



**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ
НАУКИ**

**ИНСТИТУТ ЗА ГРАДЕЖНИШТВО
ШТИП**

Манчев Ристо

**„Бучава и заштита од транспортната
бучава на вонградски патишта“**

- МАГИСТЕРСКИ ТРУД -

Штип, ноември 2014

Комисија за оценка и одбрана

Ментор: д-р Горан Мијоски
Доцент, ГФ - Универзитет „Свети Кирил и Методиј“ – Скопје и надвор. соработник на ФПТН – Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Член д-р Зоран Панов
Професор, ФПТН – Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Член д-р Деан Мираковски
Професор, ФПТН – Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Членови на комисија за оценка и одбрана:

Претседател д-р Зоран Панов
Професор, ФПТН – Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип

Член д-р Горан Мијоски
Доцент, ГФ - Универзитет „Свети Кирил и Методиј“ – Скопје и надвор. соработник на ФПТН – Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Член д-р Деан Мираковски
Професор, ФПТН – Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Научно поле: Градежништво и водостопанство

Научна област: Градежништво - Патишта

Датум на одбрана: _____

Датум на промоција: _____

ПОСВЕТА И БЛАГОДАРНОСТ

Магистерскиот труд на тема: „БУЧАВА И ЗАШТИТА ОД ТРАНСПОРТНАТА БУЧАВА НА ВОНГРАДСКИ ПАТИШТА“ изработен е под стручно менторство на Доц. д-р Горан Мијоски, наставник на Градежниот факултет при Универзитетот „Свети Кирил и Методиј“ од Скопје, за што му изразувам огромна благодарност за безрезервната помош во изработката и водењето од негова страна.

Посебна благодарност изразувам до членовите на комисијата: проф. д-р Зоран Панов и проф. д-р Дејан Мираковски, наставници од Факултетот за природни и технички науки при Универзитетот „Гоце Делчев“ од Штип, за нивните совети и сугестии, со што дадоа свој стручен придонес при изработката на магистерскиов труд.

Особена благодарност изразувам кон Заводот за испитување на материјали и развој на нови технологии „Скопје“ - Скопје, за достапноста на потребните податоци користени при изработката на оваа магистерска теза.

Воедно, изразувам благодарност и кон Парламентарниот институт при Собранието на Република Македонија.

Сакам да им се заблагодарам на сите мои пријатели и колеги, кои на кој било начин ми помогнаа во изработката на магистерскава теза.

Неизмерна благодарност упатувам до моето сакано семејство, кое имаше разбирање за сите мои отсуства и беше трпеливо за пропуштените заеднички мигови, а кое сепак ми даваше безрезервна поддршка, инспирација и мотив, при изработката на магистерскава теза.

Магистерскава теза ја посветувам на моите почитувани родители Тодорка и Ѓорги Манчеви, како благодарност за нивната бескрајна родителска љубов, поддршка и за нивниот посветен придонес кон моето воспитание и образование.

Штип, ____ - ____ - 2014 год.

Ристо Манчев
дипломиран градежен инженер

Рецензирани и објавени трудови

Наслов на трудот:

„БУЧАВА И ЗАШТИТА ОД ТРАНСПОРТНА БУЧАВА НА ВОНГРАДСКИ ПАТИШТА“

Кус извадок:

Бучавата има големо влијание врз животната средина и сè повеќе претставува сериозен проблем, бидејќи придонесува за значително намалување на квалитетот на живеење на луѓето. Според негативното влијание врз животната средина, бучавата се наоѓа во самиот врв, заедно со загадувањето на воздухот и водата. Освен влијанието врз околината, значајно е да се потенцира дека бучавата има штетно влијание и врз возачот и патниците во возилото. Во трудот се анализира и посебен акцент се става врз бучавата предизвикана од моторниот сообраќај, т.н. „сообраќајна или транспортна бучава“, која е во зависност од површинските карактеристики на возните површини.

Клучни зборови:

бучава, возна површина, мерки за заштита од бучава, звучни бариери.

*Прв конгрес за патишта во Србија, Белград, 5 – 6 јуни 2014 год.

Title:

„PROTECTION FROM THE ROAD NOISE IN SUBURBAN AND URBAN CITY AREAS IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA“

Abstract:

The noise has great influence on the environment and represents a serious problem, because it contributes for significant reduction of the life quality of the people. In the order of the influences on the environment the noise is on the very top, together with the pollution of the air and the water. It's very important to point out that the noise has bad influence not only on the environment, but also on the driver and the passengers in the car. Special accent in the paper is put on the noise caused from the motor traffic – so called „traffic noise“, which is dependent from the surface characteristics of the pavement surfaces.

Key Words:

noise, pavement surface, tires, measures for noise protection, acoustic barrier.

*First serbian congress for roads, Belgrade, june 5-6 2014

СОДРЖИНА

1	ВОВЕД.....	14
2	Преглед на литература	15
2.1	Што е звук?.....	15
2.1.1	Извори на звук.....	17
2.1.2	Брзина на звук.....	18
2.1.3	Јачина - интензитет на звук.....	21
2.1.4	Единици и големини со кои се изразува звукот.....	21
2.1.5	Историја на звукот.....	22
2.2	Поим за бучава	24
2.3	Транспортна бучава.....	28
2.3.1	Што е транспортна бучава?.....	28
2.3.2	Извори на транспортна бучава.....	30
2.4	Влијанија врз транспортната бучава.....	32
2.4.1	Влијание од возната површина	33
2.4.2	Влијание од брзината на движење	37
2.4.3	Влијание од категоријата на моторни возила.....	39
2.4.4	Влијание од геометриските елементи на патиштата	41
2.4.5	Влијание од пневматиците	43
2.4.6	Влијание од растојанието (оддалеченоста од местото на извор) и густината на сообраќај.....	51
2.5	Мерење и мерни апарати	52
2.5.1	Мерење.....	52
2.5.2	Мерење на бучавата покрај патот.....	52
2.5.3	Мерења на извори на бучава	54
2.5.4	Видови мерења на бучава.....	56
2.5.5	Својства на коловозот поврзани со бучавата.....	56
2.5.6	Мерење на бучавата во лабораторија.....	59
2.5.7	Мерни апарати	60
3	ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА ВО ЗЕМЈИТЕ НА ЕВРОПСКАТА УНИЈА И РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА.....	62
3.1.1	Преглед на регулативата во ЕУ	62
3.1.2	Германија	63
3.1.3	Велика Британија	64
3.1.4	Скандинавски земји	65
3.1.5	Швајцарија.....	66
3.1.6	Австрија	66

3.1.7	Франција	67
3.1.8	Словенија	69
3.1.9	Полска	69
3.1.10	Препораки на ЕУ	69
3.2	Анализа на законската регулатива во Република Македонија и Република Италија	73
3.2.1	Преглед на регулативата во Република Македонија	73
3.2.2	Преглед на регулативата во Република Италија	84
3.3	Компаративна анализа за усогласување на ЕУ директивата 2002/49 ЕС со законот за заштита од Р. Македонија.....	92
4	МЕРКИ ЗА ЗАШТИТА ОД БУЧАВА.....	105
4.1.1	Видови мерки за заштита од бучава.....	106
4.1.2	Заштита од бучава со звучни ѕидови – бариери.....	109
4.1.3	Примена на бариери за заштита од транспортна бучава.....	111
4.1.4	Заоблени бариери и галерии	115
4.1.5	Тунели	116
4.1.6	Тивки коловози.....	116
5	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ	119
5.1	Цел на истражувањето	119
5.2	Методи на истражувачка работа.....	119
5.3	Влезни параметри.....	120
5.3.1	Влезни параметри за сообраќај (проток на возила).....	120
5.3.2	Влезни метеоролошки параметри	123
5.3.3	Влезни параметри - просечен годишен притисок на воздухот	126
5.3.4	Податоци за изворот на звук.....	126
5.4	Резултати	127
5.5	Анализа на добиените резултати од мерењата	130
5.6	Резултати и изработка на звучни карти	132
5.6.1	Емисија на линиски звучни извори.....	132
5.6.2	Изработка на звучна карта на автопатот А2 делница: Скопје - Групчин од km 10+734,95 до km 11+057,85	135
5.6.3	Анализа на добиените резултати без применета корекција.....	137
5.6.4	Корективни мерки за намалување на бучавата	137
5.6.5	Анализа на добиените резултати без применета корекција.....	138
5.7	Дискусија	139
6	ЗАКЛУЧОК.....	140
7	ПРИЛОЗИ – звучни карти.....	142
8	Користена литература.....	150

Листа на Табели

Табела 1.	Физички големини со кои што се изразува звукот и звучните осцилации	17
Табела 2.	Брзината на звукот на некои тешки материјали	21
Табела 3.	Пораст на нивото на бучава во зависност од површината на коловозот (Германска метода)	35
Табела 4.	Пораст на нивото на бучава во зависност од состојбата на коловозот (Француска метода)	35
Табела 5.	Пораст на нивото на бучава во зависност од површината на коловозот (Француска метода)	35
Табела 6.	Референтен максимален ниво (L_0) на репрезентативни возила, мерен на одалеченост $d_0=7,5$ m	38
Табела 7.	Зголемување на нивото на бучава поради нагорнина на патот според Германската метода	41
Табела 8.	Зголемување на нивото на бучава поради нагорнина на патот според Француската метода	42
Табела 9.	Зголемување на нивото на бучава поради близина на крстосници, семафори и други видови на прекин на сообраќајот според Германската метода	42
Табела 10.	Зголемување на нивото на бучава поради близина на крстосници, семафори и други видови прекин на сообраќајот според Француската метода	43
Табела 11.	Влијателни параметри на нивото на бучава на местото на имисија.....	71

Табела 12. Преглед на поделбата на деноноќието на три периоди во повеќе земји	71
Табела 13. Гранични вредности за основните индикатори на бучавата	79
Табела 14. Основни индикатори за бучава внатре во простории каде престојуват луѓе	79
Табела 15. Нивоа на бучава надвор од урбанизирани локации	80
Табела 16. Оценка на густината на сообраќајот М, во зависност од дневниот проток на возила (ДПВ) и оценката на учество на товарните возила	82
Табела 17. Гранични вредности дефинирани од страна на DPCM 14/11/97...	89
Табела 18. Гранични вредности за нови патни инфраструктури	90
Табела 19. Гранични вредности за постојната патна инфраструктура	91
Табела 20. „Следење на промената и имплементацијата на законодавството на Европската унија во однос на животната средина, Република Македонија, Табела за усогласеност, Година (2014) Директива 2002/49/ ЕС на Европскиот парламент и Советот од 25 јуни 2002 г. Поврзано со следењето и справувањето со бучавата во животната средина, Регулативата (ЕС) 1137/2008	95
Табела 21. Намалување на бучавата поради намалување на брзината	108
Табела 22. Податоците за местоположба и резултатите на мерните точки	
Табела 23. Дефинирани периоди	122
Табела 24. Просечен дневен/на час проток на возила, според категорија на возилата (лесни возила, тешки возила	124
Табела 25. Просечен дневен / на саат проток на возила, според категорија на возилата (лесни возила, тешки возила) по	

Листа на слики

Слика 1.	Машината на Томас Едисон.....	23
Слика 2.	Извори на звук: а) точкаст извор и б) линиски извор.....	26
Слика 3.	Дијаграм на процентуална застапеност на различни видови извори на транспортна бучава.....	29
Слика 4.	Видови на транспортнабучава.....	30
Слика 5.	Пример на спектар од транспортна бучава на автопат.....	31
Слика 6.	Различни видови извори на бучава.....	32
Слика 7.	Рапавост на возната површина	33
Слика 8.	Добра и лоша текстура.....	34
Слика 9.	Влијание на рапавоста врз бучавата	34
Слика 10.	Ефектите на брзината врз изворите на звук кај возилата.....	39
Слика 11.	Податоци за нивото на емисија, во функција од брзината за пет типови возила.....	40
Слика 12.	Налепница за бучава на пневматикот според уредбата ЕС	44
Слика 13.	Означување на нивото на бучава на пневматикот според уредбата ЕС 1222/2009	44
Слика 14.	Карактеристичен пресек на пневматик.....	45
Слика 15.	Механизам за создавање „Чекан“.....	46
Слика 16.	Механизам на создавање „Ракоплескање“.....	46
Слика 17.	Механизам за создавање „Патики“.....	47
Слика 18.	Механизам за создавање „Вакуум (вшмукување)“	48
Слика 19.	Механизам за засилување „Труба“.....	49
Слика 20.	Механизам за засилување „Шише“.....	49

Слика 21.	Механизам за засилување „Цевки на оргули“	50
Слика 22.	Механизам за засилување „Чинија“	50
Слика 23.	Механизам на засилување „Балон“	51
Слика 24.	Ширење на транспортната бучава од различни видови извори	51
Слика 25.	Делови на страничните мерења.....	53
Слика 26.	CPX и OBSI опрема за тестирање.	56
Слика 27.	STM Robo Tex опрема за тестирање.....	58
Слика 28.	Опрема за тестирање на акустичната апсорпција	58
Слика 29.	Тест опрема за TPTA и пример површина	60
Слика 30.	Мерен инструмент – фонометар CR:832C.....	61
Слика 31.	Споредба на звучниот притисок, звучните нивоа и општи примери.....	107
Слика 32.	Типови на заштитни бариери	109
Слика 33.	Заштитни бариери а) рефлективна; б) апсорптивна.....	111
Слика 34.	Бариери за заштита од патната бучава на автопатишта (Италија).....	113
Слика 35.	Бариери за заштита од патната бучава во градска средина (Швајцарија).....	113
Слика 36.	Примена на транспарентни рефлектирачки бариери во урбани зони.....	114
Слика 37.	Апсорптивна заштитна бариера.....	115
Слика 38.	Рефлективна заштитна бариера	115
Слика 39.	Рефлектирачка бариера	115
Слика 40.	Апсорбирачка бариера	115
Слика 41.	Заштита од бучава во градска средина со галерија	116

Слика 42.	Шема и фотографии на добра и лоша текстура на коловозот, во однос на создавањето на бучава од односот пневматик - коловоз	118
Слика 43.	Шема и слика од порозноста кај СМА асфалтот (Stone Mastic Asphalt)	119

1 ВОВЕД

Во минатото акустичното загадување било занемарено, бидејќи се сметало за вознемирување на животната средина од локален карактер, а не како амбиентален проблем. Денес, загадувањето на животната средина од бучавата се смета за една од причините за влошување на квалитетот на животот.

Загадувањето од бучавата главно се должи на сообраќајот, градежните активности, индустриско производните активности, активности од јавниот живот кои директно влијаат на здравјето на луѓето и квалитетот на живеењето на најмалку 30% од европската популација.

Студиите за проблематиката поврзана со загадувањето од бучавата се развиваат во поново време, на европско ниво проблемот со загадување од бучавата се смета како проблем на животната средина од ургентен карактер.

Европската унија од 1993 година со петтата програма за заштита на животната средина ја утврдува потребата за интервенција на одредени извори на бучава.

Со следната шеста акциона програма за заштита на животната средина (2001-2010), европската комисија се ангажира за усвојување и спроведување прописи за загадување на животната средина од бучава фокусирани околу два основни елемента:

1. Обврска за формирање карти на бучава и поставување основи за одлуките на планирање од загадувањето од бучавата на локално ниво
2. Ревизија и избор на нови лимити на бучавата за различни типови на возила, машини и други видови производи кои влијаат на загадување на животната средина.

Плановите на акционата програмата за заштита на животната средина од бучавата фиксирани за периодот 2010-2020 година се за редуцирање од 10 до 20% на бројот на луѓе кои систематски се изложени на високи нивоа од акустично загадување, за разлика од проценките вршени за 2000 година.

2 Преглед на литература

2.1 Што е звук?

Звук (lat. Sonum) е вид на енергија предизвикана од вибрации на тело кое осцилира. Овие вибрации кои се пренесуваат низ воздух или во друга еластична средина достигнуваат до аудитивниот систем на нашиот орган за слух, каде што преку сложен внатрешен механизам се создава аудитивно чувство кое е во коорелација со природата на вибрации.

Осцилациите се поместувања на честичките околу позицијата на мирување во правец на движење на бранот, каде што поместувањата се резултат на вибраторните движења предизвикани од детерминиран објект или наречен извор на звук. Движењата на честичките се пренесуваат на соседните честички како резултат на механичките својства на медиумот. Самите честички почнуваат да осцилираат пренесувајќи го движењето на другите соседни, кои пак за возврат ги пренесуваат понатаму при што предизвикуваат локална варијација на притисок.

На тој начин, едноставното вибраторно движење пренесувајќи се механички формира звучен бран (акустичен бран), односно тоа движење претставува лонгитудинален бран кога честичките од медиумот во кој се пренесува бранот осцилираат по должина во правецот на пренесување. Механичките лонгитудинални бранови се бранови под притисок кои што ги имаат следните својства: рефлексација, рефракција и дифракција, но не и поларизација (за разлика од светлината која е електромагнетен бран).

Бранот има сопствена фреквенција и бранова должина кои може да се изразат преку следнава формула:

$$y(x, t) = y_0 \sin \left(\omega \left(t - \frac{x}{c} \right) \right) \quad 2.1.1$$

каде што :

y - поместување на точка по должината на звучен бран;

x - растојанието од точката на патување до изворот на бранот;

t - поминато време;

y_0 - амплитуда на осцилации;

c - брзина на бранот;

ω - аголна фреквенција на бранот;

x/c - времето кое е потребно бранот да измине далечина x ;

f - фреквенцијата изразена во херци [Hz], дадена со формулата:

$$f = \frac{\omega}{2\pi}. \quad 2.1.2$$

За звучните бранови, амплитудата е разликата помеѓу притисокот на медиумот и максималниот притисок предизвикан од бранот.

Брзината на ширење на звучните бранови зависи од температурата и притисокот на медиумот, преку кои се пренесува амплитудата.

Според горенаведеното, звукот претставува мали, но брзи промени во воздушниот притисок кој циркулира повисоко, а потоа пониско од воздушниот притисок кој е околу нас, односно звукот е низа од механички собирања и издолжувања на лонгитудиналните бранови кои поминуваат низ медиум од материјали што се стисливи, тврди предмети, течности, гас, но не и во вакуум.

Звукот можеме да го поделиме на:

- слухов звук
- ултразвук
- инфразвук

Слуховното поле кај човекот се протега во границите на фреквенција од околу 20 Hz до 20.000 Hz (или 20 kHz).

Ултразвукот е над горната граница за слух, додека пак инфразвукот се наоѓа под долната слухова граница. Осетливоста на звук кај човекот е индивидуална, односно таа е субјективна осетливост, а се намалува со стареењето, при што за постари лица горната граница е под 13000 [Hz].

Најважните физички карактеристики кои го дефинираат звукот и неговите осцилации се прикажани во табела 1.

Табела 1. Физички големина со кои што се изразува звукот и звучните осцилации

Table 1. Physical measurements for expressing the sound and sound oscillations

Големина	Ознака	Единица
Притисок	P	bar
Брзина на звук	C	m/s
Брзина на осцилирање	V	m/s
Сопствена фреквенција на осцилациите	W	s-1
Фреквенција на осцилации	F	s-1
Период на осцилации	T	s
Бранова должина	λ	m
Енергија на звук	E	Ws
Јачина на звук	I	W/m ²
Моќност	p	w

λ - бранова должина претставува растојание помеѓу две соседни точки најголемо разретчување и најголемо згуснување на медиумот во кој што се движи бранот.

2.1.1 Извори на звук

Извор на звук може да биде секое тело или механички осцилатор што може правилно да осцилира во опсегот на фреквенцијата на звукот. Простирањето на звукот од звучниот извор е во вид на бранови, при што се формира звучно поле. Доменот на простирање на звучните бранови зависи од јачината на звучниот извор и физичките особини на средината во која се простира звукот.

Звучните извори може да бидат: вештачки и природни.

Природните извори се јавуваат како резултат на природни појави: грмотевица, движење на водата во езерата, морињата и океаните, дувањето на ветерот итн.

Вештачките извори се последица од предметите изработени од човекот, и тоа: автомобили, разни машини, авиони, фабрички постројки итн.

2.1.2 Брзина на звук

Брзината на звукот зависи од медиумот низ кој тој се распространува.

Медиумот односно средината низ која тој се распространува, може да биде во: гасовита, течна и цврста состојба. Врз основа на средината низ која се простира звукот се одредува и равенката за пресметка на звукот.

Кога брановите се шират во правец на движење на звукот тие се **лонгитудинални**, а во спротивно ако се простираат нормално, тие се **трансверзални**. Во гасовита и течна средина ширењето на брановите е само лонгитудинално. Други облици на простирање се среќаваат кај тврдите тела – трансверзални бранови, всушност тоа се бранови што се простираат нормално.

Брзина на звук во **гасовита средина** се пресметува според следната формула:

$$c = \sqrt{\frac{(\rho_0 \cdot \chi)}{\rho_0}} \quad [\text{m/s}] \quad 2.1.3$$

c - брзина на звук;

ρ_0 – атмосферски притисок;

χ – константа што се добива како однос на специфичната топлина на гасот при константен притисок и волумен;

ρ_0 – густина на гасот;

t – температура на гасот.

Брзината на звукот зависи од температурата која е изразена со равенката:

$$c = 331,4 + 0,6 \cdot t \quad [\text{m/s}] \quad 2.1.4$$

Брзината на звук во воздух при температура од 20 (°C) и атмосферски притисок еднаков на ниво на морето изнесува 344 (m/s), додека пак на температура - 20 (°C) брзината на звукот е 319,4 (m/s).

Брзината на звукот зависи од влажноста на гасот, така што со зголемување на влажноста на гасот брзината на звукот се намалува, а најниска вредност има при влажност од 14%.

Брзината на звукот при температура од 20 (°C) и атмосферски притисок $P_0=1$ (bar) за движење низ гасовита средина е:

Водород (H) $c=120$ (m/s)

Кислород (O) $c=317$ (m/s).

Хелиум (He) $c = 971$ (m/s).

Брзина на звук во **течна средина** се изразува според формулата:

$$c = \sqrt{\frac{1}{k \cdot \rho_0}} \quad [\text{m/s}] \quad 2.1.5$$

k - компресибилност на течноста;

ρ_0 - густина на течноста (kg/m^3).

Кога имаме константна температура, притисок и густина, воведуваме модул на компресија. Ако е C_0 брзина на распространување на звукот во воздух при температура од $t_0 = 0$ (°C), тогаш на секоја друга температура ќе биде:

$$c = C_0 \cdot \sqrt{\frac{T}{273}} \quad [\text{m/s}] \quad 2.1.6$$

Така за водата при температура од 10 (°C), брзината на пренесување на звукот изнесува $c= 1440$ (m/s).

Брзината на звук во **цврста средина** на лонгитудиналните бранови во цврсто неограничено изотропно тело е:

$$c = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}} \quad [\text{m/s}] \quad 2.1.7$$

E - Јонгов (Yong) модул, модул на еластичност (Pa);

μ - Пуасонов (Poisson) коефициент.

Брзината на распространување на лонгитудиналните бранови низ плоча е според следната формула:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho(1+\mu)}} \quad [\text{m/s}] \quad 2.1.8$$

додека низ профил со кружен пресек, брзината на распространување е:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad [\text{m/s}] \quad 2.1.9$$

Брзината на ширење на трансверзалните бранови за неограничено цврсто тело е претставена со формулата:

$$c = \sqrt{\frac{E}{2\mu(1+\mu)}} \quad [\text{m/s}] \quad 2.1.10$$

Брзината на звук низ некои цврсти материјали е прикажана во табела 2.

Табела 2. Брзина на звук низ некои цврсти материјали

Table 2. Sound speed of some though materials

Материјал/Material	[m/s]
Железо/Iron	5000
Алуминиум/Aluminium	5105
Сребро/Silver	2700
Олово/Lead	1300
Стакло/Glas	3490
Плута/Cork	500
Гума/Rubber	40- 150

2.1.3 Јачина - интензитет на звук

Јачината на звукот е дефинирана како количество на енергија која во единица време поминува низ единица површина во правец на звучниот бран.

$$I = E \cdot C \quad [W/m^2] \quad 2.1.11$$

каде што :

I - јачина на звук;

E - енергија;

C - површина.

Кога имаме произволен правец на звукот и кога тој зафаќа некој агол α со површината низ која поминува, јачината на звукот е:

$$I = p \cdot V(\pm \cos \alpha) \quad 2.1.12$$

2.1.4 Единици и големини со кои се изразува звукот

Звукот може да се мери во разни единици и големини, но најчест е **интензитетот** кој се дефинира како проток на енергија во единица време на единица површина. Мерна единица за мерење на интензитетот на бучавата е

бел (B):

$$n = \log \frac{p_1}{p_2} \quad [\text{B}] \quad 2.1.13$$

$$n = \log \frac{l_1}{l_2} \quad [\text{B}] \quad 2.1.14$$

Бидејќи, оваа единица е многу голема, во практиката се применува логаритамската единица **децибел (dB)** која го мери нивото на звукот. Оваа единица е изразена со равенката:

$$n = 10 \log \frac{\text{звучен притисок – интензитет}}{\text{референтен притисок – интензитет}} \quad 2.1.15$$

n – ниво на интензитет на звук

2.1.5 Историја на звукот

Во 1877 година **Томас Едисон** (Thomas Edison) прв го снимил звукот благодарение на својот изум. Апаратот со кој го снимил звукот се нарекува Фонограф (сл. 1) и е составен од валјак што се врти со рачка и конусна цевка во форма на труба која на потесниот дел на крајот има прицврстена мембрана со игла.

Звучните бранови кои влегуваат од поширокиот крај на цевката, ја движат мембраната на потесниот крај при што движењето се пренесува на иглата.

Валјакот е обвиткан со тенок слој на калај врз кој се потпира иглата, така што со помош на систем за пренос на запченици, при вртење на рачката полека се врти трубата заедно со иглата по должина на валјакот која прави вдлабнатини во слојот од цинк во вид на спирали. Кога некој пее или зборува во инката во вид на труба иглата прави различни вдлабнатини во валјакот, всушност овие различни вдлабнатини што ги прави иглата ја претставуваат првата слика за звукот.



Слика .1 Машината на Томас Едисон

Figure 1. The machines of Thomas Edison

За да се репродуцира снимен звук потребно е иглата и трубата да се вратат во почетна положба, т.е на почетокот на вдлабнатината на слојот од цинк.

Со движење на рачката, иглата се движи по вдлабнатините и предизвикува треперење, односно вибрирање на внатрешната мембрана во трубата при што воздухот во трубата се движи го создава истиот звук снимен на почетокот на процесот.

2.2 Поим за бучава

Во редоследот на загадувања, бучавата се наоѓа во самиот врв, заедно со загадувањето на воздухот и водата. Негативното влијание на бучавата врз загадувањето на животната средина е многу големо, според значењето таа претставува еден од најсериозните еколошки проблеми, бидејќи придонесува за значително намалување на квалитетот на живеење на луѓето. Проучувањето на бучавата е физичко како звук и психо-физиолошко како елемент на живот, кој се прима преку човечкото сетило за слух, со сите последици за човековиот организам.

Според дефиниција, звукот претставува вид на енергија што се пренесува преку звучни бранови кои човечкото уво може да ги детектира. Бучавата за разлика од звукот, според дефиниција е претставена како секој несакан звук кој ние го регистрираме - слушаме.

Бучавата има свои физички особини и тоа:

- интензитет,
- спектар и
- временски промени што се мерат со определени единици.

Единиците мерки во кои се мерат физичките особини на бучавата се: Интензитетот кој се мери во децибели [dB], спектарот во фреквенција [Hz], а временските промени на траење се мерат во секунди [s], или делови од секунда.

Бучавата е насекаде околу нас, па затоа велиме дека во секојдневниот живот и работа на луѓето, тие се изложени на влијанието на бучавата. Бидејќи, изворите на бучава се разновидни и многубројни, тие можат да бидат поврзани со просторот каде се престојува, каде се работи и живее. Бидејќи сме опкружени со воздух, а како што и претходно беше истакнато со бучава, важно е да се спомене дека брзината на движење на звукот во воздухот на температура од 22° C изнесува 344 m/sec.

Според медицината дејството на бучавата врз човекот се дели на:

- аурално – поврзано со слухот (оштетување на слухот, привремено или трајно) и
- екстрааурално – поврзано со останатите органи и системи (вегетативни и психички пореметувања, на пример нарушувања на сонот, nelaгодност, агресивност, нетолеранција, промени во однесувањето, намалена концентрација, пречки во комуникација, пречки во говор и др.).

Заклучено е дека делувањето на бучавата од 80 dB има трауматско влијание (работен учинок, спиење), додека физиолошки промени се појавуваат и при бучава од 65 dB. Спроведените испитувања во земјите на ЕУ покажале дека близу 20% или околу 80 милиони жители живеат и работат во зони во кои нивото на бучава е поголемо од 65 dB, а околу 170 милиони жители живеат и работат во т.н. „сиви зони“ во кои нивото на бучава се движи помеѓу 55 и 65 dB. [1]. Европската унија препознавајќи ја бучавата како проблем објавила Директива 2002/49/EC. [2]

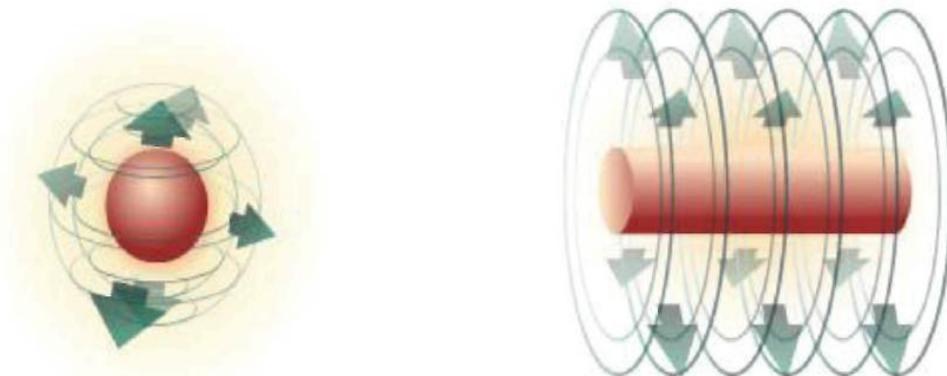
Влијанието на бучавата е особено опасно поради нејзината перфидност, која се состои во способноста на адаптирање на човечкиот организам на неа. Затоа се вели дека загадувањето на животната околина од бучава не е лесно да се детектира, бидејќи се сфаќа како последица на технолошкиот развој, промена на начинот на живот или работа. Меѓутоа, пак за разлика од другите видови на загадување на животната средина, олеснителна околност е тоа што со престанување на изложеноста на влијание на бучавата, веднаш престанува нејзиното штетно влијание врз луѓето и околината.

Иако бучавата се смета како една од главните причини за намалениот квалитет на живот на луѓето, значајно е да се истакне дека активностите за намалување на бучавата во човековата околина скоро секогаш се со помал приоритет и преземени активности, од оние кои се преземаат за намалување на загадувањето на воздухот и водата.

Во секојдневниот живот, повеќето извори на бучава може да се прикажат како:

- точкасти и
- линиски извори.

Ширењето на звукот од точкастите извори е во сите насоки – еднолично (Сл. 2.а), а ширењето на звукот кај линиските извори е цилиндрично (Сл. 2.б). Од интерес на разгледување на бучавата во овој магистерски труд, интересен е линискиот извор на звук, затоа што со него може да се изрази бучавата која доаѓа од пат-сообраќајница, кој што е набљудуван од определена далечина.



Слика 2. Извори на звук: а) точкаст извор и б) линиски извор
 Figure 2. Sound sources: a) point source and b) line source

Како општи извори на бучава може да се наведат: градежни активности, патна и железничка инфраструктура, аеродром или хелиодром, улична инфраструктура, паркинг (отворен или затворен - во објект), градби за спортски и други манифестации, градби за домување и престој на луѓе (соседство), апарати за домаќинство, автодроми, забавни паркови, спортски стрелишта и други.

Најчесто користени термини поврзани со бучавата и нивното значање изнесени се подолу во текстот:

Бучава (noise) е каков било звук во околината кој предизвикува немир, пречки и нарушување на здравјето и чувството на луѓето и има негативно влијание врз околината.

Извор на бучава (noise source) е објект или средство (пат, моторно возило), чија што употреба или делување постојано или повремено предизвикува бучава во животната средина.

Емисија на бучавата (noise emission) претставува воздушниот звук кој што го емитува некој извор на звук.

Имисија на бучавата (noise imission) е ниво на бучавата во одредена точка на емисијата во животната средина, која е резултат од влијанието на еден или повеќе извори на бучава, која што се изразува во **dB(A)**.

Индикатор на Бучавата (noise indicator) е акустична големина со која се опишува бучавата во животната средина и се изразува во единица **dB(A)** и се користи за утврдување на состојбата на бучавата, за проценка и предвидување на состојбата бучавата, изработка стратешки карти и планирање и мерки за заштита од бучавата.

Гранична вредност на индикаторот на бучавата (noise indicator limit value) е вредноста на нивото на бучавата за определен индикатор на бучавата на отворен простор кој што е пропишан за определена акустична населена зона врз основа на намената на просторот или вредноста индикаторот на бучавата, која е пропишана за затворени простори врз основа на намената на просторијата.

Проценка на загадување на бучавата со предлог - мерки за заштита од бучавата е проценка во која на основа на пресметките на бучавата за одреден плански период ќе се определи нивото на бучавата и ќе се изработат предлог - мерки за ограничување на бучавата.

Плански период е определен временски пресек од првата година во пуштање на промет за која се проценува бучавата и за која се димензионираат мерките за заштита од бучавата.

Динамичко оптоварување (dynamic load) е оптеретување предизвикано од тежината на снегот и која опрема за отстранување на снегот се става на конструкцијата за заштита од бучава.

Активни мерки за заштита од бучава (active action for protection against noise) претставуваат предвидени мерки за намалување на емисијата

на бучавата од изворите или мерки за намалување на ширење на бучавата во околината (бариери)

Елементи за заштита од бучавата/панел (noise protection/acoustic element) е дел од конструкцијата за заштита од бучава кој обезбедува акустични својства.

Конструкција за заштита од бучава (construction for protection against noise) е конструкција која спречува директно пренесување на бучавата низ воздухот која настанува од сообраќајот на патот; составена е од конструктивни елементи (темели и носечки столбови) и елементи за заштита од бучава.

Звучна заштита на зградите/пасивна заштита (special insulation of dwellings) е збир од мерки на звучната изолација на конструкцијата со која се обезбедува ограничување или намалување на бучавата во зградата. [3]

2.3 Транспортна бучава

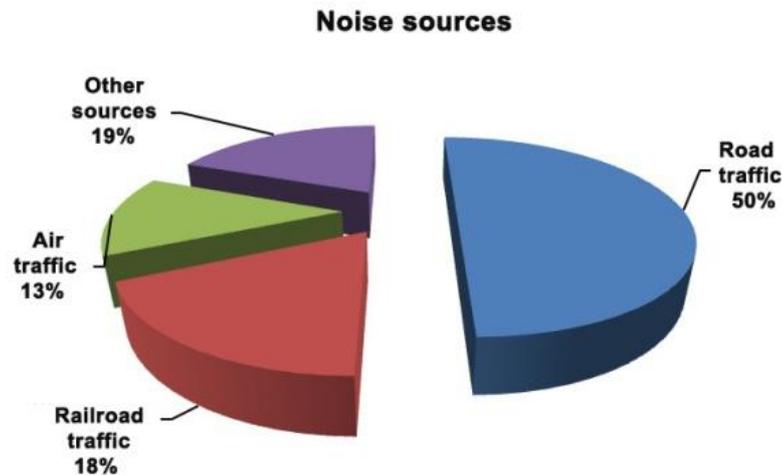
2.3.1 Што е транспортна бучава

Во претходното поглавие беше презентирана разликата помеѓу звукот и бучавата. Оттука може да заклучиме дека звукот кој го произведува сообраќајот вообичаено се карактеризира како „сообраќајна или транспортна бучава“. Транспортната бучава е резултат на сите звуци кои се слушаат како резултат на движењето на возилата по патиштата – сообраќајниците, вклучително и комбинацијата од сите можни извори на звук од возилата.

Врз база на спроведени испитувања, за видот на бучава која е резултат на различни извори, констатирано е дека најголемиот процент од дури 81% отпаѓа на бучава предизвикана од сообраќајот т.н. „сообраќајна - транспортна“ бучава, додека само 19% од бучавата е резултат на останатите извори на бучава (индустрија, градежништво и бучава од активности во слободно време), (Слика 3). [3]

Разликуваме три видови на транспортна бучава, во зависност од видот на сообраќај и тоа:

- бучава од патен,
- бучава од железнички и
- бучава од воздушен сообраќај.



Слика 3. Дијаграм на процентуална застапеност на различни видови извори на транспортна бучава

Figure 3. Diagram of percentage share of various noise sources

Од сликата 3 може да се констатираат две значајни работи:

- прво, дека најголем дел од бучавата во животната околина е резултат на сообраќајот како извор (дури 81%), во однос на останатите извори на бучава (градежништво, спортски и музички манифестации, домување, стрелишта и др.) и
- второ, најголем дел од бучавата од дури 50% е резултат на бучавата од патниот сообраќај, со што овој вид бучава станува доминантен и најголем извор на бучава.

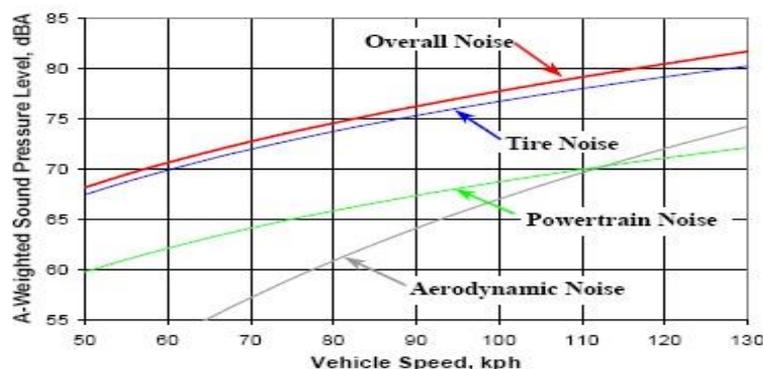
Поради претходно изнесеното, транспортната бучава треба да се земе предвид како сериозен проблем во сите етапи на транспортниот систем, започнувајќи од проектирање, изградба, одржување, па сè до реконструкција. Бучавата, која доаѓа од сообраќајот влијае на милиони луѓе и во многу случаи бара надлежните институции да обезбедат намалување на загадувањето од транспортната бучава, за да се подобри или целосно да се врати нивниот квалитет на живот.

Влијанието на бучавата на квалитетот на животот може да биде многу значајно, особено при ширење на транспортните системи. Тоа е причината зошто се наметнува сè поголема потреба за контрола на бучавата и зошто бучавата во полето на транспортот постојано расте.

2.3.2 Извори на транспортна бучава

Како што беше претходно кажано, постојат повеќе различни типови на извор на бучава. Од интерес на овој магистерски труд е бучавата предизвикана од патниот моторен сообраќај наречена „транспортна бучава“, која е резултат на меѓусебното делување помеѓу моторните возила и патиштата, односно нивната коловозна површина. Промените на тоа заемно дејство, доведуваат до промени на нивото на бучава. Тоа зависи од интензитетот, видот, структурата и брзината, а по однос на патот од видот состојбата на коловозната површина и надолжниот наклон. Бучавата која ја предизвикуваат моторните возила при движење, може да ја поделиме на [4]:

- бучава која ја создава моторот на возилото при работа (**бучава од моторот**);
- бучава која се создава при меѓусебното делување на пневматиците од возилото и возната површина, при минување на возилото низ медиумот
- воздух (**бучава од тркалање**) и
- бучава која е резултат на турбуленцијата на воздухот која се јавува при движење на возилото (**аеродинамична бучава**) (Сл. 4).



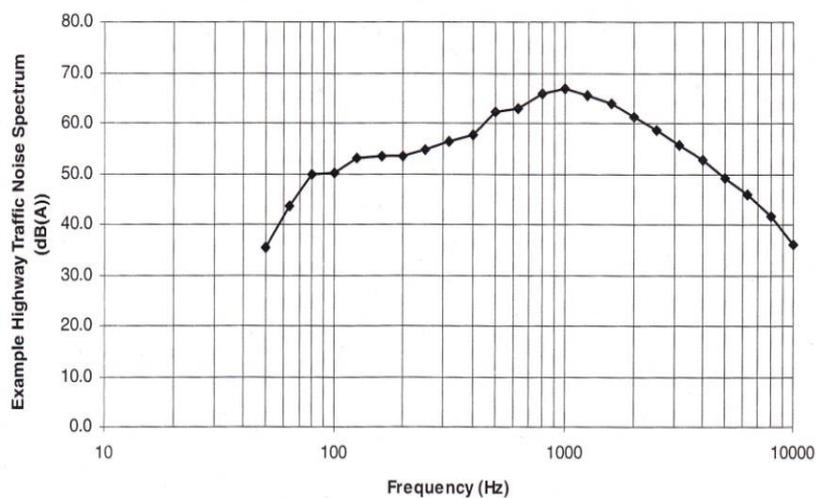
Слика 4. Видови на сообраќајна бучава

Figure 4. Types of traffic noise

Од сликата 4 може да се забележи дека најголема бучава е бучавата од тркалање, која се создава при заемно дејството помеѓу пневматиците од возилото и возната површина, при минување на возилото низ медиумот – воздух. Овој тип на бучава зависи пропорционално од брзината на движење на возилата.

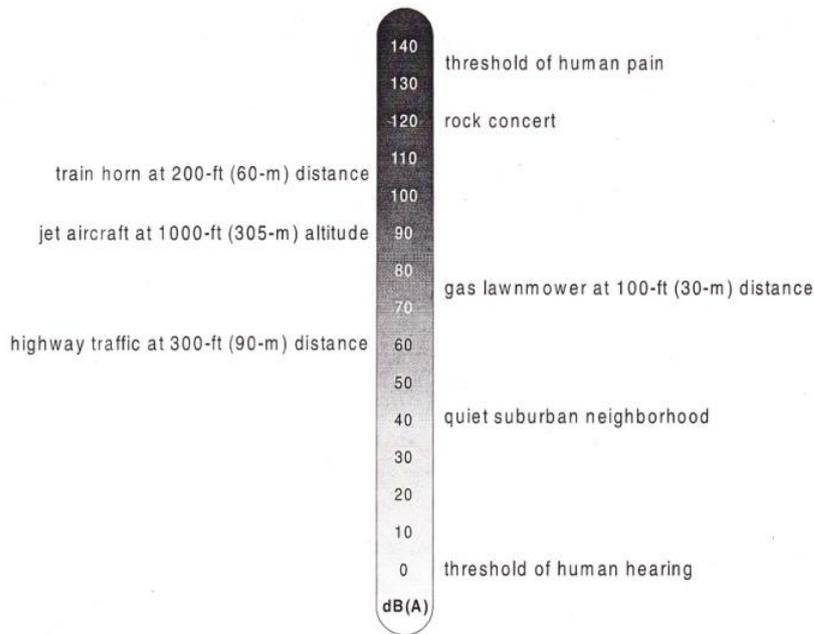
Секој извор на звук може да се опише благодарение на здружените спектри, амплитудите и временската историја. Спектрот ја открива фреквенцијата на содржината на звукот. Сликата 5 покажува пример на спектрум на постојан сообраќај на автопатишта, од каде што може да се види дека најдоминантен ранг на фреквенција е помеѓу 200 и 2000 Hz [4].

Луѓето не слушаат подеднакво добро на сите фреквенции, тие идеално можат да слушаат фреквенции од 20 до 20,000 Hz (сепак осетливоста на повисоки фреквенции се намалува со годините), при што слушањето е најосетливо од околу 1,000 до 6,300 Hz.



Слика 5. Пример на спектар од транспортна бучава на автопат
Figure 5. Example of a traffic noise spectrum on a highway

Звукот кој доаѓа од сообраќајот на автопатиштата, на оддалеченост од околу 90 метри од автопатиштата, скоро секогаш претставува бучава на ниво од околу 60 dB(A) [4] (Сл. 6.).



Слика 6. Различни видови извори на бучава
 Figure 6. Different types of noise sources

2.4 Влијанија врз транспортната бучава

Врз транспортната бучавата влијание имаат повеќе чинители, од кои најзначајни се следниве:

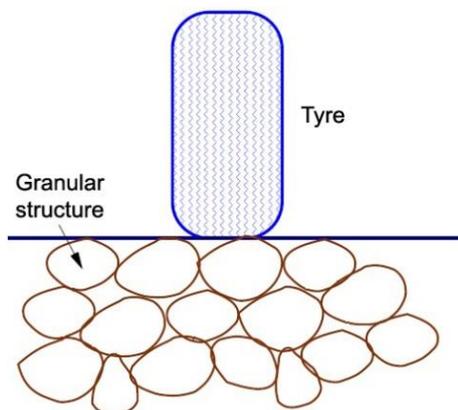
- влијание од возната површина;
- влијание од брзината на движење;
- влијание од категоријата – видот на моторни возила;
- влијание од геометриските елементи на патиштата;
- влијание од пневматиците и
- влијание од растојанието – оддалеченоста од местото на извор.

Влијанието на секој од овие наведени чинители е значајно за големината на создадената бучава. Особено е значајно да се истакне дека делувањето на овие чинители не е поединечно – одделно на секој од нив, туку тие делуваат

заеднички – во синергија, што може да се забележи од напишаното во следните неколку подпоглавија.

2.4.1 Влијание од возната површина

Резултатите од мерењата на бучава при движење по возна површина од асфалт бетон, покажуваат дека бучавата од тркалање на пневматикот при директна брзина, е извор на бучава која што преовладува како кај лесните, така и кај тешките возила. Ова покажува дека таквата бучава примарно зависи од структурните карактеристики на возната површина (длабочина на микро и макротекстура) и нерамнините, односно рамноста на возната површина изразена преку Меѓународниот индекс на рамност ИРИ (IRI [m/km]) [5]. Најголемо влијание на бучавата имаат возната површина и сообраќајот. Возната површина пак влијае на бучавата преку следниве фактори: рапавост и состојба на површината (Сл. 7.).



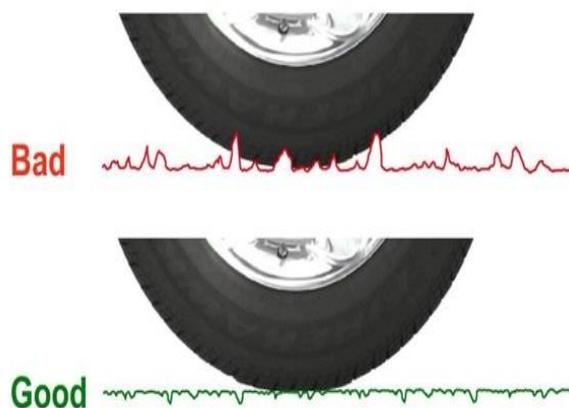
Слика 7. Рапавост на возната површина

Figure 7. Surface roughness

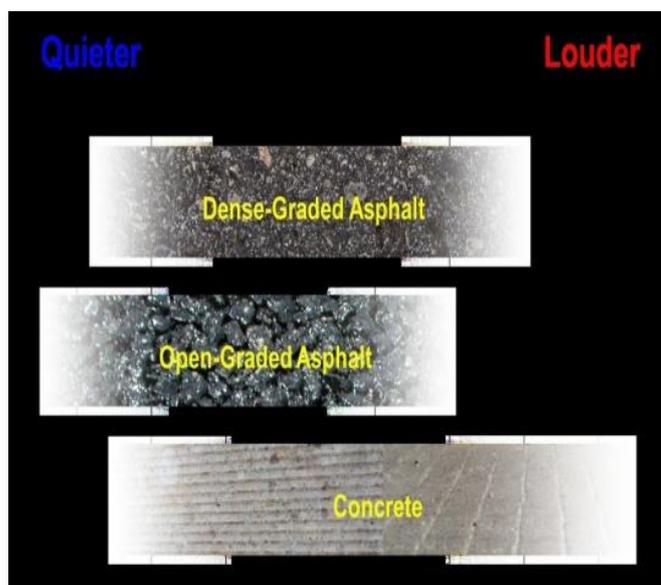
Влијанието од длабочината на рапавост на возната површина (сл. 8. и сл. 9.) најмногу зависи од:

- одбраниот тип на абецки асфалтен слој (во поглед на зрнетост и состав на асфалтната мешавина);
- влијанија од градењето;

- како и од преземени дополнителни мерки при експлоатација на патиштата (постапки на нарапување на коловозот).



Слика 8. Добра и лоша текстура
Figure 8. Good and bad texture



Слика 9. Влијание на рапавоста врз бучавата
Figure 9. Influence of surface roughness on traffic noise

Констатирано е дека постои правопрпорционална зависност помеѓу длабочината на рапавост и возната површина, односно со зголемување на длабочината на рапавост на возната површина, доаѓа до линеарно зголемување на бучавата и обратно, со намалување на рапавоста се намалува

бучавата од взаемодејството со пневматиците, но значајно е да се напомене дека со намалување на рапавоста се влошува стабилноста на возилата и условите за безбедност на сообраќајот.

Истотака, утврдено е дека емисијата на бучава на бетонски возни површини (со завршни абечки слоеви), е поголема од возните површини со асфалтни абечки слоеви [6].

Влијателен чинител врз зголемувањето на бучавата претставува и завршниот слој од коловозот и зависно од методот на пресметување, според Германската (таб. 3), или Француска метода (таб. 4), неговото влијание е различно.

Табела 3. Пораст на нивото на бучава во зависност од површината на коловозот (Германска метода)

Table 3. Increase in noise level depending on pavement surface (German method)

Тип на возна површина	D ₄ (dBA)
Асфалт	0
Груб асфалт и бетон	1
Груб бетон (избразден)	1,5 - 2

Табела 4. Пораст на нивото на бучава во зависност од површината на коловозот (Француска метода)

Table 4. Increase in noise level depending on pavement surface (French method)

Тип на возна површина	D _{коловоз} (dBA)
Нов битуменски или цемент-бетонски коловоз	0
Грубозрнест асфалт	2
Рамна каменита облога, дотраен цемент-бетонски коловоз	3

На бучавата како надворешни дополнителни чинители кои влијаат се и состојбата на возната површина, односно рамноста, рапавоста, димензиите и геометриските елементи на трасата (надолжните и напречни наклони, хоризонталната и вертикалната закривеност на трасата), потоа појавените

деформации на неа, нејзината исполираност, но и дали возната површина е сува или мокра (табела. 5) и др.

Табела 5. Пораст на нивото на бучава во зависност од состојбата на коловозот (Француска метода)

Table 5. Increase in noise level depending on pavement surface (French method)

Абечки слој	Состојба на коловоз	Брзина на возење (km/h)		
		60	80	100
		бучава во (dB (A))		
Асфалт	Сув	70	75	79
	Влажен	80	82	84
Бетон	Сув	73	78	82
	Влажен	80	82	84

Од прикажаната табела 5 може да се забележи дека:

- нивото на бучава се зголемува со зголемување на брзината на движење и влажноста на коловозот;
- коловозните конструкции со абечки бетонски слој се побучни при суви коловози, додека при влажна состојба на абечкиот слој од коловозот, предноста на асфалтните коловози како потивки се губи;
- со зголемување на брзината на возење, состојбата на возната површина како влијание на бучавоста опаѓа.

Во целина нивото на бучава од колебањата на тркалата од возната површина е поголемо доколку е поголема нерамноста и рапавоста на возната површина. Нерамноста на возната површина во помала мерка влијае на бучавата на коловозот, затоа што нерамноста на коловозот условува возење со помала брзина.

Утврдено е дека со додавање на определени специјални додатоци во структурата (мешавината) на коловозната покривка се постигнува снижување

(амортизирање) за 5 – 6 dB. Така на пример, во Шведска предложен е асфалтен бетон со додаток на гранулат од гума. Таквата коловозна покривка има добра еластичност и прилепливост (фатливост). Присуството на камена ситнеж со фракции од $\varnothing(11 - 16)$ mm во асфалтниот мастикс, обезбедуваат висока јакост на истиот. Во мешавината обично се додаваат 5 – 6 % гумен агрегат. Покрај отпорноста на мрзнење, рапавост, стабилност на деформации и јакост на смолкнување, се постигнува и значително намалување на бучавата.

И покрај мерките за организација на сообраќајот, снижувањето на нивото на бучава пред сè, може да се постигне со правилен избор, конструкција и содржина на возната површина. Во населени реони треба да се избегнуваат коловозни покривки (АБ слоеви) кои предизвикуваат бучава (на пр. павери, калдрма и сл.). Исто така, треба да се посвети особено внимание на елиминирање на нерамнините и обезбедување добра врска помеѓу завршните и долните слоеви на коловозната конструкција и избегнување деформации на деловите на интензивно кочење и поаѓање од место. Дилатиционите фуги на цемент-бетонските коловози треба посебно да се изведат, за да не предизвикуваат дополнителна бучава од ударите.

2.4.2 Влијание од брзината на движење

Значајно е да се наведе дека при движење на возилата со мала брзина, бучавата од моторот е поголема од бучавата создадена од интеракцијата помеѓу возилата и возната површина.

При движење на возилата, за автомобили со поголема брзина од 30 km/h и за товарни возила со поголема брзина од 40 km/h, бучавата како резултат на тркалањето на пневматиците по коловозот станува значајна а и е доминантна за брзини поголеми од 50 km/h [7].

Може да се заклучи дека на патишта каде возилата се движат со големи брзини – автопатишта (до 130 km/h), доминантна бучава е онаа која е создадена како интеракција помеѓу тркалата на возилото и возната површина, додека бучавата произведена од работата на моторот на возилата станува занемарлива.

При поголеми брзини на возење, доминантно влијание на бучавата се јавува од гумите (бучава од тркалање), а максималните вредности на бучава се јавуваат при фреквенции од околу 1 Hz.

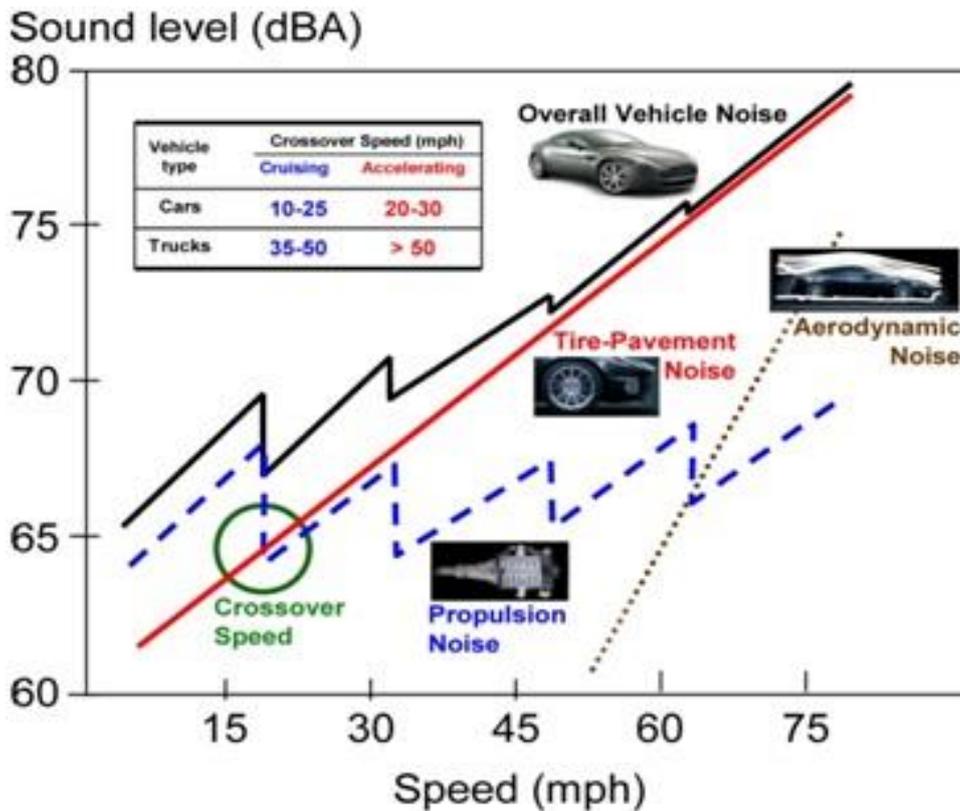
Од наведеното може да се заклучи дека, брзината на движење на возилата покрај тоа што е еден од главните елементи за безбедно одвивање на сообраќајот, таа има важна улога и од аспект на заштитата на човековата околина од бучава. Брзината на движење е во правопрпорционален однос со бучавата, односно со зголемување на брзината на движење на моторните возила доаѓа и до зголемување на бучавата (таб. 6).

Табела 6. Референтно максимално ниво (L_0) на репрезентативни возила, мерен на одалеченост $d_0=7,5$ m

Table 6. Reference maximum level (L_0) of representative vehicles, measured on distance of $d_0=7,5$ m

Категорија на возила	Брзина на движење (km/h)	L_0 (ниво на 7,5 m) [dB (A)]
Лесни возила	120	81
	100	79
	80	76
Тешки возила	80	84
	60	81

Според спроведените испитувања во САД, констатирано е дека брзината која е променлива значително влијае на транспортната бучава. Така на пример, забележано е дека на многу автопатишта зголемувањето на брзината од 10 mph (околу 15 km/h), ќе резултира со зголемување на нивото на звук од приближно 2 до 3 dBA (Сл. 10) [6].

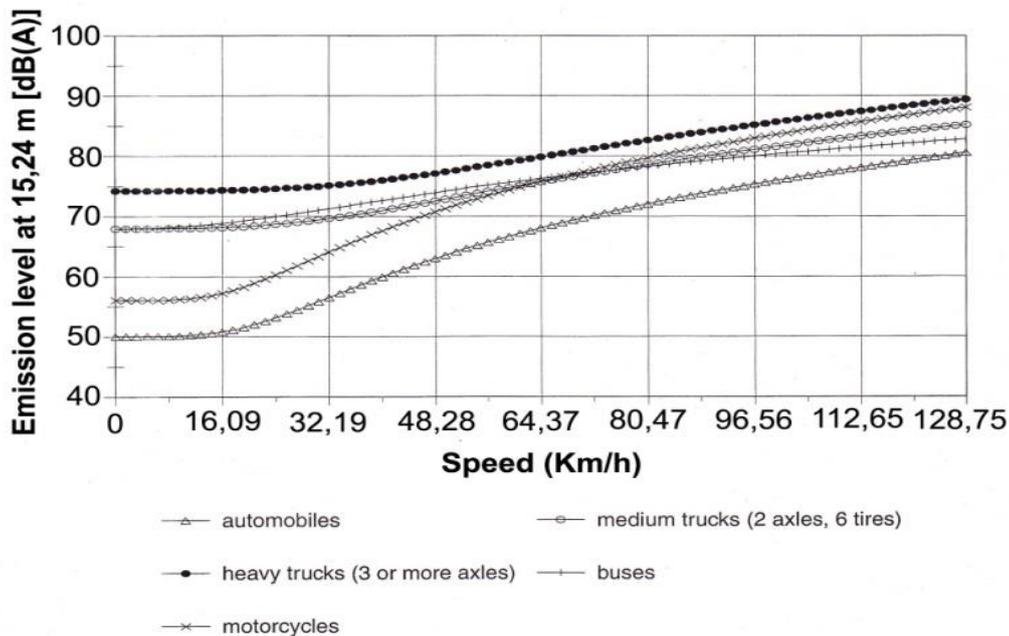


Слика 10. Ефектите на брзината врз изворите на звук кај возилата

Figure 10. Speed effects on vehicle noise sources

2.4.3 Влијание од категоријата на моторни возила

Големо влијание на транспортната бучавата има и типот, односно категоријата на возила. За таа цел, неопходно е да се располага со банка на податоци не само за големината на сообраќај, туку и за категоријата на возила кои се движат по патната мрежа, или по определениот пат кој се набљудува за преземање на адекватни мерки за заштита од транспортната бучава. Затоа попрецизни пресметувања се вршат кога имаме поделба на возилата во повеќе категории, а не само во две категории (лесни и тешки возила) (Сл. 11) [4].



Слика 11. Податоци за ниво на емисија, во функција од брзината за пет типови возила

Figure 11. Level of emission data, in function of the speed of five types of vehicles

Еден од поголемите причинители на бучава во патниот сообраќај се и тешките товарни возила, односно бучавата кај нив зависи од видот на возилото, неговата состојба, типот на гуми и брзината на движење.

При движење на возилата со мали брзини при пониски степени на пренос (како кај тешките товарни возила), поголемо влијание на создавањето бучава има работата на моторот од возилото (бучава од моторот), која достигнува максимални вредности при фреквенција од 100 Hz.

Бучавата предизвикана од пневматиците зависи од внатрешниот притисок во нив, од нагазната површина и од видот на шара на гумата, при што истрошените шари на гумите поради поголемата нагазна површина, создаваат поголема бучава. Значајно е да се напомене дека бучавата од гумите е поголема кај камионите (поголема нагазна површина, тип на шара), додека кај автомобилите таа станува доминантна при големи брзини.

Исто така, забележано е дека и типот на погонски агрегат - моторот на

возилата има влијание на бучавата. Во зависност од типот на моторот кај возилата дизел или бензински мотор, дизелските агрегати (застапени кај сите тешки товарни возила) се побучни при нормална работа, додека бензинските агрегати се побучни при движење по автопатишта со поголеми брзини, односно при работа на повисоки до максимални вртежи на моторот.

Видот на возилата е важна променлива во бучавата која се создава. Тешките камиони со нивните големи погонски системи како и бројни гуми се меѓу најбучните возила на патот. Типично тежок камион околу 10 dBA е погласен од типичен автомобил со брзина дозволена на автопатишта. Ова покажува дека еден камион произведува ист звук како десет автомобили. Доколку камионите сочинуваат повеќе од 10% од вкупниот број на возила кои се учесници во сообраќајот, тогаш тие најверојатно ќе доминираат во целокупното ниво на создадена бучава.

2.4.4 Влијание од геометриските елементи на патиштата

Според прописите во некои земји (Германија и Австрија), на зголемувањето на бучавата влијание има и наклонот на патот, односно дали трасата на патот е во нагорнина или надолнина.

Кога трасата на патот се простира по нагорнина, нивото на бучава се зголемува како во табела 7 (Според Германската метода). И за овој корекционен индикатор на бучава во литературата се среќаваат различни вредности, па според Француската метода, овој корекционен фактор даден е во табела 8.

Табела 7. Зголемување на нивото на бучава поради нагорнина на патот според Германската метода

Table 7. Increase in noise level as a result of the road uphill according to the German method

Нагорнина/пад	≤ 2,5%	3 – 4 %	5 – 6 %	до 7%
D ₂ (dBA)	0	2	3	4

Табела 8. Зголемување на нивото на бучава поради нагорнина на патот според Француската метода

Table 8. Increase in noise level as a result of the road uphill according to the French method

Нагорнина/пад	≤ 5 %	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %
D _{нагиб} (dBA)	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0

* За секој следен процент на нагибот, внатрешните вредности се пресметуваат со линеарна интерполација 0,6

На зголемување на бучавата влијае и близината на крстосници, семафори, или воопшто на места каде има било каков прекин на сообраќајниот тек, поради што доаѓа до зголемување на нивото на бучава. Во литературата, според двете најприменувани методи Германската и Француската, се забележуваат различни вредности на ова влијание, а Германската метода го зема и процентот на тешки товарни возила кои учествуваат во вкупниот процент на возила. Имајќи го предвид кажаното во претходното подпоглавие 2.4.3. (Влијание од категоријата на моторни возила), може да се заклучи дека германската метода зема предвид повеќе влезни параметри и дава попрецизни резултати.

Табела 9. Зголемување на нивото на бучава поради близина на крстосници, семафори и други видови прекин на сообраќајот според Германската метода

Table 9. Increase in noise level as a result of the intersections, semaphores and other types of traffic interruption according to the German method

Процент на тешки возила	Оддалеченост од крстосници и семафори (m)				
	0 - 60	61 - 90	91 - 120	121 - 150	> 150
	D ₃ (dBA)				
0 – 10 %	2	1	1	1	0
11 – 20 %	3	2	2	1	1
до 23 %	4	3	2	1	0

Табела 10. Зголемување на нивото на бучава поради близина на крстосници, семафори и други видови прекин на сообраќајот според Француската метода

Table 10. Increase in noise level as a result of the intersections, semaphores and other types of traffic interruption according to the French method

Оддалеченост од раскрсници и семафори (m)	K (dBA)
< 40	3
40 -70	2
70 - 100	1

Анализирајќи го комплексот на прашања по однос на безбедноста на сообраќајот и бучавата, потребно е да се усвои компромисно решение во зависност од положбата (локациските услови) на патот кон агломерациите и амбиентот – животната средина.

2.4.5 Влијание од пневматиците

Бучавата предизвикана од пневматиците зависи од повеќе фактори и тоа од:

- внатрешниот притисок во пневматиците,
- нагазната (контактна) површина на пневматиците и
- видот на шарата на гумите - пневматиците.

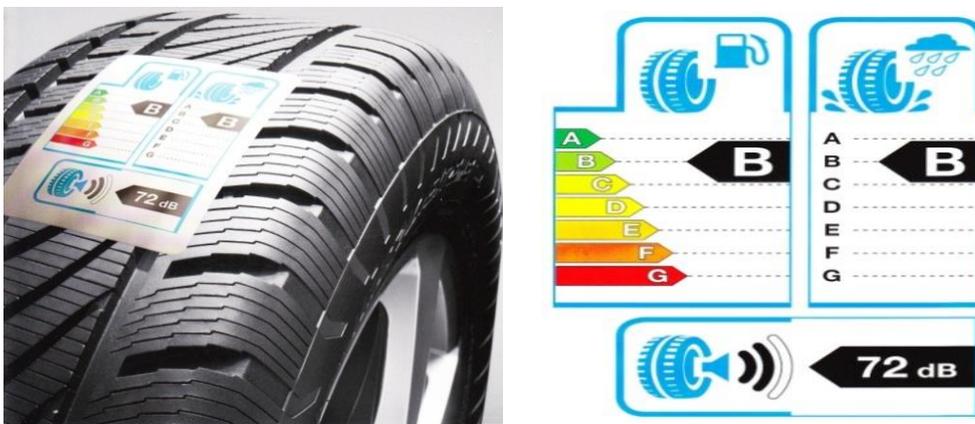
Дека е големо влијанието на пневматиците на бучавата, покажува и фактот дека при истрошени шари на гумите, поради поголемата контактна површина, пневматиците во содејство со возната површина, создаваат поголема бучава. Значајно е да се напомене дека бучавата од гумите е поголема кај камионите, додека кај автомобилите таа станува доминантна при големи брзини.

Со примена на нови технологии при производството на автомобилски гуми, како и со дизајнирање на видот на шарата од гумата, некои светски брендови во производството на гуми произведуваат таканаречени „потивки“ гуми, кои во интеракцијата помеѓу гумите и возната површина за ист тип на

возна површина и исти услови на неа, произведуваат значително помала бучава.

Согледувајќи го значењето на транспортната бучава, како и спроведените испитувања дефинирани со уредбата на Европската комисија на пневматиците задолжително е да има налепница (Сл. 12) на која е означено нивото на бучава кое тие го произведуваат изразено во децибели (dB) [8]. Означувањето на бучноста на пневматикот е со црни линии (Сл. 12) и тоа:

- 1 црна линија – многу мала бучава од пневматикот;
- 2 црни линии – просечно ниво на бучава и
- 3 црни линии – прилично бучен пневматик.

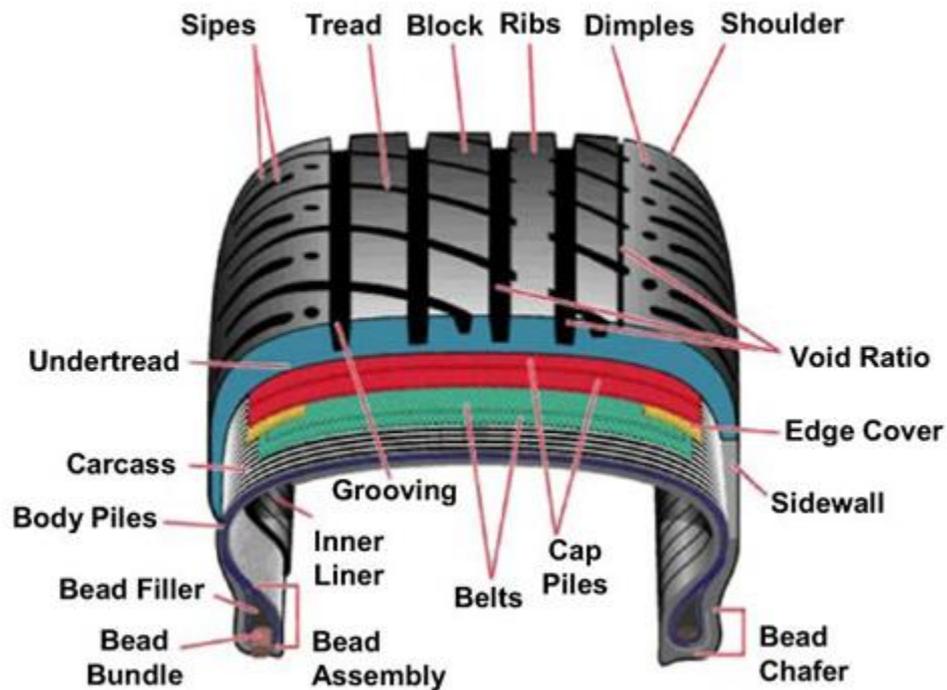


Слика 12. Налепница за бучава на пневматикот според уредбата EC
Figure 12. Noise label on a tire according to the EC framework
1222/2009 [9]



Слика 13. Означување на нивото на бучава на пневматикот според уредбата
EC 1222/2009
Figure 13. Labeling the noise level on a tire according to the EC 1222/2009
framework

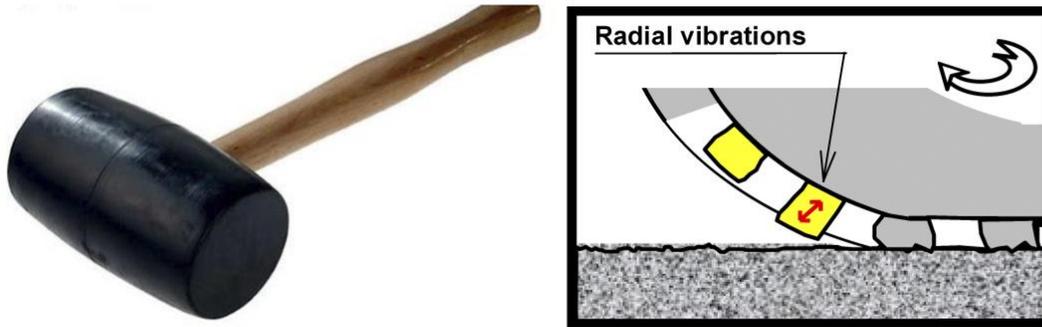
За да се објаснат механизмите за создавање на бучава од пневматиците, како и механизмите за нивно засилување, најпрво треба да се презентира изгледот и составните делови на еден пневматик во пресек (Сл. 14) [10].



Слика 14. Карактеристичен пресек на пневматик
Figure 14. Typical features of a tire

При движење на пневматиците по коловозната површина, на местото на контакт помеѓу нив, се создава т.н. „бучава од тркалање“. Процесот на создавање бучава е комплексен. Постојат неколку механизми на создавање на овој тип бучава и тоа:

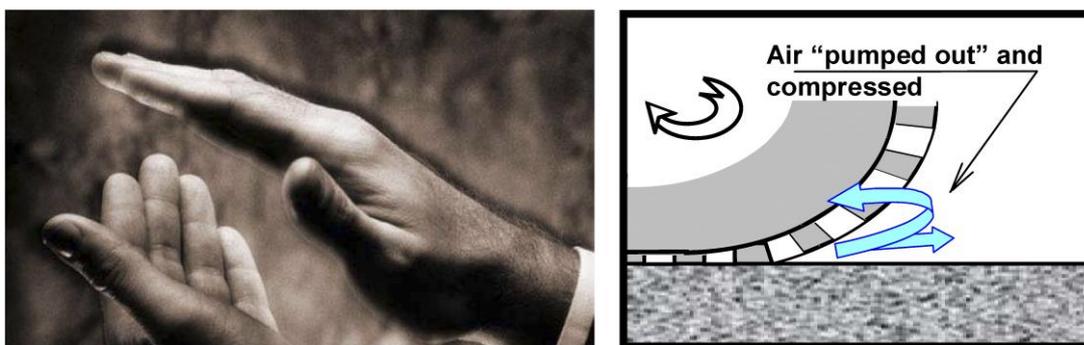
- Механизам за создавање „Чекан“. Овој механизам на создавање бучава се создава поради влијанието на шарите од пневматикот. При движење на моторното возило пневматикот се тркала по коловозот, при што шарите на пневматикот („блоковите“ - делови од шарата) делуваат – удираат на коловозната површина која има определена текстурата. Резултатите од овој механизам, можат да се споредат со стотици, па дури и илјадници мали удари од чекани кои удираат во секој секунда, при што секој удар произведува звук (Сл. 15).



Слика 15. Механизам за создавање „Чекан“

Figure 15. „The Hammer“ generation mechanism

- Механизам за создавање „Ракоплескање“ (испумпување на воздухот и компресија). Помеѓу шарите на пневматикот и текстурата на коловозот има празнини кои се наполнети со воздух. Како што пневматиците се движат - тркалаат врз коловозот, само еден дел од тој воздух се истиснува, а другиот дел останува затворен и компресиран. Како што гумите го губат контактот со коловозот при движење, воздухот кој е затворен се истиснува надвор, а во некои случаи воздухот се вшмукува назад. Ова се случува стотици и илјадници пати во секунда. Овој процес е сличен на плескањето со раце, при што многу од звуците кои се слушаат се всушност воздух кој е брзо истиснат надвор (Сл. 16).

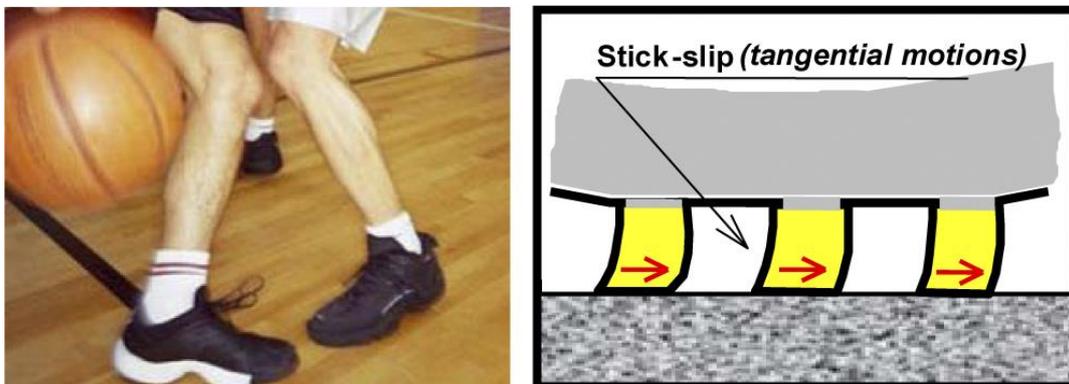


Слика 16. Механизам за создавање „Ракоплескање“

Figure 16. „The Clapper“ generation mechanism.

- Механизам за создавање „Патики“ (прилепување и лизгање). Овој механизам на создавање на бучава од тркалање поради заемдејството на

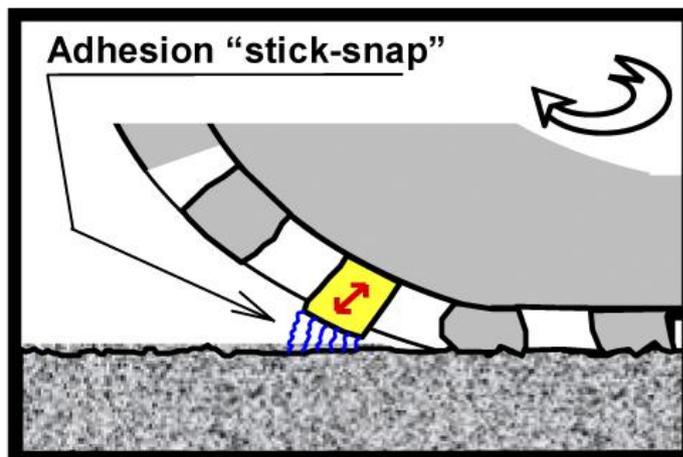
пневматиците и коловозот е идентичен со звукот кој се создава при играње кошарка, односно тоа е оној „пискав“ - високофреквентен специфичен звук кој се создава помеѓу патиките и теренот (паркетот). Овој ист звук се произведува додека пневматикот се тркала по коловозот. Бидејќи пневматиците при движење постојано се деформираат и искривуваат, автомобилската гума во еден временски период ќе се залепи, но потоа во еден момент периодично ќе се лизне кога ќе биде достигнат определен критичен лимит (се јавува тангенцијално движење). Овие корекции под секој блок од шарата на пневматикот се случуваат илјадници пати во секунда при што се генерира високофреквентен звук (Сл. 17).



Слика 17. Механизам за создавање „Патика“

Figure 17. „The Sneaker“ generation mechanism

- Механизам за создавање „Вакуум (всмукнување)“. Начинот на создавање на овој звук е идентичен со залепувањето на алатката за отпушување лавабоа, а потоа се истиснува воздухот кој е внатре во самата алатка. На истиот начин доаѓа до генерирање на овој звук при движење на пневматиците по коловозот, односно доаѓа до создавање на вакуум помеѓу блоковите од шарата и коловозот, а потоа со движење се истиснува заробениот воздух (Сл. 18).

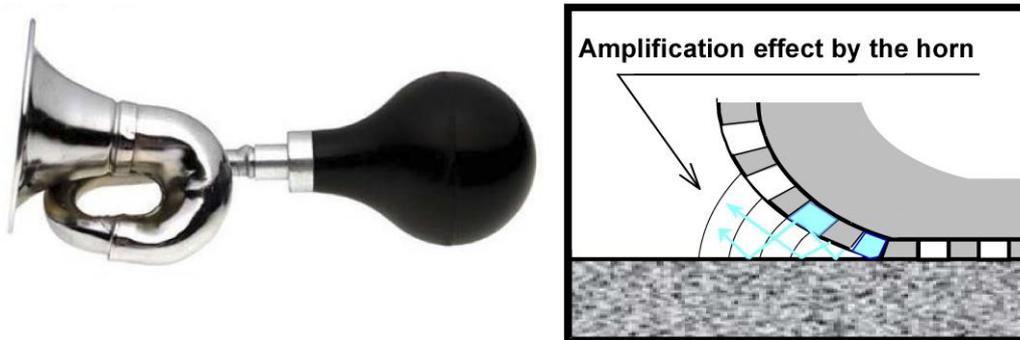


Слика 18. Механизам за создавање „Вакуум (вшмукување)“
Figure 18. „The Suction Cup“ generation mechanism

Различните механизми за генерирање - создавање на звукот (бучавата) кои претходно беа спомнати, едноставно не се доволни за да се објасни бучавата која се слуша генерирана од интеракцијата помеѓу пневматиците и коловозот. Затоа прифатено е дека постојат и бројни механизми на засилување, кои исто така играат улога за зголемување на нивото на звукот - бучавата.

За подобро да се разберат механизмите на засилување кои влијаат врз бучавата, исто како и кај механизмите за создавање на бучава се користат физички аналогии. Некои од тие аналогии за засилување на звукот – бучавата се:

- Механизам за засилување „Труба“. Ова засилување на звукот е поради воздушните клинови кои се јавуваат помеѓу шарата на пневматикот и коловозот, каде се создаваат многубројни рефлексии на произведен звук, слично како кај трубите или мегафоните. Карактеристично за ова засилување е тоа што се јавува засилување на звукот насочено напред и назад, како и нарушување на некои фреквенции (Сл. 19).

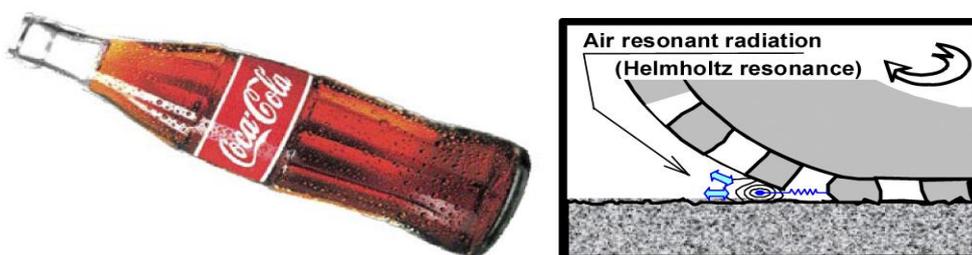


Слика 19. Механизам за засилување „Труба“

Figure 19. „The Horn“ amplification mechanism

- Механизам за засилување „Шише“ (Helmholtz Resonance).

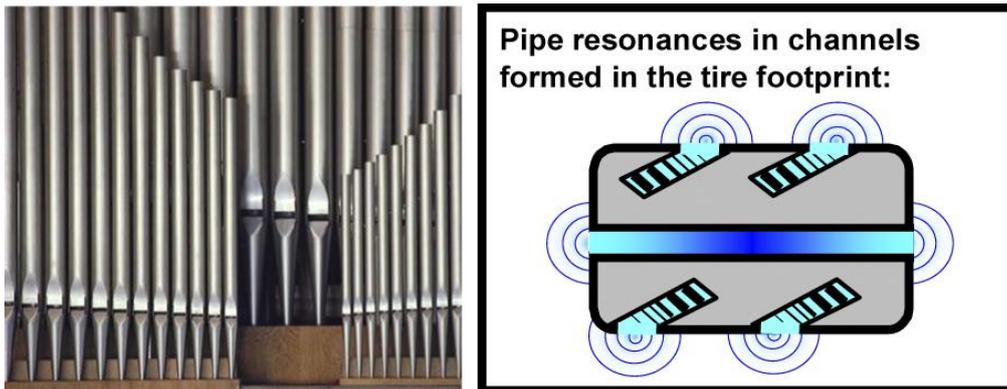
Објаснувањето за овој механизам на засилување е со помош на стаклено шише. Се дува во врвот на стаклено шише, а резултат на тоа е што се слуша карактеристичен звук. Ова се случува кога воздухот на врвот на шишето (делува како маса) вибрира горе и долу, на перница од воздух во внатрешноста на шишето (делува како пружина) (Сл. 20).



Слика 20. Механизам за засилување „Шише“

Figure 20. „The Pop Bottle“ amplification mechanism.

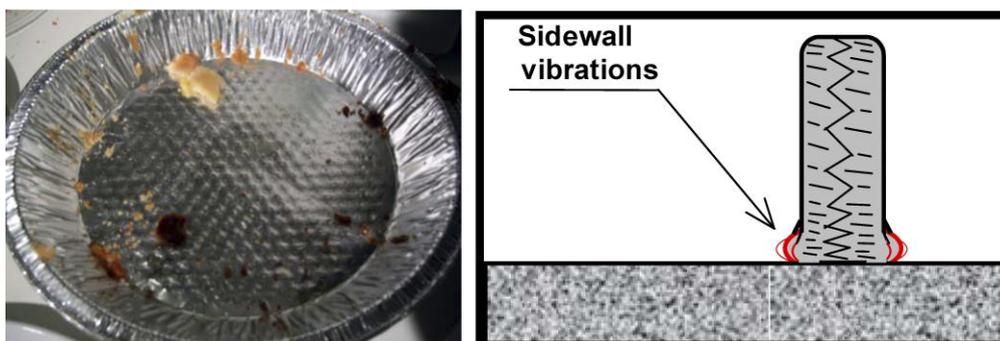
- Механизам за засилување „Цевки на оргули“ (Резонанца на цевка). Кога се дува воздухот низ цевките на оргулата, се засилува звукот кој е во функција од должината на цевката и бројот на отвори на самата цевка. Кај пневматиците при движење по коловозот, можат да се пронајдат различни жлебови на пневматикот кои се затвораат и отвораат на различни места под местото на контакт (жлебовите ги симулираат цевките кај оргулата). Карактеристично за овој механизам на засилување е тоа што создадениот звук на некое друго место, може да се засили во овие цевки од пневматикот (Сл. 21).



Слика 21. Механизам за засилување „Цевки на оргули“

Figure 21. „The Organ Pipe“ amplification mechanism

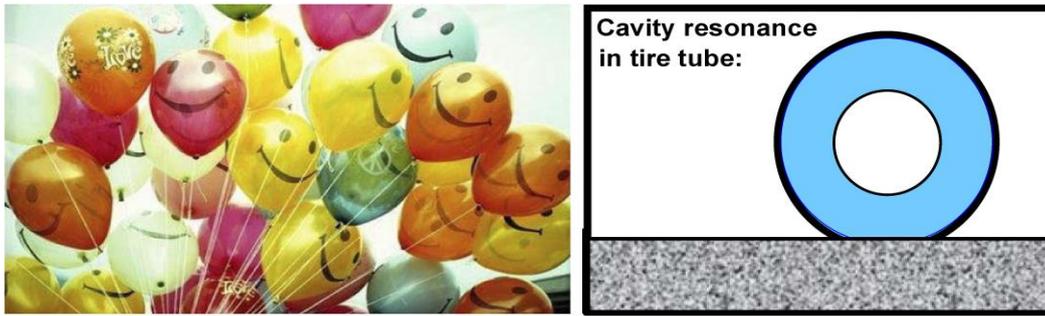
- Механизам за засилување „Чинија“ (Странични вибрации). Доколку еден будилник или мобилен телефон на вибрации се поклопат од превртената страна со чинија, тогаш вибрациите ќе се засилат во голема мера. Многу од малите вибрации опишани како механизми за генерирање, слично ќе се засилат како страничните вибрации на сидот на гумите (Сл. 22).



Слика 22. Механизам за засилување „Чинија“

Figure 22. „The Pie Plate“ amplification mechanism

- Механизам на засилување „Балон“. Карактеристично за овој механизам на засилување на бучавата е тоа што тој има помало влијание на засилувањето на бучавата надвор, додека има поголемо влијание за засилување на звукот - бучавата која се слуша внатре во возилото. До ова доаѓа поради тоа што самото возило има тенденција да ја засили оваа фреквенција. Создавањето на овој звук може да се слушне кога ќе се удри балон и ќе се чуе звук кој „свони“. Идентичен е и звукот кој се добива кога со нога ќе удриме во пневматикот на возилото (Сл. 23).



Слика 23. Механизам на засилување „Балон“

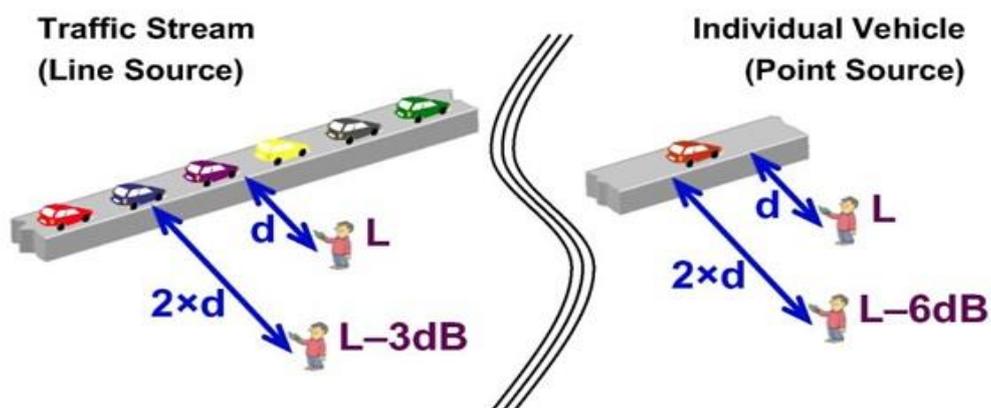
Figure 23. „The Balloon“ amplification mechanism.

2.4.6 Влијание од растојанието (оддалеченоста од местото на извор) и густината на сообраќај

Оддалеченоста од местото на извор, како и густината на сообраќај по патиштата (во зависност од нивниот ранг: автопатишта, магистрални или, регионални), исто така значително влијае на намалувањето на бучавата [12].

Доколку имаме густ сообраќај – континуиран, со двојно зголемување на оддалеченоста од местото на извор бучавата се намалува за 3 dB.

Ако, пак, имаме помал сообраќај – поединечни поминувања на возила, со двојно зголемување на оддалеченоста од местото на извор бучавата се намалува дури за 6 dB (Сл. 24) [4].



Слика 24. Ширење на транспортната бучава од различни видови на извори

Figure 24. Spreading of traffic noise from various source types

2.5 Мерење и мерни апарати

2.5.1 Мерење

Проблемот со загадување на животната средина од бучава станува сè подоминантен не само во урбаните средини, туку и покрај вонградските сообраќајници (автопатишта, магистрални и регионални патишта), пред сè поради постојаниот пораст на сообраќајните текови (сувоземен и воздушен транспорт).

Штетните ефекти од бучавата се од големо значење за дефинирање на условите за квалитетот на животната средина. Со овој проблем на загадување од бучавата во Европа, повеќе од 130 милиони жители се изложени на нивоа на бучава кои се сметат за неприфатливи. Главна причина за оваа појава е значителниот пораст на моторниот сообраќај, односно бројот на моторните возила, кои се зголемени за околу трипати во последните две децении. Затоа, ако не се преземат соодветни мерки за намалување на бучавата емитирана од возилата, за очекување е во иднина да дојде до понатамошно влошување на состојбата.

За таа цел – преземање на соодветни мерки за заштита од штетните дејства на транспортната бучава, неопходно е да се располага со податоци за бучавата кои се добиваат со мерења.

Бучавата може да биде мерена на повеќе различни начини во зависност од типот на податоците кои ни се потребни, за која цел ќе ги користиме добиените податоци, како и за определување на типот на мерки кои ќе бидат преземени за намалување на транспортната бучава [11, 12].

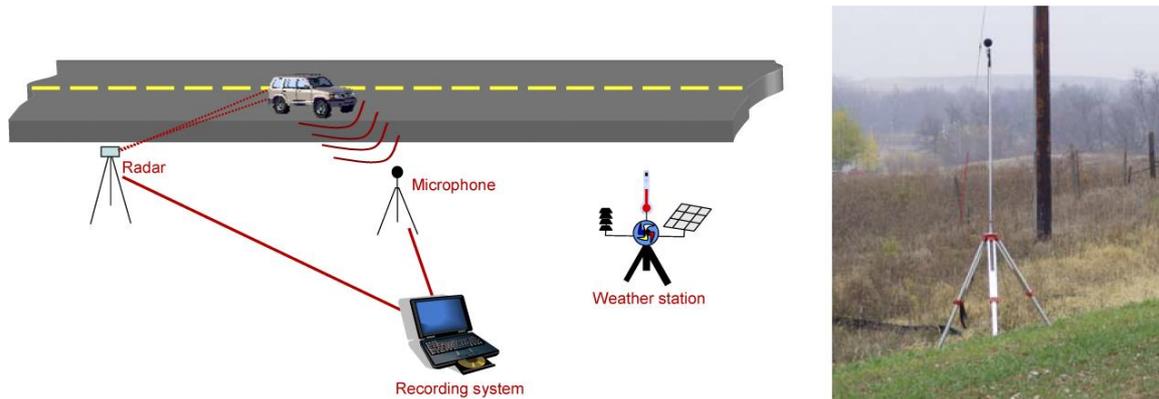
2.5.2 Мерење на бучавата покрај патот

Најчест случај за мерење на транспортната бучава е на лице место, покрај патот. Технички овие мерења се нарекуваат странични мерења и можат да се направат:

- на определено растојание од патот (вообичаено 7,5 или 15 m) или

- на локацијата на примателите на бучава (пример: куќи, станови, училишта, игралишта и др.).

Овој тип мерења на бучава (Сл. 25), вклучуваат мерења на нивото на бучава со користење на микрофони, како и мерење на брзината и класификацијата на сообраќајот. [6].



Слика 25. Делови на страничните мерења
Figure 25. Components of a wayside measurement

Постојат три видови на странични тестирања. Таму каде што има помал сообраќај, може да се направи тестирање на статистичкото поминување (**S**tatistical **P**ass **B**y - SPB), при што во овој случај се користи микрофон кој се фиксира на одредена позиција за да се измери максималното ниво на звук (L_{max}) на стотици индивидуални возила. Од овие мерења може да се направи пресметка за нивото на звук на еден „просечен“ автомобил, среден камион и тежок камион кои возат со стандардизирана брзина. Сличен тест понекогаш се прави со една или повеќе комбинации од возила и гуми, што се нарекува тест за контролирано поминување (**C**ontrolled **P**ass **B**y - CPB).

Со користењето на овие тестови SPB и CPB, можно е да се изврши споредба на коловозите кои се наоѓаат на различни места - локации. Притоа треба да се земат предвид разликите меѓу возилата на различни локации (за SPB) или специфичните интеракции помеѓу различните комбинации на гуми со коловозни површини (за CPB).

Третиот начин на странично тестирање кое често се користи е наречено средно време. Овој начин уште се нарекува временско-интегриран модел на постојан проток на сообраќај (**C**ontinuous **F**low **T**raffic **T**ime **I**ntegrated **M**odel - СТИМ). Во таков случај микрофонот е наместен за снимање на целата транспортна бучава, за определен период за време (вообичаено од 5 до 30 минути), а истовремено се снима нивото на сообраќај и брзината на движење на возилата. На тој начин се пресметува просечното средно ниво на звук (Leq) во периодот на снимање и често се прикажува како средина од неколку повторени мерења.

Сите странични тестирања во определен степен се подложни на различни влијанија. На пример, треба да се земе во предвид присуството на објекти кои може да влијаат врз или да го блокираат звукот. Временската состојба исто така треба да биде следена, особено ветерот кој може да влијае врз нивото на звук. На крај, мора да бидат идентификувани т.н. „загадувачки извори“ како што е авионската бучава и бучавата околу патот (косење на трева, возови и сл.). Доколку овие влијанија се значителни, мерењата мора да бидат прекинати.

2.5.3 Мерења на извори на бучава

Мерењата на бучавата предизвикана од интеракцијата меѓу гумите и коловозната површина, се од голем интерес за инженерите за патишта кои работат на проблематиката со проектирање – димензионирање и изградба на тивки коловози. Овие мерења на изворот на бучава ги мерат звуците кои се произведени блиску до пневматикот од возилото.

Во моментот постојат две основни техники за мерење на бучавата од интеракцијата меѓу гумите и коловозот:

- приближување или блискост (Close proximity - CPX)
- звучен интензитет (On board sound intensity - OBSI).

Техниката CPX во моментот е документирана како нацрт меѓународен стандард ISO 11812-2, додека OBSI техниката е развиена во фабриката Џенерал моторс (General motors), за оценување на гумите во нивните

простории за испитување. Технологијата понатаму е развиена од д-р Пол Донаван (Dr. Paul Donovan) како дел од истражувањето за тивки коловози на Одделот за транспорт во Калифорнија и Аризона. OBSI техниките за мерење денес се во процес на стандардизирање.

Како што е прикажано на слика 26, постојат сличности на двете техники: прво, тоа што и кај двете се користи микрофон кој е поставен близу до местото на контакт меѓу гумата и коловозот и второ, двете техники собираат мерења додека возилата се во движење. Сепак постојат и некои важни разлики:

- Методот CPX користи еден микрофон кој го мери звучниот притисок додека OBSI користи двоен микрофон кој го мери звучниот интензитет. Вториот метод е директен, што означува дека мерењата од секој од микрофоните може да се користи за да се определат насоките на различните извори.
- Во моментот, методите CPX и OBSI различно го поставуваат микрофонот, вклучувајќи ја и висината на поставување од земјата, раздалеченоста помеѓу предната и задната позиција и оддалеченоста од гумата. Овие разлики значат дека механизмите на произведување и засилување ќе играат огромна улога при мерењето на звукот и кај двата теста.
- Тестирањето CPX често се спроведува во затворен простор со цел да се изолира микрофонот од другите извори на звук. Поради способноста на OBSI тестот да препознае од кој правец е изворот на звук, тој се употребува на отворен простор.
- Во САД поголемо е искуството со OBSI тестот, додека техниката CPX е префериран метод насекаде во светот.

Резултатите од сите видови на мерења во голема мера зависат од гумите кои се користат за време на тестирањето. Поради проблемот за идентификување на гумите кои се најпогодни, деталите и за двете техники CPX и OBSI се уште се во развој. Скоро се воведени нови стандарди за тест гуми (SRTT) (P225/60R16), кои се прифатени за тестирање на бучавата (ASTM F 2493). Според нацртот ISO CPX стандарди од 2000 година, најчесто користени гуми се Avon/Cooper ZVI (P185/65R15) и Dunlop SP Arctic (P185/R14).



Слика 26. CPX и OBSI опрема за тестирање
Figure 26. CPX and OBSI test equipment

2.5.4 Видови мерења на бучава

Како дополнување на мерењата на звук кај изворот, постојат мерења кои можат да се спроведат во возилото со користење на микрофон поставен внатре во просторот за патници. Податоците се собираат додека возилото е во движење, но без влијание на други потенцијални извори на бучава, како состојбата на воздухот или радиото. Бучавата внатре во возилото најчесто е со многу пониска фреквенција отколку бучавата однадвор. Сите собрани мерења треба претпазливо да се разгледаат, бидејќи ефектите од видот на возилото и неговата состојба се значителни.

2.5.5 Својства на коловозот поврзани со бучавата

Постојат три карактеристики на коловозот кои влијаат врз бучавата, кои согласно нивната важност во намалувањето на бучавата се:

- текстура
- порозност
- крутост

Текстурата се поврзува со „испакнатините и вдлабнатините“ на површината на коловозот. Постојат долги испакнатини и вдлабнатини кои може да доведат до грубо возење. Исто така постојат и кратки испакнатини и вдлабнатини кои не можат да се видат со голо око, тие се појавуваат како резултат од видот и количината на песок во коловозот.

Бучавата, која се слуша надвор од возилото најмногу зависи од текстурата која се повторува на секои 10 до 150 mm. Овој вид на текстура треба да се минимизира („израмни“). Помалите текстури (помали од 10 mm по големина) може всушност да бидат полезни, бидејќи овозможуваат излез на воздухот, при што се намалуваат ефектите на некои од механизмите опишани претходно. Постои доказ и дека т.н. негативна текстура е корисна. Негативната текстура означува дека површината на коловозот е многу мазна на врвот, но има повремени испакнатини кои создаваат патишта за излез. Тоа што површината е мазна означува дека нема многу испакнатини кои вообичаено удираат во гумата и произведуваат бучава.

Текстурата може да се измери со користење на волуметриски техники (според стандардот ASTM E 965) или со користење на ласерски сензори како оние кај различните профили на тротоарите (ISO 13473). Специјализирани ласерски техники за мерење на текстурата се: Circular Texture Meter и RoboTex (Сл. 27).

Порозноста на материјалот претставува сооднос на волуменот на воздухот со вкупниот волумен. Материјалите кои се користат кај повеќето површини на коловозите имаат порозност помала од 5%. Кога порозноста на коловозната површина ќе се зголеми до 20% или повеќе, односно кога воздухот може да поминува низ материјалот, тоа ќе резултира со намалување на бучавата, бидејќи порозноста ја зголемува акустичната апсорпција.

Исто така, порозните материјали овозможуваат помала контактна површина помеѓу пневматикот и коловозната површина, со што се овозможуваат дополнителни излезни патишта за воздухот, кои може да ја намалат бучавата. Овој ефект евозможен и кога се користат дополнителни материјали во површинскиот слој од коловозот, како гума, полимери или влакна кои делумно ги заменуваат воздушните празнини [6].



Слика 27. CTM Robo Tex опрема за тестирање (извор: CP Tech Center).

Figure 27. CTM and RoboTex test equipment (source: CP Tech Center).

Порозноста може да биде пресметана едноставно со пресметување на тежината и волуменот на примерок од коловозот и неговиот состав. Акустичната апсорпција може да се пресмета директно со користење на бројни техники, како во лабораторија, така и на самото место (слика 28). Најпозната техника е со користење на примерок кој се вметнува во посебна цевка (ASTM C 384/E 1050). Друга техника која се користи и во лабораториски услови и на самото место, вклучува мерења на повратниот одговор на импулсите со користење на методот на проширена површина (ISO 13472-1). Трета техника ја користи ефективната отпорност на проток (ANSI S1.18). Ова се претпоставува дека е порелеванто мерење на апсорпцијата, бидејќи се мери на плитки агли вертикално од површината на коловозот.



Слика 28. Опрема за тестирање на акустичната апсорпција (извор: NCAT, Zircon Caltrans).

Figure 28. Acoustical absorption test equipment (source: NCAT, Zircon, Caltrans).

Цврстината на коловозната површина во помала мерка исто така придонесува за појавата на бучава поради контактот на пневматикот со коловозот. За намалување на влијанието на многу од механизмите претходно опишани, цврстината на коловозот која се доближува до цврстината на гумата е идеална. Всушност, значително намалување на бучавата е забележано на експериментални коловози кои содржат епоксидно-врзана ситна гума наречена пороеластична. Влијанието од гумите го апсорбира на истиот начин на кој спортските траки ги апсорбираат влијанијата од трчањето на обувките.

Цврстината не е едноставен параметар за пресметување бидејќи температурата често влијае врз неа, како и видот, стапката и големината на сила која се применува кога се тестира материјалот. Повеќето техники кои се користат денес (кои се важни за бучавата) вклучуваат товари со мало влијание, како оние техники кои се користат за влијанието од ехото (ASTM C 1383).

2.5.6 Мерење на бучавата во лабораторија

Доколку имаме за цел да изградиме тивки коловози, потребно е да се развијат брзи, точни и релевантни процедури за мерење во лабораторија на бучавата која е предизвикана од интеракцијата меѓу гумата и коловозот. Техника која се користи денес е лабораториски тапан. Постојат неколку тапани кои се користат во светот, на слика 29 е прикажан единствениот ваков уред во САД, кој се користи во Институтот за безбедни, тивки и издржливи автопати во Пурду универзитетот (Purdue University). Тест апаратот (Tire – Pavement Test Apparatus - TPTA) се состои од ротирачки дел со монтирана гума која е во контакт со индивидуални тест панели, кои овозможуваат материјалите на коловозот да бидат тестирани за бучава до околу 45 – 50 km/h (30 mph). Можат да бидат поставени микрофони за да ги собираат мерењата CPX и OBSI. Овој апарат TPTA се користи за лабораториски тестови за мерење на бучавата, при проверка на потивки коловози [6].



Слика 29. Тест опрема за ТРТА и пример површина (извор: Purdue SQDH).
 Figure 29. TPTA test equipment and sample surface (source: Purdue SQDH).

2.5.7 Мерни апарати

Основен инструмент за мерење на нивото на бучавата е фонометар. Во продажба се достапни повеќе фонометри од различен тип. Во изборот на инструментот за мерење на бучавата потребно е да ја знаеме типологијата на мерките за да не погрешиме во изборот.

Основна карактеристика кај фонометрите е што тие се баждарени според равенката за висината на притисок.

$$L = \log \frac{I}{I_0} = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad [\text{dB}] \quad 2.5.1$$

Конструкцијата на фонометрите е таква што дозволува мерење на разни места, а напојувањето кај фонометрите е батериско. Дозволената граница на мерење кај фонометрите е од 20 до 140 (dB).

Микрофонот како основен дел на фонометарот, има за цел да го претвори променливиот звучен притисок во соодветна промена на електричниот напон.



Слика 30. Мерен инструмент – фонометар CR:832C
Figure 30. Sound level meter CR:832C

3 ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА ВО ЗЕМЈИТЕ НА ЕВРОПСКАТА УНИЈА И РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

3.1.1 Преглед на регулативата во ЕУ

За пресметување на нивото на бучава од патниот сообраќај како најголем предизвикувач на бучава на местото на емисија, постојат повеќе методи и тоа:

- Германска метода
- Англиска метода
- Скандинавска метода (Данска, Финска, Норвешка и Шведска)
- Швајцарска метода
- Австриска метода и
- Француска метода

Во останатите земји, зависно од искуствата и банките на податоци со кои располагаат, се користат различни методи. Така на пример, во Хрватска и Словенија се користи Германската метода, додека во Полска се користи Француската метода.

Забележливо е дека постои широк спектар на различни методи за пресметка на бучавата, се користат различни показатели, но важно е да се истакне дека за тоа не постојат научни или технички причини, туку дека тоа е резултат на фактот што повеќето земји независно една од друга развивале сопствени методи.

Од страна на Европската унија дадена е препорака, до усвојување на единствена метода за пресметка на бучавата, да се користи Француската метода.

3.1.2 Германија

Пресметување на нивоата на бучава во Германија се спроведува со примена на насоките RLS 90 кои ги наследиле насоките RLS 81, [13]. Германскиот стандард DIN 18005 за пресметување на бучавата од патниот сообраќај е речиси идентична со насоките RLS 81, [14]. Нивото на бучава на местата на емисија според 90 RLS дефинирана е со формулата (2.6.1):

$$L_{m,i} = L_m^{(25)} + D_V + D_{Stro} + D_{Stg} + D_E + D_L + D_S + D_{BM} + D_B \text{ [dB)A]} \quad 2.6.1$$

Референтната вредност на нивото на бучава $L_m^{(25)}$ се одредува на растојание од 25 метри, при што се усвојува коловозен застор од лиен асфалт, брзина на возилата 100 km/h, надолжен наклон на нивелетата од 5%, а во зависност од меродавното оптоварување (број на возила/час) и меродавното учество на товарните возила со маса од 2800kg. Последните два параметри се пропишани во зависност од видот на патот. Корекција на референтното ниво на бучавата се врши со следните параметри:

D_V - корекцијата во зависност од брзината на возилото (најмала дозволена брзина за автомобили и товарни возила е $V_{min} = 30$ km/h, најголема брзина за автомобили е $V_{max} = 130$ km/h, за камионите $V_{max} = 80$ km/h)

D_{Stro} - корекција во зависност од видот на засторот од коловозната конструкција

D_{Stg} - корекција во зависност од надолжниот наклон на нивелетата

D_E - корекција во врска со влијанието на повеќе рефлексии

D_L - корекција во врска со должината на набљудуваната делница

D_S - корекција поврзана со апсорпција на воздухот и оддалеченоста од местото на емисија

D_{BM} - корекција поврзана со влијанието на теренот

D_B - корекција поврзана со влијанието на бариерите

Периодот 0-24 е поделен на два дела: од 06:00 – 22:00, и од 22:00 до 06:00 часот.

3.1.3 Велика Британија

Британскиот метод CoRTN (*Calculation of Road Traffic Noise*) на нивото на бучава се проценува врз основа на статистички параметар L_{A10} , параметар кој претставува емисиско и имисиско ниво на бучава која зависи од набљудуваниот временски период од 1 час или 18 часа со пречекорување над 10% од времето. Нивото на бучава на местото на емисијата се одредува според изразот (2.6.2), [15]:

$$L_{A10m} = L_{A10} + L_V + L_{TV} + L_G + L_D + L_T + L_W + L_B + L_R \quad [\text{dB}A] \quad 2.6.2$$

Основното ниво бучава L_{A10} се утврдува на оддалеченост на 10 m од крајниот раб на најблиската возна лента и висина на изворот од 0.5 m над површината на коловозот, за сообраќаен тек со брзина од 75 km/h, без влијание од товарните возила и за хоризонтална нивелета.

Основното ниво на бучава се коригира со неколку параметри:

L_V - корекција во зависност од брзината на возилата со учеството на товарни возила и надолжен наклон

L_{TV} - корекција зависна од состојбата на сообраќајниот тек

L_G - корекција поврзана со надолжниот наклон на сообраќајницата

L_D - корекција поврзана со оддалеченоста

L_T - корекција поврзана со апсорпција на теренот

L_W - корекција поврзана со аголот на распостирање

L_B - корекција во зависност од положбата на бариерата

L_R - корекција поврзана со влијанието на рефлексija

Ниво на бучава според овој метод се дефинира во периодот од 06.00 до 24.00 часот.

3.1.4 Скандинавски земји

Нивото на емисијска бучава во скандинавските земји (Данска, Финска, Норвешка и Шведска) се утврдува според методот на Statens Planverk 48, според изразот (2.6.3), [15]:

$$L_{Aeq} = L_{Aeq}(10) + \Delta L_V + \Delta L_N + \Delta L_{TF} + \Delta L_{AV} + \Delta L_{MS} + \Delta L_{\ddot{O}} + \Delta L_F \quad [dB(A)] \quad 2.6.3$$

Основното ниво на бучава $L_{Aeq}(10)$ е 68 dB и се применува за следните услови: сообраќајно оптеретување за 24.000 возила за време од 34 часа, брзината на возилото $V = 50 \text{ km/h}$, оддалеченоста на местото на емисијата од средината на патеката на возилата е 10 метри, висината на местото на емисијата $h_m = 1,5 \text{ m}$, застор од конвенционален асфалт. Основната вредност на нивото на бучава се коригира со неколку параметри:

ΔL_V - корекција во зависност од брзината на возилото

ΔL_N - корекција во зависност од сообраќајното оптоварување

ΔL_{TF} - корекција поврзана со учеството на товарните возила во вкупниот сообраќаен тек

ΔL_{AV} - корекција поврзана со оддалеченоста и распростирањето

ΔL_{MS} - корекција поврзана со влијанието на теренот

$\Delta L_{\ddot{O}}$ - корекција зависна од големината на надолжниот наклон, агол на распростирање

ΔL_F - корекција во зависност од звучната изолација на фасади на објектите

Важно е да се напомене дека овој метод зема предвид период од 24 часа, но ноќните вредности се зголеми за 10 dB, со цел да се пресмета просекот на дневните нивоа на бучава [1].

Карактеристично за скандинавската метода е што таа користи 24-часовен единствен период, при што ноќните вредности се зголемуваат за 10 dB.

3.1.5 Швајцарија

Имисиското ниво на бучава според Швајцарскиот метод StL-86 [16], се пресметува според изразот (2.6.4):

$$L = A + \log \left[\left(1 + \left(\frac{V}{50} \pi \right)^3 \right) \left(1 + B \cdot \mu \left(1 - \frac{V}{50} \right) \right) \right] + \\ + 10 \log(M) + K + \Delta_L + D_L + D_B + H \quad [\text{dB(A)}] \quad 2.6.4$$

Каде што се:

A, B – емпириски константи (A = 42, B = 20)

V – брзина на возилото

η – учество на тешките товарни возила во вкупниот број на возила

M – Сообраќајно оптеретување (број на возила/час).

Вредноста на нивото на бучава добиено според погоре наведените параметри, се коригира со воведување на следните корекции:

K – корекција во зависност од надолжниот наклон

ΔL – корекција во зависност од оддалеченоста и аголот на распростирање

D_L – корекција во зависност од апсорпцијата на воздухот

D_B – корекција во зависност од апсорпција на почвата

H – корекција во зависност од висината на препреките.

3.1.6 Австрија

Еквивалентното ниво на бучава на местото на имисија според австриската метода ÖAL 23 [17], се дефинира со изразот (2.6.5).

$$L_{Aeq} = L_g + 10 \cdot \log MSV_L + K_R + K_S + K_F + K_L + K_G + K_K - K_E - K_W + K_H \quad [dB(A)] \quad 2.6.5$$

Референтната вредност на нивото на бучавата L_g се определува на оддалеченост од 25 m од оската на патот и изнесува 32 dB(A). Местото на емисија е на висина 0,5 m од коловозната површина.

Важна улога има големината MSV_L која претставува меродавно часово оптоварување (број на возила/час).

Референтното ниво на бучавата кај оваа метода се корегира со следните параметри:

K_R – корекција во зависност од повеќекратна рефлексивност

K_S – корекција поврзана со учеството на товарните возила со маса поголема од 3500 kg

K_F – корекција во зависност од засторот на коловозната конструкција

K_L – корекција во зависност од надолжниот наклон на сообраќајницата

K_G – корекција во зависност од далечината на вкрстување (крстосници)

K_K – корекција во зависност од растојанието на вкрстување

K_E – корекција во зависност од оддалеченоста на емисијата

K_W – корекција во зависност од аголот на распростирање и

K_H – корекција во зависност од влијанието на бариерите.

Според ова метода периодот од 24 часа се дели на два временски периода, за кој се пресметува нивото на бучавата и тоа: ден од 06:00 до 22:00 и ноќ од 22:00 до 06:00 часот.

3.1.7 Франција

Една од битните разлики помеѓу Француската [18] и другите методи е во тоа што таа го разликува нивото на бучава во урбани подрачја (U-shaped roads) од нивото на бучава на отворени патишта (open shaped roads).

Определувањето на нивото на бучава поделено е на два дела и тоа:

- определување на емисиско ниво на бучава и
- определување на имисиско ниво на бучава.

Определувањето на имисиското ниво на бучава се определува од графикон и зависи од параметрите на ширење на звучниот бран од местото на емисија до местото на имисија (каде линискиот извор на звук се заменува со повеќе точкести извори), додека определувањето на емисиското ниво на бучава се определува слично како и во другите методи.

Емисиското ниво на бучава се определува со место на емисија на висина од 0,8 метри, се определува за период во денот од 8:00 до 20:00 часот, на оддалеченост на 30 метри од изворот, на висина од 10 метри од тлото, според равенката:

$$E_{30} = 10 \times \log \sum_m 10^{(E_{30,m}/10)} \quad [\text{dB(A)}] \quad 2.6.6$$

Нивото на емисија на бучава на сообраќајниот тек „m“ ($E_{30,m}$) за отворени делници од патиштата се пресметува според равенката:

$$E_{30,m} = L_W - 10 \log v - 50 + 10 \log Q \quad [\text{dB(A)}] \quad 2.6.7$$

Нивото на емисија на бучава во близина на крстосници според оваа метода се пресметува:

$$E_{30,m} = E(d)_m + 10 \log Q \quad [\text{dB(A)}] \quad 2.6.8$$

Каде што се:

Q - сообраќајно оптоварување (број на возила/час)

V - просечна брзина на движење на повеќе од 50% возила и се пресметува посебно за секој тип на возила (лесни и тешки возила со маса поголема од 3.500 kg)

L_W - ниво на бучава во зависност од типот на возила, брзина на возилата, типот на сообраќаен тек и надолжен наклон. Разликуваме четири типа на сообраќаен тек: континуиран, континуирано-пулсирачки, пулсирачко-забрзувачки и пулсирачко-забавувачки

E(di) - емисиско ниво на бучава зависно од типот на возила, типот на сообраќаен тек и оддалеченост од крстосниците.

Според оваа метода, за определување на емисиското ниво на бучава не се зема влијанието од коловозната конструкција, додека за определување на емисиското ниво на бучава се врши корекција на емисиското ниво со параметри кои го опишуваат ширењето на звучниот бран од изворот до местото на имисија.

3.1.8 Словенија

Според словенските препораки [19], нивото на транспортната бучава треба да се определи според некоја од познатите методи. Во Словенија најмногу се употребува Германската метода, пропишана од DIN 18005 и RLS 90. Пресметката на нивото на транспортната бучава опфаќа денски период од 06:00 до 22:00 часот и ноќен период од 22:00 до 06:00 часот.

3.1.9 Полска

Спроведените технички истражувања на Техничкиот универзитет во Лоѓ (Lodz), на Одделот за градежништво, потврдено е дека Француската метода NMPV за пресметување на нивото на транспортната бучава најдобро може да се примени за условите во Полска.

3.1.10 Препораки на ЕУ

Параметрите кои се земаат предвид при пресметка на бучавата за пооделни методи, дадени се во табела 11. Од табелата може да се забележи дека во различни земји (различни методи), како влезни параметри се земаат различни параметри.

Табела 11. Влијателни параметри на нивото на бучава на местото на имисија

Table 11. Parameters that influence the noise level on the place of emission

Метод и Параметар	Германија	Голема Британија	Скандинавски земји	Швајцарија	Австрија	Франција
Референтна вредност на нивото на бучава	+	+	+	+	+	+
Брзина на возилата	+	+	+	+	+	+
Застор на коловозот	+	-	-	-	+	-
Надолжен наклон	+	+	-	+	+	+
Тешки возила	+	+	+	+	+	+
Сообраќајно оптоварување	+	+	+	+	+	+
Близина на крстосница	+	-	-	-	+	+
Состојба на сообраќајниот	-	-	-	-	-	+
Влијание од воздухот	+	-	+	+	-	+
Влијание од теренот	+	+	+	+	-	+
Влијание од оддалеченоста	+	+	+	+	+	+
Влијание од рефлексија	+	+	+	-	+	+
Влијание од бариери	+	+	+	+	+	+
Далечина на отсечокот	-	-	-	-	-	+
Агол на ширење	+	+	+	+	+	+
(+) - се зема во предвид (-) - не се зема во предвид						

Исто така, постоечките методи за пресметка на нивото на бучавата, најчесто разгледуваат два временски периода, ден и ноќ. Должината на временските периодите во разни европски земји е различна. Како најчеста дефиниција за ден е од 06:00 до 22:00 часот, за ноќ од 22:00 до 06:00.

ЕУ парламентот и советот на Европската унија препорачуваат воведување трет временски период – вечер, бидејќи се работи за исклучително чувствително време за локалните жители [20].

Дефинирање на временскиот период ден, вечер и ноќ е следната:

- ден од 07:00 до 19:00,
- вечер од 19:00 до 23:00 и
- ноќ од 23:00 до 07:00.

Ова се препорачени вредности кои треба да се усогласат со условите на поедини земји членки на ЕУ.

Врз основа на поделбата ден-вечер-ноќ (**day-evening-night**), се дефинира нивото на бучава L_{dvn} [dB (A)] според равенката:

$$L_{dvn} = 10 \times \log(1/24) \times (12 \times 10^{L_{den}/10} + 4 \times 10^{(L_{ve\check{c}er}+5)/10} + 8 \times 10^{L_{noc}/10}) \quad [dB(A)]$$

2.6.18

Каде што се:

L_{den} еквивалентно ниво на бучава во [dB (A)] за дневен период од 12 часа во тек на една година

$L_{ve\check{c}er}$ еквивалентно ниво на бучава во [dB (A)] за вечерен период од 4 часа во тек на една година

L_{noc} еквивалентно ниво на бучава во [dB (A)] за ноќен период од 8 часа во тек на една година

Времето за почеток и крај на секој од трите периоди во деноноќието (ден-вечер-ноќ), секоја земја го определува во зависност од своите локални специфики, а преглед на периодите како и препораката од ЕУ, даден е во следната табела 12.

Табела 12. Преглед на поделбата на деноноќието на три периоди во повеќе земји

Table 12: Review of the day`s division in three periods in some countries

Држава	Време		
	ден	вечер	ноќ
ЕУ - предлог	7 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	19 ⁰⁰ - 23 ⁰⁰	23 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰
Холандија	7 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	19 ⁰⁰ - 23 ⁰⁰	23 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰
Шведска	7 ⁰⁰ _ 18 ⁰⁰	18 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	22 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰
Белгија	7 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	19 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	22 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰
Данска	7 ⁰⁰ _ 18 ⁰⁰	18 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	22 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰
Хрватска	6 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰	20 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	22 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰
Словенија	7 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	6 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰ , 19 ⁰⁰ - 22 ⁰⁰	22 ⁰⁰ - 6 ⁰⁰
Македонија	7 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	19 ⁰⁰ - 23 ⁰⁰	23 ⁰⁰ - 7 ⁰⁰

Поедини земји од Европската унија (Холандија, Шведска, Данска, Белгија) веќе имаат почнато со воведување на три мерни периоди. Хрватска како најнова членка на ЕУ се вбројува во групата на земји кои ги имаат воведено трите периоди на мерење на транспортната бучава. Словенија покрај воведување на трите периоди имаат воведено и два преодни периода: премин помеѓу период ден и вечер и премин помеѓу периодот вечер и ден.

Во табела 12 се прикажани земјите кои имаат воведено три периода (ден-вечер-ноќ). Од табелата може да се види дека почетокот и крајот на поедини периоди е различно. Ова разлика е врз основа на условите карактеристични поединечно за секоја држава.

Препораките на ЕУ го трасираат патот за прилагодување кон уникатен методолошки систем за проценка и ширење на транспортната бучава.

Директивата 2002/49 ЕС, земјите - членки на ЕУ кои немаат сопствени методи се упатуваат на користење на француската метода "NMPB Routes-96". Земјите кои имаат развиено сопствени методи можат да продолжат да ги користат или евентуално да ја развиваат Француската метода, меѓутоа и едната и другата е обврзана да ја користи равенката 5.6 за определување на еквивалентно ниво на бучавата.

Во согласност со директивата, некои земји членки на ЕУ веќе ги прилагодуваат сопствените методи за пресметка на нивото на бучавата (Германија, Велика Британија).

Истражувањата во тие земји покажале дека прилагодувањето на сопствените методи во согласност со директивите ќе предизвикаат помалку тешкотии за корисниците отколку да се изработат или усвојат потполно нови методи. За земјите кои што ги прилагодуваат сопствените методи во согласност со ЕУ директивата за воведување на усогласувањето најчесто се однесува на воведување на трет индикатор вечер, како посебно ниво на денот. Поедини земји како што се Данска, Финска, Норвешка, Шведска, кои имаат сопствени методи за пресметка на нивото на бучава, веќе изготвуваат нови модели за пресметка на нивото на бучава Nord 2000, во согласност со ЕУ директивата.

Бидејќи, загадувањето од бучавата значително влијае на квалитетот на живеење и здравјето на луѓето, а воедно следејќи ги потребите за подобро искористување на земјиштето и регулирање на односите во просторот, неопходно е да се овозможи употреба на напредни постапки за планирање и управување со просторот, односно донесување на квалитетни одлуки и регулатива за просторно уредување. Еден од главните фактори кој треба да се земе предвид при просторното уредување, задолжително треба да биде и загадувањето од бучава, бидејќи тоа значително влијае на здравјето на луѓето, односно треба да се врши:

- планирање и управување со бучавата,
- нејзино мерење и пресметување,
- оценување на штетните ефекти врз луѓето и околината,
- изработка на стратешки карти за бучава и
- изработка на акциони планови.

3.2 Анализа на законската регулатива во Република Македонија и Република Италија

3.2.1 Преглед на регулативата во Република Македонија

Законот за заштита од бучава во животната средина¹ [21] е донесен во Собранието на Република Македонија на 14 јуни 2007 година. Главната цел на овој закон е да обезбеди:

- создавање здрави услови за животот на луѓето и заштита на животната средина од бучава
- преземање мерки и активности за избегнување, спречување или намалување на бучавата
- преземање на мерки за заштита од бучава која е наметната од блиската средина и предизвикува непријатност и вознемирување

¹ Закон за заштита од бучава во животната средина (Службен весник на Република Македонија бр. 79/07, 124/10, 47/11 и 163/2013 година)

- отстранување или намалување на штетните ефекти кои се последица од изложеноста на бучавата во медиумите и областите на животната средина и
- обезбедување на основа за развивање на мерки за намалување на бучавата што ја емитуваат поголемите извори, особено патните, железничките и водните превозни средства и инфраструктура, воздухопловите, опремата што се користи на отворени простори во индустријата, како и мобилните механички средства за работа.

Од страна на овој закон се дадени дефиниции на поимите „бучава во животната средина“ и „агломерација“.

Така, под „**бучава во животната средина**“ се подразбира несакан или штетен надворешен звук, создаден од човековите активности, којшто е наметнат од блиската средина и предизвикува непријатност и вознемирување, вклучувајќи го и звукот емитуван од превозни средства, патен, железнички и воздушен сообраќај и од места на индустриска активност.

Додека под „**агломерација**“ се подразбира дел од територијата на Република Македонија, определена од страна на Владата на Република Македонија, која има население над 100.000 лица и/или густина на населеност поради која што се смета за урбанизирана област.

Одговорни субјекти во Република Македонија за управување на бучавата согласно член 6 од овој закон се органите на државната управа, општините, Градот Скопје и општините во Градот Скопје, правните и физички лица кои се должни да ја спроведуваат утврдената заштита од бучава, како и да го овозможат нејзиното спроведување.

Врз основа на овој закон, донесени се повеќе **правилници**:

- Правилник за поблиските видови на посебните извори на бучава како и условите кои треба да ги исполнуваат постројките, опремата, инсталациите и уредите кои се употребуваат на отворен простор во поглед на емитираната

бучава и стандардите за заштита од бучава², со кој се пропишуваат поблиските видови на посебните извори на бучава како и **условите кои треба да ги исполнуваат постројките, опремата, инсталациите и уредите кои се употребуваат на отворен простор во поглед на емитираната бучава и стандардите за заштита од бучава;**

- Правилник за поблиската содржина на стратешките карти на бучава и акционите планови за бучава, начинот на изработка и начинот на собирање на податоци за изработка на стратешки карти за бучава и акциони планови за бучава, како и начинот на нивното собирање, чување и евидентирање, со кој се **пропишуваат поблиската содржина на стратешките карти на бучава и акционите планови за бучава, начинот на изработката и начинот на собирање на податоци за изработка на стратешки карти за бучава и акциони планови за бучава, како и начинот на нивното собирање, чување и евидентирање³;**

- Правилник за начинот, условите и постапката за воспоставување и работење на мрежите, методологија и начинот мониторинг, како и условите, начинот и постапката на доставување на информациите и податоците од мониторингот на состојбата во областа на бучавата⁴;

- Правилник за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина⁵- Со овој правилник се пропишуваат граничните вредности за нивото на бучава во животната средина;

- Правилник за поблиските критериуми што се однесуваат на техничките услови и мерките потребни за безбеден сообраќај, потребниот број на вработен персонал за организирање и/или следење на стручна способност,

² Правилник за поблиските видови на посебните извори на бучава како и условите кои треба да ги исполнуваат постројките, опремата, инсталациите и уредите кои се употребуваат на отворен простор во поглед на емитираната бучава и стандардите за заштита од бучава (Службен весник на Република Македонија, бр. 142 од 17.10.2013 година)

³ Правилник за поблиската содржина на стратешките карти на бучава и акционите планови за бучава, начинот на изработка и начинот на собирање на податоци за изработка на стратешки карти за бучава и акциони планови за бучава, како и начинот на нивното собирање, чување и евидентирање - со кој се пропишуваат поблиската содржина на стратешките карти на бучава и акционите планови за бучава, начинот на изработката и начинот на собирање на податоци за изработка на стратешки карти за бучава и акциони планови за бучава, како и начинот на нивното собирање, чување и евидентирање (Службен весник на Република Македонија, бр. 133 од 06.10.2010 година)

⁴ Правилник за начинот, условите и постапката за воспоставување и работење на мрежите, методологија и начинот мониторинг, како и условите, начинот и постапката на доставување на информациите и податоците од мониторингот на состојбата во областа на бучавата (Службен весник на Република Македонија, бр. 123 од 9.10.2009 година)

⁵ Правилник за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на Република Македонија, бр. 147 од 26.11.2008 година)

критериумите за железничките возила и мерки за заштита од бучава и заштита на животната средина⁶;

- Правилник за поблиските услови во поглед на потребната опрема која треба да ја поседуваат овластени научни стручни организаци и институции како и други правни и физички лица, за вршење на определени стручни работи за мониторинг на бучавата⁷;

- Правилник за примената на индикаторите за бучава, дополнителни индикатори за бучава, начинот на мерење на бучава и методите за оценување со индикаторите за бучава во животната средина⁸. Со овој правилник поблиску се определува примената на индикаторите за бучава, дополнителни индикатори за бучава, начинот на мерење на бучава и методите за оценување со индикаторите за бучава во животната средина;

- Правилник за локациите на мерните станици и мерните места⁹. Со овој правилник се пропишуваат локациите на мерните станици и мерните места од кои се следи влијанието од изворите на бучавата во животната средина, односно се одредува точноста на локациите на мерните места и мерните станици кои се поделени на:

- **Подрачје со I степен на заштита од бучава** е подрачје наменето за туризам и рекреација, подрачје во непосредна близина на здравствени установи за болничко лекување и подрачје на национални паркови или природни резервати;
- **Подрачје со II степен на заштита од бучава** е подрачје кое е примарно наменето за престој, односно станбен реон, подрачје во околина на објекти наменети за воспитна и образовна дејност, објекти за социјална заштита наменети за сместување на деца и стари лица и објекти за

⁶ Правилник за поблиските критериуми што се однесуваат на техничките услови и мерките потребни за безбеден сообраќај, потребниот број на вработен персонал за организирање и/или следење на стручна способност, критериумите за железничките возила и мерки за заштита од бучава и заштита на животната средина („Службен весник на Република Македонија “ бр. 27 од 25.02.2008 година)

⁷ Правилник за поблиските услови во поглед на потребната опрема која треба да ја поседуваат овластени научни стручни организаци и институции како и други правни и физички лица, за вршење на определени стручни работи за мониторинг на бучавата („Службен весник на Република Македонија, бр. 152 од 05.12.2008 година)

⁸ Правилник за примената на индикаторите за бучава, дополнителни индикатори за бучава, начинот на мерење на бучава и методите за оценување со индикаторите за бучава во животната средина (Службен весник на Република Македонија, бр. 107 од 29.08.2008 година)

⁹ Правилник за локациите на мерните станици и мерните места („Службен весник на Република Македонија, бр. 120 од 23.09.2008 година)

- примарна здравствена заштита; подрачје на игралишта и јавни паркови, јавни зеленила и рекреациски површини и подрачја на локални паркови;
- **Подрачје со III степен на заштита од бучава** е подрачје каде е дозволен зафат во околината, во кое помалку ќе смета предизвикувањето на бучава, односно трговско - деловно подрачје - станбено подрачје, кое истовремено е наменето за престој, односно во кое има објекти во кои има заштитени простории, занаетчиски и слични дејности на производството (мешано подрачје), подрачје, наменето за земјоделската дејност и јавни центри, каде се вршат управни, трговски, услужни или угостителски дејности;
 - **Подрачје со IV степен на заштита од бучава** е подрачје каде се дозволени зафати во околината, кои можат да предизвикаат пречење со бучава, подрачје без станови, наменето за индустриски или занаетчиски или други слични производствени дејности, транспортни дејности, дејности за складирање и сервисни дејности и комунални дејности кои создаваат поголема бучава.

Индикатори за мерење на бучавата согласно член 7 ставовите 27, 28, 29 30 и 31 од овој закон се поделени на

- **L_{ден} (L_{den})** (индикатор за бучава преку ден-вечер-ноќ) значи индикатор за бучава за општата вознемиреност,
- **L_д (L)** (индикатор за бучава преку ден) значи индикатор за бучава за вознемиреност во текот на денскиот период,
- **L_в (L_e)** (индикатор за бучава во текот на вечерта) значи индикатор за бучава за вознемиреност во текот на вечерниот период,
- **L_н (L_n)** (индикатор за бучава преку ноќ) значи индикатор за бучава за вознемиреност во текот на ноќниот период,
- **L_{ек} (L_q)** (еквивалентно ниво на бучава) е индикатор за бучавата пресметан од измерените нивоа на бучава во еден временски интервал;

Согласно Правилникот за примена на индикаторите за бучава, дополнителни индикатори за бучава, начинот на мерење на бучава и методите за оценување со индикаторите за бучава во животната средина,

пресметувањето на бучавата во Република Македонија за бучава од патен сообраќај се применува Францускиот национален метод за пресметување ‘NMPB-Routes (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)’, од ‘Arrete du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routieres, Journal Officiel du 10 mai 1995, Article 6’ и во францускиот стандард ‘XPS 31-133’.

Согласно Правилникот за примена на индикаторите за бучава, дополнителни индикатори за бучава, начинот на мерење на бучава и методите за оценување со индикаторите за бучава во животната средина пресметувањето на бучавата во Република Македонија за пресметка на бучавата од железничкиот сообраќај се применува Холандскиот национален метод за пресметување објавен во ‘Reken-en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai ’96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimteiljke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996 согласно Прилог 2 .

Согласно Правилникот за примена на индикаторите за бучава, дополнителни индикатори за бучава, начинот на мерење на бучава и методите за оценување со индикаторите за бучава во животната средина пресметувањето на бучавата во Република Македонија за пресметка на бучавата од воздухопловни средства, се применува: ECAC.CEAC.Doc.29 ‘Извештај за стандарден метод на пресметување на контурите на бучавата околу цивилни аеродроми’, 1997. Од различните пристапи кон моделирањето на патеките на летот, ќе се користи техниката на сегментација од дел 7.5 од ECAC.CEAC.Doc.29 согласно Прилог 2.

Во правилникот за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина наведени се табели за гранични вредности на бучавата.

Согласно член 3 од овој правилник заштитата од бучавата на граничните вредности за основните индикатори за бучавата во животната средина предизвикана од различни извори прикажани во табела 13 не треба да бидат повисоки од:

Табела 13. Гранични вредности за основните индикатори на бучавата

Table 13. Limit values of the main noise indicators

Подрачје диференцирано според степенот на заштита од бучава	ниво на бучава изразена во dBA		
	L_d	L_v	L_n
Подрачје од прв степен	50	50	40
Подрачје од втор степен	55	55	45
Подрачје од трет степен	60	60	55
Подрачје од четврт степен	70	70	60

Во член 4, табеларно се прикажани основните индикатори за бучава внатре во просториите во кои престојуваат луѓето, а особено во кои престојуваат осетливите групи на население, како и заради заштитата од несакани ефекти по здравјето:

Табела 14. Основни индикатори за бучава внатре во простории каде престојуват луѓе.

Table 14. Main noise indicators inside the people`s premises

Видови на простории	ниво на бучава изразена во dBA		
	L_d	L_v	L_n
Болничка соба, единици за интензивна нега, операциони сали	30	30	30
Простории во станбени објекти, простории за одмор на деца, спални соби во домови за стари лица и пензионери, хотелски соби	35	35	30
Ординации во здравствени установи, сали за конференции, киносали, театарски и концертни сали	40	40	35
Училници, читални, амфитеатри, предавални, простории за научноистражувачка работа	40	40	40
Работни простории во административни згради, канцеларии	50	50	50
Фоаје на театри и кина, фризерски и козметички салони, ресторани, слаткарници	55	55	55

Нивото на бучавата во реони надвор од урбанизираны локации е регулирано со член 6 и тие изнесуваат:

Табела 15 Нивоа на бучава надвор од урбанизираны локации

Table 15. The levels of noise outside of urban locations

Видови реони	ниво на бучава изразено во dBA		
	L _д	L _в	L _н
Реони изложени на интензивен патен сообраќај	60	55	50
Реони изложени на интензивен железнички сообраќај	65	60	55
Реони изложени на авионски сообраќај	65	65	55
Реони со интензивна индустриска активност	70	70	70
Тивки реони надвор од агломерациите	40	35	35

Поголем дел од овие правилници се усогласени со Директивата 2002/49/ЕК¹⁰ на Европскиот парламент и на Советот од 25.06.2002 година која се однесува на проценување и управување со бучавата во животната средина (32002L0049).

➤ **Пресметка на индикаторите на бучавата предизвикана од патен (уличен) сообраќај**

Во законската регулатива на РМ, односно „Правилникот за примена на индикаторите за бучава, дополнителни индикатори за бучава, начинот на мерење на бучава и методите за оценување со индикаторите за бучава во животната средина“, како составен дел е и Прилог бр. 1, за пресметување на индикаторите на бучавата предизвикана од патен (уличен) сообраќај, според кој за пресметување на бучавата од патен сообраќај се применува Францускиот национален метод „NMPB-Routes (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)“ од „Arrete du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routieres, Journal Officiel du 10 mai 1995, Article 6“ и во Францускиот стандард „XPS 31-133“. За влезните податоци за емисија, овие документи се повикуваат на „Guide du bruit des transports terrestres, fascicule prevision des niveaux sonores, CETUR 980“.

¹⁰ Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise - Declaration by the Commission in the Conciliation Committee on the Directive relating to the assessment and management of environmental noise

(<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32002L0049>)

Оптоварувањето на средината со бучава поради патниот (уличниот) сообраќај, се оценува со пресметување на дневното ниво (L_d) и ноќното ниво на бучава (L_n), за долги и рамни делови (отсеци) на патот (коловозот), на кои должината 1 е на секоја страна од местото за кое се оценува нивото на бучава, поголема од трикратната раздалеченост помеѓу местото на изворот на бучава и местото за оценување на бучавата.

Пресметката за поедини патишта (коловози) за временски период од 07 до 23 часот се врши според формулата:

$$L_d = L_d(25) + D_{\text{брзина}} + D_{\text{нагиб}} + D_{\text{коловоз}} + D_{\text{растојание}} + D_{\text{висина}} + D_{\text{терен}} + K \quad [\text{dBA}] \quad 2.6.10$$

каде што L_d претставува просечна оценета вредност на ниво на бучава во текот на денот.

- Вредности $L_d(25)$ и $L_n(25)$

Овие две вредности претставуваат оценето ниво на бучава кое е резултат на сообраќајот на растојание од 25 метри од средината на коловозот и на просечна висина $h_m = 2,25$ m, при просечна брзина на возилата од 100 km/h, а местото на извор се наоѓа на средината на коловозот и на 0,5 метри над абечкиот слој од коловозната конструкција. Пресметувањето на овие вредности е според формулата:

$$L_d(25) = L_n(25) = 37,3 + 10\log[M \cdot (1 + 0,082 \cdot p)] \quad [\text{dBA}] \quad 2.6.11$$

p – процент на сите тешки возила со вкупна тежина над 2,8 [t] во сообраќајот;
 M – густина на сообраќајот на разгледуваниот пат (коловоз), кој се мери со протокот на возила на час (бр.на возила / час) и пресметката од табела 16, во однос на вредноста на просечниот еднодневен проток на возила на патот (коловозот) и во однос на категоријата на патот. Просечниот еднодневен проток на возила се пресметува врз основа на податоците од броење на сообраќајот, или оценка за сообраќајот за цела година.

Табела 16. Оценка на густината на сообраќајот M, во зависност од дневниот проток на возила (ДПВ) и оценката на учество на товарните возила

Table 16. Evaluation of the traffic congestion M according to the day flow of vehicle (DFV) and evaluation of the share of heavy vehicles

Категорија на патишта	Ден (6-22) ч.		Ноќ (22-6) ч.	
	М.бр. на возила	%	М.бр. на возила	%
Автопат, приклучна улица	0,06 ДПВ	25	0,014 ДПВ	45
Магистрален	0,06 ДПВ	20	0,014 ДПВ	20
Регионален	0,06 ДПВ	20	0,014 ДПВ	10
Локален	0,06 ДПВ	10	0,014 ДПВ	3

- Д_{брзина}

Претставува корекција при оценувањето на нивото на бучава во однос на брзината на возилата и е зависна од просечната брзина на возилата, како и од учеството на товарни возила во сообраќајот и се пресметува според формулата:

$$D_{\text{брзина}} = L1 - 37,3 + \log\{100 + [10 (0,1.D) - 1].P\} / [100 + 8,23.p] \quad [\text{dBA}] \quad 2.6.12$$

каде:

$$D = L2 - L1$$

$$L1 = 27,7 + 10 \cdot \log [1 + (0,02 \cdot V1)^3]$$

$$L2 = 23,1 + 12,5 \cdot \log(V2)$$

V1 - просечна брзина на патнички возила во km/h

V2 - просечна брзина на товарни возила во km/h

- Д_{коловоз}

Претставува корекција при пресметка на оценетото ниво на бучава, поради различни карактеристики на материјалот од кој е изработен абечкиот (завршен) слој на коловозната конструкција.

- D_{нагиб}

Претставува корекција при пресметка на оценетото ниво на бучава, поради нагибот на коловозот.

- D_{растојание}

Претставува зависност на оценетото ниво на бучава, од растојанието меѓу местото на извор на бучава (средина на коловозот, на 0,5 m над коловозот) и местото на оценување на бучава, за кое се пресметува оценетото ниво на бучава. D_{растојание} се пресметува според формулата:

$$D_{\text{растојание}} = 15,8 - 10 \cdot \log(s) - 0,0142 (s)^{0,9} \quad [\text{dBA}] \quad 2.6.13$$

- D_{висина}

Претставува зависност на оценетото ниво на бучава, поради пригушување на бучавата поради абсорпција во тлото и воздухот и зависна е од просечната висина на h_m, а се пресметува според формулата:

$$D_{\text{висина}} = -4,8 \cdot \ln \left\{ - \left[\frac{h_m}{r} \right] \cdot (8,5 + 100/r) \right\}^{1,3} \quad [\text{dBA}] \quad 2.6.14$$

- D_{терен}

Претставува зависност на оценетото ниво на бучава, поради насипи и прегради за заштита од бучава, поради нерамнините на теренот, поради изградените објекти и друго, од кои се одбива бучавата, а се пресметува според уредбата DIN 18 005.

$$D_{\text{висина}} = -4,8 \cdot \text{ehp} \{ - [h_m (r) \cdot (8,5 = 100/r)] 1,3 \} \text{ [dBA]} \quad 2.6.15$$

- Додаток „К“ поради крстосници, семафори и друго

Пресметката на L_d (вкупен) и L_n (вкупен) е според формулите:

$$L_d (\text{вкупен}) = 10 \cdot \log(100,1 \cdot L_{d,1} + 100,1 \cdot L_{d,2}) \text{ [dBA]} \quad 2.6.16$$

$$L_n (\text{вкупен}) = 10 \cdot \log(100,1 \cdot L_{n,1} + 100,1 \cdot L_{n,2}) \text{ [dBA]} \quad 2.6.17$$

каде што индексот 1 се однесува на една насока на движење, а индексот 2 на другата насока на движење. Собраните оценети нивоа на бучава за коловозните ленти во двете насоки, се заокружуваат на цел број.

3.2.2 Преглед на регулативата во Република Италија

Член 844 од граѓанскиот законик е референтна точка за оценка на индивидуална заштита на лица и нивните имоти од изложеност на бучава, и се однесува на референтните вредности на прагот на толерантност. Нормативниот апарат е составен од законска рамка или Законот за заштита од бучава во животната средина¹¹ на Република Италија донесен 26 октомври во 1995 година (L 447/95). Со овој закон се утврдуваат основните принципи за заштита на надворешната средина и животната средина од бучава, согласно член 117 од Уставот на Република Италија. Главни цели на овој закон се [22]:

- загадување на бучавата: воведувањето на бучава во животната средина или во надворешната средина може да предизвика нарушување на одмор и на човековите активности, опасност за човековото здравје, влошување на екосистем, материјалните добра, споменици, на „средина во домот или надворешната средина“.

1 ¹¹ Legge quadro sull'inquinamento acustico (Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana nu.447/1995)

- животна средина: секоја затворена животна средина на една зграда за престој на лица или заедници и се користи за различни активности на човекот, освен за областите што се користат за продуктивни активности за кои стои цврсто согласно Законодавната уредба од 15 август 1991, н. 277 (2), освен во однос на воведувањето на бучава од надворешни извори на звукот во просториите каде производствените активности се спроведуваат;
- фиксен звук извори: технички инсталации во згради и други објекти поврзани со недвижен имот, дури и привремено од чија употреба се произведуваат емисии на бучава; патната инфраструктура, железница, аеродром, морска, индустриска, занаетчиска, трговска и земјоделска; паркинг области; области во непосредна близина на ракување со товарни објекти; депозити на средствата за превоз на лица и стоки; областите посветен на спортски и рекреативни активности;
- граничните вредности на емисиите: максималната вредност на бучава која може да се емитира од изворот на звук, се мери во близина на извор;
- гранични вредности на внесување: максималната вредност на бучава која може да се влезе со еден или повеќе извори на звук во животната средина или на отворена животната средина, се мери во близина на рецептори;
- вредности на заштита: вредноста на бучава која сигнализира присуството на потенцијален ризик за човековото здравје или по животната средина;
- за квалитетни вредности: вредностите на бучава треба да се постигне во кус, среден и долг рок.

Законската рамка 447/95 е стандарден референтен основ за проценка на нивото на бучавата во животната средина и се базира на следниве два основни принципа:

1. Заштита од бучава на поединецот и на надворешната средина.
2. Нивоа на компетентност на државата, регионите, провинциите и локалните власти во регулирање, планирање и контрола на бучавата.

➤ **Ограничувања на бучавата во животната средина – надворешен амбиент**

Заштита на животната средина од негативните влијанија што произлегуваат од изложеноста на бучавата се реализира согласно следниве услови кои произлегуваат од важечкото законодавство:

- Предвидување на специфични лимити на прифатливост на бучавата, според апсолутните вредности настанати на имисија и емисија на територијата;
- Изготвување на планови за акустични зони;
- Изготвување на планови за бучава, ако бучавата ги надминува ограничувањата специфичните лимити на прифатливост на имисија и емисија;
- Изготвување на акциони планови на кус, среден и долг рок на нивото на бучава во животната средина како резултат на одредени оптимални вредности, т.н. вредности на квалитет.

Нормативот предвидува 6 акустични класи поврзани со апсолутните вредности на имисија и емисија за секоја поединечно, мерени во референтен период – ден (06:00-22:00) и ноќ (22:00-06:00).

Граничните вредности на прифатливост на бучавата се предмет на усвојување на општините. Плановите на зонирање на територијата на општината ја делат на 6 акустични зони за да се постигнат гранични вредности според кои ќе се споредат со референтните вредности на бучавата во животната средина. Мерењата се вршат од страна на стручни лица од областа

на акустиката, дефинирани според член 3 од Законот за заштита на животната средина од бучава (L447/95).

Еквивалентното ниво на бучавата во животната средина се пресметува според следната формула:

$$L_{eq A T} = 10 \log (1/T \int_0^T (p^2 A (t)/p^2 O) dt) \quad 2.6.18$$

каде што:

- T е периодот на изложеност на посакувана бучава кој се совпаѓа со референтниот периодот на ден-ноќ;
- P₀ е референтата за звучниот притисок од 20 Pa;
- P_A е звучниот притисок што одговара на амбиенталниот шум правилно измерен со коефициентен филтер на пондерација A.

Овие еколошки ограничувања не се применуваат за транспортна инфраструктура (тампон зони) кои се уредени со посебни уредби во законот 447/95

➤ **Ограничувања на бучавата во животната средина – внатрешен амбиент**

Според диференцијалниот лимит, бучавата се смета за неприфатлива ако разликата помеѓу еквивалентното ниво на амбиенталната бучава и остатокот на нивото на бучавата е повисоко од 5 dB и 3 dB во однос на референтниот период ден-ноќ.

$$L_D = L_A - L_R \leq 5 \text{ dBA ден}$$

$$L_D = L_A - L_R \leq 3 \text{ dBA ноќ}$$

Ограничувањата на диференцијалниот лимит не се применуваат кога:

- за индустриски погони во постојан производствен циклус, доколку ги почитуваат апсолутните граници;
- кога и двата горенаведени услови се верифицирани;
- бучавата мерена со отворени прозорци е помала од 50 dBA и 40 dBA соодветно, во текот на референтниот периоди ден-ноќ;
- измерената бучава со затворени прозорци е помалку од 35 dBA и 25 dBA соодветно за време на референтниот период од ден-ноќ.

Табела 17. Гранични вредности дефинирани од страна на DPCM 14/11/97¹²

Table 17. Limit values defined by DPCM 14/11/97

Територијални области	Влез на гранични вредности Leq dB (A)		Гранични вредности Leq dB (A)		Квалитет на гранични вредности Leq dB (A)	
	Ден	Ноќ	Ден	Ноќ	Ден	Ноќ
Област I - Посебно заштитени области: области кои припаѓаат на оваа зона се териториите каде тивкото ниво претставува приоритетна карактеристика: болници, училишта, области за опуштање и рекреирање, јавен парк, станбени, руралните средини, повеќе интересни областиурбанистичко планирање, итн	50	40	45	35	47	37
Областа II - Области главно посветен на станбена употреба: областите кои припаѓаат на оваа зона главно се карактеризираат со локалниот патен сообраќај, ниска густина на население, ниски присуство на трговски дејности и отсуство на индустриски и рачно изработени активности.	55	45	50	40	52	42
Област III - Мешовити области: области кои припаѓаат на оваа зона се карактеризираат со локални и премин за патен сообраќај, со густина на население, присуството на комерцијални активности, канцеларии, со мала густина на занаетот, отсуство на индустрии; руралните области се карактеризираат со присуство на опрема.	60	50	55	45	57	47
Област IV - Интензивни човекови активности: области кои припаѓаат на оваа зона се карактеризира со зафатени со патниот сообраќај, со висока густина на население, висока застапеност на комерцијални активности и канцеларии, присуството на занетчиски активности; подрачјата во близина на главниот патен сообраќај и железничката инфраструктура; пристаништа, области со присуство на фабрики.	65	55	60	50	62	52
Област V - Главно индустриски области: области кои припаѓаат на оваа зона се карактеризира со присуство на фабрики и низок присуство на станбени згради.	70	60	65	55	67	57
Област VI - Исклучиво индустриски области: области кои припаѓаат на оваа зона се исклучиво од индустриските активности и таму нема станбени објекти.	70	70	65	65	70	70

¹²Табела 17 преземена од акустичните зонирања - споредба на законодавството и искуствата во Италија и Србија 2012 година (<http://www.mfkv.kg.ac.rs/urbanoise/media/1210%20Nis%20%20Prascevic%2021-28.pdf>)

Табела 18. Гранични вредности за нови патни инфраструктури¹³

Table 18. Limit values for new road infrastructure

Типови патишта	Под-типови	Бучава Релевантни бенд ширина (м)	Училишта, болници, одмор / домови за стари лица Leq dB (A)		Други рецептори Leq dB (A)	
			Ден	Ноќ	Ден	Ноќ
Автопатишта	/	250	50	40	65	55
Главни патишта надвор од градот	/	250	50	40	65	55
Секундарни патишта надвор од градот	СА - двоен коловоз	250	50	40	65	55
	Сб - Сите секундарни вонград патишта	150	50	40	65	55
Урбани брзи патишта / двојни коловози		100	50	40	65	55
Урбани област		30	Дефинирани од страна на DPCM 14/11/97 и во согласност со зоните за бучава на урбаните области			
Локални		30				

¹³ Табела 18 преземена од акустичните зонирања - споредба на законодавството и искуствата во Италија и Србија 2012 година
(<http://www.mfkv.kg.ac.rs/urbanoise/media/1210%20Nis%20%20Prascevic%2021-28.pdf>)

Табела 19. Гранични вредности за постојната патна инфраструктура¹⁴

Table 19. Limit values for the existing road infrastructure

Типови патишта	Под-типови	Бучава Релевантни бенд ширина (м)	Училишта, болници, одмор / домови за стари лица Leq dB (A)		Други рецептори Leq dB (A)	
			Ден	Нок	Ден	Нок
Автопатишта		100 (група А)	50	40	70	60
		150 (група Б)			65	55
Главни патишта надвор од градот		100 (група А)	50	40	70	60
		150 (група Б)			65	55
Секундарни патишта надвор од градот	СА - двоен коловоз	100 (група А)	50	40	70	60
		150 (група Б)			65	55
	Сб - Сите секундарни вонград патишта	100 (група А)	50	40	70	60
		150 (група Б)			65	55
Урбани брзи патишта / двојни коловози	Да - меѓуобласт двоен коловоз	100	50	40	70	60
	Дб - Сите урбани брзи патишта / Двоен коловоз	100	50	40	65	55
Урбани област		30	Дефинирани од страна на DPCM 14/11/97 и во согласност со зоните за бучава на урбаните области			
Локални		30				

* За училиштата е само дневната граница

¹⁴ Табела 19 преземена од акустичните зонирања - споредба на законодавството и искуствата во Италија и Србија 2012 година (<http://www.mfkv.kg.ac.rs/urbanoise/media/1210%20Nis%20%20Prascevic%2021-28.pdf>)

3.3 Компаративна анализа за усогласување на ЕУ директивата 2002/49/ЕС со законот за заштита од бучава во Република Македонија

За потребите на овој магистерски труд во соработка со Парламентарниот институт во Собранието на Република Македонија, реализирано е истражување за усогласеноста на законската регулатива во нашата земја за заштита од бучавата, со соодветната регулатива во Европската унија, односно усогласеност со Директивата 2002/49/ЕУ (Directive 2002/49/EC of European Parliament and of the Council relating to the assessment and management of environmental noise – Official Journal of the European Communities, L189/12, 2002) [1].

Може да се констатира дека Република Македонија иако сè уште не е член на Европската унија, како земја-кандидат за полноправно членство го прилагодува своето законодавство согласно препораките на ЕУ[24].

Во моментот во Република Македонија, во регулативата за заштита од бучава кај патниот сообраќај постојат следниве законски решенија:

- Закон за заштита од бучава во животната средина („Службен весник на РМ” бр. 79/07 од 25.6.2007 год.)- Собрание на Република Македонија.
- Правилник за граничните вредности на нивото на бучавата во животната средина („Службен весник на РМ” бр. 147/08 од 26.11.2008 год.)- Министерство за Здравство.
- Правилник за примената на индикаторите за бучава, дополнителни индикатори за бучава, начинот на мерење на бучава и методите за оценување со индикаторите за бучавата во животната средина („Службен весник на РМ” бр. 107/08 од 29.8.2008 год.)- Министерство за животна средина и просторно планирање.
- Одлука за утврдување во кои случаи и под кои услови се смета дека е нарушен мирот на граѓаните од штетна бучава („Службен весник на РМ” бр.1/09 од 1.1.2009 год.)- Влада на Република Македонија.

- Правилник за начинот, условите и постапката за воспоставување и работење на мрежите, методологијата и начинот за мониторинг, како и условите, начинот и постапката на доставување на информациите и податоците од мониторингот на состојбата во областа на бучавата.(„Службен весник на РМ” бр.123 од 9.10.2009 год.)- Министерство за животна средина и просторно планирање.
- Правилник за потребната опрема што треба да ја поседуваат овластени научни и стручни организации и институции, како и други правни и физички лица, за вршење на определени стручни работи за мониторинг на бучава („Службен весник на РМ” бр. 152/08 од 5.12.2008 год.)- Министерство за животна средина и просторно планирање.
- Правилник за локациите на мерните станици и мерните места („Службен весник на РМ” бр. 120/08 од 23.9.2008 год.)- Министерство за животна средина и просторно планирање.

Компаративната анализа за подобра прегледност дадена е со табеларен приказ, во која во повеќе графи се анализираат:

- во првата - Одредбите на ЕУ,
- во втората - постоечкиот национален закон,
- во третата - целосната согласност (да/не)
- во четвртата - доколку не е, како ќе се направи транспозиција?
- во петтата - доколку е во нацрт-верзија, да се внесе член кој е транспониран од ЕУ распоредбите
- во шестата – Статус на транспонирање (5-0 според фазата во која е правењето на законот) и
- во седмата – година во која е планирано целосното транспонирање.

Од изложеното во табелата може да се заклучи дека Република Македонија во целост ја има завршено својата задача и ја има имплементирано законската регулатива во согласност со препораките на Европската унија и Директивата 2002/49/ЕУ.

Табела 20. „Следење на промената и имплементацијата на законодавството на Европската унија во однос на животната средина, Република Македонија, Табела за усогласеност, година (2014)

Директива 2002/49/ ЕС на Европскиот парламент и Советот од 25 јуни 2002

Поврзано со следењето и справувањето со бучавата во животната средина, Регулативата (ЕС) 1137/2008

Table 20. “Monitoring transposition and implementation of the EU environmental acquis”, Republic of Macedonia Table of Concordance, Year 17 (2014)

DIRECTIVE 2002/49/EC of the EUROPEAN PARLIAMENT and of the COUNCIL of 25 June 2002

relating to the assessment and management of environmental noise, as amended by Regulation (EC) 1137/2008

Country:		Macedonia		Date Table Completed:		19.05.2014	
Person(s) completing Table:		Tanja Paunovska, Ministry of Environment and Physical Planning, Phone:++389 76 455 416, e-mail: T.Paunovska@moepp.gov.mk					
Total no. of points if full transposition:		215(43 x 5)		Total no. of points for current status of transposition: 215			
Член	Одредби на ЕУ	Постоечки национален закон	Целосно во согласност (да/не)	Доколку не е, како ќе се направи транспозиција? (L, GO, MO)	Доколку е во нацрт верзија, внеси член кој се кој е транспониран од ЕУ распоредбите.	Статус на транспонирање (5-0 според фазата во која е правењето на законот)	Година во која е планирано целосно транспонирање
Чл. 1	[цели]	Нема да се оценува					
Чл. 2.1	Опсег: Директивата ќе се применува за бучавата во животната средина на која се изложени луѓето, особено во развојните зони, во јавните паркови или други тивки места во англомерати, во тивки средини на отворено, близу училишта, болници и други чувствителни на бучава градби и средини.	Закон за заштита од бучавата во животната средина (Службен весник на РМ бр. 79/07, 124/10, 47/11 and 163/13) (ЗЗБЖС) Член 3, став 1, точка 1	Да			5	

Чл. 2.2	Директивата нема да се применува врз бучавата која е предизвикана од лицето кое е изложено на неа, бучавата од домашните активност, бучава предизвикана од соседите, бучавата на работните места или во средствата за превоз или бучавата резултат на воените активности во воените зони.	Нема да се оценува				0	
Чл. 3	Дефиниции:	ЗЗБЖС	Да			5	
	(а) "бучава во животната средина"	Чл. 7 став (1), точка (4)					
	(б) "штетни ефекти"	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (56)	Да			5	
	(в) "вознемирување"	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (6)	Да			5	
	(д) "индикатор за бучава"	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (19)	Да			5	
	(е) "оценување"	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (39)	Да			5	
	(ф) "Лден" (индикатор за бучавата ден-вечер-ноќ)	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (27)	Да			5	

(g) "Лден" (индикатор за дневната бучава)	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (28)	Да			5	
(h) "Лвечер" (индикатор за вечерната бучава)	ЗЗБ Чл. 7 став (1), точка (29)	Да			5	
(i) "Лноќ" (индикатор за ноќната бучава)	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (30)	Да			5	
(j) "dose-effect relation"	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (40)	Да			5	
(k) "агломерација"	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (1)	Да			5	
(l) "тивки делови во агломерацијата"	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (52)	Да			5	
(m) "тивки делови во отворен простор"	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (53)	Да			5	
(n) "поголеми патишта"	ЗЗБ Чл. 7 став (1), точка (8)	Да			5	
(o) "поголема железница"	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (9)	Да			5	
(p) "поголем аеродром"	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (10)	Да			5	
(q) "мапирање на бучавата"	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (37)	Да			5	
(r) "стратегиска мапа на бучавата"	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (48)	Да			5	
(s) "гранична вредност"	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (11)	Да			5	
(t) "акциски планови"	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (3)	Да			5	
(u) "акустично планирање"	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (2)	Да			5	
(v) "јавноста"	ЗЗБЖС Чл. 7 став (1), точка (24)	Да			5	

Чл. 4.1	MSs треба да определи соодветни нивоа на CAs и тела кои се одговорни за имплементирање на оваа Директива, како и органи одговорни за: А) правење и каде е соодветно одобрување на мапите за бучава и акциски планови за агломерациите, поголемите патишта, железници и аеродроми; Б) собирање на мапи за бучава и акциски планови.	ЗЗБЖС Чл. 15 став (2) и Чл. 17 став (2)	Да			5	
Чл. 4.2	MSs треба да ги направи информациите од чл. 4.1 достапни за јавноста не подоцна од 18 јули 2005.	Нема да се оценува				0	
Чл. 5.1	MSs треба Анекс I - индикатори за звук Lден и Lноќ, да го подготви за ревизија стратегиското мапирање на бучавата во согласност со чл. 7. Сè до употребата на вообичаените методи за оценување и определување на Lден и Lноќ, постоечките национални индикатори за звук и поврзаните податоци може да се користат од MSs за оваа цел и треба да бидат преместени во чл. 5.1. Овие податоци не треба да бидат постари од 3 години.	ЗЗБЖС Чл. 10 став (1) Правилник за примената на индикаторите за бучава, дополнителните индикатори за бучава, начинот на мерење на бучавата и со методите за оценување на индикаторите за бучава во животната средина (Сл. весник на РМ бр. 107/08) (ПИ) (RI)	Да			5	
Чл. 5.2	MSs може да користи дополнителни индикатори за звук за посебни случаеви како оние кои се наброени во Анекс I.3.	Нема да се оценува - дискрециони одредби Обезбедете информации за националното законодавство, но не оценувајте.				0	
Чл. 5.3	За акустично планирање и зонирање на бучавата, MSs може да користи други индикатори за	Нема да се оценува - дискрециони одредби				0	

	бучава од Lден и Lноќ.	Обезбедете информации за националното законодавство, но не оценувајте.					
Чл 5.4	Не подоцна од 18 јули 2005 година, MSs треба да достави информации до ЕУ Комисијата за сите релевантни гранични вредности (ГВ) во сила за територијата или кои се во подготовка, за Lден и Lноќ и каде што е соодветно за Lден и Lвечер, за патната бучава, за железничка бучава, воздушна бучава околу аеродромите и бучава од активностите во индустриските зони, заедно со објаснувања за имплементацијата на граничните вредности.	Нема да се оценува				0	
Чл. 6.1	Вредностите на Lден и Lноќ треба да се определат со користење на методите за оценување од Анекс II.	ЗЗБЖС Член 10 ПИ	Да			5	
Чл. 6.2 ¹⁵	Комисијата треба преку ревизија на Анекс II да определи општи методи за определување на Lден и Lноќ. Тие мерки, дизајнирани да ги променат неосновните елементи на оваа директива, треба да бидат донесени согласно со регулаторната процедура посочена во Член 13 (3).	Нема да се оценува					
	Додека да се донесат овие методи, земјите-членки може да користат методи за оценување во согласност со Анекс II и основани на методите посочени во сопственото законодавство. Во	Нема да се оценува					

¹⁵ Amended by Regulation (EC) 1137/2008

	такви случаеви, земјите-членки мора да покажат дека тие методи даваат еквивалентни резултати на резултатите добиени со методите наброени во став 2 (2) од Анекс II.						
Чл. 6.3	Штетните ефекти може да бидат оценувани со средствата од Анекс III dose-effect relations.	Нема да се оценува					
Чл. 7.1	MSs треба најдоцна до 30 јуни 2007 г. да обезбеди стратегиски мапи за бучавата кои ќе ја покажуваат ситуацијата за претходната календарска година и каде е релевантно да бидат одобрени од Cas, за сите агломерати со повеќе од 250 000 жители и за сите поголеми патишта кои имаат повеќе од 6 милиони возила кои поминуваат на годишно ниво и поголеми аеродроми на нивните територии.	ЗЗБЖС Чл. 15 став (1 и 9), Чл. 61 став (2)	Да			5	
	Не подоцна од 30 јуни 2005, а потоа на секои 5 години, MSs треба да ја информира ЕУ Комисијата за сите поголеми патишта кои имаат повеќе од 6 милиони возила кои поминуваат на годишно ниво, поголеми железници со повеќе од 60 000 возови кои поминуваат на годишно ниво, поголеми аеродроми и агломерации со повеќе од 250 000 жители во тие области.	Нема да се оценува - дискрециони одредби Обезбедете информации за националното законодавство, но не оценувајте. Нема големи патишта, железници и аеродроми во Македонија кои го исполнуваат овој услов. Постои само еден агломерат со повеќе од 250.000 жители (Скопје).					
Чл. 7.2	MSs треба да ги донесе потребните мерки за да обезбеди дека не подоцна од 30 јуни 2005г. и во следните 5 години, за да се направи стратегиската мапа за бучава која ја покажува ситуацијата за претходната	ЗЗБЖС Чл. 15 став (1) и став (9), Чл. 61 став (2)	Да			5	

	календарска година и каде што е релевантно одоброено од Cas за сите агломерати и за сите поголеми патишта и железници на таа територија.						
	Не подоцна од 31 декември 2008, MSs треба да ја информира ЕУ Комисијата за сите агломерации и поголеми патишта и железници во нив.	Обезбедете информации за националното законодавство, но не оценувајте.					
Чл. 7.3	Стратегиските мапи за бучава треба да ги задоволат минималните барања од Анекс IV.	Правилник за посебната содржина на Акциски план за Стратегиските мапи за бучава, начинот на исцртување и начинот на собирање на податоците за создавање на Акциски план за Стратегиските мапи за бучава и начинот на нивно изготвување, чување и зачувување (Official Gazette of RM no.133/10) (RSNMAP)	Да			5	
Чл. 7.4	Соседските MSs треба да соработуваат за стратегиско мапирање на бучавата во близина на границите. borders.	Обезбедете информации за националното законодавство, но не оценувајте. Правилник за соработка на надлежните тела за изработка на стратегиски мапи за бучава и акциски планови за бучава со органите кои се одговорни за правење на стратегиските мапи за бучава и изработката на акциски планови за бучава од соседните земји (Official Gazette of RM no. 163/10) (RCNC)				0	
Чл. 7.5	Стратегиските мапи за бучава треба да бидат прегледани и променети доколку е потребно, најмалку на секои 5 години по нивното изработување.	ЗЗБЖС Чл. 15 став (8)	Да			5	

Чл . 8.1	MSs треба не подоцна од 18 јули 2008 год. да обезбеди дека Cas ги има изработено акциските планови, создадени да се справат со проблемите и ефектите од бучавата, во рамките на нивните територии, како и со намалувањето на бучавата доколку е потребно за: (а) местата кои се близу до поголеми патишта и кои имаат повеќе од 6 милиони возила кои поминуваат на годишно ниво, поголеми железници со повеќе од 60 000 возови кои поминуваат годишно и поголеми аеродроми;	ЗЗБЖС Чл. 15 став (1) Чл. 17 став (1) Уредба која ги утврдува агломерациите, поголемите патишта, железници и аеродроми за кои стратегиските мапи за бучава треба да бидат направени. (Official Gazette of RM no.15/11) (OAMRRA)	Да			5	
	(б) Агломерации со повеќе од 250 000 жители. Ваквите планови треба да имаат за цел да ги заштитат тивките средини од зголемувањето на бучавата.	ЗЗБЖС Чл. 15 став (1) Чл. 17 став (1) OAMRRA	Да			5	
	Мерките во рамките на плановите се во надлежност на Cas, но треба да одговораат на приоритетите кои може да се идентифицираат со надминувањето на некоја релевантна гранична вредност или друг критериум избран од MSs и да ги приложи на најважните места утврдени согласно стратегиското мапирање на бучавата.	ЗЗБЖС Чл. 17 став (4) и став (6)	Да			5	
Чл. 8.2	MSs треба не подоцна од 18 јули 2013 година да обезбеди дека Cas ги има направени акциските планови кои посочуваат на приоритетите кои може да се идентифицираат со надминувањето на релевантните гранични вредности или друг критериум избран од MSs за	ЗЗБЖС Чл. 15 став (1) Чл. 17 став (4) и став (6)	Да			5	

	агломерациите и за поголемите патишта, како и за поголемите железници во рамките на нивните територии.						
Чл. 8.3	MSs треба да ја информира ЕУ Комисијата за чл. 8.1 и два други критериума.	Нема да се оценува					
Чл. 8.4	Акциските планови треба да одговараат на минимум критериумите од Анекс V.	RSNMAP	Да			5	
Чл. 8.5	Акциските планови треба да се прегледаат и поправаат по потреба, кога ќе настапи некој поголем настан кој ја засега постоечката ситуација со бучавата и тоа да се прави најмалку на секои 5 години по нивното одобрување.	ЗЗБЖС Чл. 17 став (5)	Да			5	
Чл. 8.6	Соседните MSs треба да сооработуваат околу акциските планови за граничните области.	Нема да се оценува RCNC					
Чл. 8.7	MSs треба да обезбеди дека јавноста е консултирана во врска со предлозите за акциски планови, дадени претходно, и да обезбеди ефективни можности за учество и преглед на акциските планови при што резултатите од учесниците се земаат во предвид и јавноста е информирана за донесената одлука. Треба да бидат дадени разумни временски ограничувања кои даваат доволно време за секоја фаза од учеството на јавноста.	ЗЗБЖС Чл. 18	Да			5	
	Доколку обврската за учество на јавноста се појави истовремено од ова Директива и друга легислатива на ЕУ, MSs може да избегне дуплирање преку спроведување на заедничка	Нема да се оценува					

	процедура.						
Чл. 9.1	MSs треба да обезбеди дека стратегиските мапи за бучава, кои се направени, се соодветно адаптирани и акциските планови кои ги направиле се достапни и објавени во јавноста во согласност со законодавството на ЕУ, особено согласно Директивата 90/313/ЕЕС за слободен пристап до информации за животната средина и во согласност со Анекс IV & V на оваа Директива, како и начините за достапни информациски технологии.	Закон за животната средина (Official Gazette of RM nos. 53/05, 81/05, 24/07, 159/08, 83/09, 48/10, 124/10, 51/11, 123/12, 93/13, 187/13 and 42/14) (LE) Глава 8 ЗЗБЖС Член 34 и 37	Да			5	
Чл. 9.2	Оваа информација треба да биде јасна, разбирлива и достапна. Треба да биде обезбеден и заклучок со најважните точки.	ЗЗБЖС Член 36	Да			5	
Чл. 10.2	MSs треба да обезбеди информацијата од стратегиските мапи за бучава и заклучоците од Анекс VI се испратени до ЕУ Комисијата во рамките на 6 месеци од датумите наведени во членовите 7 и 8.	Нема да се оценува					
Чл. 14.1	MS треба да донесе закони, одредби и административни распоредби потребни за усогласување со Директивата не подоцна од 18 Јули 2004 г и потоа да ја извести ЕУ Комисијата.	Нема да се оценува					
	Кога MS ќе ги усвои овие мерки тие треба да содржат референца која укажува на Директивата или треба да бидат придружени со такви референци при официјални објавувања. Методите за вакви референци треба да бидат утврдени од MS.	Нема да се оценува					

Чл. 14.2	MS треба националното законодавство кое го усвојуваат и е покриено од Директивата да го поврзат со текстовите на одредбите од Директивата.	Нема да се оценува					
Annex I	Индикаторите за звук се посочени во чл. 5	ЗЗБЖС Член 10 став (4) RI	Да			5	
Annex II	Методите за оценување на индикаторите за звук се посочени во чл. 6	ЗЗБЖС Член 10 став (4) RI	Да			5	
Annex III	Методите за штетните ефекти се посочени во чл. 6.	Нема да се оценува					
Annex IV	Минимум услови за стратегиско мапирање на бучавата се посочени во чл. 7	ЗЗБЖС Член 15 став (1) RSNMAP	Да			5	
Annex V	Минимум услови за акциските планови се посочени во чл. 8	ЗЗБЖС Член 17 став (11) RSNMAP	Да			5	
Annex VI	Да бидат испратени информациите посочени во чл. 10 до Комисијата.	Нема да се оценува					

4 МЕРКИ ЗА ЗАШТИТА ОД БУЧАВА

Пред да се осврнеме на мерките за заштита од бучава, најпрво да се потсетиме на нејзиното влијание на психофизичката состојба на луѓето, како би се потенцирало нејзиното штетно влијание.

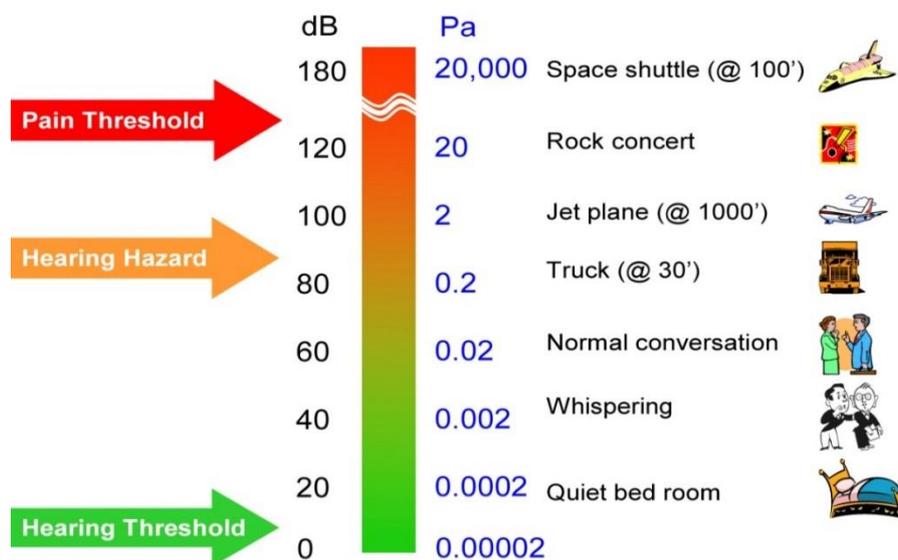
Висината на бучава од 30 – 59 dB(A) сè уште е поднослива, но веќе се забележува како nelaгодна, 40 dB(A) пречат при спиење, на висина од 60 – 89 dB(A) вегетативниот нервен систем засилено е оптоварен, разбирањето на говорот е намалено, а од 85 dB(A) неопходна е заштита на слухот.

Во близина на пооптоварени сообраќајници каде имаме поголеми брзини на движење на возилата, висината на бучава кај куќите во близина на сообраќајниците достигнува повеќе од 70 dB(A). Имајќи го предвид овој податок, може да се заклучи дека секој пропуст при проектирање на заштита од бучава покрај патните сообраќајници ќе резултира со голема изложеност на жителите на бучава, што во краен случај ќе предизвика значителни психички и физиолошки пречки [25].

Според World Health Organisation, 210 милиони европски граѓани (44 проценти од популацијата на ЕУ) секојдневно се подложени на транспортна бучава и ризици за нивното здравје. [26]

Споредбата на звучниот притисок, звучните нивоа и општи примери за големината на бучава, презентирани се на сл. 31.

Според Пол де Вос (Paul de Vos) (стратешки советник за инженерство и консултации во Royal Haskoning DHV), политиката на ЕУ е да ги принуди локалните власти да прават големи инвестиции за намалување на транспортната бучава, така што до 2017 година, европските влади ќе потрошат стотици милиони евра за звучни бариери, потивки патишта (коловози) и мерки поврзани со негативните ефекти од транспортната бучава, вклучувајќи и нарушувања на здравјето. (www.ITSInternational.com, 2014) [27]



Слика 31. Споредба на звучниот притисок, звучните нивоа и општи примери

Figure 31. Comparison of sound pressure, sound levels, and common examples

Некои земји од ЕУ, како на пример Кралството Холандија кое е лидер во оваа област, многу порано го воочиле проблемот со бучавата и започнале да го решаваат уште од 1979 година, така што до 2001 година имале поставено заштитни акустични бариери во должина од 450 km покрај националните патишта, а според нивните развојни стратески планови секоја година поставуваат уште по 20 km бариери за заштита од бучава. Освен оваа мерка со заштитни бариери, во Холандија се изведуваат и т.н. „тивки коловози“ на повеќе од 3.000 km патишта [28].

4.1.1 Видови мерки за заштита од бучава

Секојдневно многу од нас се судираат со транспортната бучава на автопатите, иако најпогодени се луѓето кои живеат, работат или посетуваат училиште во близина на автопат или сообраќајница со густ сообраќај. Мерките за заштита од бучавата поделени се во четири групи и тоа:

- Мерки за намалување на бучавата на местото на извор;
- Мерки за намалување на ширење на бучавата помеѓу изворот и местото на прием;
- Заштита од бучава на местото на имисија и
- Преземање на економски мерки и донесување адекватна регулатива. [5]

Првата наведена мерка за намалување на транспортната бучава претставува примарна мерка, додека останатите три се секундарни мерки.

Првата мерка за намалување на транспортната бучавата на местото на извор (Таб. 6), односно намалување на бучавата која е резултат на заемодејството помеѓу пневматиците од возилото и коловозот се врши со една од следниве мерки:

- Сообраќајни мерки:
 - намалување на брзината на движење во определени реони и постигнување на изедначена – рамномерна брзина (Таб. 1);
 - подобрување на сообраќајниот тек (координација на светлосната сигнализација, што ја намалува бучавата при забавување и кочење на возилата);
 - ограничувања – забрани за движење на определени делници (пример за тешки товарни возила);
 - исклучување на светлосната сигнализација навечер и др.

Табела 21. Намалување на бучавата поради намалување на брзината [6]

Table 21. Noise reductions when reducing speed [6]

Намалување на брзината <i>Speed reduction [km/h]</i>	Намалување на бучавата <i>Noise reduction [dB]</i>
80 → 60	4,4
60 → 50	2,8
60 → 40	6,2
50 → 40	3,4
50 → 30	7,8
40 → 30	4,3

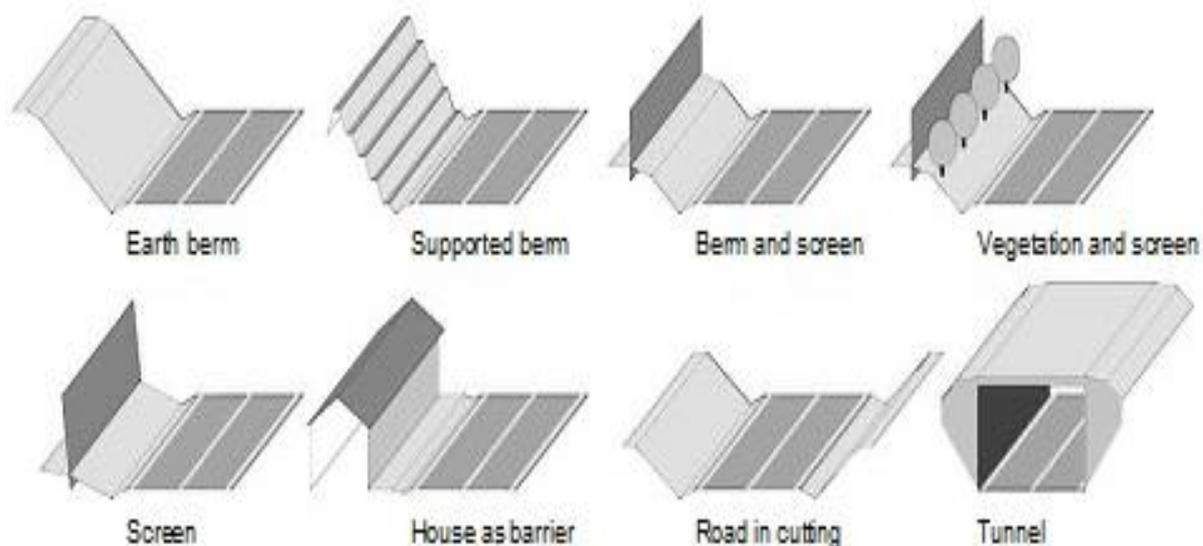
Градежни мерки:

- избор на типот на коловозен застор
- редовно квалитетно одржување на патиштата (особено после прекопи)
- спречување / елиминирање на појавата на нерамнини и деформации
- капаците за шахти, сливници и други вградени објекти треба да се поставата на места вон трагите на тркалата на возилата, а ако се наоѓаат на трагата на тркалата да бидат квалитетно изведени, за ударите од пневматиците во нив да не предизвикуваат бучава и др.

Втората мерка за намалување на ширење на бучавата помеѓу изворот и местото на прием се применува во случаи кога не може да се изврши намалување на нивото на бучава на местото на извор во пропишаните граници и тогаш се интервенира на еден од следниве два начина:

Преземање на градежни мерки - интервенција на местото на имисија со:

- поставување на разни типови на бариери за заштита од бучава;
- изградба на насипи за заштита од бучава;
- изградба на тунели и галерии;
- садење на вегетација и др (Сл. 32).



Слика 32. Типови на заштитни бариери [7]

Figure 32. Examples of noise barriers [7]

- планирање и управување со просторот во близина на патиштата;
- намалување на обемот и влијанието на сообраќајот со соодветно просторно планирање на станбените населби;
- оддалечување на објектите од патиштата;
- планирање на трасата без крстосници;
- да се обезбеди рамномерен тек на сообраќајот, без остри кривини и големи надолжни наклони
- новите патишта да се планираат во постојните коридори каде веќе има извори на бучава и др.

Третиот тип на мерка - Заштита од бучава на местото на имисија, се применува кога не може да се применат претходните две заштитни мерки и опфаќа користење на звучна изолација и посветување поголемо внимание при проектирање на објекти близу патиштата.

Четвртиот тип на заштитна мерка е Преземање на економски мерки и донесување адекватна регулатива. Во овој тип на мерки би можело да се преземе донесувањето на закон со кој возилата кои произведуваат поголема бучава од дозволената да плаќаат определен надомест.

4.1.2 Заштита од бучава со звучни ѕидови – бариери

Најчест тип за намалување на бучавата на автопатиштата е поставување на звучен ѕид или звучна бариера во облик на ѕид, конструирани за да ја намалат бучавост на 10 dB(A).

Овие ѕидови се конструираат и изведуваат така што лежат надолжно на автопатот, при што визуелно ги блокираат патиштата од погледот на луѓето кои живеат покрај нив.

Главната поделба на бариерите за заштита од бучава е на два типа:

- рефлектирачки бариери (овој тип на заштитни бариери ги одбиваат звучните бранови без намалување на нивниот интензитет) (Сл.2.33 а) и

апсорбирачки (овој тип на заштитни бариери впиваат - апсорбираат дел од звучната енергија и емитураат звучен бран со намален интензитет) (Сл. 33 б) [29].



Слика 33. Заштитни бариери а) рефлексивна; б) апсорбтивна

Figure 33. Traffic noise barrier a) reflective; b) absorbtive

Овие видови се конструираат и изведуваат така што лежат надолжно на автопатот, при што визуелно ги блокираат патиштата од погледот на луѓето кои живеат покрај нив.

Во зависност од материјалот од кој се изработени, акустичните заштитни бариери можат да бидат од:

- пластика,
- камен,
- дрво,
- метал,
- стакло и др.

Следната поделба на бариерите е во поглед на провидноста, што зависи првенствено од материјалот од кој се изработени. Кој тип на бариера ќе се примени на определен пат, или негова делница, зависи од микролокацијата каде се поставуваат. Во однос на оваа поделба можат да бидат:

- транспарентни (просирни) и
- нетранспарентни (непросирни).

Постојат повеќе различни типови на конструкции на заштитни бариери за намалување на бучавоста, кои се направени во зависност од расположивиот простор, прифатеноста од населението и трајноста.

Поставените бариери покрај патиштата за да бидат ефикасни, треба да задоволат неколку критериуми, од кои најзначајни се следниве:

- да имаат добра способност за апсорпција на звук,
- добра механичка отпорност и стабилност,
- отпорност на смрзнување,
- отпорност на дејството на солта од зимско одржување на патиштата,
- отпорност на пожари,
- да ги задоволат естетските критериуми за вклопување со околината.

4.1.3 Примена на бариери за заштита од транспортна бучава

а) Во некои земји на Европската унија

Некои од искуствата на применети бариери за заштита од транспортна бучава на европските автопатишта (Италија), презентирани се на слика 34 [30].

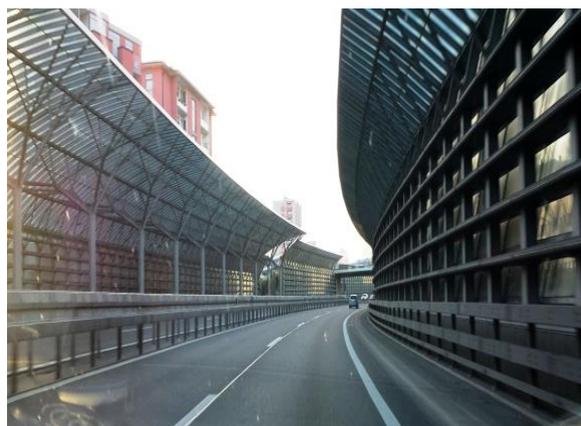
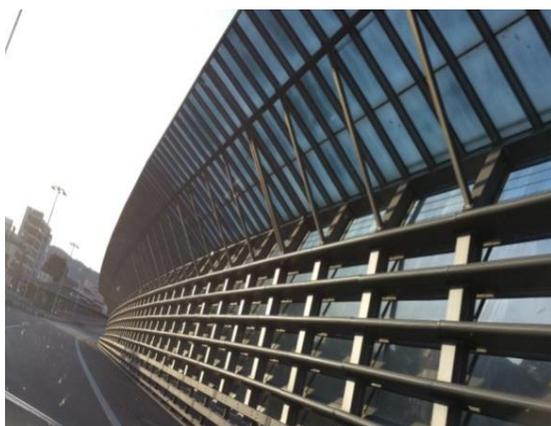
Европските искуствата од примена на бариерите за заштита од транспортна бучава во градски средини во Швајцарија, прикажани се на слика 35 [30], а како особено практични и современи решенија за заштита од бучава применети во градски средини, дадени се применетите бариери во главниот град на Австрија, Виена (Сл. 36 а) и б)).

Во првиот случај, применети се транспарентни заштитни бариери од бучава во Виена, кои воедно претставуваат и колектори на сончева енергија, што претставува исклучително квалитетно решение не само од еколошки, туку и од економски аспект. Во вториот случај, применета е транспарентна бариера во урбана средина – крстосница.



Слика 34. Бариири за заштита од патната бучава на автопатишта (Италија)

Figure 34. Traffic noise barrier on motorway (Italy)



Слика 35. Бариири за заштита од патната бучава во градска средина (Швајцарија)

Figure 35. Traffic noise barrier in urban area (Suisse)



Слика 36. Примена на транспарентни рефлектирачки бариери во урбани зони

Figure 36. Application of transparent reflective barriers in urban areas

б) Заштита од транспортната бучава во Република Македонија

Република Македонија иако сè уште не е членка на ЕУ, веќе неколку години има усвоено соодветна законска регулатива за заштита од бучава соодветно пратечки правилници кои ги дефинираат потребните услови за реализација и допрецизирање на законските постапки.

Закон за заштита од бучава во животната средина („Службен весник на РМ” бр. 79/07 од 25.6.2007 год.).

На заштитата од транспортната бучава во Република Македонија на вонградските патишта (автопатишта, магистрални и регионални патишта), во минатото не се посветувало доволно внимание, но со изградба на обиколницата околу главниот град Скопје, се изградија првите заштитни ѕидови - бариери. Применети се акустични бариери од двата типа апсорбирачки и рефлектирачки бариери. Апсорбирачките бариери се изработени од алуминиум, перфорирани од едната страна, со исполна од минерална волна (Сл. 37), додека рефлектирачките бариери изработени се од пластика и се транспарентни (Сл. 38) [31].

Причината за недоволно посветување на заштитата од бучава, најверојатно се наоѓа во недоволните финансии при изградба на патишта, како и во тоа што не постои систематско следење на состојбата со бучава на патиштата во експлоатација.



Слика 37. Апсорбирачка заштитна бариера
Figure 37. Absorptive acoustic barrier



Слика 38. Рефлективна
Figure 38. Reflective

На градските сообраќајници во Република Македонија заштита од бучава со звучни бариери, досега е применето само во главниот град Скопје и тоа на две места [31]:

- кај транспортниот центар во центарот на градот - рефлектирачка бариера (Сл. 39) и
- на излез/влез од Скопје во Ѓорче Петров – апсорбирачка бариера, при изградба на обиколницата на Скопје (Сл. 40).



Слика 39. Рефлектирачка бариера
Figure 39. Reflective acoustic barrier



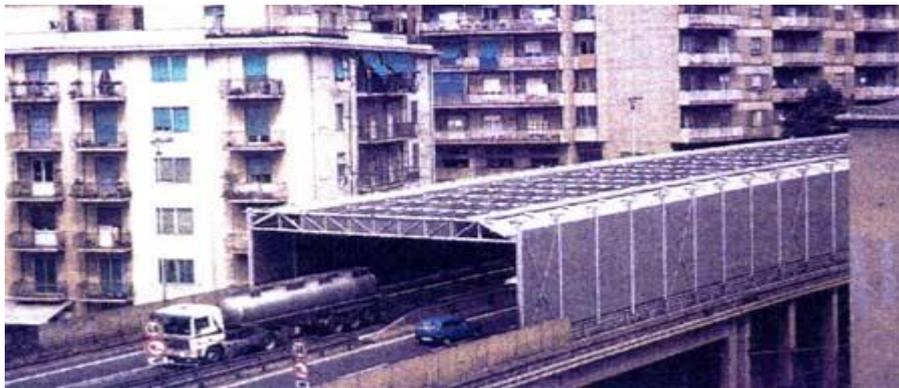
Слика 40. Апсорбирачка
Figure 40. Absorptive

Останатите видови на заштита од транспортната бучава (како на пример примена на „тивки“ коловози и др.), досега не се применети на патната мрежа во Република Македонија.

4.1.4 Заоблени бариери и галерии

За сообраќајници кои поминуваат во близина на градски средини потребно е да се изведат повисоки бариери за заштита од бучава, кои честопати не се во хармонија со околната архитектура. Надминувањето на ваков проблем е со заоблување на бариерата кон коловозот, т.н. „Т – бариери“, при што со приближување на бариерата кон изворот, се врши подобра заштита на околината.

Посебен тип на заоблена бариера кој се применува во урбаните средини е галеријата. Разликата од заоблените бариери е во тоа што со галериите се врши целосно покривање на сообраќајницата и всушност се добива тунел. Горниот дел на галеријата се изведува од транспарентен материјал, со што би се овозможила нормална видливост, додека конструкцијата се прави најчесто од алуминиум (Сл. 41) [32].



Слика 41. Заштита од бучава во градска средина со галерија

Figure 41. Protection from traffic noise in urban area with galery

4.1.5 Тунели

Од аспект на намалување на бучавата, најдобра заштита претставуваат тунелите, но треба да се потенцира дека воедно тие се и најскап начин на заштита.

Постојат два начина на изведба на тунелите:

- надземни (се градат од транспарентни материјали и метал, при што секогаш се посветува внимание на заштита од одекот кој се јавува во тунелот) и
- подземни (кога тоа е возможно тунелите се вкопуваат во земја, при што имаме рационално искористување на градското земјиште).

Меѓутоа треба да се напомене дека кога тунелите се изведуваат како објекти за заштита од бучава, тие скоро секогаш се изведуваат како надземни објекти.

4.1.6 Тивки коловози

Под поимот „тивки коловози“ се подразбираат коловозни површини кои создаваат помало ниво на бучава од стандардните коловози, како резултат на заемодејството помеѓу пневматикот и коловозот („бучава од тркалање“ - која се јавува при движење – тркалање на пневматиците по коловозот).

Дека станува збор за сериозен проблем, говори и фактот дека бучавата од тркалање станува доминантна при брзини поголеми од 50 km/h, што значи дека овој тип на коловози се поефикасни при отворени патни делници (автопатишта, магистрални и регионални патишта).

Главни фактори на асфалтната покривка кои влијаат на бучавата од тркалање се:

- ✓ текстурата и
- ✓ порозноста.

Општо земено кога имаме текстура со бранова должина 1,5 – 2 инчи (3,81 – 5,08 см), тогаш се произведува највисоко ниво на бучава. За намалување на бучавата, текстура на коловозот треба да биде рамна, или негативно ориентирана – насочена надолу. (Сл. 42).



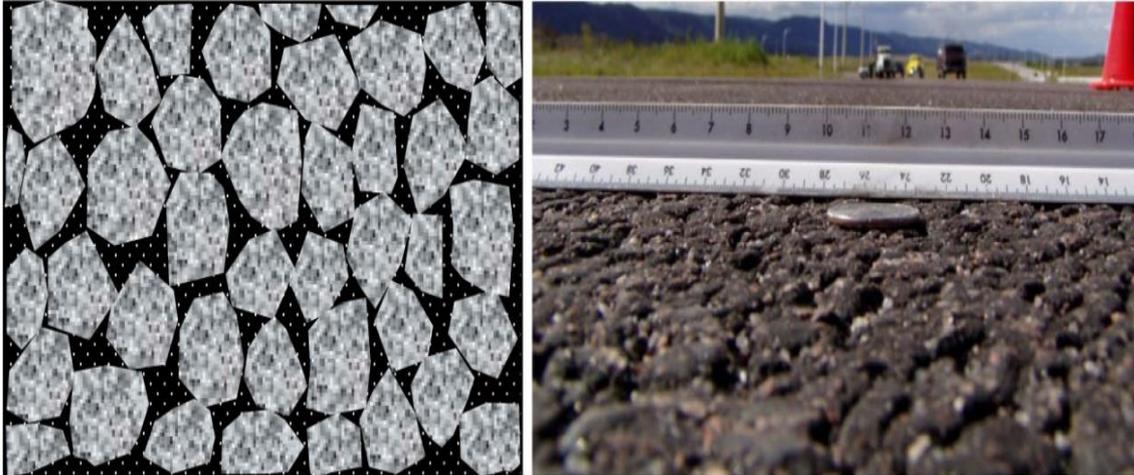
Слика 42. Шема и фотографии на добра и лоша текстура на коловозот, во однос на создавањето на бучава од односот пневматик - коловоз

Figure 42. Conceptual schematic and photos of bad and good texture profiles as they relate to tire-pavement noise generation potential

Од аспект на порозноста, оние коловозни површини кои се „поотворени“ – попорозни, всушност се и потивки.

Во Република Словенија спроведен е експеримент за одредување на зависноста помеѓу типот на асфалтна покривка и транспортната бучава (создадена од тркалање на пневматиците по коловозната површина), на асфалтни мешавини кои најчесто се применуваат на патиштата. Четирите главни групи асфалтни мешавини кои се испитувани се: асфалт бетон - АБ (asphalt concrete - AC), дренажен асфалт (drainage asphalt - DA), површински обработки (surface dressing) и СМА асфалт (stone mastic asphalt - SMA).

Резултатите од мерењата на нивоата на звук, покажуваат дека емисијата на транспортна бучава е најмала кај асфалтот СМА, бучава која е за 1,5 – 2 dB(A) помала од другите типови на асфалтна мешавина (Сл. 43) [33].



Слика 43. Шема и слика од порозноста кај СМА асфалтот (Stone Mastic Asphalt)

Figure 43. Gap-graded SMA schematic and photo

5 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ

5.1 Цел на истражувањето

Влијанието на бучавата од сообраќајниците врз животната средина, луѓето и животните е големо, но за жал при планирање, проектирањето и изградбата на патишта, оваа проблематика досега честопати се занемаруваше, поради фактот што патните правци кои ги поврзуваат населените места се градат во ненаселени или ретко населени области.

Анализирана е состојбата на заштита од транспортна бучава низ населено место на делот на Автопатот А2 (Е-65) делница: Скопје-Тетово, во делот на атарот на с. Ласкарци [34].

Како основна причина за обработка на делот на автопатот кој минува низ с. Ласкарци е близината на станбени објекти до самиот автопат, како и присуството на транспортна бучава во континуиран или повремени период, а која е со различни нивоа. Поради ова, истата може да предизвика оштетување на слушните органи и нарушување на психичката состојба на луѓето од регионот, континуираното присуство на бучава се рефлектира врз расположението, способноста за работа, зголемено чувство на замор и депресивност.

Целта на ова истражување е да се утврди големината на транспортната бучава од автопатот врз животната околина во атарот на с. Ласкарци, а потоа да се изработи звучна карта за да се утврди нејзиното влијание.

5.2 Методи на истражувачка работа

На автопатот А2 (Е-65) Скопје - Тетово делница од km 10+734,95 до km 11+057,85 во атарот на с. Ласкарци постои населба која се наоѓа од левата страна на автопатот и е во непосредна близина на коловозот. Во тој регион е направено мерење на нивото на бучава предизвикана од сообраќајот што се одвива помеѓу наведените стациони.

Мерењето е извршено со софистицирана дигитална мерна опрема тип Bruel & Kjaer Investigator 2260. Со цел проверка на точноста на опремата, истата непосредно пред и по мерењето е калибрирана со високо прецизен софистициран калибар тип Bruel & Kjaer Sound Level Calibrator type 4231. Мерните резултати се обработени и подготвени во соодветна форма за анализа и прикажување со специјализиран софтвер Sound Analysis BZ 7210 Bruel & Kjaer.

Мерењето е извршено во согласност со прецизно одредени норми и препораки на соодветните стандарди за мерење на бучава.

Извршено е мерење на 64 карактеристични мерни точки, како на самиот автопат, така и на карактеристични мерни точки со точно определени координати покрај автопатот, вклучувајќи го населеното место, а со цел да се овозможи точно картирање на регионот.

При мерењето мерниот уред е поставен на висина од 1,50 метри.

Мерниот опсег изнесува од 30 dB до 110 dB.

Метеоролошките параметри се:

- Просечна температура на воздух: 10°C
- Просечна влажност на воздух: 63%
- Просечен притисок: 981 kPa

5.3 Влезни параметри

При изработка на звучните карти, како и при анализа на добиените резултати и предлог- мерките за намалување на бучавата/нејзиното сведување во дозволени рамки во населени места, користени се следните параметри:

5.3.1 Влезни параметри за сообраќај (проток на возила)

При преземањето на податоците за целодневниот проток на возила, истите се поделени на два временски периода /ден и ноќ/.

Табела 22. Дефинирани периоди

Table 22. Defined periods

Период	Опис	од	До
Ден	Дневен период	07:00	19:00
Ноќ	Ноќен период	19:00	07:00

Влезните параметри за бројот на возила се однесуваат за две категории на возила (лесни и тешки возила). Мерењата за протокот на сообраќај се преземени од ЈП „Македонија пат“ - Скопје. Според следењето на сообраќајот добиени од автоматските бројачи на бројачко место бр. 41 Сарај: Скопје – Желино добиени се следните податоци:

Табела 23. Просечен дневен/на час проток на возила, според категорија на возилата (лесни возила, тешки возила)

Table 23. Average daily/hourly flow of vehicles, according to vehicles type (easy, heavy vehicles)

	Вкупно		Лесни возила		Тешки возила	
	дневно	на час	дневно	на час	дневно	на час
просечен сообраќај - годишно ниво	8322	347	7407	309	915	38
просечен сообраќај - дење	7184	299	6394	266	790	33
просечен сообраќај - ноќе	1135	47	1010	42	125	5
просечен сообраќај - лето	8722	364	7763	324	959	40
просечен сообраќај - зима	7922	330	7051	294	871	36

Табела 24. Просечен дневен / на саат проток на возила, според категорија на возилата (лесни возила, тешки возила) по коловозни ленти

Table 24. Average daily/hourly flow of vehicles, according to vehicles` type (easy, heavy vehicles) on lane road

	Вкупно				Лесни возила				Тешки возила			
	дневно		на час		дневно		на час		дневно		на час	
коловозна лента	лева	десна	лева	десна	лева	десна	лева	десна	лева	десна	лева	десна
просечен сообраќај - годишно ниво	4161	4161	137	138	3704	3703	133	133	395	395	17	16
просечен сообраќај - дење	3704	3703	150	149	1597	1598	154	155	457	458	19	19
просечен сообраќај - ноќе	568	567	24	23	505	505	21	21	63	62	3	2
просечен сообраќај - лето	4361	4361	182	182	3882	3881	162	162	480	479	20	20
просечен сообраќај - зима	3961	3961	165	165	3526	3525	147	147	436	435	18	18

Процентот на тешки возила од вкупниот број на возила е 11%, додека пак процентот на лесни возила од вкупниот број на возила е 89%.

Во зависност од категоријата на возилата, просечната брзина по категории е претставена во табела 25.

Табела 25. Просечна брзина во зависност од категоријата на возилата

Table 25. Average speed depending on the category of the vehicle

	Лесни возила	Тешки возила
Просечна брзина [km/h]	120	100

5.3.2 Влезни метеоролошки параметри

Како влезни параметри за изработка на звучна карта се користат метеоролошките параметри (температура, воздушен притисок и влажност на воздухот), добиени од страна на Хидрометеоролошкиот завод на Република Македонија.

Просечните месечни и годишни температури на воздухот во келвини (K) и целзиусови степени (°C), како и просечните температури на воздухот се претставени во табела 26 и табела 27.

Табела 26. Просечни месечни и годишни температури на воздухот

Table 26. Monthly and annual temperatures

Целзиус (°C)	Келвин (K)	Месец
-0,6	272.55	I
1.8	274.35	II
6,2	279.35	III
11.4	284.55	IV
15.8	288.65	V
19.4	292.55	VI
21.4	294.55	VII
21.1	294.25	VIII
17.0	290.15	IX
11.1	284.25	X
.5.8	278.95	XI
1.2	274.35	XII
10.9	284.05	Средно годишно
22.0	295.15	Годишна амплитуда

Табела 27. Просечни температури по карактеристични периоди

Table 27. Average temperatures in specific periods

	лето		зима	
	Келвин (K)	Целзиус (°C)	Келвин (K)	Целзиус (°C)
Просечна температура	292.875	19.72	275.3	2.15

Просечната месечна и годишна влажност на воздухот како и просечните влажности на воздухот лето / зима се претставени во табела 28 и табела 29.

Табела 28. Просечна месечна и годишна влажност на воздухот

Table 28. Average monthly and annual humidity

Месец	Просечна влажност на воздухот (%)	Месец	Просечна влажност на воздухот (%)	Средна влажност на воздухот (%)
I	82	VII	57	70
II	74	VIII	88	/
III	67	IX	/	/
IV	/	X	/	/
V	/	XI	/	/
VI	62	XII	84	/

Табела 29. Просечна влажност на воздухот по карактеристични периоди

Table 29. Average humidity in specific periods

Годишно време	лето	зима
Просечна влажност на воздухот (%)	69	80

5.3.3 Влезни параметри - просечен годишен притисок на воздухот

Според податоците добиени од Хидрометеоролошки завод на Република Македонија просечниот годишен притисок на воздухот изнесува 98,1 [кPa].

5.3.4 Податоци за изворот на звук

Висината на изворот на звук (средна висина на емитување на звук од емитерите на звук - возилата) според ISO 9613-1/2 изнесува:

$$H=0,75 \text{ m}$$

Емисијата на еден звучен извор (лесно возило) при движење со просечна брзина по автопатот - 120 km/h според ISO 9613-1/2 е дадена во табелата 30.

Табела 30. Емисија на еден звучен извор (лесно возило) при движење со просечна брзина по автопатот - 120 km/h

Table 30. Emission of a sound source (easy vehicle) with average speed on a highway of 120 km/h

Фрекв.	63Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	Le(D)
dB/km	26.8	44.4	50.0	51.9	55	54.3	48.8	37	59.78

Емисијата на еден звучен извор (тешко возило) при движење со просечна брзина по автопатот - 100 km/h според ISO 9613-1/2 е дадена во табелата 31.

Табела 31. Емисијата на еден звучен извор (тешко возило) при движење со просечна брзина по автопатот - 100 km/h

Table 31. Emission of a sound source (heavy vehicle) with average speed on a highway of 100 km/h

Фрекв.	63Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	Le(D)
dB/km	19.1	42.8	52.7	56.6	56.0	54.5	51.8	40.9	61.78

5.4 Резултати

Резултатите од извршените мерења на нивото на транспортна бучава во атарот на с. Ласкарци се дадени во Табела бр. 32.

Дозволеното ниво на бучава во населено место покрај автопат, согласно важечките стандарди изнесува 60 dB преку ден и 50 dB ноќе.

На картата во Прилог број 1 е даден делот од km 10+734,95 до km 11+057,85 при што се внесени мерните точки со внесен број на мерно место и добиениот резултат на измерено ниво на бучава во одреден временски интервал во децибели, а кој е во зависност од протокот на возила и во периодот на мерење.

Во табела 32 се дадени податоците за местоположба и резултатите на мерните точки од извршеното мерење на транспортната бучава. Местоположбата е одредена со дадено нормално растојание од осовината на патот и соодветната стациоณา за тоа нормално растојание.

Податоци за местоположба и резултати на мерни точки од извршено мерење на бучава со инструмент Bruel & Kjaer Investigator 2260.

Делница	Скопје - Тетово	Стационажа	од km	10+734,95
			до km	11+057,85

Табела 32. Податоците за местоположба и резултатите на мерните точки

Table 32. Information about the location and results of the measurement points

Ознака на мерно место	Стационажа	Растојание нормално на осовина на пат	Ниво на бучава Leq dB (A)
М-1	10+909.61	38	68.40
М-2	10+934.28	39	59.47
М-3	10+983.73	38	62.66
М-4	10+983.73	37	56.02
М-5	10+958.92	25	61.19
М-6	10+990.73	38	58.74
М-7	11+008.34	38	58.52
М-8	10+915.00	26	67.55
М-9	10+934.28	19	72.19
М-10	10+958.92	19	72.68
М-11	10+734.95	20	71.66
М-12	10+890.00	31	67.83
М-13	10+934.28	25	64.05
М-14	10+884.79	19	70.34
М-15	10+950.00	32	68.43
М-16	10+930.00	38	64.92
М-17	11+033.02	18	71.63
М-18	10+069.12	19	70.49
М-19	10+884.79	37	60.89

M-20	10+859.81	40	61.75
M-21	10+944.00	52	55.57
M-22	11+033.02	40	58.53
M-23	10+918.00	25	66.12
M-24	11+040.00	41	55.24
M-25	11+055.00	46	53.92
M-26	11+055.00	16	64.80
M-27	10+995.00	22	67.33
M-28	10+975.00	25	62.75
M-29	10+809.78	41	57.57
M-30	10+734.95	12	70.47
M-31	10+743.60	123	65.78
M-32	10+759.89	12	72.66
M-33	10+784.94	12	69.61
M-34	10+790.00	12	70.23
M-35	10+809.78	12	70.11
M-36	10+834.36	12	69.12
M-37	10+859.81	12	70.21
M-38	10+875.00	12	71.10
M-39	10+884.79	12	70.23
M-40	10+909.61	12	68.86
M-41	10+934.28	12	76.35
M-42	10+958.92	12	74.73
M-43	10+965.00	12	75.32
M-44	10+983.73	12	75.60

М-45	11+008.34	12	73.45
М-46	11+033.22	12	72.65
М-47	11+057.85	12	72.50
М-48	10+734.95	12	72.01
М-49	10+759.89	12	73.20
М-50	10+784.94	12	71.62
М-51	10+809.78	12	74.55
М-52	10+834.36	12	69.50
М-53	10+859.81	12	70.45
М-54	10+875.00	12	68.54
М-55	10884.79	12	67.58
М-56	10+909.61	12	70.50
М-57	10+915.00	12	71.24
М-58	10+934.28	12	73.45
М-59	10+958.92	12	73.25
М-60	10+983.73	12	74.10
М-61	10+995.00	12	72.19
М-62	11+008.34	12	69.33
М-63	11+033.02	12	68.12
М-64	11+057.85	12	68.40

5.5 Анализа на добиените резултати од мерењата

Со анализа на добиените мерења на фактичката состојба на терен и нивна споредба со дозволените вредности усвоени од страна на Собранието на Р Македонија (50 dB ноќе и 60 dB дење) од 64 мерни места 29 се наоѓаат во населено место притоа што:

- Дневното дозволено ниво на присуство на бучава во населено место од 29 мерни места не го исполнуваат 14 мерни места односно 40,6% (во табелата 1 дадени се местоположбата и измерената вредност на мерните места).
- Мерните места кои не го задоволуваат условот за денско присуство на бучава се: м-1, м-3, м-5, м-8, м-12, м-13, м-15, м-16, м-19, м-20, м-23, м-26, м-27 и м-28.
- Ноќното дозволено ниво на присуство на бучава во населено место од 29 мерни места не го исполнуваат 29 мерни места односно 100% (во табелата 1 дадени се местоположбата и измерената вредност на мерните места).
- Како приоритентна норма за присуство на бучава според која донесуваме заклучок ја земаме ноќната 50 dB. Ноќното дозволено ниво има поголема важност поради тоа што го опфаќа периодот од денот потребен за одмор на луѓето (спиене).

Според извршената анализа на податоците добиени со мерење на бучавата, можеме да заклучиме дека:

ВО АТАРОТ НА С. ЛАСКАРЦИ ПОСТОИ КОМПЛЕТНО ПРЕЧЕКОРУВАЊЕ НА МАКСИМАЛНО ДОЗВОЛЕНИТЕ ВРЕДНОСТИ ЗА НОЌНО ПРИСУСТВО НА БУЧАВА И ДЕЛУМНО ПРЕЧЕКОРУВАЊЕ НА ДНЕВНОТО ПРИСУСТВО НА БУЧАВА.

Поради пречекорувањето на дозволените вредности потребно е во наведениот потег дополнително да се интервенира, односно да се изработи претпроект за дефинирање на границите на исполнување на дозволените норми (денски/ноќни), дефинирање на типот и нивото на потребната заштита, главен - изведбен проект за заштитни бариери од прекумерна бучава, со што максималните вредности на бучавата пресметковно би се довеле до дозволените вредности и би се дефинирале сите технички детали за изработка на бариерите, изработка на заштитните звучни бариери, како и повторно мерење и картирање на регионот по изработката на бариерите, како би се докажале намалените вредности на бучавата и степенот на заштита.

5.6 Резултати и изработка на звучни карти

5.6.1 Емисија на линиски звучни извори

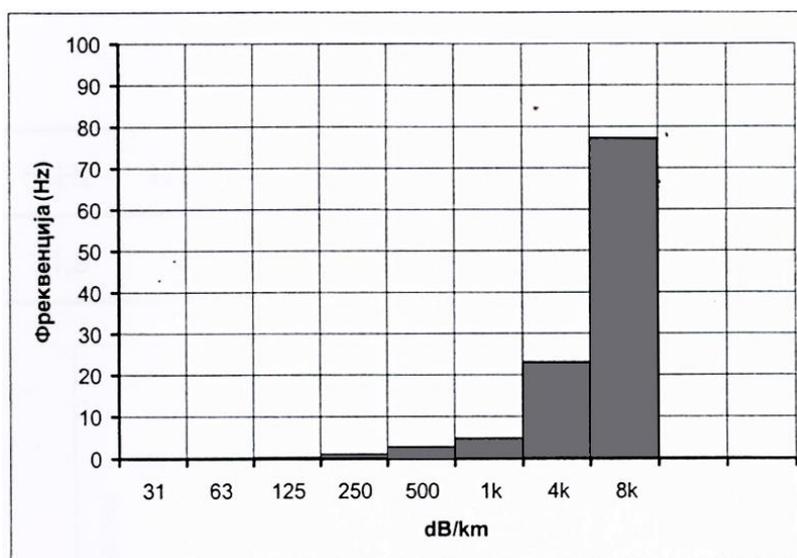
По внесувањето на потребните параметри за проток на сообраќај и метеоролошките карактеристики, со помош на ISO калкулативните методи се добиени следните вредности:

Според дадените метеоролошки карактеристики претставени во табела 6, 7, 8 и 9 апсорпцијата на звук на воздухот по фреквенции е претставена во табела 33.

Табела 33. Апсорпцијата на звук на воздухот по фреквенции

Table 33. Absorption of an air sound in frequencies

Фрекв. Hz	31Hz	63Hz	125Hz	250 Hz	500Hz	1kHz	4kHz	8kHz
dB/km	0.02	0.09	0.34	1.13	2.78	4.98	23.03	77.39



Дијаграм 1. Апсорпцијата на звук на воздухот по фреквенции

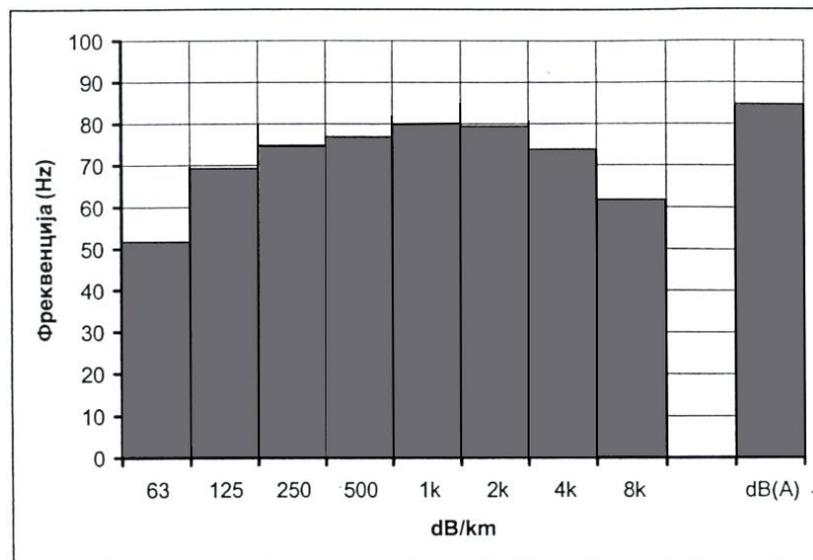
Diagram 1. Absorption of an air sound in frequencies

Емисија на звучен извор (лесни возила) при движење со просечна брзина по автопатот - 120 km/h е дадено во табела 34.

Табела 34. Емисија на звучен извор (лесни возила) при движење со просечна брзина по автопатот - 120 km/h

Table 34. Emission of a sound source (easy vehicle) with average speed on a highway of 120 km/h

Фрекв.	63Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	Le(D)
dB/km	51.69	69.29	74.89	76.89	79.89	79.19	73.69	61.89	84.66



Дијаграм 2. Емисија на звучен извор (лесни возила) при движење со просечна брзина по автопатот - 120 km/h

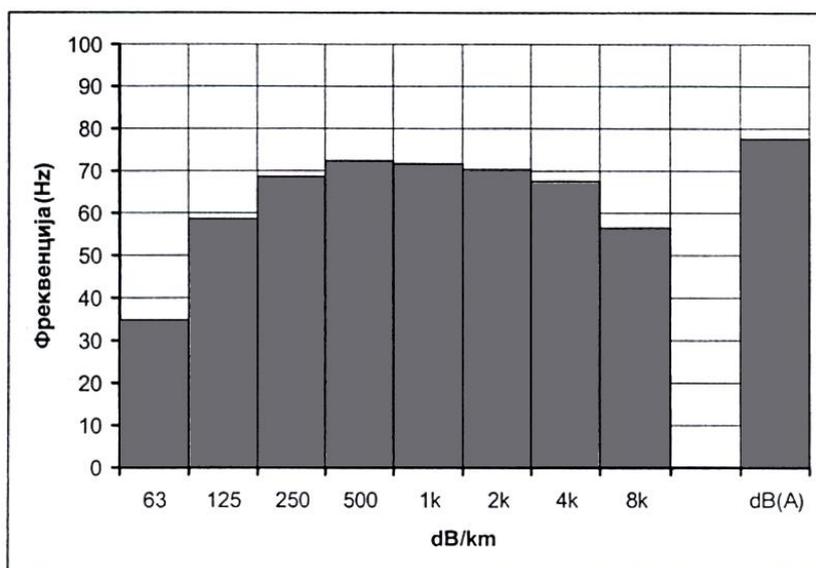
Diagram 2. Emission of a sound source (easy vehicle) with average speed on a highway of 120 km/h

Емисија на звучен извор (тешки возила) при движење со просечна брзина по автопатот - 100 km/h е дадено во табела 35.

Табела 35. Емисија на звучен извор (тешки возила) при движење со просечна брзина по автопатот - 100 km/h

Table 35. Emission of a sound source (heavy vehicle) with average speed on a highway of 100 km/h

Фрекв.	63Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	Le(D)
dB/km	34.9	58.6	68.5	72.4	71.8	70.3	67.6	56.7	77.58



Дијаграм 3. Емисија на звучен извор (тешки возила) при движење со просечна брзина по автопатот - 100 km/h

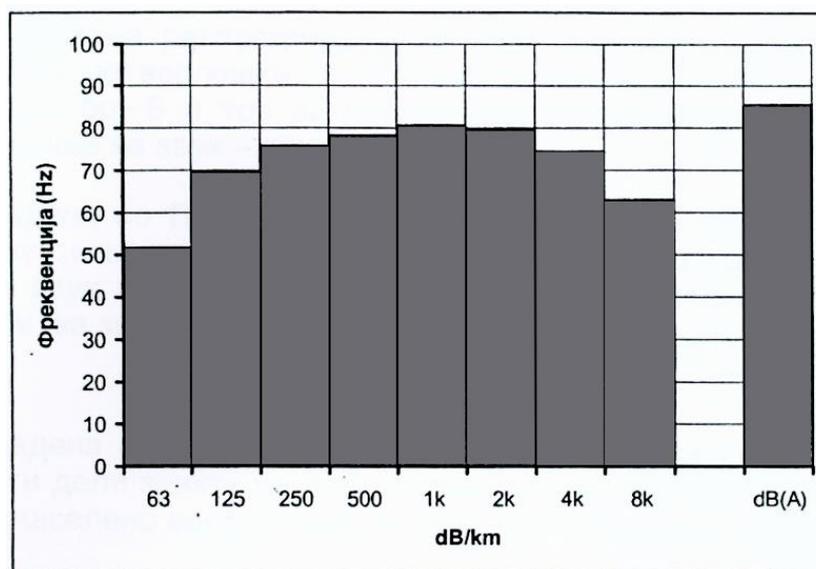
Diagram 3. Emission of a sound source (heavy vehicle) with average speed on a highway of 100 km/h

Вкупната емисија на звучни извори за лева и десна коловозна лента е дадена во табела 36.

Табела 36. Вкупна емисија на звучни извори за лева и десна коловозна лента

Table 36. Total emission of a sound sources on left and right road lane

Фрекв.	63Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	Le(D)
dB/km	51.78	69.65	75.79	78.14	80.52	79.72	74.65	63.04	85.44



Дијаграм 4. Вкупна емисија на звучни извори за лева и десна коловозна лента

Diagram 4. Total emission of a sound sources on left and right road lane

5.6.2 Изработка на звучна карта на автопатот A2 делница: Скопје - Групчин од km 10+734,95 до km 11+057,85

Емисијата на линискиот звучен извор - сообраќајот по автопатот A2 Скопје - Тетово, делница: Скопје - Групчин од km 10+734,95 до km 11+057,85 при просечен проток на сообраќај на час во карактеристични годишни периоди е дадена во Прилог број 2, 3 и 4. Звучните карти се добиени по пресметковна метода на ISO со поставување на мрежа од приемници поставени по конфигурацијата на теренот.

Во табела 37 се претставени карактеристиките на мрежата користена при изработка на звучните карти (Прилог бр. 2,3):

Табела 37. Карактеристики на мрежата користена при изработка на звучните карти

Table 37. Characteristics of the net used during the elaboration of the sound maps

Површина на калкулација	7742.42 м ²			
Висина на мрежа на терен	1,5 м			
Растојание меѓу мерни точки	По x оска	5		
	По y оска	5		
Број на мерни точки	По x оска	68	Вкупно	3264
	По y оска	46		

На звучните карти дадени во прилозите означена е првата линија на објекти кои се наоѓаат паралелно со осовината на патот додека другите објекти во 3D моделот се земени во обсервација како регион од објекти.

Првата линија на објекти ја земаме како контролна линија за исполнување на нормите од стандардите. Како екстремни состојби на ширење на бучава според податоците за проток на сообраќај и соодветните метеоролошки податоци се изработени звучните карти дадени во Прилог 2 и Прилог 3 и тоа за максимално ширење на звук - лето и минимално ширење на звук - зима.

На звучните карти дадени во Прилог бр. 2 и Прилог бр. 3 се прикажани состојбата на ширење на звук и неговото слабеење во зависност од растојанието на мерната точка од изворот на звук прикажано со соодветни бои пропишани со ISO стандард. Потребните параметри за зимскиот и летниот период се дадени во табелите 7 и 9.

На звучната карта дадена во Прилог бр. 4 е дадена калкулативно добиената реална гранична линија која ги дели зоните на исполнување и неисполнување на стандардите за присуство на бучава во населено место (ниво на звук од 60 dB дење и до 50 dB ноќе).

5.6.3 Анализа на добиените резултати без применета корекција

Во Прилозите бр. 2, 3 и 4 кои се добиени по пресметковна метода на ISO стандардот се дадени просечната распределба по одредени периоди и ширење на нивото на емитирање на звучните линиски извори кои се наоѓаат на двете коловозни ленти на делот каде што имаме населба.

На звучната карта - Прилог бр. 4 јасно се означени линиите на пречекорување на нивото на дозволената транспортна бучава. Звучната карта во Прилог број 4 е добиена според просечно годишно ниво на проток на сообраќај при просечни годишни климатско-метеролошки податоци во периодот од 00-24 часот.

Со анализа на добиените резултати на звучните карти може да се констатира дека споменатата област се наоѓа во зона во која се простира поголемо ниво на бучава од максимално дозволеното пропишано со стандардите и тоа јасно е прикажано на звучните карти дадени во прилозите број 2, 3 односно дозволените граници на присуство и ширење на бучава длабоко навлегуваат во населеното место и ја поминуваат прикажаната контролна прва линија на објекти на картите. Ова пречекорување јасно е прикажано на звучната карта дадена во Прилог број 4.

Од анализата на звучните карти претставени во прилозите бр. 2, 3 и 4 како и претходно наведениот заклучок за неисполнување на регулативите за ниво на бучава како неопходна се јавува потребата од промена на постоечката неповолна состојба на звучно ширење, односно поставување на звучни бариери.

5.6.4 Корективни мерки за намалување на бучавата

Корекција и намалување на нивото на бучава која се простира низ населеното место од km 10+734.95 до km 11+057,85 е извршено со поставување на бариери.

Должината на звучната бариера изнесува 322,9 метри. Поради карактеристичната ситуација, односно постоење на висок насип, потпорни бетонски сидови и заштитната ограда на патот, бариерите ги поставуваме над

веќе постоечката заштитна бетонска ограда. Вкупната висина на звучната бариера изнесува 4 метри (земено заедно со заштитната бетонска ограда во предложената корекција на ширење на звук). Предложениот коефициент на рефлексија на површината на бариерата одреден за калкулација за корекции изнесува 0,8.

Резултатите од применетите корекции за екстремни состојби на проток максимално - лето и минимално - зима се дадени на звучните карти претставени на Прилог бр. 5 и Прилог бр. 6. На нив е прикажана состојбата на ширење на звук и неговото слабеење во зависност од растојанието на мерната точка од изворот на звук прикажано со соодветни бои пропишани со ISO стандард.

Потребните параметри за зимскиот и летниот период се дадени во табела 7 и табела 9.

На звучната карта претставена во Прилог бр. 7 е дадена пресметковна гранична линија која ги дели зоните на исполнување и неисполнување на стандардите за присуство на бучава во населено место (ниво на звук од 60 dB дење и 50 dB ноќе) после примена на предвидените корекции.

5.6.5 Анализа на добиените резултати без применета корекција

Добиените резултати за простирање на звук по извршените корекции со поставување на бариери проектно се претставени на звучните карти - Прилог бр. 5 и 6. Со анализа на наведените звучни карти во кој што се земени екстремните состојби на проток на сообраќај (максимално-лето и минимално-зима) може да се констатира дека имаме промена на нивото на ширење на бучава при што новата распределба на нивото на присуство на бучава ги задоволува пропишаните стандарди.

Дозволените граници (ниво на звук од 60 dB дење и 50 dB ноќе) на присуство и ширење на бучава не навлегуваат во населеното место и не ја поминуваат прикажаната контролна прва линија на објектите на картите. Ова јасно е прикажано на звучната карта дадена во Прилог број 7.

5.7 Дискусија

После предвидените корекции со звучни бариери на автопатот А2 Скопје - Тетово, делница: Скопје - Групчин, од km 10+734.95 до km 11+057.85 може да се заклучи дека се исполнети критериумите пропишани со стандардите за ширење на бучава низ населено место.

Височината на потребните бариери за заштита на наведената делница изнесува 4,00 метри, а степенот на рефлексивност на бариерите изнесува 0,8.

Материјалот кој ќе се примени за изработка на бариери е пожелно да има што е можно понизок коефициент на рефлексивност на звукот со што ќе постигне подобро пригушување на емитираниот звук и со што ќе се избегне ефектот на повторно одбивање од изворите на звук (превозните средства) и неговото мултиплицирање. Со малиот коефициент на рефлексивност ќе се намалат и физичките димензии на бариерите.

Со корекција на коефициентот на рефлексивност на звукот и поставување на горниот завршеток на бариерите под одреден агол (нормален на спротивната крајна паралелна линија на патот) возможно е намалување на висината на бариерите што е корисно во специфични услови како постоечкиот, каде просторот за прицврстување и потпирање на бариерите е минимален.

При проектирањето на висината на бариерата треба да се земе предвид и влијанието на воздушните струења и нивната јачина.

Бариерите изработени од тенок материјал се однесуваат како звучни мембрани и ги засилуваат ниските фреквенции кои што имаат поголемо простирање.

Материјалот кој ќе се употребува за изработка на бариерите задолжително треба да има:

- Сертификат за пропустливост на звук,
- Сертификат за величината на коефициентот на рефлексивност на звукот

По вградување на бариерите потребно е да се изврши мерење на новонастаната состојба на ширење на звукот и проверка на исполнување на проектираното ширење на звукот.

6 ЗАКЛУЧОК

Од досега изнесеното може да се заклучи дека бучавата, заедно со загадувањето на воздухот и водата се наоѓа на самиот врв на загадувања. Негативното влијание на бучавата врз загадувањето на животната средина е многу големо, според значењето таа претставува еден од најсериозните еколошки проблеми, бидејќи придонесува за значително намалување на квалитетот на живеење на луѓето.

Бучавата е насекаде околу нас, па затоа велíme дека во секојдневниот живот и работа на луѓето, тие се изложени на влијанието на бучавата. Бидејќи изворите на бучава се разновидни и многубројни, тие можат да бидат поврзани со просторот каде се престојува, каде се работи и живее.

Според научните сознанија, делувањето на бучавата од 80 dB има трауматско влијание (работен учинок, спиење), додека физиолошки промени се појавуваат и при бучава од 65 dB. Спроведените испитувања во земјите на ЕУ покажале дека близу 20% или околу 80 милиони жители живеат и работат во зони во кои нивото на бучава е поголемо од 65 dB, а околу 170 милиони жители живеат и работат во т.н. „сиви зони“ во кои нивото на бучава се движи помеѓу 55 и 65 dB. Европската унија препознавајќи ја бучавата како проблем, ја објавила Директивата 2002/49/EC.

Врз база на спроведени испитувања, за видот на бучава која е резултат на различни извори, констатирано е дека најголемиот процент од дури 81% отпаѓа на бучава предизвикана од сообраќајот т.н. „транспортна“ бучава, додека само 19% од бучавата е резултатот на останатите извори на бучава (индустрија, градежништво и бучава од активности во слободно време).

Поради претходно изнесеното, транспортната бучава треба да се земе предвид како сериозен проблем во сите етапи на транспортниот систем, започнувајќи од фазата на проектирање, изградба, одржување, па сè до реконструкција.

Влијанието на бучавата на квалитетот на животот може да биде многу значајно, особено при ширење на транспортните системи. Тоа е причината зошто се наметнува сè поголема потреба за контрола на бучавата и зошто

бучавата во полето на транспортот постојано расте. Врз транспортната бучавата влијание имаат повеќе чинители (возната површина, брзината на движење, категоријата – видот на моторните возила, геометриските елементи на патиштата, пневматиците и растојанието – оддалеченоста од местото на извор), при што значајно е да се истакне дека делувањето на овие чинители не е поединечно – одделно на секој од нив, туку тие делуваат заеднички.

Во близина на пооптоварени сообраќајници каде имаме поголеми брзини на движење на возилата, висината на бучава кај куќите во близина на сообраќајниците достигнува повеќе од 70 dB(A), од што може да се заклучи дека секој пропуст при проектирање на заштита од бучава покрај патните сообраќајници, ќе резултира со голема изложеност на жителите на бучава, што во краен случај ќе предизвика значителни психички и физиолошки пречки.

Генерално мерките за заштита од бучавата, поделени се во четири групи и тоа:

- Мерки за намалување на бучавата на местото на извор;
- Мерки за намалување на ширење на бучавата помеѓу изворот и местото на прием
- Заштита од бучава на местото на имисија и
- Преземање на економски мерки и донесување адекватна регулатива.

Примената на овие наведени мерки, за очекување е дека ќе придонесе за намалување на транспортната бучава и значително подобрување на квалитетот на животната средина, особено за оние кои живеат во нивна непосредна близина.

Затоа како главна препорака и заклучок на овој магистерски труд е во рамките на системот за управување со патишта, да се посвети соодветно внимание на овој евидентен проблем, да се има перманентно следење на состојбата и да се изработуваат карти на бучава со кои ќе се определат критичните локации, а потоа да се донесат акциски планови за нејзино намалување преку преземање на некоја од наведените мерки.

7 ПРИЛОЗИ – звучни карти

УСКИМ - Скопје
 ЗИМРАНТ "Скопје" - Скопје

Прилог број 2
 Звучна мапа



фудбалски поле - ISO 9913.12 Нови аерал Скопје - Тетово - с. Лактиско - 10+24.65 - 11+07.85, Predictor Type: 7810_V3.00
 звучна мапа со максимален проток на сообраќај

УСКИМ - Скопје
 ЗИМРАНТ - Скопје - Скопје

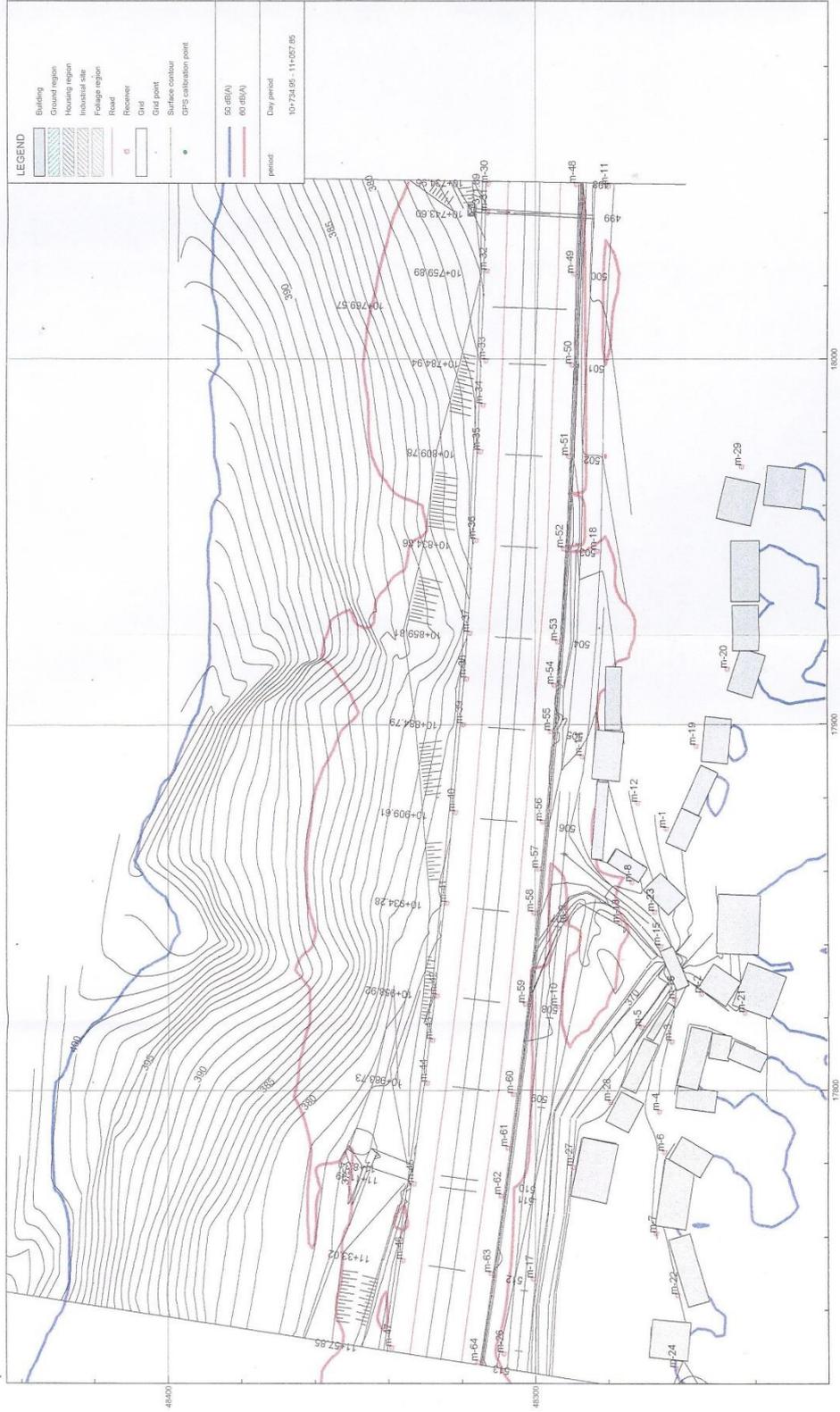
Прилог број 3
 Звучна мапа



Road traffic noise - ISO 9613-2 Road aircraft Source - Terrain - s. Laskovo - zima 10-234.95 - 11-057.85, Receiver Type 7910 93.00
 звучна мапа со минимален проток на сообраќа

УСКИМ - Скопје
 ЗИМРАНТ "Скопје" - Скопје

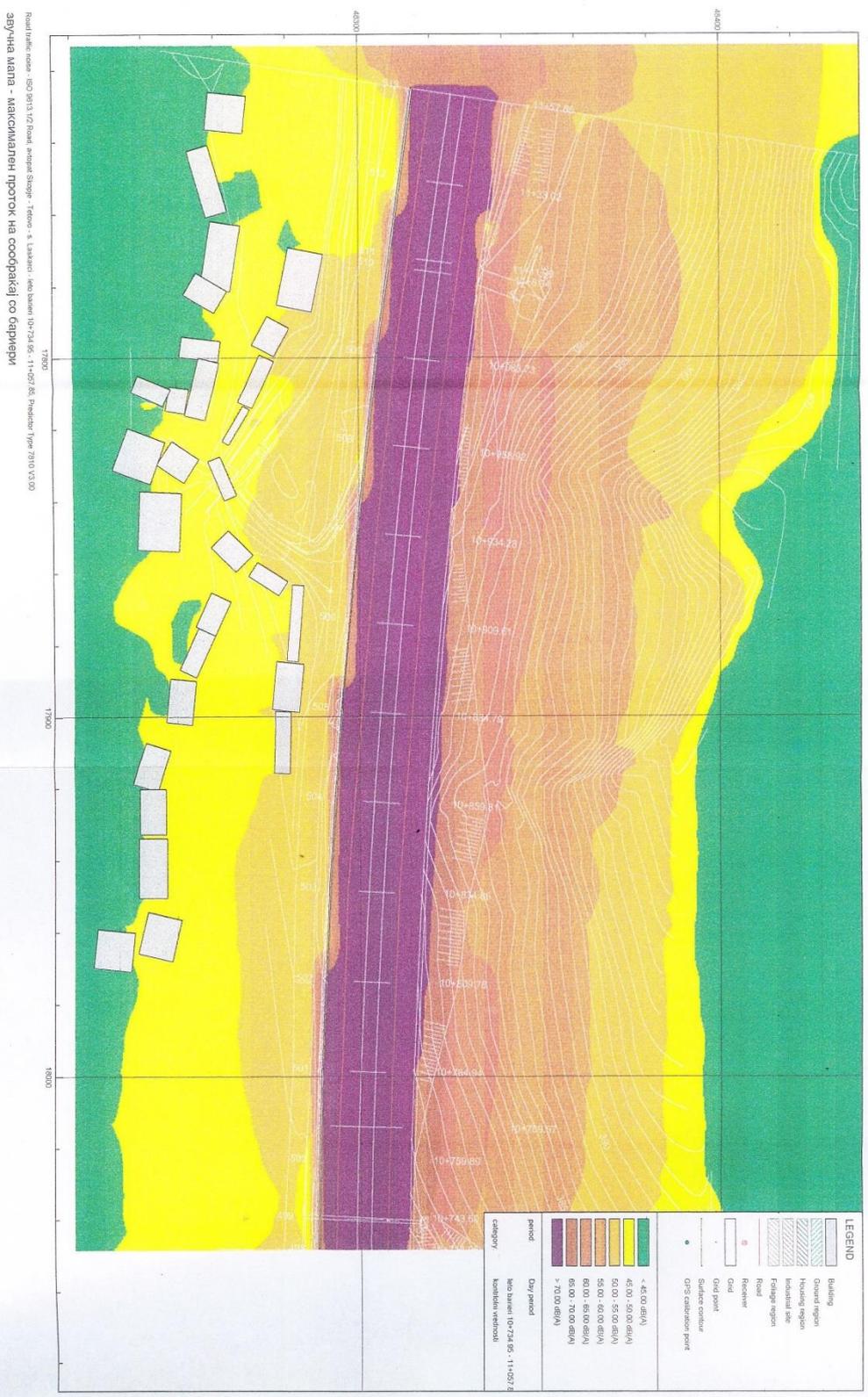
Прилог број 4
 Звучна мапа



Road traffic noise - ISO 9613-2 Road - airport Skopje - Teleno - n. Laskovci - 10724.65 - 11+057.65; Receiver Type 7010 V3.00
 граници на Дозволено ниво на бука (Денње/ноќе)

УСКИМ - Охотле
ЗИМРАНТ - Охотле - Охотле

Планор број 5
Звучна мапа



Realizirano od strane: ISO 9001:2015 Baza za akustičke mjerenje - Tamoš, 4. Kalinača, Ivo Banja 10+734.95 - 11+057.76, Pevanje 19910, 13.00

Звучна мапа - Максимални проток на сообраќај со барјера

УСКИМ - Скопје
 ЗИМРАНТ - Скопје

Прилог број 6
 Звучна мапа



17000
 17200
 18000
 Road traffic noise - ISO 9613-2 Road, ambient Sound - Tabela 3. Laskovci - zimska letina 10*734.65 - 11*057.65. Približna Tupa 7810 13.00
 звучна мапа - минимален проток на сообраќај со Савреери

УСКИМ - Скопје
 ЗИМРАНТ "Скопје" - Скопје

Прилог број 7
 Звучна мапа



Road traffic noise - ISO 9613-2 Road, external Source - Телено - с. Лавиши - 10:24.85 - 11:07.85; Receiver Type 7810/0300

граница на Дозволено ниво на шума (Дење/Ноќе) со бариери

8 Користена литература

- [1] European Commission: Green Paper – Future Noise Policy, (Brussels, 1996)
- [2] EC Directiv 2002/49/EC
- [3] Јавно Предузече-Путеви Србије: „Приручник за пројектирање путева у Р.Србија”, 7 Пут и животна средина, 7.1 Заштита од буке, (прво издање, Београд 2012 год.)
- [4] Rochat J.L.: Transportation noise issue, Chapter 19 (Handbook of transportation engineering, USA 2004)
- [5] Мијоски И. Г.: „Интегрален пристап кон оценка на атрибутите и индикаторите на возната површина“ (УСКИМ, Градежен факултет – Скопје, Докторска дисертација, 2010)
- [6] Rasmussen R., Bernhard R., Sandberg U., Mun E.: „The little book of quieter pavements“ (U.S. Department of Transportation - Federal Highway Administration, Washington DC, USA, july 2007, p. 33)
- [7] European Commission Working Group 5: Inventory of noise mitigation methods, (Brussels, 2002)
- [8] Уредба EC 1222/2009 Source: European Commission’s impact Assessement SEC (2008)2860)
- [9] Michelin tyre catalogue (2012)
- [10] Yokohama tyre catalogue AVS dB Decibel V-550/2010
- [11] Gerola F., Mattevi L.: Misurazioni fonometriche del rumore prodotto dal traffic stradale e dai veicoli
- [12] Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente - Provincia autonoma di Trento
- [13] Der Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau: Richtlinien für den Laermschutz an Strassen - RLS 90, Ausgabe 1990.
- [14] <http://www.soundplan.com>.
- [15] SoundPLAN Nois Standards, Calculation of Road Traffic Nois (CoRTN), <http://www.soundplan.com>.

- [16] Schriftenreihe Umweltschutze Nr 60, Computermodell zur Berechnung von Strassen-Lärm, Bedienungsanleitung zum Computerprogramm StL-86 (Bern-Suiss 1987)
- [17] Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung, Maßnahmen zum Schutz rkehrslärm, ÖAL-Richtlinie Nr. 23 (Wien, Mai 1983)
- [18] Guide du Bruit des Transports Terrestres – prevision des niveaux sonores, Centre d'Etudes des Transports Urbains (Paris Nov 1, 1980)
- [19] Družba za Državne ceste, Protihrupne ograje ob autocestah, (Ljubljana, 1997)
- [20] Directive 2002/49/EC of European Parliament and of the assesment and management of environmental noise, Official Journal of the European Communities, L 189/12,2002.
- [21] Закон за заштита од бучава во животната средина (Службен весник на Република Македонија бр. 79/07, 124/10, 47/11 и 163/2013 година)
- ¹ Правилник за поблиските видови на посебните извори на бучава како и условите кои треба да ги исполнуваат постројките, опремата, инсталациите и уредите кои се употребуваат на отворен простор во поглед на емитираната бучава и стандардите за заштита од бучава (Службен весник на Република Македонија, бр. 142 од 17.10.2013 година)
- ¹ Правилник за поблиската содржина на стратешките карти на бучава и акционите планови за бучава, начинот на изработка и начинот на собирање на податоци за изработка на стратешки карти за бучава и акциони планови за бучава, како и начинот на нивното собирање, чување и евидентирање - со кој се пропишуваат поблиската содржина на стратешките карти на бучава и акционите планови за бучава, начинот на изработката и начинот на собирање на податоци за изработка на стратешки карти за бучава и акциони планови за бучава, како и начинот на нивното собирање, чување и евидентирање (Службен весник на Република Македонија, бр. 133 од 06.10.2010 година)
- ¹ Правилник за начинот, условите и постапката за воспоставување и работење на мрежите, методологија и начинот мониторинг, како и условите, начинот и постапката на доставување на информациите и податоците од мониторингот на состојбата во областа на бучавата (Службен весник на Република Македонија, бр. 123 од 9.10.2009 година)
- ¹ Правилник за гранични вредности на нивото на бучава во животната средина („Службен весник на Република Македонија, бр. 147 од 26.11.2008 година)

- ¹ Правилник за поблиските критериуми што се однесуваат на техничките услови и мерките потребни за безбеден сообраќај, потребниот број на вработен персонал за организирање и/или следење на стручна способност, критериумите за железничките возила и мерки за заштита од бучава и заштита на животната средина („Службен весник на Република Македонија“ бр. 27 од 25.02.2008 година)
- ¹ Правилник за поблиските услови во поглед на потребната опрема која треба да ја поседуваат овластени научни стручни организаци и институции како и други правни и физички лица, за вршење на определени стручни работи за мониторинг на бучавата („Службен весник на Република Македонија, бр. 152 од 05.12.2008 година)
- ¹ Правилник за примената на индикаторите за бучава, дополнителни индикатори за бучава, начинот на мерење на бучава и методите за оценување со индикаторите за бучава во животната средина (Службен весник на Република Македонија, бр. 107 од 29.08.2008 година)
- ¹ Правилник за локациите на мерните станици и мерните места („Службен весник на Република Македонија, бр. 120 од 23.09.2008 година)
- [22] Legge quadro sull'inquinamento acustico (Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana nu.447/1995) (Roma 1995)
- [23] Акустични зонирања - споредба на законодавството и искуствата во Италија и Србија 2012 година
(<http://www.mfkv.kg.ac.rs/urbanoise/media/1210%20Nis%20%20Prascevic%2021-28.pdf>)
- [24] Парламентарен Институт на Собрание на РМ: „Следење на промената и имплементацијата на законодавството на Европската унија во однос на животната средина“, Република Македонија, Табела за усогласеност, Година (2014), Директива 2002/49/ ЕС на Европскиот парламент и Советот од 25 јуни 2002, Поврзано со следењето и справувањето со бучавата во животната средина, Регулативата (ЕС) 1137/2008 (Скопје, 2014)
- [25] Vukic R.: Poteskoce pri izradi akustickih proracuna i projekata zastite od buke cestovnog prometa (SIGURNOST 49(4)343-351, 2007)

- [26] World Health Organisation
- [27] www.ITSIInternational.com, 2014
- [28] Van Keulen advies bv: Izvestaj o realizaciji G2G projekta za Srbiju – „Smanjenje saobraćajne buke u Srbiji” (30.11.2011)
- [29] Watts G.R.: “Traffic Noise Barriers”, TRL Annual Review 1995, TRL Limited Crowthorne, Berkshire, RG45 6AU (United Kingdom, 1995)
- [30] Сопствен извор, Фото (Италија, мај, 20014)
- [31] Mijoski I.G., Manchev R.: „Protection from the road noise in suburban and urban city areas in the Republic of Macedonia“, First serbian congress for roads (Belgrade, june 5-6, 2014)
- [32] Dragčević V., Rukavina T., Granić V.: „Zaštita od buke od prometa u Hrvatskoj“
- [33] Ramšak M., Kokot D., Tušar M.: „Comparative Study Of Traffic Noise Emission for Characteristic Types of Asphalt Mixtures in Slovenia“ , Motorway Company of the Republic of Slovenia – DARS
- [34] ЗИМ „Скопје“: Елаборат за изработка на звучна мапа на дел од автопатот „Скопје – Тетово“ Е-65, од km 10+734,95 до km 11+057,85 (атар на с. Ласкарци)