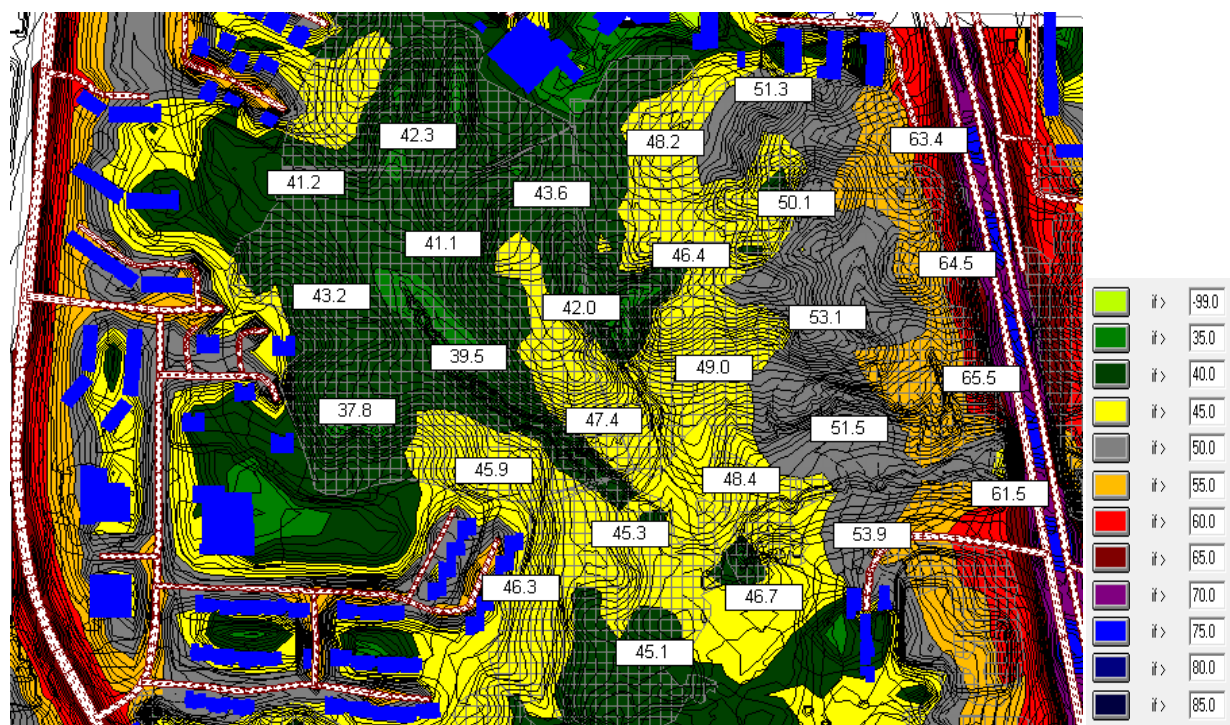


4.15 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu rugsėjo mėn.



4.16 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu lapkričio mėn.

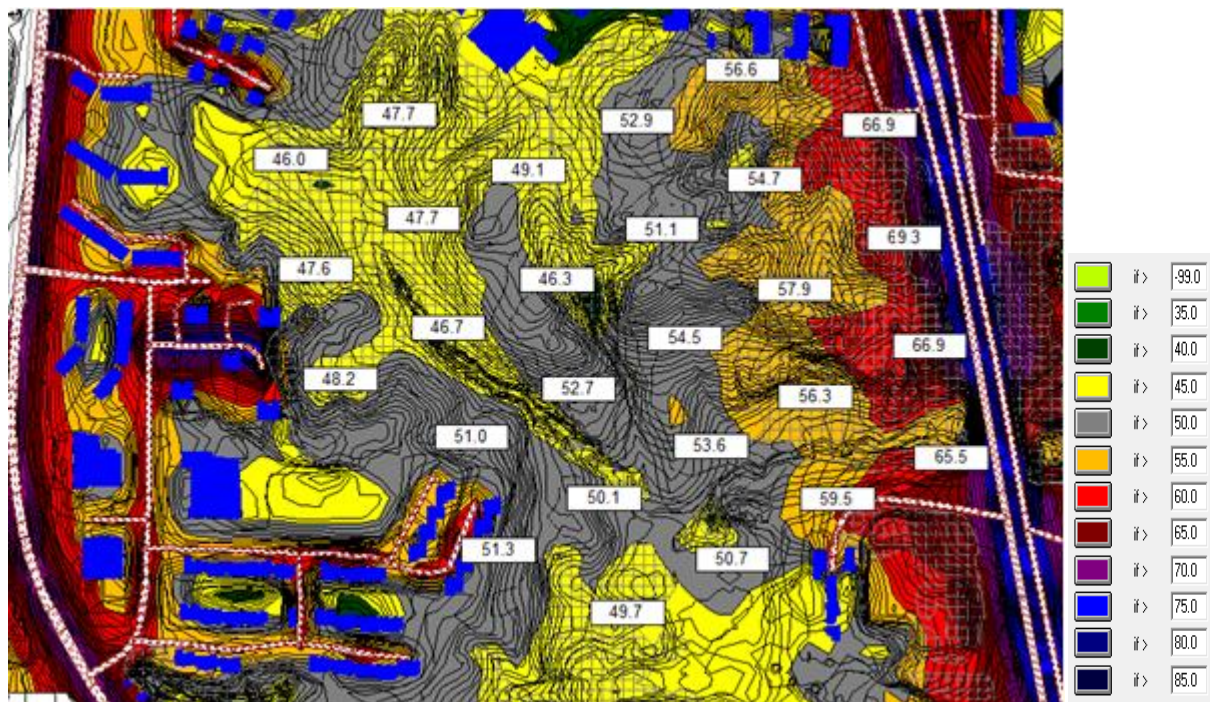
Iš triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatų lapkričio mėnesį matyti, kad triukšmo lygiai vėlgi yra auštesni nagrinėjamos teritorijos pietų ir pietryčių pusėje, čia jie siekia 50 – 51 dBA (4.16 pav.).



4.17 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu lapkričio mėn.

Lyginant triukšmo sklaidą birželio, rugpjūčio bei rugsėjo mėnesiais, matyti, jog lapkritį triukšmo lygiai yra didesni 2-5 dBA. Tą lemia lapkričio mėnesį sumažėjusi triukšmo absorbcija dėl augalų.

4.17 paveiksle matyti, jog didesnių nei 50 dBA triukšmo lygių nei tyliojoje zonoje, nei tyliosios zonos buferinėje zonoje nėra.



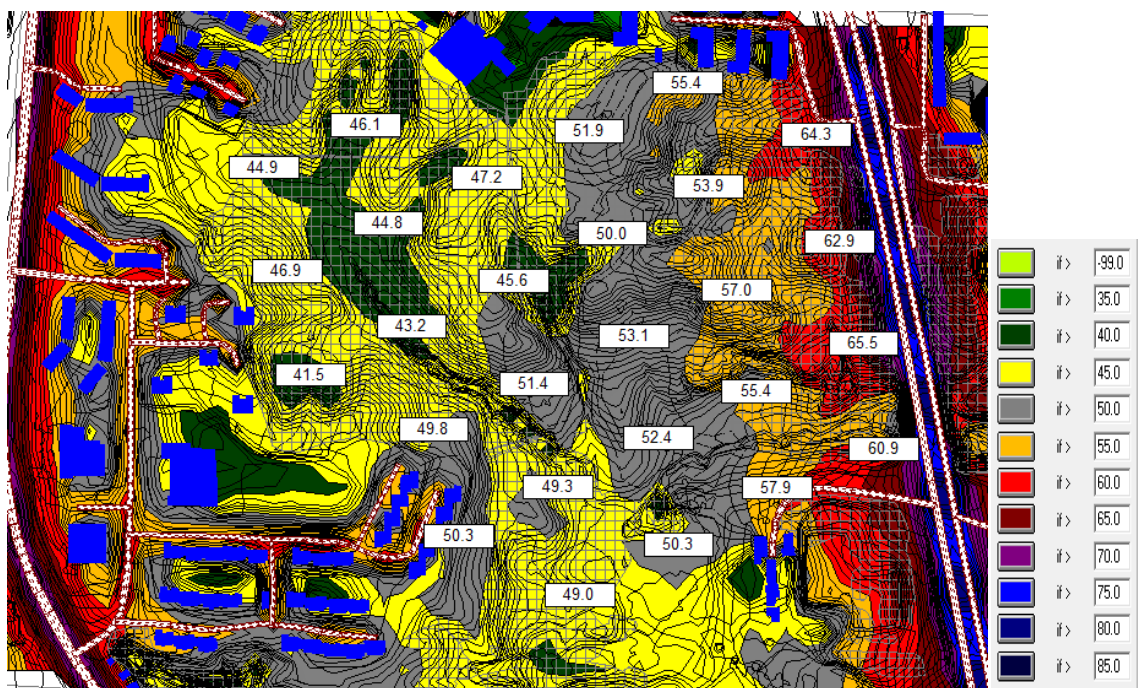
4.18 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu gruodžio mėn.

Atlikus triukšmo sklaidos modeliavimą gruodžio mėnesį, pastebėtina, kad transporto srauto sumažėjimas G.Vilko gatvėje įtakoja mažesnius triukšmo lygius arčiausiai gatvės esančiuose taškuose, tačiau, artėjant prie tyliosios zonos, triukšmas sumažėja ne taip žymiai, kaip buvo šiltuoju metų laikotarpiu.

4.18 paveiksle pavaizduota triukšmo sklaida rodo, kad triukšmo lygiai pietinėje ir vidurinėje tyliosios zonos dalyje yra virš normos. Triukšmo lygiai viršijami 5-me, 6-me, 13-me ir 18-me taškuose dienos metu. Vakaro metu ribiniai triukšmo lygiai yra 5-me ir 18-me taškuose, o 13-me viršija beveik 2 dBA (4.19 pav.).

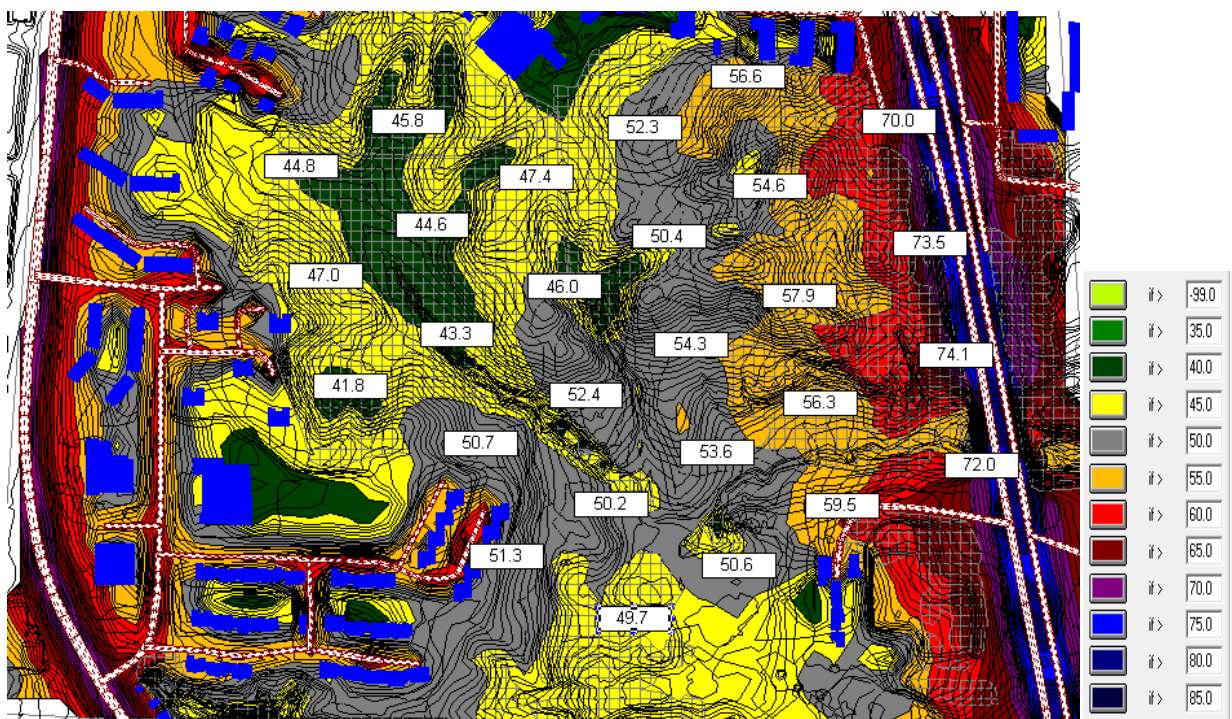
Prisiminus matavimo rezultatus, leistinas triukšmo lygis buvo viršytas 5-me, 17-me, 25-me ir 27-me taškuose dieną. Vakaro metu viršijimų nenustatyta.

Lyginant triukšmo sklaidos rezultatus su matavimo rezultatais, matyti, kad triukšmo lygiai skiriasi ± 10 dBA.



4.19 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu gruodžio mėn.

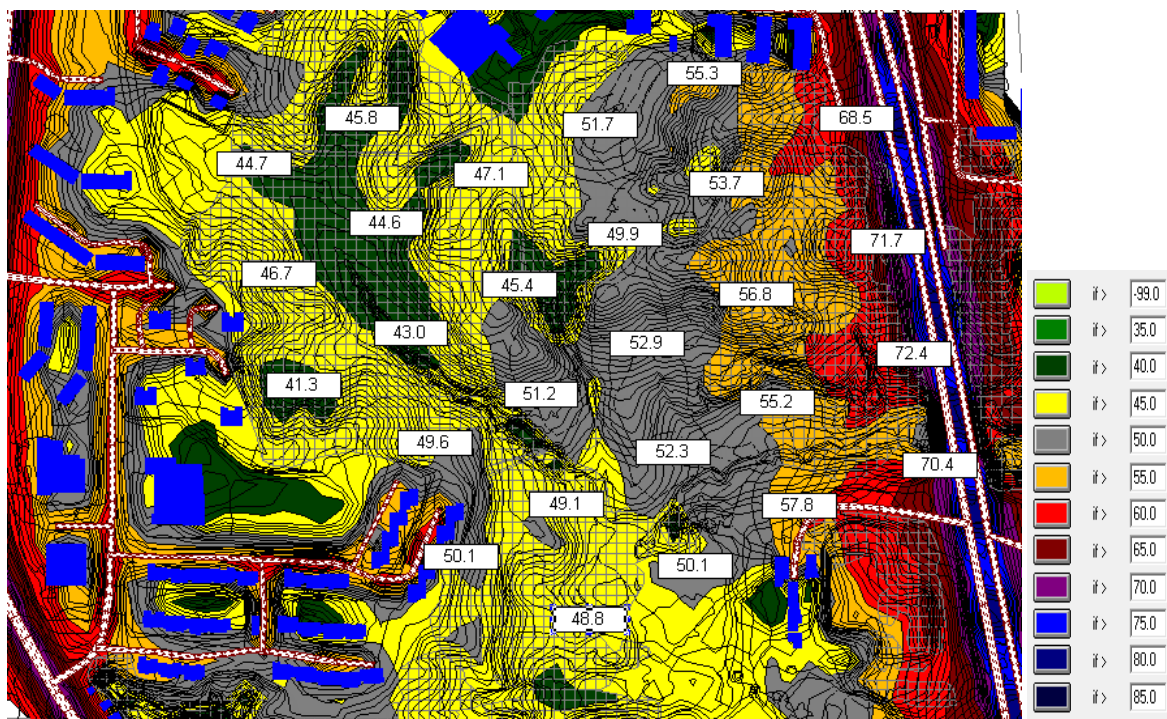
Triukšmo sklaidos modeliavimas į Fabijoniškių tyliąją viešąją zoną taip pat atliekamas įvertinus visus metų duomenis (4.20, 4.21 pav.).



4.20 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu 2012 metais

Iš 2012 metų dienos ir vakaro triukšmo žemėlapių matyti, kad triukšmo lygiai buferinėje prevencinėje juostoje iš G. Vilko gatvės pusės siekia 50 - 55 dBA. Leistino tyliojoje viešojoje

zonoje triukšmo lygio viršijimas pastebimas pietinėje ir pietrytinėje pusėje. Tyliosios zonos ribose, sprendžiant iš modeliavimo rezultatų, triukšmas didesnis už norminį yra 5-me, 6-me, 13-me ir 18-me taškuose dienos metu. Vakaro metu ribinis dydis yra 6-me taške, o nežymus 1 dBA viršijimas – 13-me taške (4.21 pav.).



4.21 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu 2012 metais

Modeliavimo rezultatai skiriasi nuo matavimo rezultatų iki $\pm 15\%$, t.y. modeliavimo rezultatai yra ganėtinai tikslūs.

Iš triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatų visame nagrinėjamame laikotarpyje matyti, kad dažniausiai triukšmo lygio viršijimai yra 6-me ir 18-me taškuose. 6 taškas yra pakankamai atviroje, mažai ekranuojamoje vietovėje, į kurią triukšmui sklisti mažiau kliūčių. 18-me taške dažnai fiksuoti viršijimai, nes šis taškas yra arčiau G. Vilko gatvės nei kiti tyliosios zonos taškai, taip pat aukštesnėje reljefo vietoje.

4.3. Triukšmo sklaidos modeliavimas Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje suprojektavus triukšmo mažinimo priemones

Atsižvelgus į matavimų ir triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatus, galima teigti, kad probleminė Fabijoniškių tyliosios viešosios zonos dalys yra pietų, pietryčių pusėse, čia dažniausiai fiksuoti leistino triukšmo viršijimai. Siekiant užtikrinti tinkamus triukšmo lygius tyliojoje viešojoje zonoje, siūloma įrengti triukšmo mažinimo priemones.

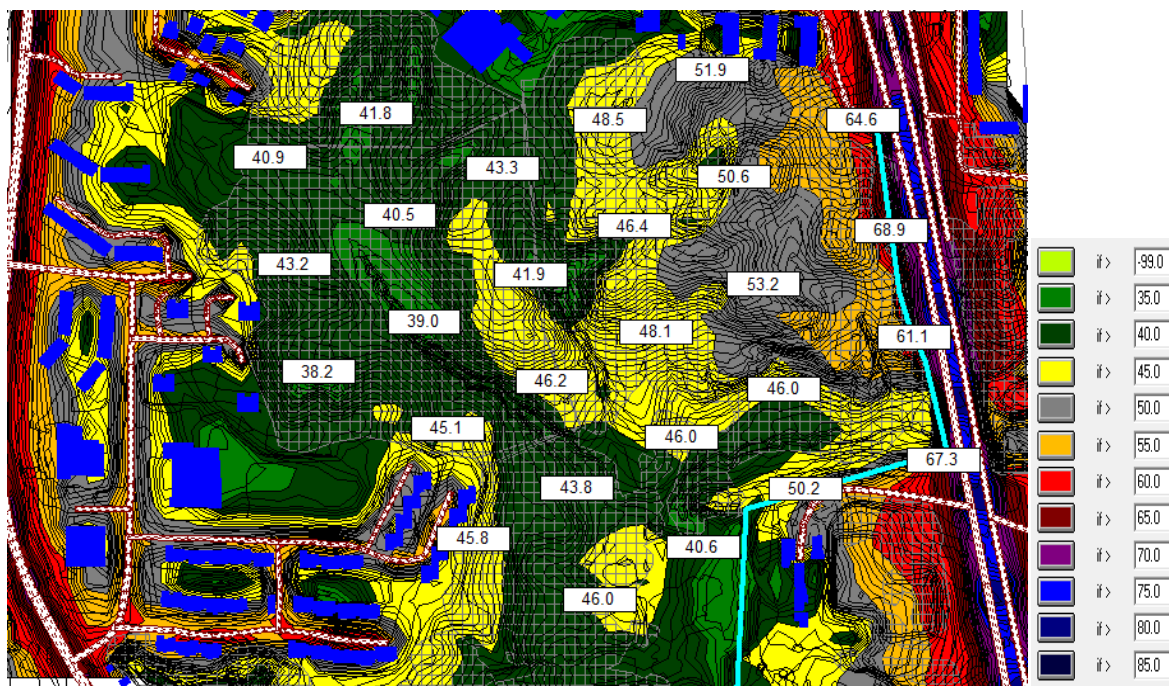
Autotransporto triukšmo mažinimo priemonės buvo apžvelgtos 1.4 skyrelyje. Dažniausiai triukšmui mažinti taikomos tokios priemonės kaip triukšmo barjerai, užtvaros, želdinių juostos, apsauginiai pylimai, įrengiamos gatvės tuneliuose, gerinama kelio danga ir kt.

Gatvės tunelyje įrengimas arba kelio dangos gerinimas – atvejai, sunkiai įgyvendinami techniškai bei ekonomiškai. Pylimo įrengimas yra ganėtinai pigus variantas, tačiau reikalaujantis pakankamai daug vietos. Atsižvelgus į vietovės netolygų reljefą, įrenginėti pylimą šioje teritorijoje taipogi netikslinga.

Tinkamiausios priemonės apsaugai nuo triukšmo Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje būtų triukšmo slopinimo barjerai arba želdinių juostos. Šios priemonės nereikalauja didelių finansinių investicijų, bei jų įrengimas techniškai paprastesnis, palyginus su anksčiau minėtomis priemonėmis.

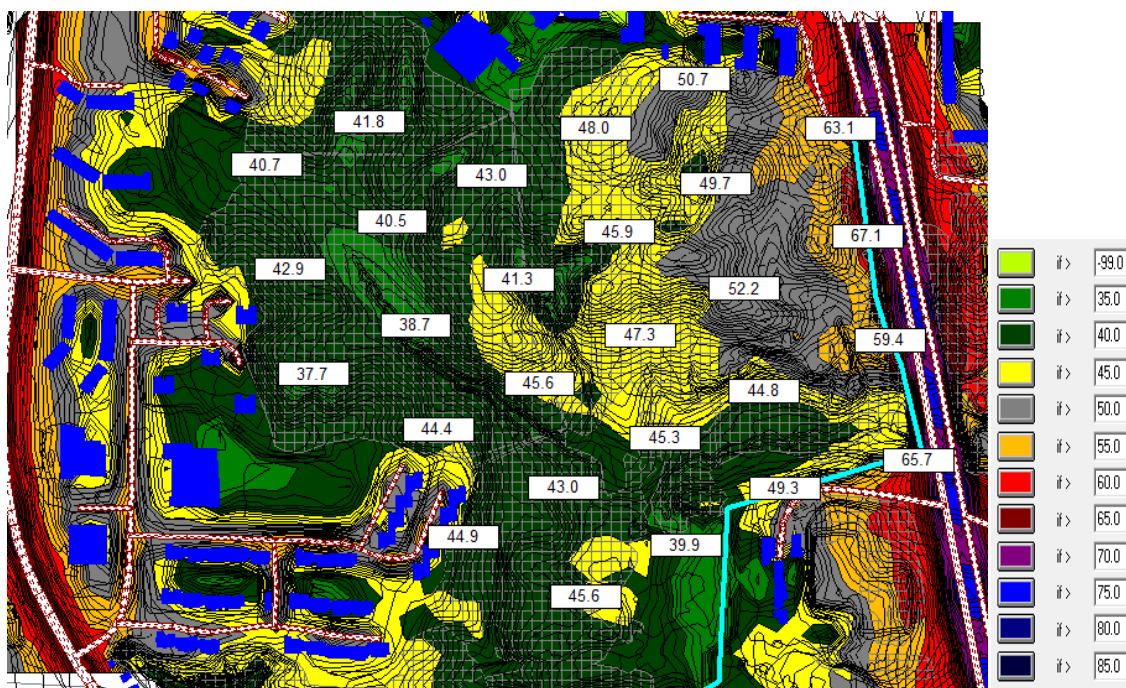
Norint įvertinti triukšmo mažinimo priemonių efektyvumą, atliekamas triukšmo sklaidos modeliavimas, suprojektavus vienu atveju – triukšmo barjerą, kitu – želdinių juostą.

Triukšmo barjeras projektuojamas 3 m aukščio palei G. Vilko gatvę, 30 m atstumu iki gatvės, taip pat tęsiasi palei miško ribą pietrytinėje ir pietinėje teritorijos pusėje. Modeliuojant, projektuojama triukšmo sienelė yra 200 mm, užpildyta 0,5–1 mm dydžio susmulkintomis naudotų padangų granulėmis, kurių tūrinis garso sugerties koeficientas yra 0,61 (Stauskis 2007).



4.22 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu 2012 metais, suprojektavus triukšmo barjerą

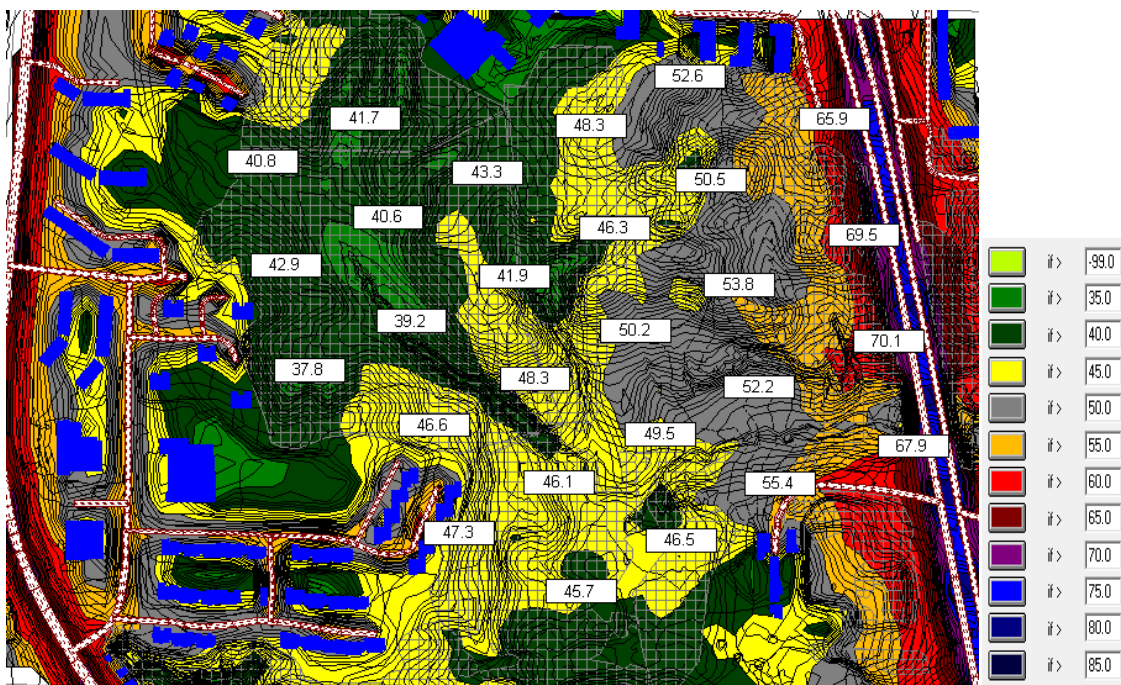
Iš gautų triukšmo sklaidos modeliavimo duomenų matyti, kad, įrengus 3 m, 200 mm triukšmo sienelę, užpildytą 0,5–1 mm dydžio susmulkintomis naudotų padangų granulėmis, triukšmo lygiai tyliosios zonos buferinėje ir tyliojoje zonoje sumažėja iki 10 dBA.



4.23 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu 2012 metais, suprojektavus triukšmo barjerą

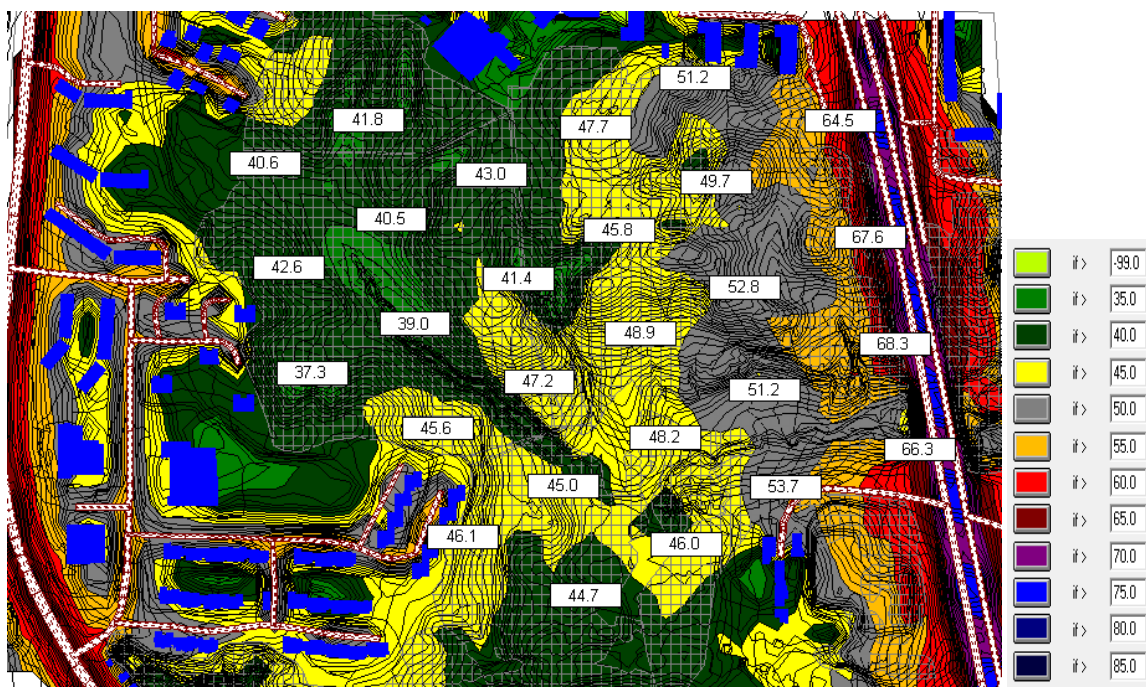
Pietų, rytų bei vidurinėje tyliosios zonos dalyje triukšmo lygiai sumažėja 6-10 dBA, o šiaurinėje pusėje, toliau nuo triukšmo sienelės, – 4 dBA (4.22, 4.23 pav.). Triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatai, suprojektavus triukšmo barjerą, atskiriems sezonams pateikti 1 priede.

Antra siūloma priemonė triukšmui mažinti yra želdinių juosta. Siekiant triukšmą mažinti visus metus, siūloma sodinti spygliuočius medžius, kombinuojant juos su krūmais. Želdinių juostą siūloma sodinti buferinėje, dar vadinamoje prevencinėje, tyliosios zonos juostoje. Vadovaujantis Vilniaus miesto tyliųjų zonų reglamentu, tyliųjų viešųjų zonų buferinės juostos plotis yra 65 m, esant triukšmą absorbuojančiai aplinkai, juostos plotis gali būti mažinamas iki 30 m, kai aplinka atspindinti, juostos plotis gali būti didinamas iki 300 m. Fabijoniškių tyliosios viešosios zonos teritorija beveik visa padengta mišku, todėl čia aplinka yra absorbuojanti, t.y. buferinės juostos plotis yra 30 m. Buferinės juostos dalyje, kur ji dengiama miško, želdinių juosta sutankins jau esančią augmeniją. Pietinėje atviroje dalyje užsodinama želdiniais. Naudojant želdinius kaip triukšmo barjerą, siūloma sodinti 2–3 m aukščio krūmus, kombinuojant su medžiais, kurių aukštis turėtų būti 15 m, bendras apsodintos teritorijos plotis mažiausiai 20 m (Pal *et al.* 2000).



4.24 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu 2012 metais, suprojektavus želdinių juostą

Modeliuojant triukšmo sklaidą, projektuojama želdinių juosta buferinėje tyliosios zonos juostoje, rezultatai pateikti 4.24 ir 4.25 paveiksluose.



4.25 pav. Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu 2012 metais, suprojektavus želdinių juostą

Triukšmo sklaidos rezultatai, suprojektavus želdinių juostą, rodo, kad triukšmo lygiai tyliojoje zonoje sumažėjo 3-4 dBA. Triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatai, suprojektavus želdinių juostą atskiriems sezonams, pateikti 1 priede.

Palyginus triukšmo sklaidą, suprojektavus triukšmo mažinimo priemones, matyti, kad triukšmo barjerų efektyvumas yra didesnis 3-7 dBA, tačiau želdinių juosta irgi gana efektyviai sumažina triukšmo lygius.

Triukšmo barjerų įrengimas miesto viešuose erdvėse kartais sudaro fizinį ir psichologinį narvo įspūdį (Luzzi and Rossella 2011). O tokie neakustiniai kriterijai, kaip saugumas, švara, kraštovaizdis, padaro žymų indelį geros akustinės aplinkos pajautimui (Weber and Luzzi 2011). Fabijoniškių tylioji viešoji zona priklauso Cedrono aukštupio kraštovaizdžio draustiniui. Atsižvelgiant į vietovės ypatumus ir tai, kad tylioji zona yra saugomoje teritorijoje bei žmonėms labiau priimtina natūrali aplinka, siūloma įrengti triukšmo mažinimo priemonę, labiau deranti prie natūralios aplinkos – želdinių juosta.

4.4. Skyriaus išvados

1. Triukšmo sklaidos rezultatai skiriasi nuo matavimo rezultatų iki $\pm 15\%$ - modeliavimo rezultatai yra ganėtinai tikslūs.
2. Ta pati tendencija matoma matavimo ir modeliavimo rezultatuose – triukšmo lygiai šalia gatvės esančiuose taškuose yra didesni šiltuoju metų laiku, kai buvo didesni transporto srautai, tačiau mažesni tyliojoje zonoje, lyginant juos su šaltuoju metų laiku gautais rezultatais.
3. Atlikus triukšmo sklaidos modeliavimą, matyti, kad triukšmo lygiai tyliojoje zonoje vasaros metu buvo mažesni 5-12 % (2-6 dBA) lyginant su šaltuoju metų laikotarpiu.
4. Atsižvelgus į triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatus, leistino triukšmo viršijimai dažniausiai fiksuoti Fabijoniškių tyliosios viešosios zonos pietų, pietryčių dalyse, t.y. 5-me, 6-me, 13-me ir 18-me taškuose.
5. Atliktas triukšmo sklaidos modeliavimas su triukšmo mažinimo priemonėmis – triukšmo barjerų ir želdinių juosta. Triukšmo barjeras sumažina triukšmo lygius 6-10 dBA, želdinių juosta – 3-4 dBA. Pasiūlyta įrengti triukšmo mažinimo priemonę – želdinių juosta, kuri labiau dera prie Cedrono aukštupio kraštovaizdžio draustinio natūralios aplinkos.

BENDROSIOS IŠVADOS

1. Europos Sąjungoje ir JAV apie 30 % gyventojų populiacijos kenčia nuo autotransporto keliamo triukšmo, kurio poveikis žmonėms gali pasireikšti rimtais psichologiniais, fiziologiniais ir socialiniais sutrikimais.
2. Vienas iš pagrindinių triukšmo politikos uždavinių – įsteigti ir išsaugoti tyliąsias zonas, kurios sparčiai nyksta didmiesčiuose dėl triukšmo didėjimo. Apsaugai nuo aplinkos triukšmo taikomos įvairios techninės, technologinės, urbanistinės, architektūrinės, organizacinės, inžinerinės, teisinės apsaugos priemonės.
3. Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje 2012 metais atlikti triukšmo matavimai pasirinktuose 27 matavimo taškuose dienos, vakaro bei nakties metu, tuo pat metu skaičiuotas autotransporto srautas pravažiuojantis G.Vilko gatve.
4. Didžiausias automobilių intensyvumas buvo birželio mėnesį – 52862 aut./parą, mažiausias – sausį – 44781 aut./parą. Dieną vidutinis metinis pravažiuojančių automobilių skaičius yra 34422 vnt., vakare – 8879 vnt., o naktį – 5685 vnt.
5. Želdiniai, esantys didžiojoje tyliosios zonos teritorijos dalyje, šiltuoju metu laikotarpiu sumažina triukšmo lygį tyliojoje zonoje 4-5 dBA, lyginant su šaltuoju.
6. Dienos metu žiemą tyliojoje viešojoje zonoje triukšmas viršytas (1-2 dBA) penkiuose matavimo taškuose (5-me, 17-me, 23-me, 25-me ir 27-me). Vasaros, rudens metu dieną triukšmo viršijimas dažniausiai pastebimas tyliosios zonos 6-me matavimų taške, viršyta 1-2 dBA.
7. Triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatai rodo, kad tyliosios zonos ribose triukšmo lygis dažniausiai didesnis už norminį yra 5-me, 6-me, 13-me ir 18-me taškuose. Modeliavimo rezultatai skiriasi nuo matavimo rezultatų iki $\pm 15\%$ - modeliavimo rezultatai yra ganėtinai tikslūs.
8. Sumodeliavus triukšmo sklaidą Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje su triukšmo mažinimo priemonėmis, nustatyta, kad triukšmo barjero efektyvumas yra 6-10 dBA, želdinių juostos – 3-4 dBA.
9. Siūloma triukšmo mažinimo priemonė – želdinių juosta. Ji labiau dera prie Cedrono aukštupio kraštovaizdžio draustinio natūralios aplinkos.

REKOMENDACIJOS

1. Atsižvelgus į matavimų ir triukšmo sklaidos modeliavimo rezultatus, galima teigti, kad probleminė Fabijoniškių tyliosios viešosios zonos dalys yra pietų, pietryčių pusėse, čia dažniausiai fiksuoti leistino triukšmo viršijimai. Siekiant užtikrinti tinkamus triukšmo lygius tyliojoje viešojoje zonoje, siūloma įrengti triukšmo mažinimo priemones.
2. Tinkamiausios triukšmo mažinimo priemonės nagrinėjamai teritorijai – triukšmo barjerai bei želdinių juostos. Tačiau, atsižvelgus į vietovės ypatumus ir tai, kad Fabijoniškių tylioji viešoji zona priklauso saugomai teritorijai, Cedrono aukštupio kraštovaizdžio draustiniui, siūloma įrengti triukšmo mažinimo priemonę, labiau derančią prie natūralios aplinkos – želdinių juostą.

LITERATŪRA

- Ayaz, M.; Arshad-Nauman, M. 1998. Traffic noise abatement through tree and shrub vegetation. *Pakistan Journal of Forestry*, 48(1–4), 1–11.
- Asensio, C.; López, J.M.; Pagán, R.; Pavón, I.; Ausejo, M. 2009. GPS-based speed collection method for road traffic noise mapping. *Transportation Research Part D* 14 (5) 360–366.
- Ašmenskas, J.; Baubinas, A.; Obelenis, V.; Šimkūnienė, B. 1997. *Aplinkos medicina*. Vilnius: Avicena. 488 p.
- Babisch, W. 2002. The noise/stress concept, risk assessment and research needs. *Noise & Health* 4(16):1–11.
- Babisch, W.; Ising, H.; Gallacher, J. E.; Sweetnam, P. M.; Elwood, P.C. 1999. Traffic noise and cardiovascular risk: the Caerphilly study, third phase – 10-year follow up. *Archives of Environmental Health: An International Journal* 54(3): 210-216.
- Baltrėnas, P.; Butkus, D.; Grubliauskas, R.; Kučiauskaitė, J. 2009. Noise studies and reduction possibilities in a residential area located by a highway. *Ekologija*. 55(1): 48-57.
- Baltrėnas, P.; Lygis, D.; Mierauskas, P.; Oškinis, V. Šimaitis R. 1996. *Aplinkos apsauga: vadovėlis aukštųjų mokyklų studentams*. Vilnius: Enciklopedija, 287p.
- Baltrėnas, P.; Puzinas, D. 2009. Jūrų uosto teritorijos ir gyvenamosios zonos triukšmo sklaidos modeliavimas taikant programą CadnaA. *Journal of environmental engineering and landscape management* 17(3): 148-153.
- Banerjee, D.; Chakraborty, S. K.; Bhattacharyya, S.; Gangopadhyay, A. 2009. Appraisal and mapping the spatial-temporal distribution of urban road traffic noise. *International Journal of Environment Science and Technology* 6 (2): 325-335.
- Botteldooren, D.; De Coensel, B. 2006. Quality assessment of quiet areas: a multicriteria approach. *The 6th European conference on Noise control „Advanced solution for noise control“ occurred in Tampere at 30 May – 1 June*, European Acoustic Association p.1-6.
- Coelho, B. J. L. 2003. Noise maps and noise action plans for urban noise management.- Proc. of the 10th Int. con-gress on Sound and Vibration.- Stockholm, v.5, p.2655-2663.
- Coelho, B. J. L.; Alarcão, D. 2005. On noise mapping and noise action plans for large urban areas. *The triennial European conference's on acoustics in general „Forum Acusticum“ occurred in Budapest at September 2005, report*. p.1039-1044.

Czyżewski, A.; Szczodrak, M. 2009. Software for calculation of noise maps implemented on supercomputer. *Task quarterly* 13 (4): 363–377.

Datakustic. CadnaA. [interaktyvus]. 2012. Žiūrėta 2012 m. gruodžio 16 d. Prieiga per internetą: <<http://www.datakustik.com/en/products/cadnaa>>.

De Coensel, B.; Botteldooren, D. 2006. The quiet rural soundscape and how to characterize it. *Acta Acustica united with Acustica* 92(6): 887-897.

de Noronha Castro Pinto, F. A.; Moreno Mardones, M. D. 2009. Noise mapping of densely populated neighborhoods – examples of Copacabana, Rio de Janeiro-Brazil. *Environmental Monitoring Assessment* 155(1-4):309-18.

EC — European Commission, 2006. *Thematic Strategy on the urban environment*. COM(2005) 718 final.

EC — European Commission, DG Regional Policy, 2007. *Survey on perceptions of quality of life in 75 European cities*. Brussels.

EEA - European Environment Agency, 2009. *Ensuring quality of life in Europe's cities and towns*. EEA Report No 5/2009. Copenhagen.

EEA - European Environment Agency, 2010. *The European environment State and outlook Urban environment*. Copenhagen.

EPD – Environmental Protection Department. An overview on noise pollution and control in Hong Kong. [interaktyvus]. 2011. Žiūrėta 2011 m. gruodžio 27 d. Prieiga per internetą: <http://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/noise/noise_maincontent.html>.

Europos Komisijos ir Parlamento 2002 m. birželio 25 d. direktyva 2002/49/EB dėl aplinkos triukšmo įvertinimo ir valdymo.

Gershon, R. R. M.; Neitzel, R.; Barrera, M. A.; Akram, M. 2006. Pilot Survey of Subway and Bus Stop Noise Levels. *Journal Urban Health* 83(5): 802–812.

Goines, L.; Hagler, L. 2007. Noise pollution: A modern plague. *Southern Medical Journal* 100 (3): 287-294.

Gražulevičienė, R.; Lekavičiūtė, J.; Mozgeris, G.; Merkevičius, S. 2003. Autotransporto srautų keliamas triukšmas ir sergamumas miokardo infarktu. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba* 23(1): 70-75.

Grubliauskas, R. 2009. Aplinkos triukšmo ir jo mažinimo, taikant lengvas konstrukcijas, tyrimai bei skaitinis modeliavimas. Daktaro disertacija. Vilnius: Technika, 138p.

Hnit Baltic Geoinfoservisas. 2004. Transporto keliamo triukšmo prognozavimas paremtas GIS [interaktyvus]. Žiūrėta 2011 m. gruodžio 29 d. Prieiga per internetą: <<http://www.hnitbaltic.lt/newhb/hbgis/Documents/MapNoise%20brosiura.pdf>>.

IMMI noise mapping. 2013. [interaktyvus]. Žiūrėta 2013 m. balandžio 21 d. Prieiga per internetą: <www.environmental-expert.com>.

Yilmaz, G.; Hocali, Y. 2006. Mapping of noise by using in Sangliurfa. *Environmental Monitoring and Assessment* 121(1): 103–108.

Jakovljević, B.; Belojević, G.; Paunović, K.; Stojanov, V. 2006. Road Traffic Noise and Sleep Disturbances in an Urban Population: Cross-sectional Study. *Croatian Medical Journal* 47(1): 125-133.

Kauno triukšmo tarša ir tylos zonos (žemėlapiai) [interaktyvus]. 2008. Žiūrėta 2011 m. gruodžio 29 d. Prieiga per internetą: <<http://ekologija.blogas.lt/kauno-triuksmo-tarsa-ir-tylos-zonos-zemelapiai-116.html>>.

Kazragis, A.; Gailius, A. 2006. Kompozicinės medžiagos ir dirbiniai su gamtiniais organiniais užpildais. Vilnius: Technika 256 p.

Klibavičius, A. 2008. Transporto neigiamo poveikio aplinkai vertinimas: mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 56p.

Klæboe, R.; Engelen, E.; Steinnes, M. 2006. Context sensitive noise impact mapping. *Applied Acoustics* 67 (7): 620–642.

Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susiekimo ministerijos. [interaktyvus]. 2011. Žiūrėta 2011 m. gruodžio 29 d. Prieiga per internetą: <http://www.lra.lt/lt.php/triuksmo_valdymas/strateginiai_triukscarono_zemelapiai/3776>

Liebedowska, B. 2005. Acoustic background and transport noise in urbanised areas: A note on the relative classification of the city soundscape. *Transportation Research Part D:Transport and Envirinment* 10 (4): 341–345.

Lietuvos Respublikos 2004 m. spalio 26 d. Nr. IX-2499 Triukšmo valdymo įstatymas. *Valstybės žinios* 164 – 5971

Luzzi, S.; Rossela, N. 2011. Elements of temporal design approach in soundscape based planning of urban quiet aries. *Journal of temporal design in architecture and the environment* 11(1): 34-43.

Luzzi, S.; Vassiliev, A. V. 2005. A comparision of noise mapping metods in Italian and Russian experiences. *The triennial European conference's on acoustics in general „Forum Acusticum“occured in Budapest at September 2005, report.* p.1051-1056.

Mačiūnas, E.; Zurlytė, I.; Uscila, V. 2007. Strateginis triukšmo kartografavimas ir su triukšmo poveikiu susijusių duomenų gavimas. Vilnius: Naujoji Matrica. 130 p.

Malinauskienė, V.; Obelenis, V.; Šopagienė, D. 2004. Triukšmas aplinkoje ir jo įtaka miokardo infarkto rizikai. *Sveikatos mokslai* (3): 41-44.

- Manvel, D. 2004. The use of measurements & GPS for noise mapping. *Joint Baltic-Nordic Acoustics Meeting 2004, 8-10 June 2004*, Mariehamn, Åland.
- Miedema, H. M. E.; Vos, H. 1998. Exposure-response relationships for transportation noise. *Journal of Acoustical Society of America* 104(6): 3432- 3445.
- Mioduszevski, P.; Esjmont, J. A.; Grabowski, J.; Karpiński, D. 2011. Noise map validation by continuous noise monitoring. *Applied Acoustic* 72(8): 582 – 589.
- Moura-de-Sousa, C.; Alves Cardoso, M. R. 2002. Urban noise in the City of Sao Paulo, Brazil: An important problem of public health. *Noise & Health* 16(4): 57-63.
- Montalvão Guedes, I. C.; Bertoli, S. R.; Zannin, P. H. T. 2011. Influence of urban shapes on environmental noise: A case study in Aracaju — Brazil. *Science of the Total Environment* 412-413: 66–76.
- Murphy, E.; King, E.A. 2010. Strategic environmental noise mapping: Methodological issues concerning the implementation of the EU Environmental Noise Directive and their policy implications. *Environment International* 36(3): 290-298.
- Murphy, E.; Rice, H.J.; Meskell, C. 2006. Environmental Noise Prediction, Noise Mapping and GIS Integration: the case of inner Dublin, Ireland. *8th International Symposium TRANSPORT NOISE AND VIBRATION occurred in St. Petersburg at 4–6 June 2006*, East-European Acoustical Association p.1-10.
- Öhrström, E. 2004. Longitudinal surveys on effects of changes in road traffic noise – annoyance, activity disturbances, and psycho-social well-being. *Journal of Acoustical Society of America* 115(2): 719-729.
- Öhrström, E.; Björkman, M. 1988. Effects of noise-disturbed sleep—a laboratory study on habituation and subjective noise sensitivity. *Journal of Sound and Vibration* 122(2): 277–290.
- Öhrström, E.; Skånberg, A.; Svensson, H.; Gidlof-Gunnarsson, A. 2006. Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. *Journal of Sound and Vibration* 295(1): 40–59.
- Ouis, D. 2001. Annoyance from road traffic noise: a review. *Journal of Environmental Psychology* 21(1): 101 – 120.
- Pal, A. K.; Kumar V.; Saxena, N. C. 2000. Noise attenuation by green belts. *Journal of Sound and Vibration* 234 (1): 149–165.
- Passchier-Vermeer, W.; Passchier, WF. 2000. Noise exposure and public health. *Environ Health Perspectives* 108(1): 123–31.
- Samara, T.; Tsitsoni, T. 2011. The effects of vegetation on reducing traffic noise from a city ring road. *Noise Control Engineering Journal* 59 (1): 68-74.

Seong, J. C.; Park, T. H.; Ko, J. H.; Chang, S. I.; Kim, M.; Holt, J. B.; Mehdi, M. R. 2011. Modeling of road traffic noise and estimated human exposure in Fulton County, Georgia, USA. *Environment International* 37 (8): 1336–1341.

Soundplan. 2013. [interaktyvus]. Žiūrėta 2013 m. balandžio 21 d. Prieiga per internetą: <www.soundplan.com>.

Stansfeld, S. A.; Berglund, B.; Clark, C.; Lopez-Barrio, I.; Fischer, O.; Öhrström, E.; Haines, M. M.; Head, J.; Hygge, S.; van Kamp, I.; Berry, B. F. 2005. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. *The Lancet* 365: 1942-1949.

Stauskis, V. J. 2007. *Statybinė akustika*. Vilnius: Technika, 266p.

Stoter, J.; Kluijver, H.; Kurakula, V. 2008. 3D noise mapping in urban areas. *International Journal of Geographical Information Science* 22(8): 907-924.

Šiaulių municipalinio aplinkos monitoringo 2009 m. ataskaita (III dalis: Geležinkelio triukšmo matavimas ir kartografavimas). [interaktyvus]. 2009. Žiūrėta 2012 sausio 10 d. Prieiga per internetą: <<http://www.matl.lt/Src/triukšmas2009.pdf>>

Triukšmo sklaidos modeliavimas programine įranga CADNAA [interaktyvus]. 2007 m. Žiūrėta 2012 m. vasaris 27d. Prieiga per internetą: <<http://www.cowi.lt/menu/news/newsarchive/2007/Pages/triukšmosklaidosmodeliavimasprogrammairangacadnaa.aspx>>.

Triukšmo žemėlapiai. [interaktyvus]. 2011. Žiūrėta 2011 m. gruodžio 29 d. Prieiga per internetą: <http://aplinka.vilnius.lt/noise_maps.html>.

Valstybinis aplinkos sveikatos centras. 2008. Tyliųjų zonų nustatymas. Metodinės rekomendacijos. 29p.

Van den Berg, M.; Licitra, G. 2009. EU-Noise Maps: analysis of submitted data. Edinburgh: Institute of Acoustics, European Acoustics Association

Van Kempen, E. E. M. M.; Hanneke Kruize, H.; Boshuizen, H. C.; Caroline B. Ameling, C. B.; Staatsen, B. A. M.; Hollander, A. E. M. 2002. The Association between Noise Exposure and Blood Pressure and Ischemic Heart Disease: A Meta-analysis. *Environmental Health Perspectives* 110 (3): 307-317.

Van Renterghen, T.; Botteldooren, D. 2009. Reducing the acoustical façade load from road traffic with green roofs. *Building and Environment* 44 (5): 1081–1087.

Vilniaus miesto savivaldybės 2011m. gruodžio 14 d. sprendimas Nr. 1-341 Vilniaus miesto savivaldybės tyliųjų zonų reglamentas.

Vilniaus miesto savivaldybės 2011m. gruodžio 14 d. sprendimas Nr. 1-341 Vilniaus miesto savivaldybės tyliųjų ir triukšmo prevencijos zonų ribų nustatymo metodinės rekomendacijos.

Vilniaus triukšmo rodikliai. [interaktyvus]. 2011. Žiūrėta 2011 m. gruodžio 29 d. Prieiga per internetą: <http://aplinka.vilnius.lt/noise_rodikliai.html>.

Votsi, N. P.; Drakou, E. G.; Mazaris, A. D., Kallimanis, A. S.; Pantis, J. D. 2012. Distance-based assessment of open country Quiet Areas in Greece. *Landscape Urban Planning* 104(2): 279 – 288 .

VVSPT – Valstybinė visuomenės sveikatos priežiūros tarnyba. 2011. Triukšmo strateginio kartografavimo rezultatai. [interaktyvus]. Žiūrėta 2011 m. gruodžio 29 d. Prieiga per internetą: <<http://www.vvspt.lt/triuksmi/triuksmo-strateginio-kartografavimo-rezultatai/>>.

Weber, M.; Luzzi, S. 2010. Quiet areas: turning missed opportunities into enhancing soundscapes. *The 39th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering „INTER-NOISE 2010 noise and sustainability“ occurred in Lisbon at 13-16 June, report 1-10.*

WHO – World Health Organization. 2009. Night noise guidelines for Europe. Copenhagen. 162p.

WHO – World Health Organization. 2011. Burden of disease from environmental noise Quantification of healthy life years lost in Europe. Copenhagen.

Абракизов. В.Э. 2008. Натурные исследования шума г. Харькова.– Харьков: Парус, 68 с.

Богданов, Ю.В.; Фоменко, В.И.; Ставринов, Г.М.; Старовойда, А.Л. 2002. *Построение зон акустического дискомфорта в трехмерном пространстве.* Коммунальное хозяйство городов (35). pp. 21-24.

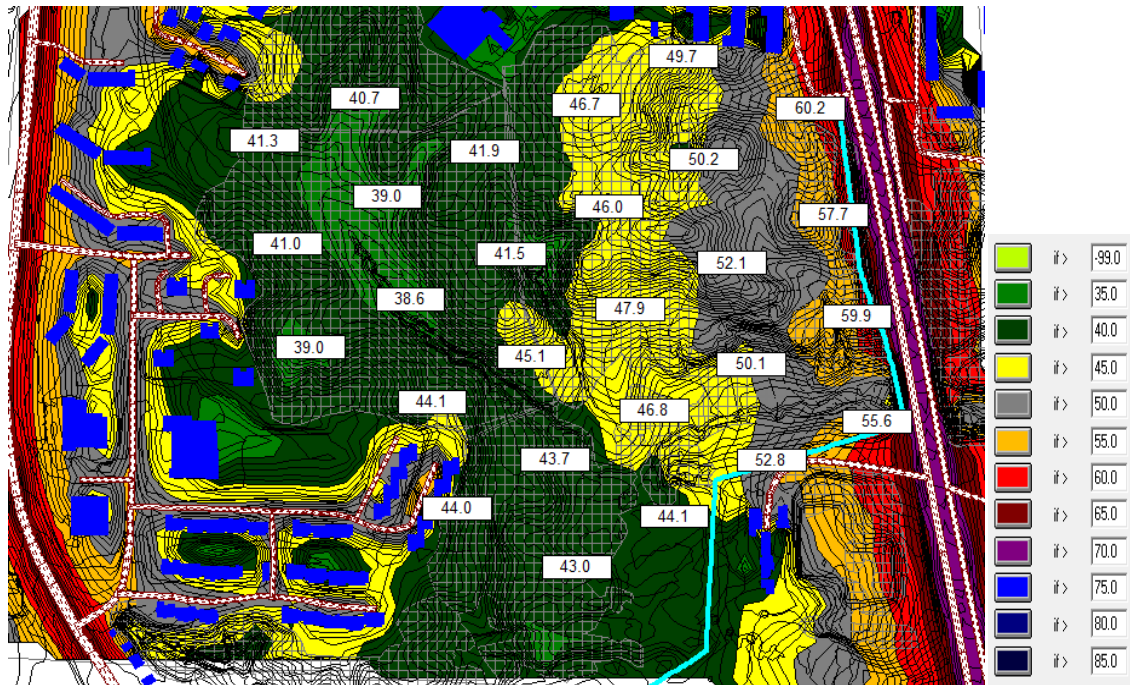
Департамент Природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. Шумовое загрязнение в 2010 году, [interaktyvus]. 2011. Žiūrėta 2011 m. gruodžio 27 d. Prieiga per internetą: <<http://moseco.ru/moscow-ecology/monitoring/noise/>>.

Некипелова, О.О.; Некипелов, М.И.; Шишелова, Т.И.; Маслова, Е.С. 2004. Шумовое загрязнение городской среды и его влияние на население. *Фундаментальные исследования* 5: 46-47.

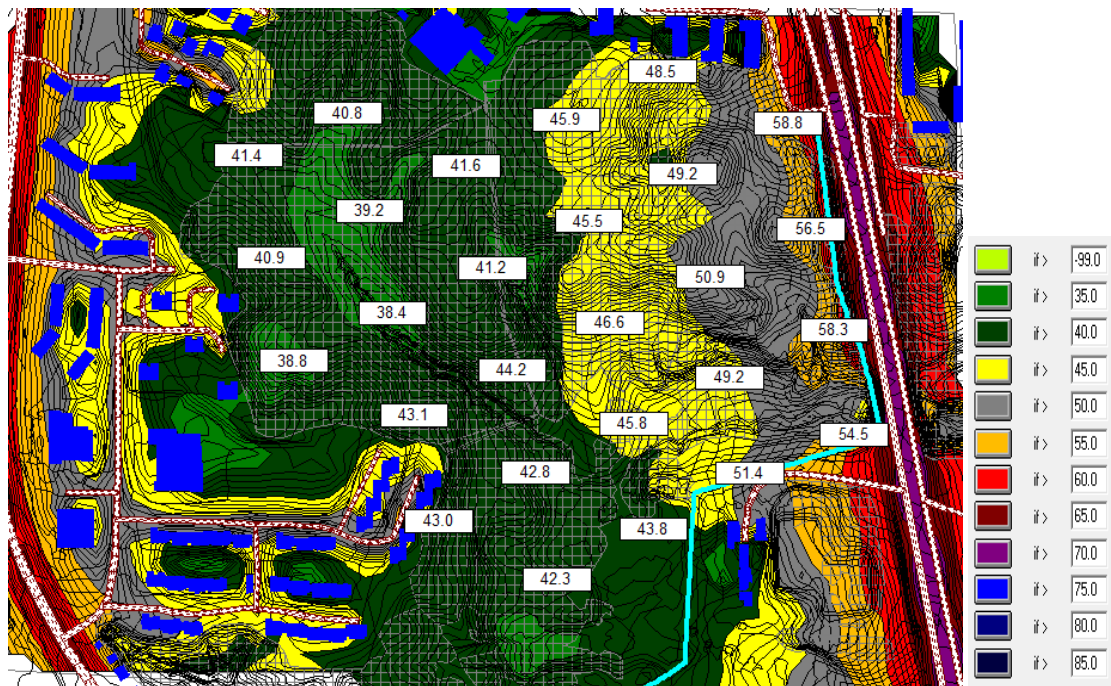
PRIEDAI

I PRIEDAS

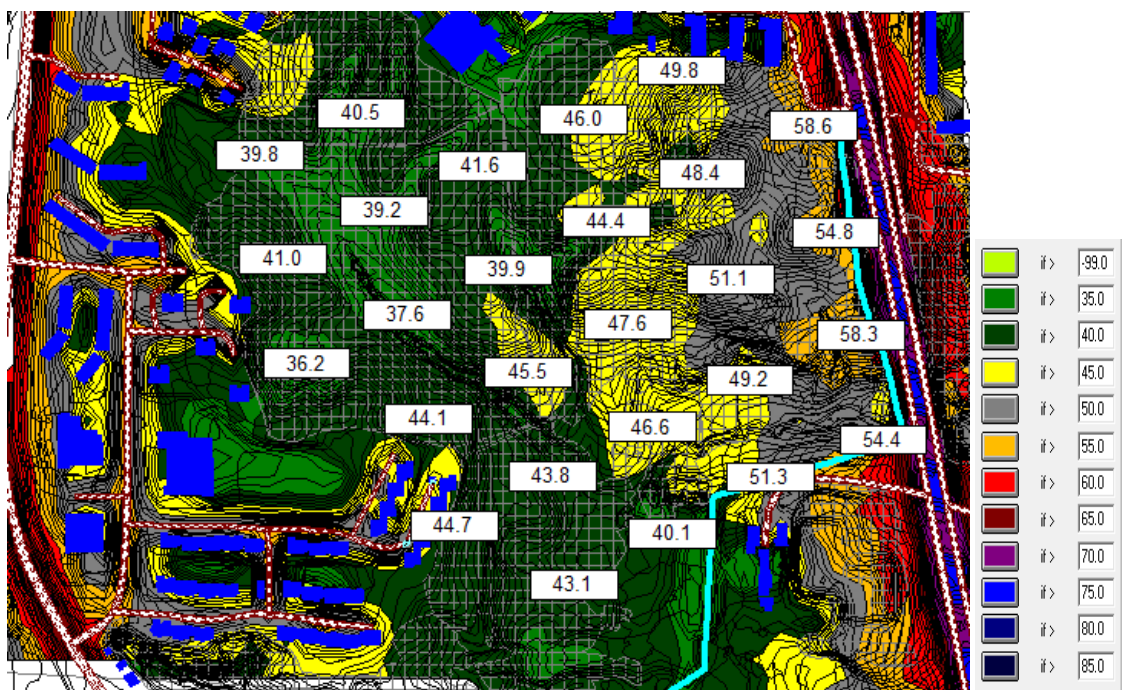
TRIUKŠMO SKLAIDOS MODELIAVIMAS SUPROJEKTAVUS TRIUKŠMO MAŽINIMO PRIEMONES



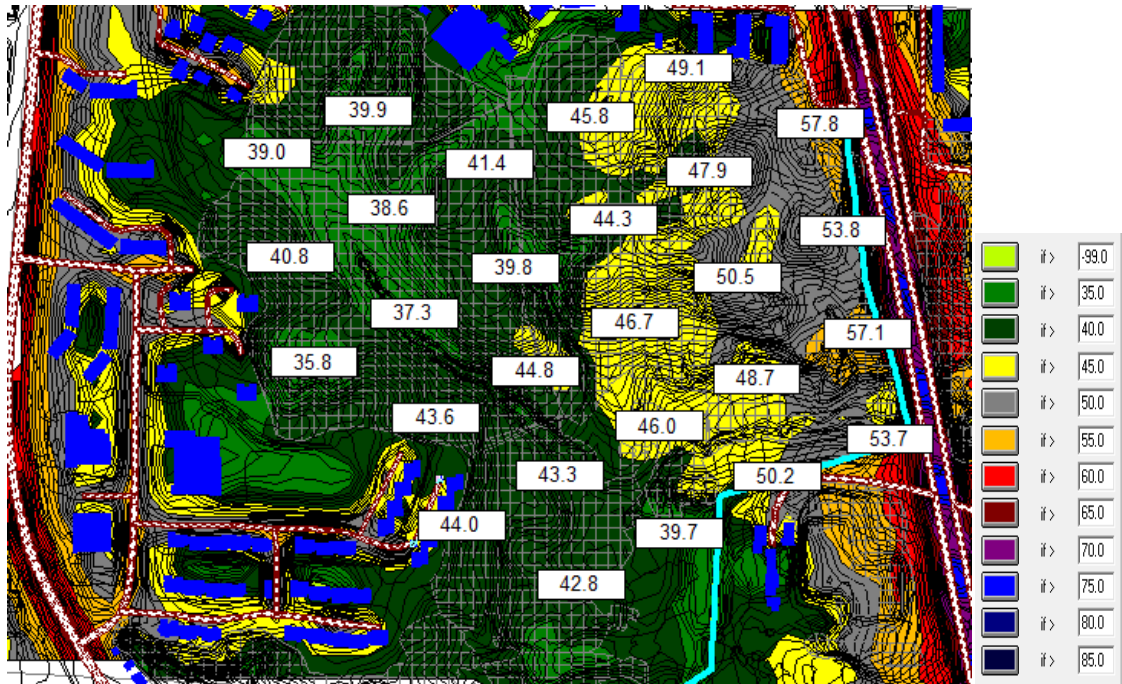
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu sausio mėnesį, suprojektavus triukšmo barjerą



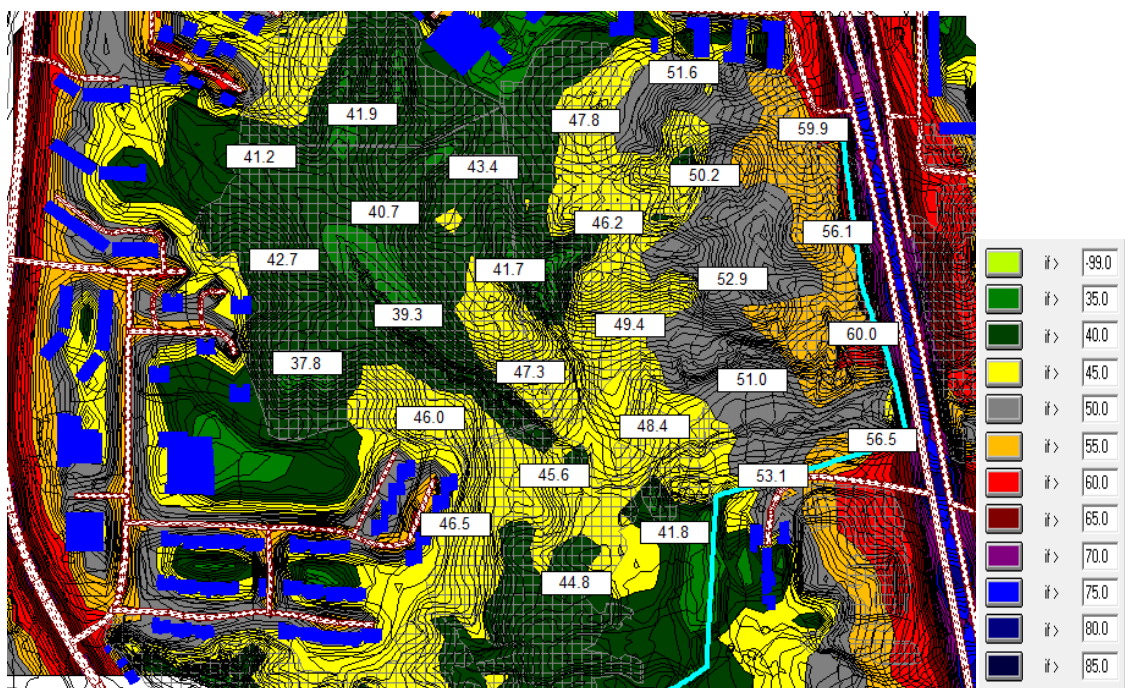
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu sausio mėnesį, suprojektavus triukšmo barjerą



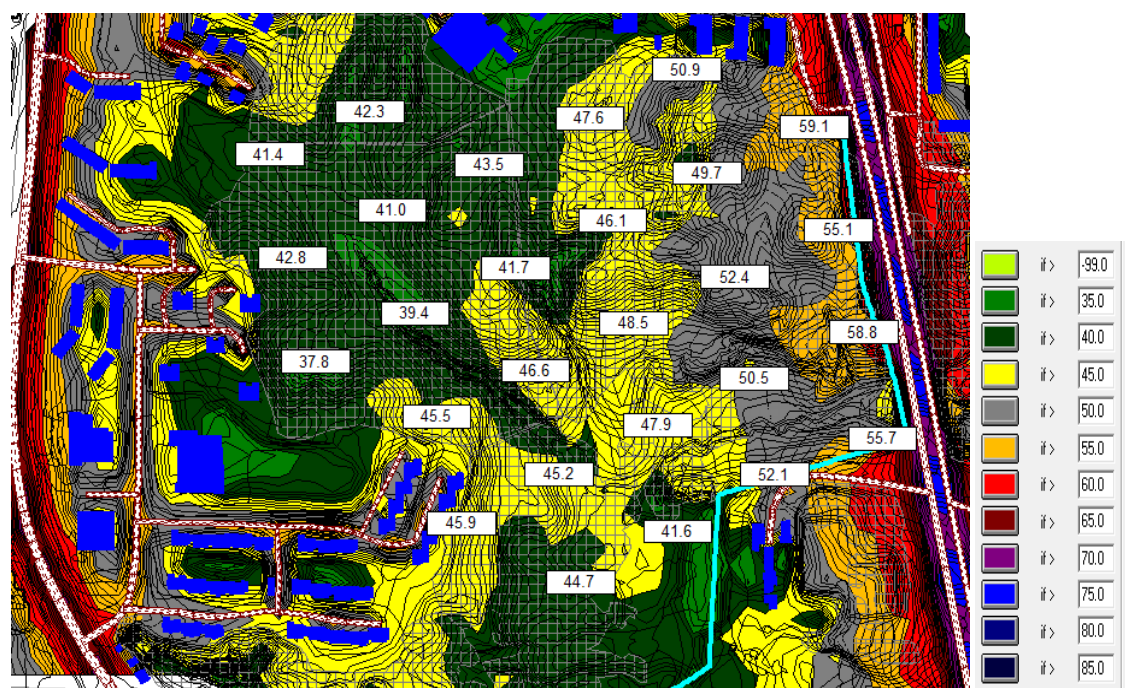
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu kovo mėnesį, suprojektavus triukšmo barjerą



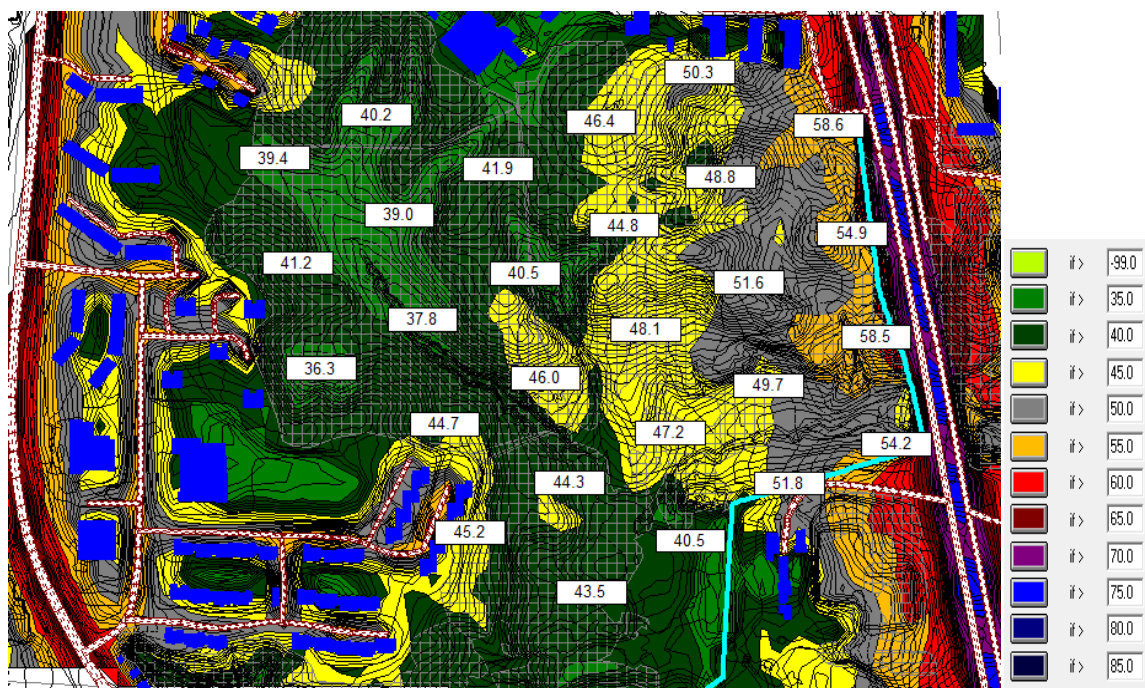
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu kovo mėnesį, suprojektavus triukšmo barjerą



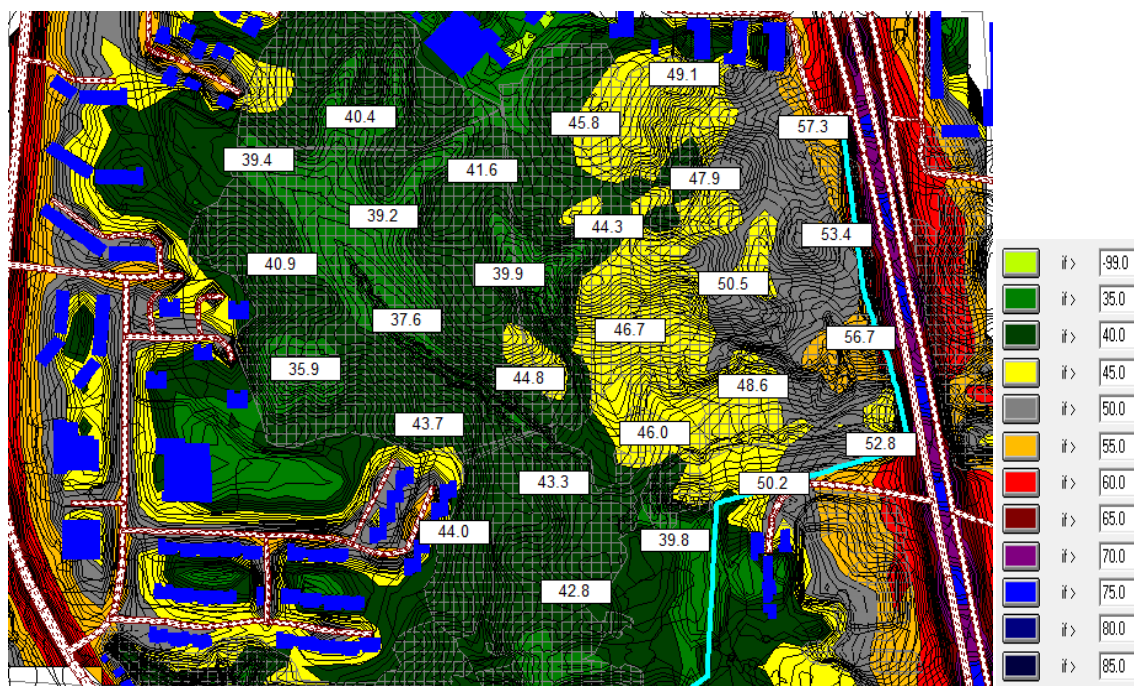
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu gegužės mėnesį, suprojektavus triukšmo barjerą



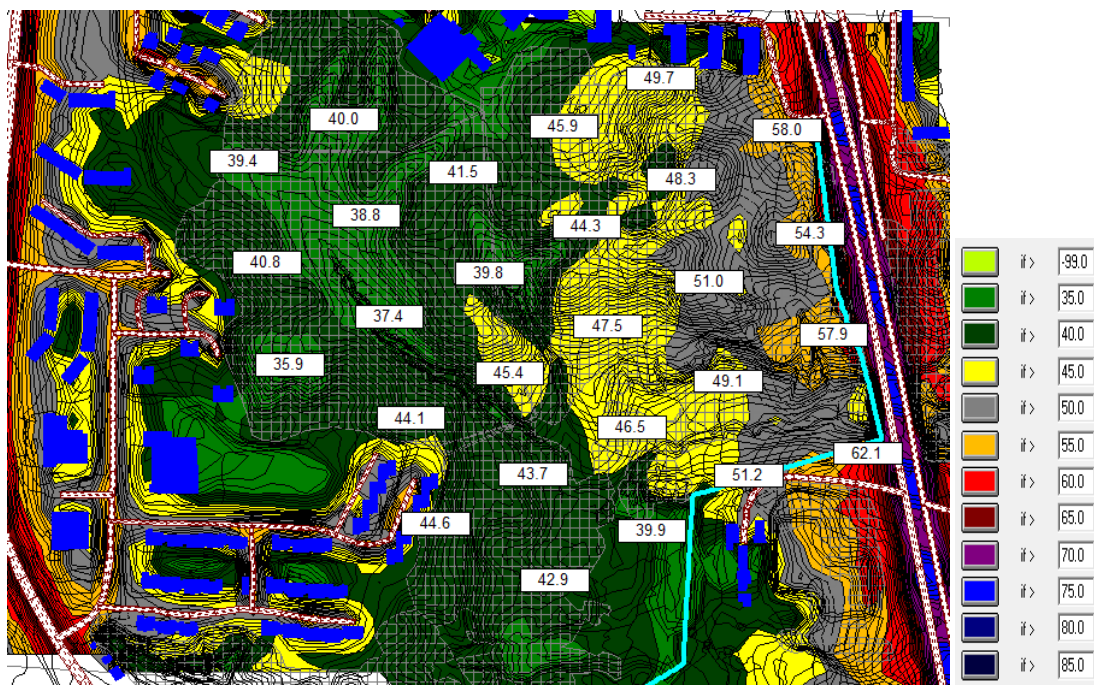
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu gegužės mėnesį, suprojektavus triukšmo barjerą



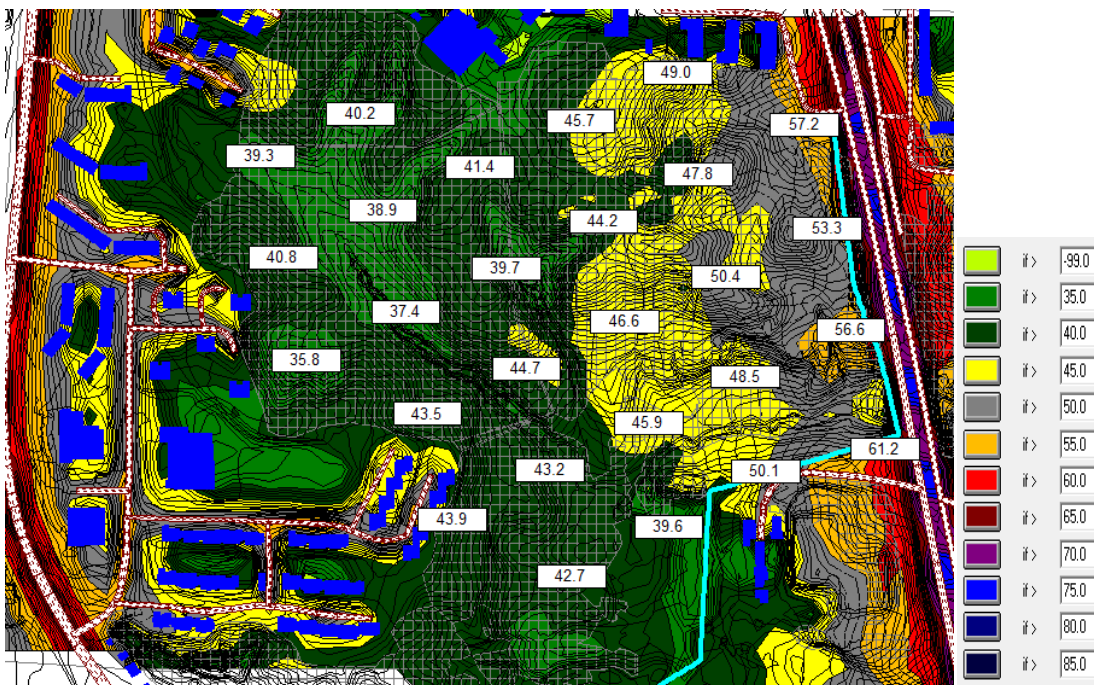
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu birželio mėnesį, suprojektavus triukšmo barjerą



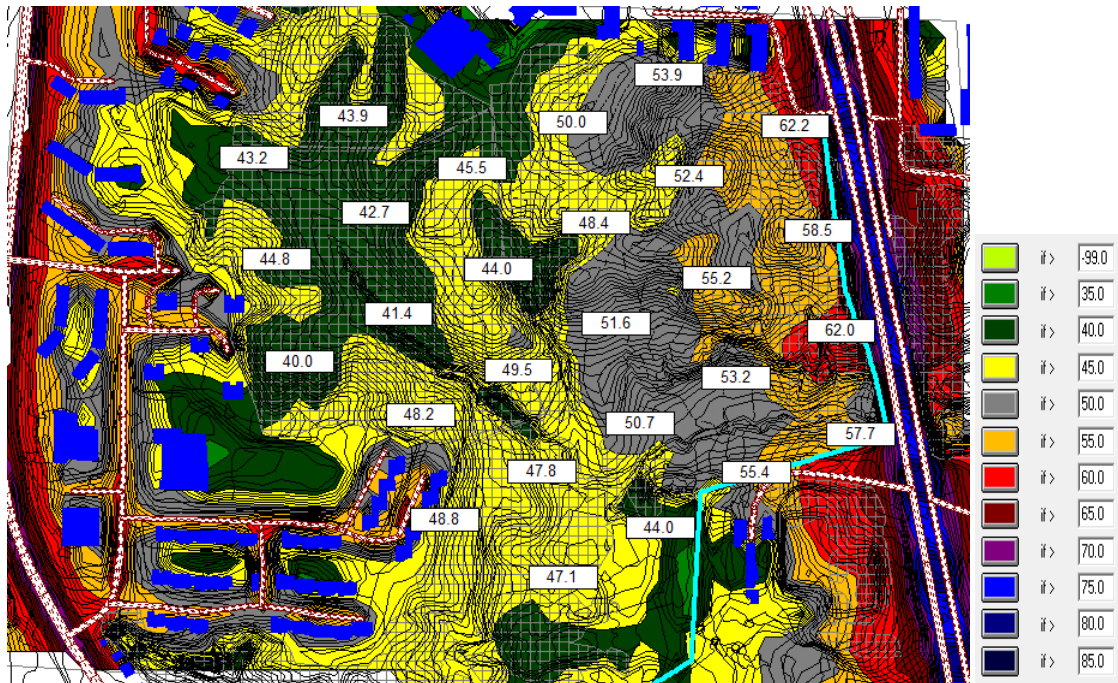
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu birželio mėnesį, suprojektavus triukšmo barjerą



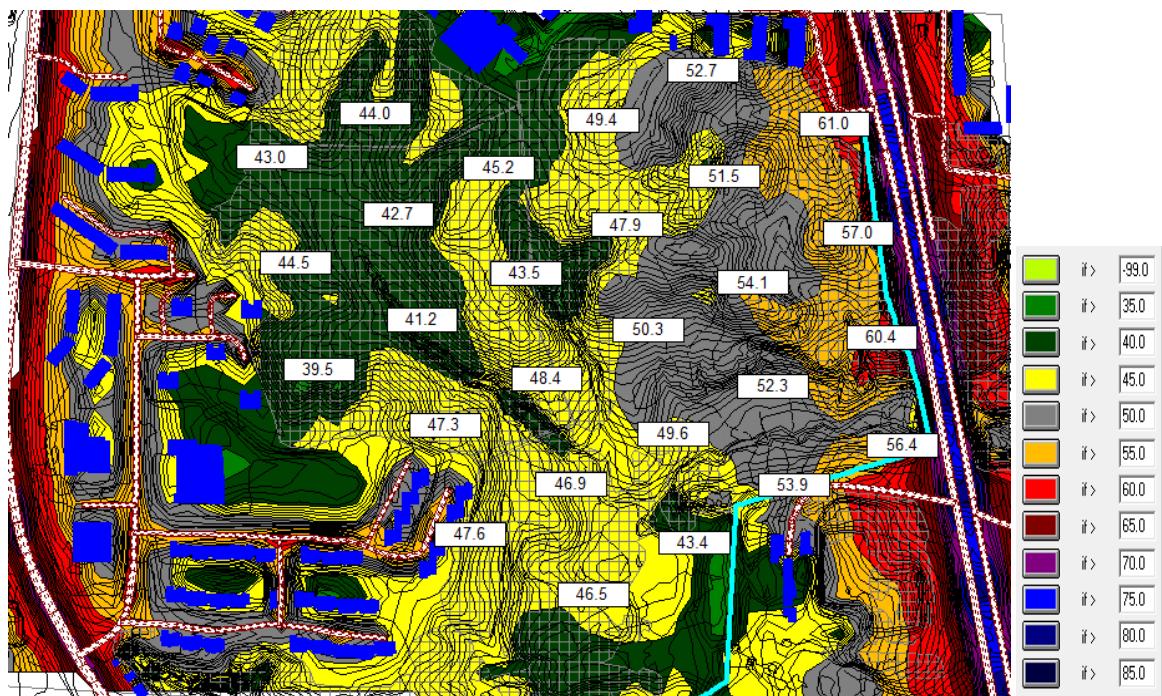
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu rugpjūčio mėnesį, suprojektavus triukšmo barjerą



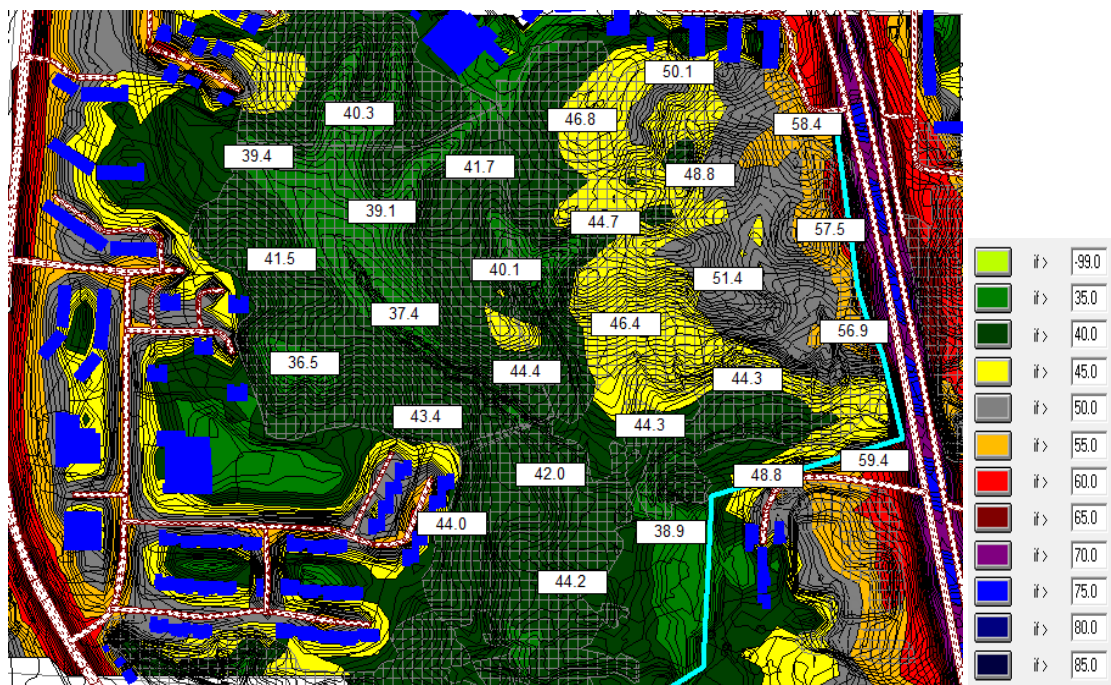
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu rugpjūčio mėnesį, suprojektavus triukšmo barjerą



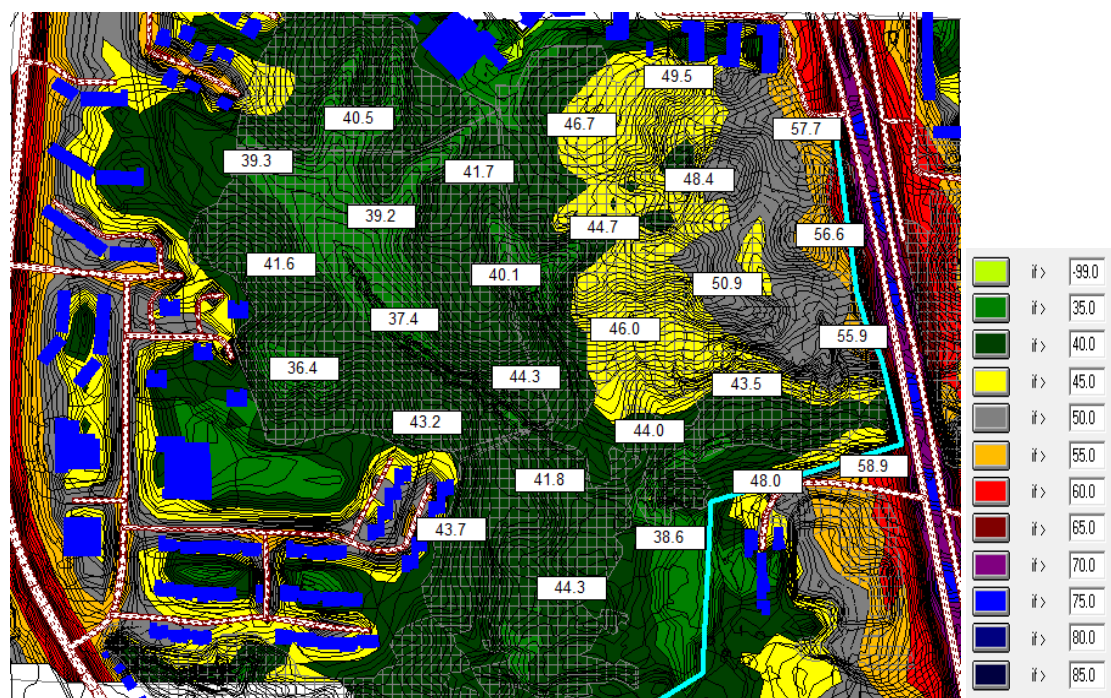
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu rugsėjo mėnesį, suprojektavus triukšmo barjerą



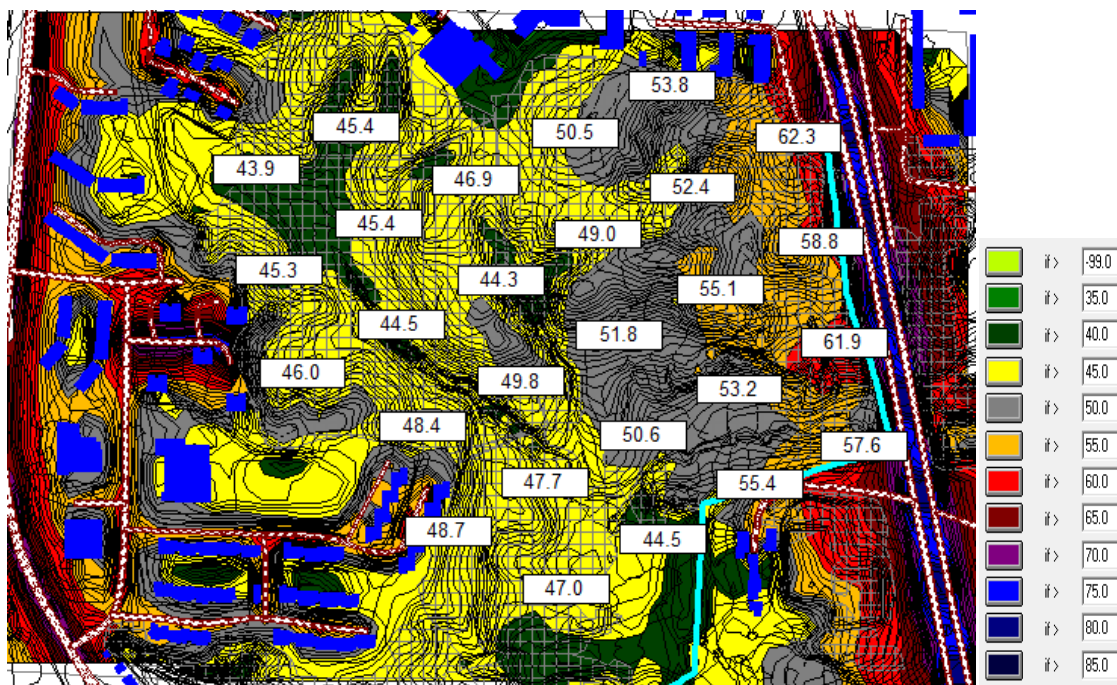
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu rugsėjo mėnesį, suprojektavus triukšmo barjerą



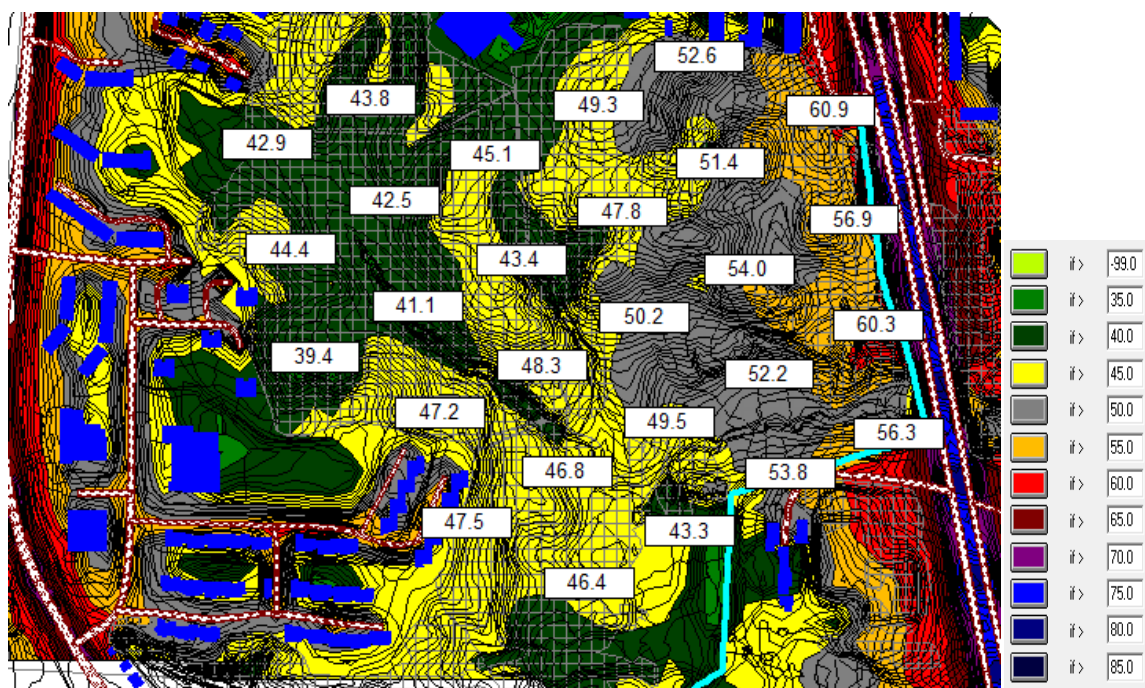
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu lapkričio mėnesį, suprojektavus triukšmo barjerą



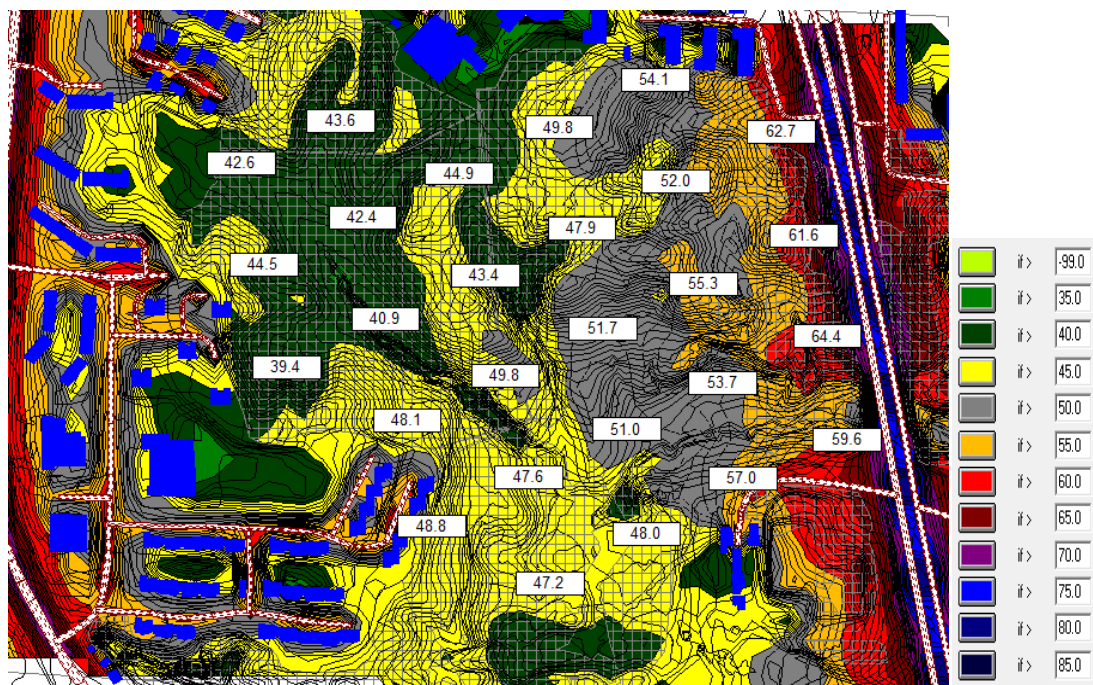
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu lapkričio mėnesį, suprojektavus triukšmo barjerą



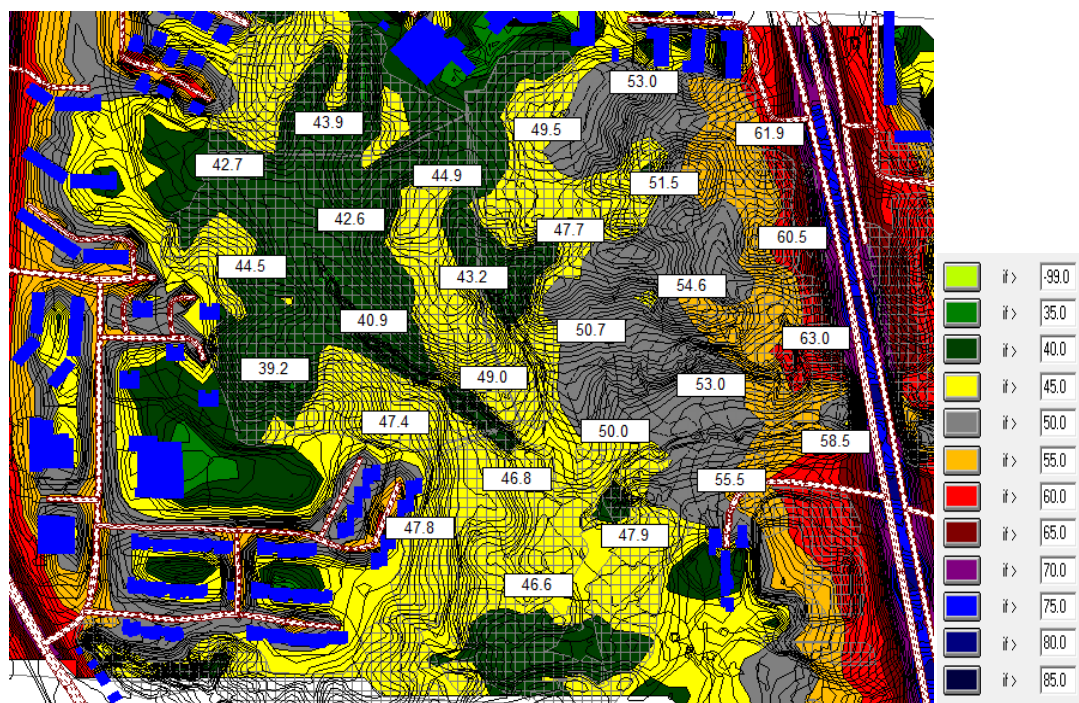
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu gruodžio mėnesį, suprojektavus triukšmo barjerą



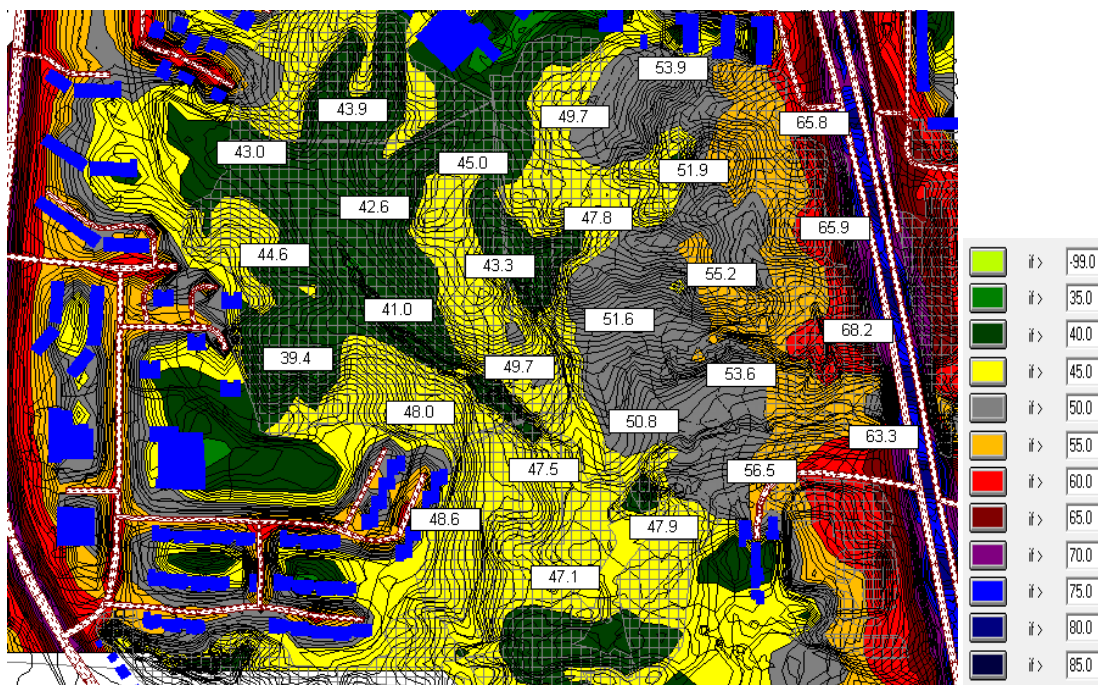
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu gruodžio mėnesį, suprojektavus triukšmo barjerą



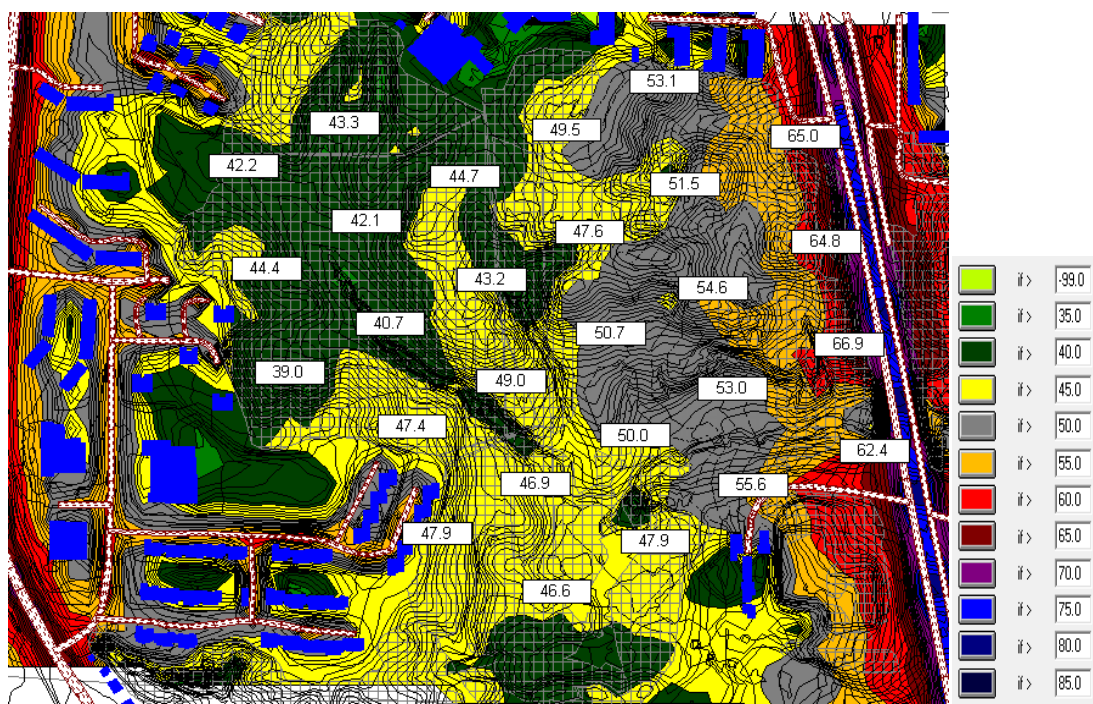
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu sausio mėnesį, suprojektavus želdinių juostą



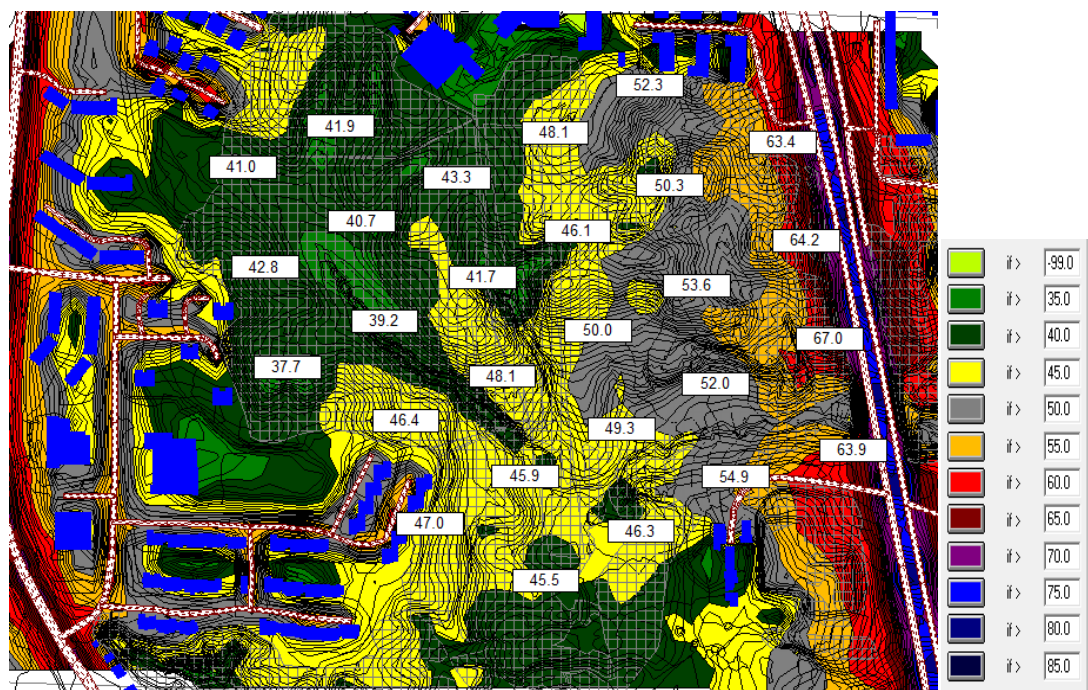
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu sausio mėnesį, suprojektavus želdinių juostą



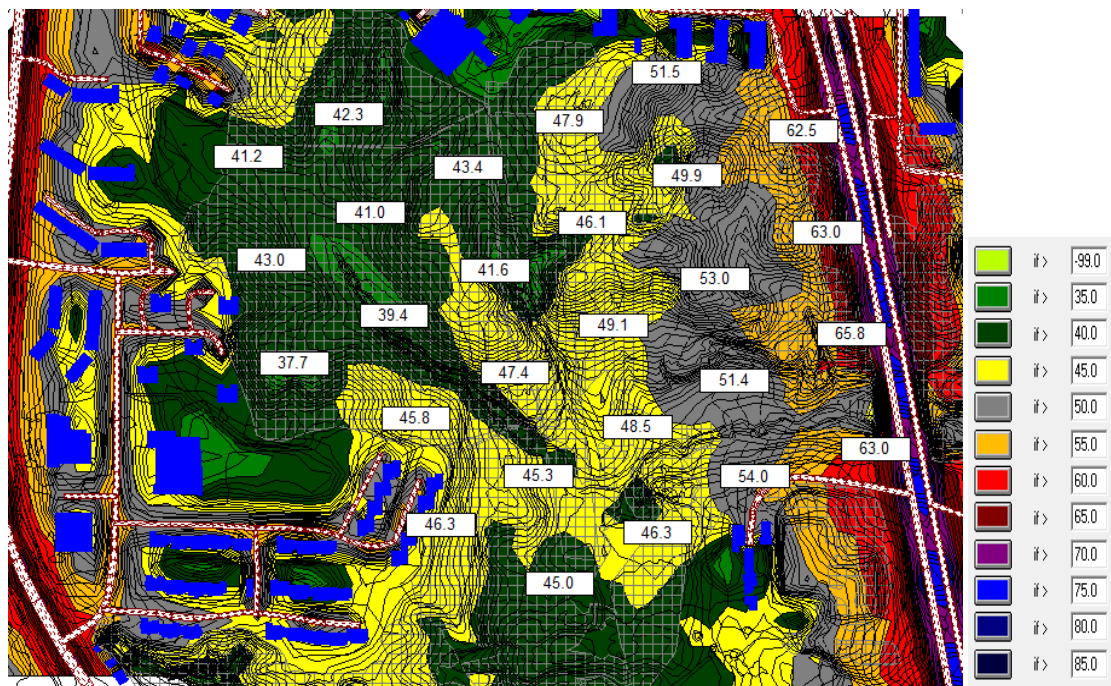
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu kovo mėnesį, suprojektavus želdinių juostą



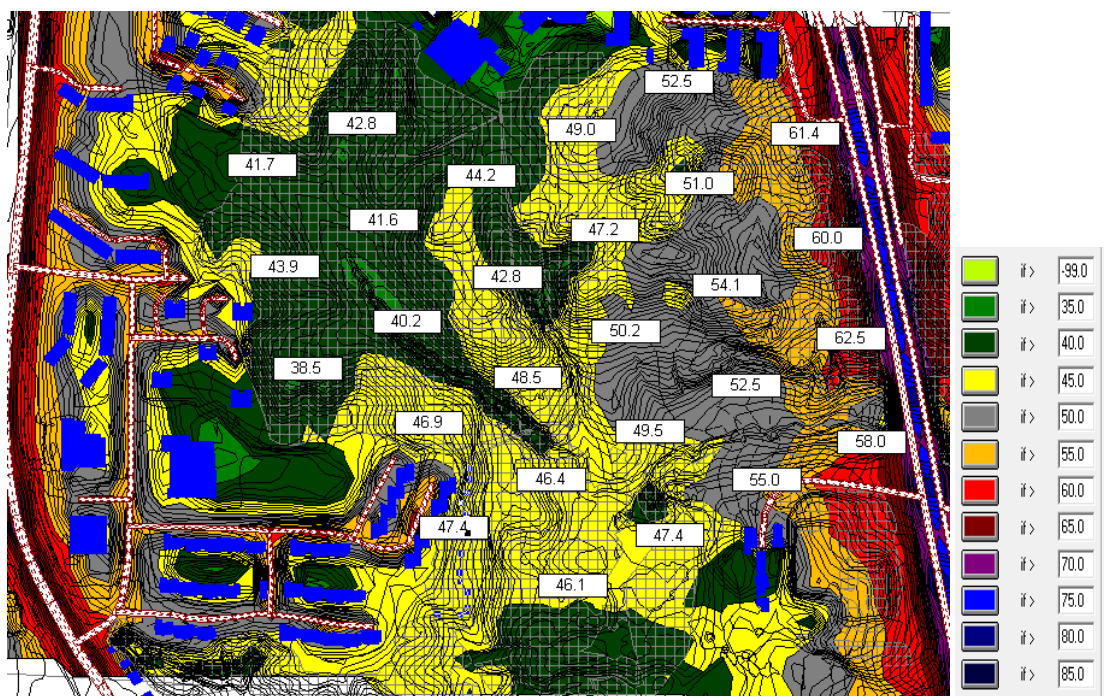
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu kovo mėnesį, suprojektavus želdinių juostą



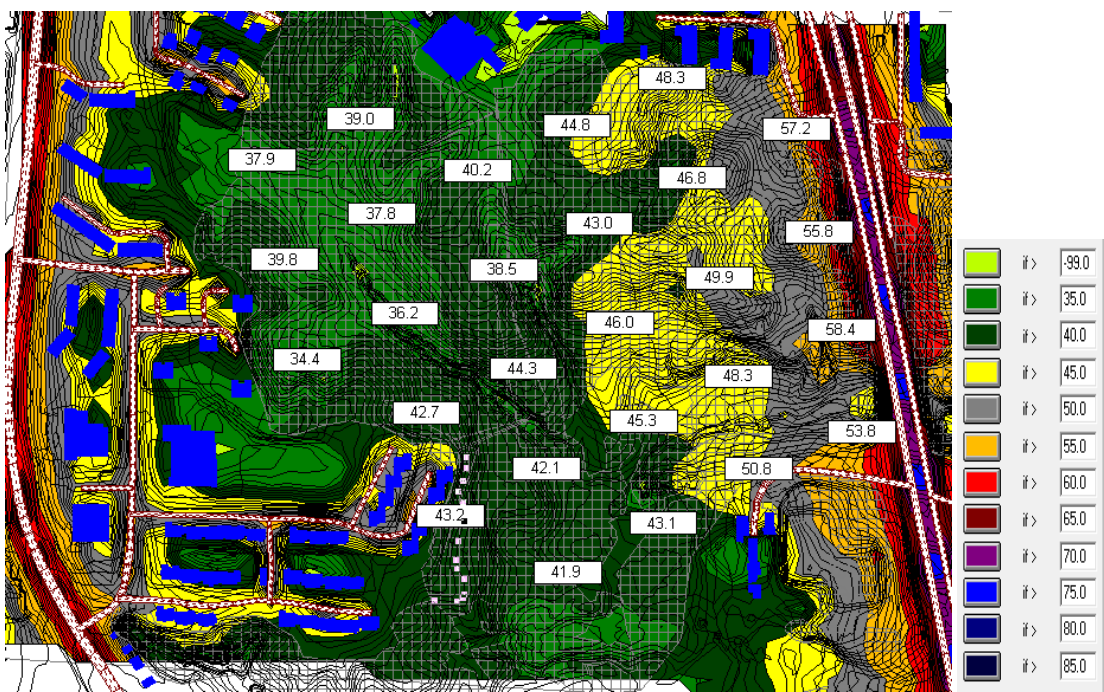
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu gegužės mėnesį, suprojektavus želdinių juostą



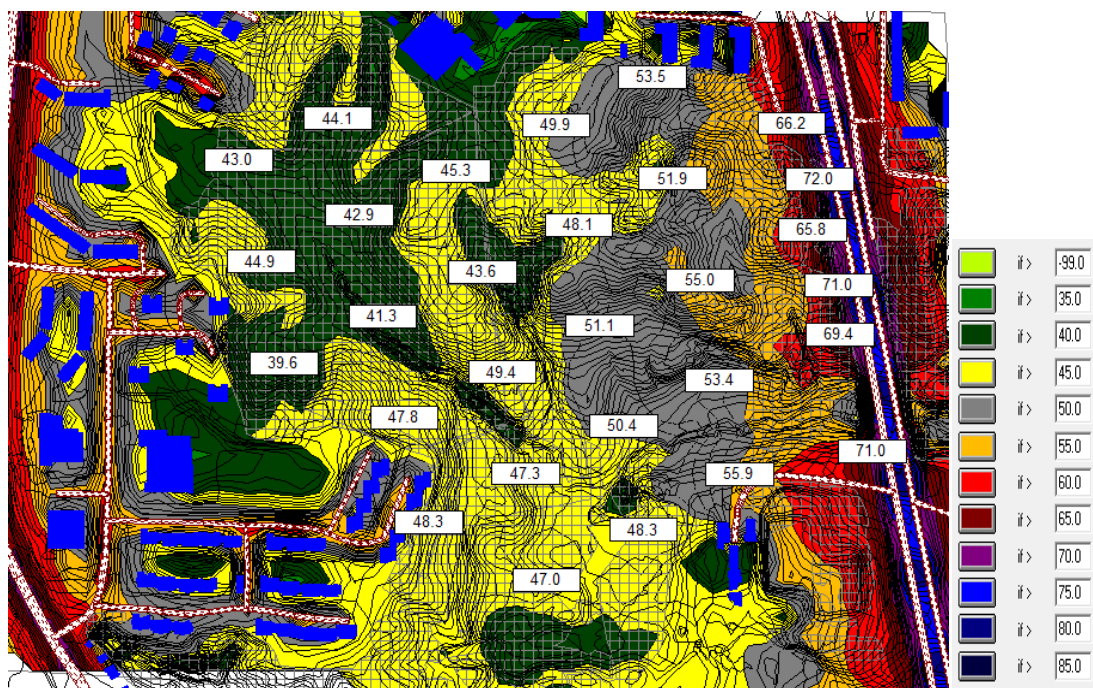
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu gegužės mėnesį, suprojektavus želdinių juostą



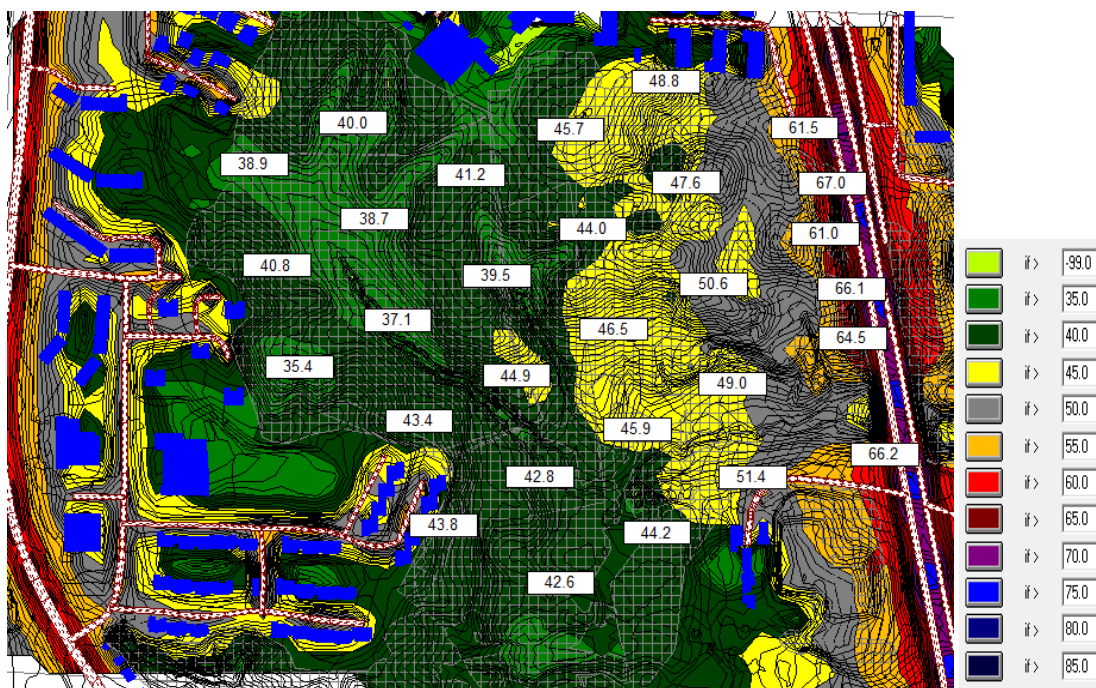
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu birželio mėnesį, suprojektavus želdinių juostą



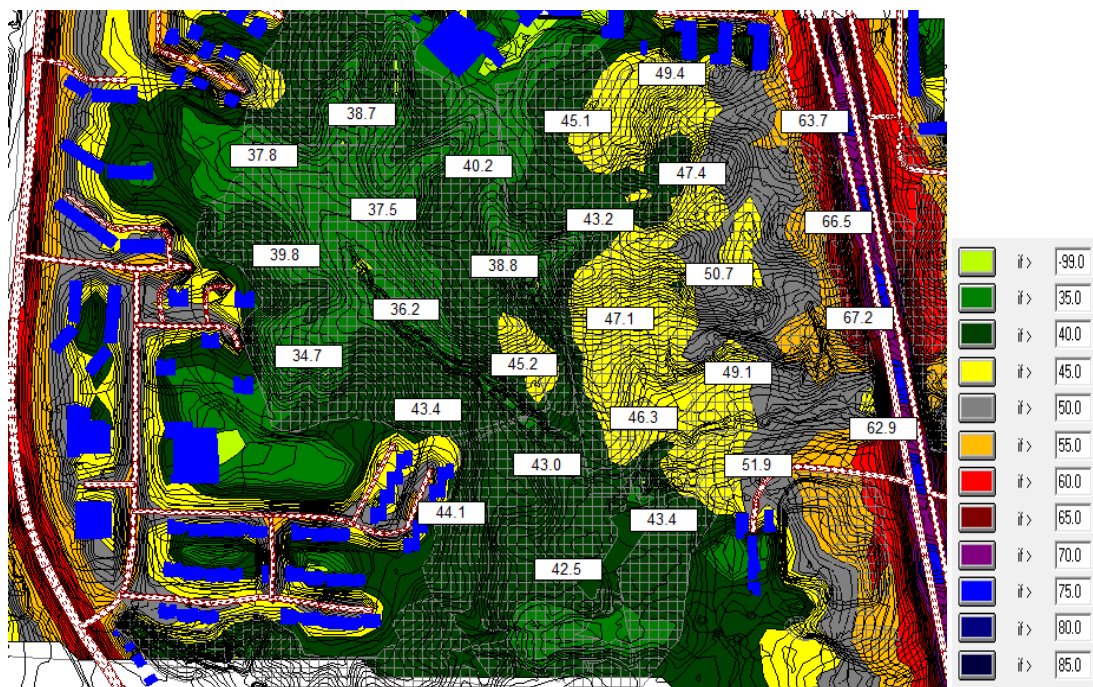
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu birželio mėnesį, suprojektavus želdinių juostą



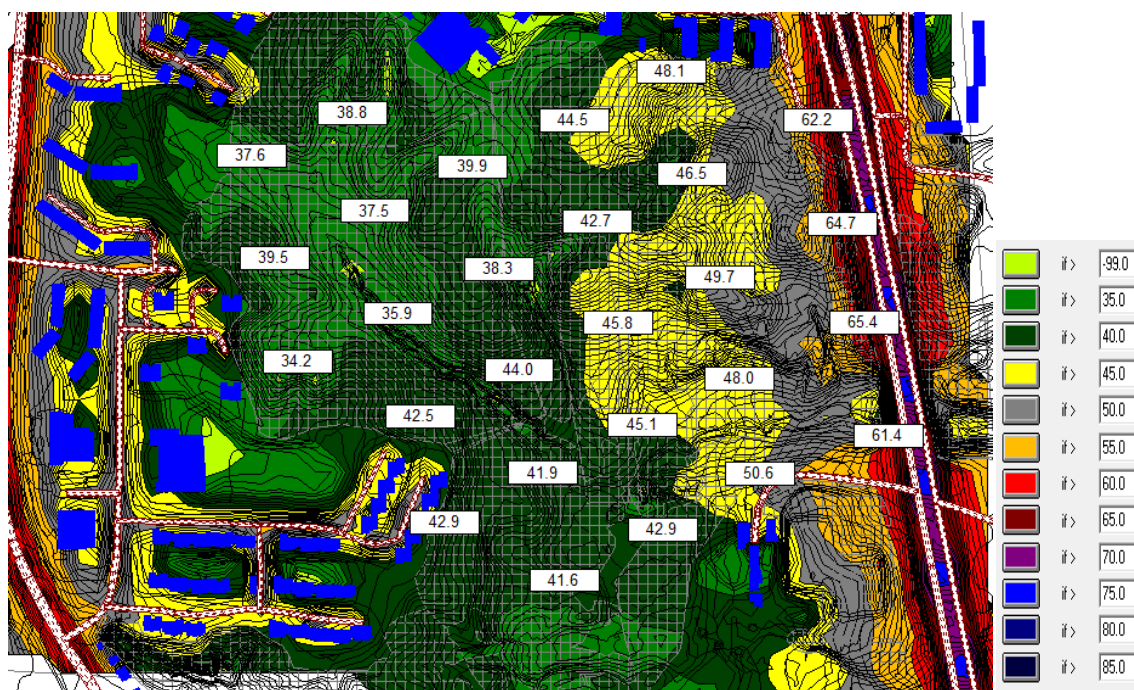
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu rugpjūčio mėnesį, suprojektavus želdinių juostą



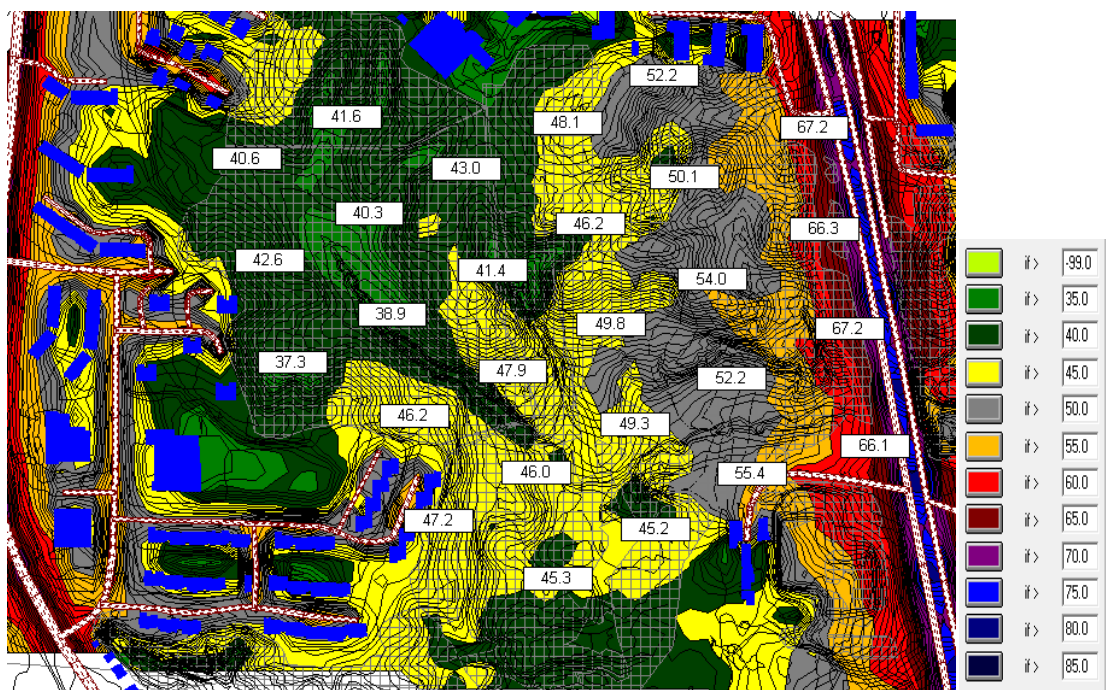
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu rugpjūčio mėnesį, suprojektavus želdinių juostą



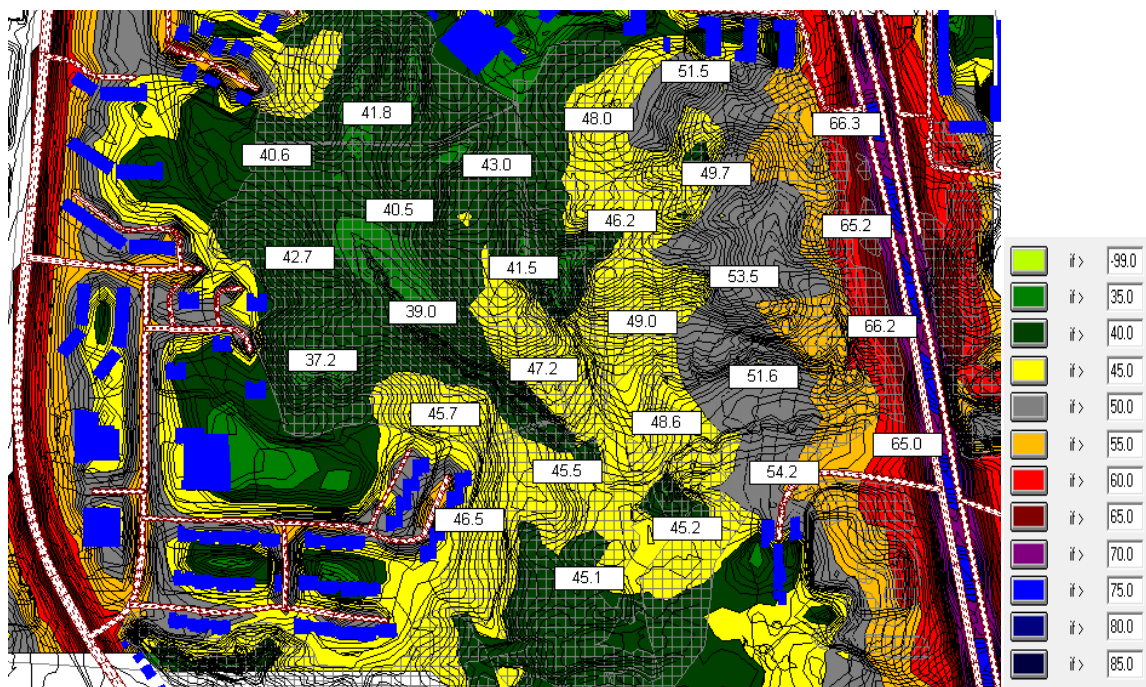
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu rugsėjo mėnesį, suprojektavus želdinių juostą



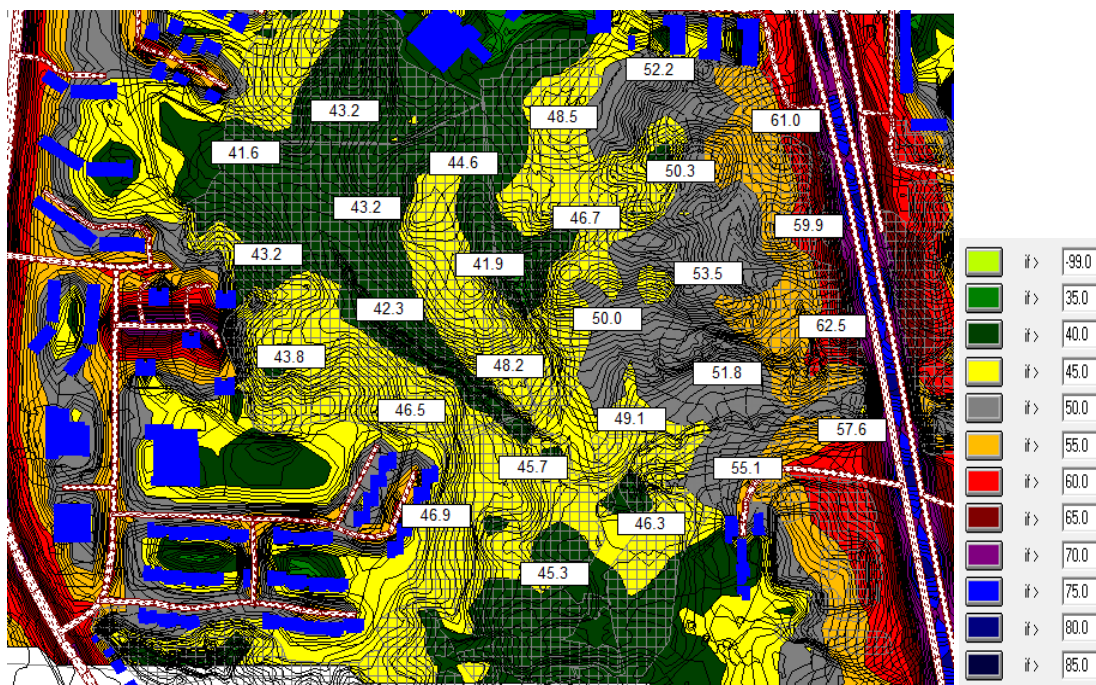
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu rugsėjo mėnesį, suprojektavus želdinių juostą



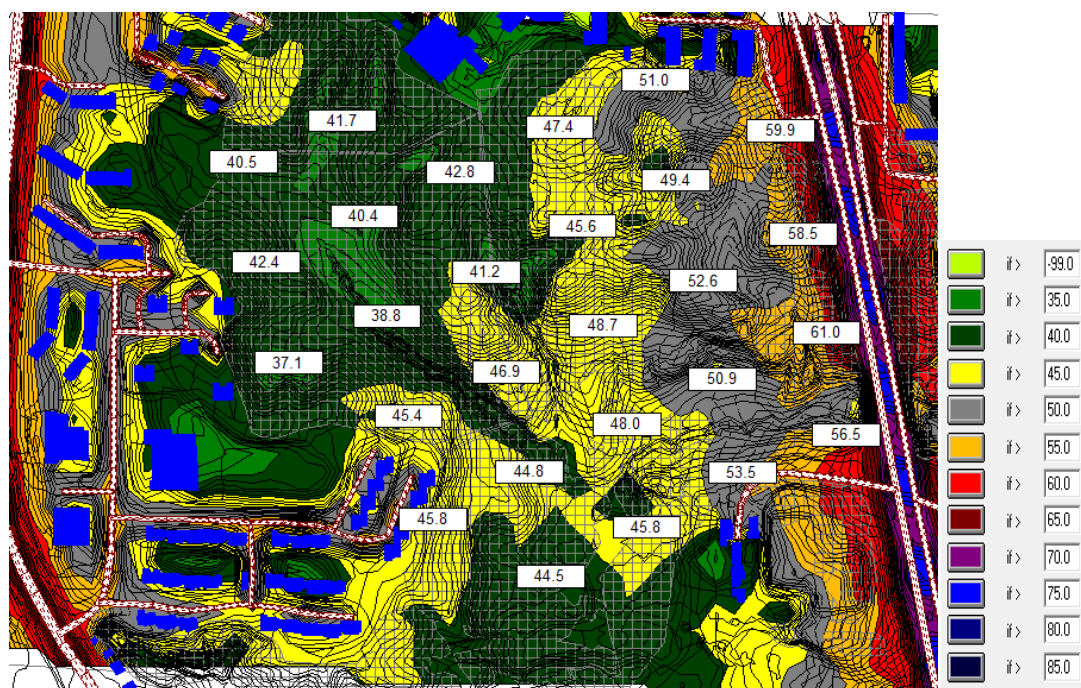
Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu lapkričio mėnesį, suprojektavus želdinių juostą



Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu lapkričio mėnesį, suprojektavus želdinių juostą



Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje dienos metu gruodžio mėnesį, suprojektavus želdinių juostą



Triukšmo sklaida Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje vakaro metu gruodžio mėnesį, suprojektavus želdinių juostą

MOKSLINIŲ STRAIPSNIŲ SĄRAŠAS

Žurnaluose, įtrauktuose į Mokslinės informacijos instituto (MII) duomenų bazės pagrindinį sąrašą (ISI Web of Science)

Kirkliauskaitė, E., Petraitis, E. 2013. Traffic noise assessment and modelling in Fabijoniškės quiet public area. *The Baltic journal of road and bridge engineering* (Atiduotas redakcijai).

Kituose recenzuojamuose mokslo leidiniuose

Kirkliauskaitė, E., Petraitis, E. 2013. Triukšmo tyrimai ir analizė Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje. *16-oji jaunųjų mokslininkų konferencija „Mokslas – Lietuvos ateitis“ / Mokslinis pranešimas*. Vilnius, 2013 balandžio 11 d (Atiduotas spaudai).

Stendinis pranešimas jaunųjų mokslininkų konferencijoje

Kirkliauskaitė Eugenija, magistrantė. Vadovas: doc. dr. E. Petraitis. VGTU, Aplinkos apsaugos katedra. Tyliosios viešosios zonos Lietuvoje ir jų vertinimas. *Iš 15- osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, įvykusios Vilniuje 2012 m. balandžio 12 d. pranešimų medžiaga: Aplinkos apsaugos inžinerijos sekcija.*

Žodinis pranešimas jaunųjų mokslininkų konferencijoje

Kirkliauskaitė Eugenija, magistrantė. Vadovas: doc. dr. E. Petraitis. VGTU, Aplinkos apsaugos katedra. Triukšmo tyrimai ir analizė Fabijoniškių tyliojoje viešojoje zonoje. *Iš 16- osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“, įvykusios Vilniuje 2013 m. balandžio 11 d. pranešimų medžiaga: Aplinkos apsaugos inžinerijos sekcija.*