

Анализа очекиваних утицаја буке на подручју планираног аутопута Бања Лука - Приједор

Небојша Кнежевић¹, Игор Милуновић²

¹ Рударски факултет, Алеја Козарског одреда 1, 79000 Приједор, Универзитет Бањалука

² Природно Математички факултет Бањалука, Младена Стојановића 2, Бања Лука

ПОДАЦИ О РАДУ

DOI: 10.31075/PIS.68.02.04

Оригинални научни рад

Примљен: 21/04/2022

Прихваћен 27/06/2022

Кореспондент аутор: e-mail:

knezneso@gmail.com

Кључне речи:

животна средина

аутопут

бука

утицаји

саобраћај

моторна возила

РЕЗИМЕ

Циљ изградње аутопута Бања Лука - Приједор је побољшање саобраћајног капацитета овог путног правца као и побољшање читавог сегмента пратећих ефеката, од којих су утицаји на животну средину једни од најзначајнијих. Укупна дужина трасе будућег аутопута Бања Лука - Приједор је 40,7 км. Планирана траса пролази у непосредној близини комерцијалних и стамбених објеката. Пројектно подручје подијељено је у двије карактеристичне зоне: стамбено-пословна зона и зона без стамбено-пословних објеката. Предмет овог рада је квантификација очекиваног нивоа буке која ће настајати ко последица одвијања саобраћаја на планираном аутопуту, у циљу пројектовања одговарајућих мјера заштите од буке. Бука која настаје на путевима дјелује на животну средину и доприноси деградацији квалитета живљења у околини аутопута и омета дивље животиње. Емисију буке са путева највећим дијелом узрокује трење између пнеуматика возила и површине аутопута, те аеродинамички отпор кретању возила. Угрожена/на буку осјетљива подручја се могу заштитити изградњом звучних баријера (акустичних зидова, земљаних насипа или габиона) – тзв. „активна мјера заштите“, уградњом прозора са побољшаном акустичном изолацијом – тзв. „пасивна заштита или умањењем емисије буке на извору (ограничењем брзине возила или уградњом коловозног застора са абсорпционим особинама).

1. Увод

Главни извор буке у урбанизованим подручјима су моторна возила (саобраћајна бука). Бука у суштини представља звучне осцилације гдје је поред физикалног тумачења потребно размотрити и њена психофизиолошка дејства. Бука која настаје на путевима дјелује на животну средину и доприноси деградацији квалитета живљења. Квалитет живљења се смањује код излагања буци како психолошки тако и физиолошки. Хронично излагање буци може бити узрок настајања мучнина, креира комуникацијске проблеме и доводи до повећања стреса као и са тим повезаним утицајим на здравље. Бука може довести до слабења чујног органа са привременим и трајним смањењем слуха, омета спавање и може доприњети смањењу ефикасности учења дјете.

Интезитет емисије буке изазване друмским саобраћајем зависи од: категорије возила, брзине возила, коловозне подлоге, саобраћајног тока (фреквенности возила) и уздужног профила саобраћанице [1].

Звук представља низ промјена, било притиска, помјерања честица, механичког напона или неког другог напрезања које се налази и јавља у еластичној или у вискозној средини. По физиолошкој дефиницији звук је уствари све оно што човјек чује. Све промјене притиска код човјека изазивају физиолошке појаве, због тога се последње дефиниција звука често допуњује са инфразвуком и ултразвуком, који настају као звук, али се не чује пошто су њихове промјене сувише слабе или јаке тј. сувише споре, односно сувише брзе [2,3].

У фази експлоатације будућег аутопута главни узрок повећаног нивоа буке биће одвијање саобраћаја.

Моторна возила на путевима стварају буку:

- погонским системом: извор представља рад мотора и системи за издувне гасове и хлађење,
- кретањем: извор представља пријањање гума при котрљању, отпор ваздуха и утицај неравности коловоза на возило и терет.

Бука која настаје на путевима дјелује на животну средину и доприноси деградацији квалитета живљења и омета дивље животиње. Квалитет живљења се смањује код излагања буци како психолошки тако и физиолошки. Хронично излагање буци може бити узрок настајања мучнина, креира комуникацијске проблеме и доводи до повећања стреса као и са тим повезаним утицајем на здравље. Бука може довести до слабљења чујног органа са привременим и трајним смањењем слуха, омета спавање и може доприњети смањењу ефикасности учења дјеце [4].

Интезитет емисије буке изазване друмским саобраћајем зависи од:

- категорије возила,
- брзине возила,
- коловозне подлоге,
- саобраћајног тока (фреквенности возила),
- уздужног профила саобраћанице.

Утицај буке између будућег аутопута Бања Лука - Приједор може се подијелити у двије фазе које се међусобно неће преклапати. Прва фаза обухвата буку која ће настати као последица изградње предметне дионице, док друга фаза обухвата буку која ће настати као последица одвијања друмског саобраћаја [5].

Циљ овог рада је да прикаже очекиване утицаје буке која ће настати као последица одвијања саобраћаја на будућој дионици аутопута од Бања Луке до Приједора.

Да би се утврдио будући утицај буке од друмског саобраћаја који ће се одвијати на дионици будућег аутопута извршена је анализа утицаја на све стамбене и друге објекте који су осјетљиви на буку. Анализом је обухваћен коридор ширине 400 метара, односно по 200 метара лијево и десно од осовине пројектованог аутопута. На основу предикције дефинисане су позиције и техничке карактеристике (дужина/висина) планираних зидова за заштиту од буке (активне мјере заштите) [6].

2.Методологија

На основу израђеног 3Д модела терена, саобраћајног оптерећења и других улазних параметара за посматрани обухват аутопута (дионица Бања Лука – Приједор), програмом „Sound Plan essential 4.1.“ извршен је прорачун очекиваног нивоа буке на предметној дионици у дужини од 40,698 km, те израђена карта очекиваних нивоа буке. На основу очекиваних нивоа буке и угрожености околних објеката у обухвату аутопута дефинисане су позиције, акустичка својства и димензија објеката за заштиту од буке у складу са орографским карактеристикама терена и позицијама постојећих објеката становања [7,8].

Током процјене кориштен је први степен рефлексије приликом простирања звука, с тим да се за мјерне тачке које се постављају на објеката у разматрање није узимала рефлексија од фасаде на којој су постављене. За референтни временски период разматрани су интервали „дан“ (од 06 до 22 часа) и период „ноћ“ (од 22 до 06 часова). Дозвољени ниво буке у периоду „дан“ износи 60 dB(A), а у периоду „ноћ“ 50 dB(A) [9,21].

- Акустична својстава и димензија баријера за заштиту од буке усвојена у складу са важећим прописима/нормативима:
- Закон о заштити животне средине (Службени гласник Републике Српске“ 71/12, 79/15 и 70/20),
- Правилник о дозвољеним границама интензитета звука и шума („Службени лист СРБиХ бр. 46/89),
- Смјернице за пројектовање, грађење, одржавање и надзор на путевима“, поглавље 6: „Пут и животна средина“ („ПУТЕВИ РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ „ Бања Лука и „Дирекција цеста Федерације БиХ“, Сарајево, 2005. године),
- DIN 18005 - основе и смјернице за планирање смањења буке,
- RLS-90 - метод за прорачун саобраћајне буке,
- Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of associated Data on Noise Exposure – European Commission Work Group on Assessment of Exposure to Noise, Brisel 2007,
- BAS EN 1793-1:2018 - Направе за редукацију буке цестовног саобраћаја - Метода испитивања за одређивање акустичних својстава - Дио 1: Основне карактеристике апсорпције звука,
- BAS EN 1794-1:2019 (Уређаји за смањење саобраћајне буке - Неакустичне карактеристике - Дио 1: Механичке перформансе и захтјеви за стабилност),
- BAS EN 1794-2:2012 - Уређаји за смањење саобраћајне буке - Неакустичне карактеристике - Дио 2: Опћа сигурност и захтјеви околине.

На основу предикције дефинисане су позиције и техничке карактеристике (дужина/висина) планираних зидова за заштиту од буке [9]. Основни критеријум заштите од буке мора се задовољити услов да ниво буке дуж посматране дионице аутопута не прелази граничне вриједности еквивалентног нивоа буке, у складу са нивоима прописаним за IV акустичну зону, према одредбама Правилника о дозвољеним границама интензитета звука и шума („Службени лист СРБиХ бр. 46/89). Ограничења приликом процјене објекта заштите и израде карата буке:

- карта буке је израђена на основу достављеног 3Д модела терена, постојећих
- стамбених и осталих објекта (моделом су обухваћене висине фасада објекта),
- не постоје подаци о броју станара и насељености учртаних објекта, те је овај податак апроксимиран на 4 особе по објекту, те је предпостављено да су сви учртани објекти насељени.
- емисија буке од возила је процјењена на основу смјерница RLS-90 (у БиХ не постоји контрола емисије буке из возила на техничким прегледима, те се овај податак може разликовати од стварног).

3. Прорачун емисије буке

За потребе израчуна емисије буке извршена је дигитализација осовине возне траке, као и дигитализација терена на основу геодетских подлога. Обзиром на напријед наведено извршена је израда 3Д модела терена и на истом извршен прорачун очекиваног нивоа саобраћајне буке. Највећи недостатак података огледа се у непостојању података о насељеним објектима који гравитирају аутопуту, те у складу са тим није могуће било урадити евалуацију нивоа буке испред објекта који су неприступачни, не користе за становање или су нелагално изграђени. У циљу оцјењивања изложености становништва буци са посматране дионице аутопута израђене су карте очекиваних нивоа дневне и ноћне буке [10,26].

Оцјењивање буке која настаје услед одвијања саобраћаја на путу - Оцјењивање буке која настаје услед одвијања саобраћаја на путу може да се изведе или прорачуном или мјерењем у складу са важећим прописима и нормативима. Очекивани ниво саобраћајне буке одређен је прорачуном. [11,12].

Оцјењивање буке на основу прорачуна - Процјењени дневни (L_{day}), ноћни (L_{night}) и $s_{jelodnevni}$ (L_{den}) ниво буке која настаје услед одвијања саобраћаја на путу треба прорачунати у складу са прописаном методологијом. У прорачуну буке користе се дугорочни просјечни нивои буке за

период цијеле године на основу просјечног годишњег дневног саобраћаја (ПГДС). Ниво буке за дан-ноћ L_{den} , у децибелима dB(A) дефинише се сљедећом једначином:

$$L_{den} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{24} (12 \cdot 10^{L_{day}/10} + 4 \cdot 10^{(L_{evening} + 5)/10} + 8 \cdot 10^{(L_{night} + 10)/10}) \right)$$

За оцјењивање и предвиђање буке користи се двије категорије возила:

- лака возила (< 3,5 тона нето масе),
- теретна/тешка возила (> 3,5 тона нето масе).

Процјењена вриједност ПГДС-а за период 2024-2053. године за посматрану дионицу аутопута приказана је у Табели 1. Брзине са којима је извршен прорачун су до 130 km/h за путничка, односно 80 km/h за тешка теретна возила [13,14].

Табела 1. Прогноза саобраћаја на аутопуту Бања Лука-Приједор за период од 30 година

Број	Ознака	Назив дионице	од	до	дужина	MSI	
						2024	2053
1.	Аутопут	Бања Лука - Омарска	Бања Лука	Омарска	25,58	6847	14462
2.	Аутопут	Омарска - Приједор	Омарска	Приједор	15,10	7279	15376

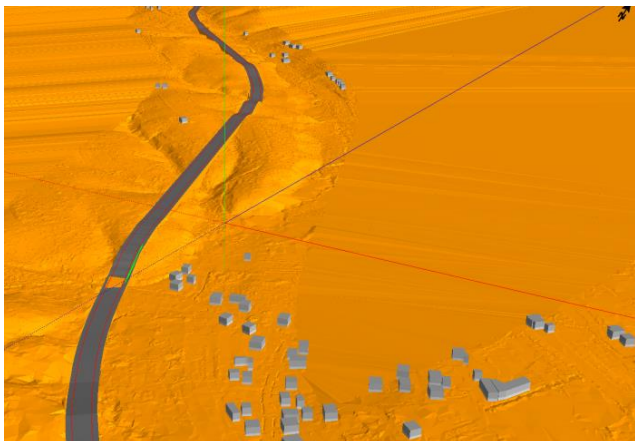
Број и категорија возила за процјењивање буке може да се одреди на основу података о бројању саобраћаја (аутоматско, ручно) или на основу студије о саобраћајном оптерећењу (за предвиђање буке). У прорачуну се користе просјечне брзине возила. Ако подаци о просјечној брзини возила не постоје, може да се употреби максимална дозвољена брзина вожње на одређеној дионици аутопута [15]. Препоручена вриједност корекције ψ за израчунавање процењеног нивоа буке за различите врсте коловозног застора у складу са Препоруком ЕУ комисије (2003/613/ЕС), представљена је у Табели 2.

Табела 2. Корекција ψ за различите врсте застора на коловозу

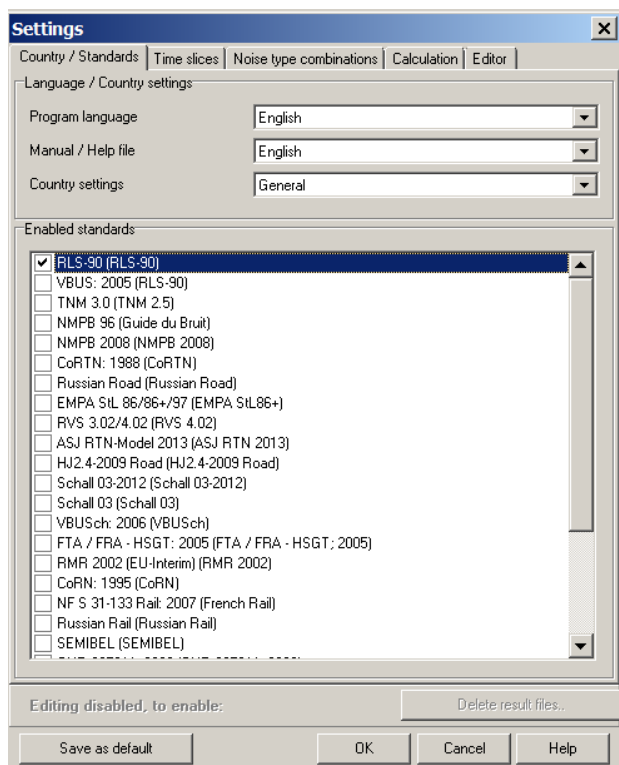
Врста застора	Корекција нивоа буке ψ		
	0-60 km/h	61-80 km/h	81-130 km/h
Порозни застор (ПА)	-1 dB	-2 dB	-3 dB
Глатки асфалт (бетон или мастикс)	0 dB		
Цементни бетон	+2 dB		
Равна коцка, истрошени бетонски коловоз	+3 dB		
Истрошена коцка	+6 dB		

На основу представљених података о ПГДС-у и структуре/врста возила, као и смјерница у RLS-90, извршен је прорачун емисије од саобраћаја возила по посматраној дионици аутопута (Бања Лука - Приједор).

Карте буке са и без зидова за заштиту од буке за период „дан“ и „ноћ“, формиране су на мрежи 10x10 метара [16,17].



Слика 1. 3D приказ посматране дионице аутопута



Слика 2. Прорачун емисије буке према RLS 90

Оцјењивање буке на основу мјерења - За провјеру вриједности индикатора буке који су добијени на основу прорачуна и за одређивање укупне буке на одређеном простору, користи се мјерење буке. За оцјењивање дугорочних просјечних вриједности буке прорачун је често поузданији од краткорочног мјерења буке, а поготово када је мјерење буке онемогућено осталим изворима буке у одређеном простору [18].

Током мјерења нивоа буке изазване друмским саобраћајем треба евидентирати број возила из најмање двије категорије које пролазе у мјерном интервалу (бројање саобраћаја), а поготово када се

резултати мјерења употребљавају за услове са другачијим саобраћајем [19].

Мјерење буке изазване друмским саобраћајем обично се врши 24 сата тако да се обухвате сва доба за која су прописани индикатори буке (дан, ноћ). За интерпретацију резултата и елиминацију случајних или намјерних сметњи током мјерења буке, препоручује се паралелно снимање звука [20].

Препоручује се да се мјерења изврше оног дана током којег могу да се очекују просјечни саобраћајни токови (обично радним даном). Ради упоређивања и понављања, мјерења нивоа буке је потребно извршити посебним поступцима, који у одређеном обиму искључују спољашње утицаје нпр. метеоролошке услове (вјетар, температуру ваздуха, влагу, притисак) и утицаје вегетације. Мјерења буке у животној средини врше се у складу са стандардима ISO 1996-1 и ISO 1996-2 [22].

Мјерна опрема - Техничка својства опреме за мјерења нивоа буке која настаје као резултат одвијања саобраћаја на путевима, треба да буду у складу са следећим техничким спецификацијама:

- IEC 61 672 Electroacoustics - Sound Level Meters,
- IEC 61 260 Electroacoustics – Octaveband And Fractional-Octave-Band Filters,

Извођење мјерења - Мјерну тачку треба по правилу изабрати тако да буде репрезентативна за мјерени извор буке и да на њој нема утицаја других извора буке, односно да су ти утицаји што мањи. Локација микрофона може да буде:

- у слободном звучном пољу (free-field position),
- директно на рефлексивној површини,
- близу рефлексивне површине.

Када микрофон није у слободном пољу, измјерене вриједности треба кориговати у складу са стандардом BAS ISO 1996-2. Мјерење се врши на висини 1,5+/-0,1 m изнад тла. При изради стратешких карата буке или при посебним околностима на терену (нпр. заклоњеност зидом, нагиб терена, велико пригушење тла) микрофон може да се постави на висини од 4 m изнад тла. Мјерно место мора да буде барем 5 m од ивице коловоза, уколико је то изводљиво [23].

Мјерење буке може да се изврши са или без надзора од стране лица које изводи мјерења. Уколико се мјерење изводи без надзора, мјерна опрема мора да буде програмирана на одговарајући начин за све предвиђене функције. Калибратор за калибрисање мјерне опреме мора да буде у складу са захтевима стандарда IEC 60 942.

Временске прилике током мјерења морају да буду репрезентативне за локацију мјерења. Препоручује се извођење мјерења при временским приликама погодним за ширење буке као што је дефинисано у стандарду SRPS ISO 1996-2. Током мјерења коловоз мора да буде сув и тло не смије да буде прекривено снијегом или ледом, замрзнуто или натопљено водом [24,25].

У затвореним просторијама мјерење се у складу са могућностима изводи у просторији у којима људи најчешће бораве, са затвореним прозорима и вратима. У случају да је соба празна и без акустичке обраде, од измјерених вриједности одузима се 3 dB.

Табела 2. Прописане акустичне зоне и највиши дозвољени нивои вањске буке

Подручје (ЗОНА)	НАМЈЕНА ПОДРУЧЈА	Највиши дозвољени нивои вањске буке dB (A)			
		Еквивалентни нивои Leq		Вршни нивои	
		Дан	Ноћ	L ₁₀	L ₁
I	Болничко, љечилишно	45	40	55	60
II	Туристичко, рекреацијско, опоравилишно	50	40	60	65
III	Чисто стамбено, васпитно-образовне и здравствене институције, јавне зелене и рекреационе површине	55	45	65	70
IV	Трговачко, пословно, стамбено и стамбено уз саобраћајне коридоре	60	50	70	75
V	Пословно, управно, трговачко, занатско, сервисно	65	60	75	80
VI	Индустријско, складишно, сервисно и саобраћајно подручје без станова	70	70	80	85

Оцјена нивоа буке према прописаним критеријумима - Резултате добијене прорачуном или мјерењем имисије буке треба упоредити са прописаним граничним вриједностима индикатора буке за дан и ноћ. Граничне вриједности индикатора буке у Табели 3. представљају основу за заштиту животне средине од прекомјерне буке.

Законска регулатива и граничне вриједности интензитета буке - У циљу анализе утицаја саобраћајне буке на животну средину и постојеће објекте (већином стамбени индивидуални објекти на руралном подручју), граничне вриједности за посматрану акустичну зону прописане су Правилником о дозвољеним границама интензитета звука и шума („Службени лист СРБих бр. 46/89) [21,26].

У смислу наведеног правилника дан подразумева период од 6 до 22 h, а ноћ од 22 до 06 сати. Вршни ниво L₁₀ означава ниво звучног притиска премашен у 10 % мјерног интервала, а L₁ ниво звучног притиска премашен у 1 % мјерног интервала [27,28].

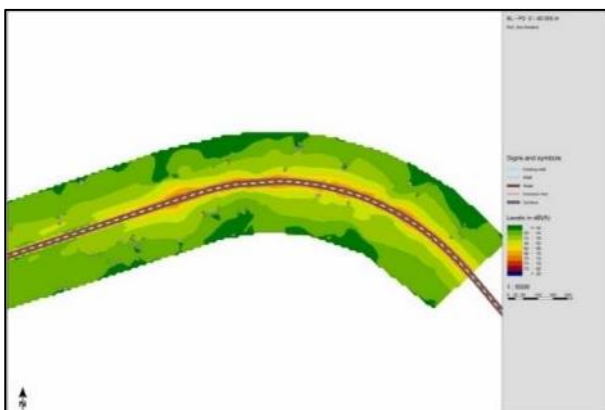
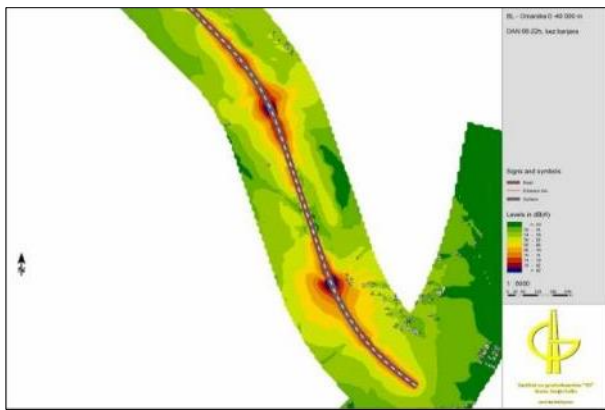
На израђеним картама нивоа саобраћајне буке, на мрежи 10x10 метара извршен је приказ прорачунаних нивоа буке од аутопута (са и без акустичних баријера), те се прегледом ових карата може добити увид у детаље појединих локалитета и прорачунаних нивоа буке [29,30].

4. Резултати рада

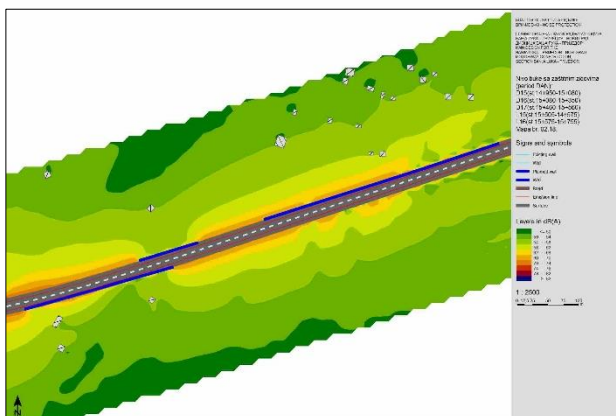
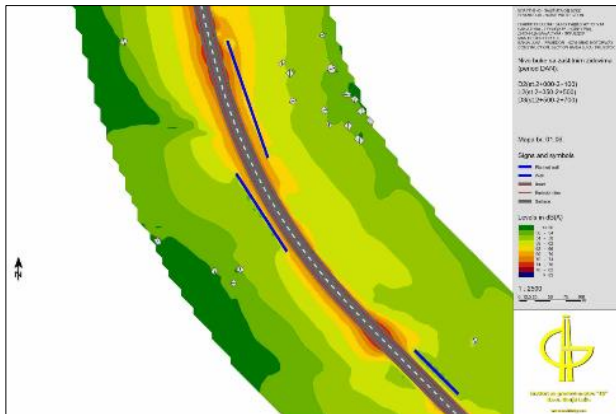
Анализом је обухваћен коридор ширине 400 метара, односно по 200 метара лијево и десно од осовине пројектованог аутопута.

Услијед изражене дисперзије грађевинског фонда (стамбених, помоћних и осталих објеката) у зони утицаја аутопута, није практично анализирати груписане објекте са аспекта насеља јер су иста исувише раширена преко великог броја засеока или индивидуалних домаћинстава. Уколико бисмо се руководили овим приступом, било би веома тешко до готово немогуће оријентисати се о којим се објектима говори приликом прописивања мјера заштите. Из тог разлога је ауторски тим извршио оптимизацију приступа у складу са затеченим ограничењима и изазовима задатка те усвојио чисто математички приступ оријентацији (нумерација третираних објеката праћена графичким приказом на припадајућим прилозима, табеларни приказ очекиваних вриједности нивоа буке прије и послије примјењених мјера заштите те прописивање мјера заштите везаних за нумерацију објеката).

Прва итерација је израда карата (дневних и ноћних) на којима је означена предикација очекиване буке у околину услед одвијања саобраћаја.



Слика 3. Карте очекиване буке, период дан/ноћ, без зидова за заштиту од буке



Слика 4. Карте очекиване буке, период дан/ноћ, са зидовима за заштиту од буке

На основу предикције очекиване буке дефинисане су позиције и техничке карактеристике (дужина/висина) планираних зидова за заштиту од буке, те су израђене карте буке са постављеним зидовима за заштиту од буке (Слика 4.).

5. Закључак

Проведена анализа очекиваног утицаја буке услед одвијања саобраћаја на аутопуту Бања Лука – Приједор, је показала да ће због одвијања саобраћаја на предметној дионици аутопута прекомјерним нивоима буке у току дана или у току ноћи бити изложени становници 614 објекта. За смањивање негативног утицаја буке на становништво на идентификованим објектима планирана је изградња 99 заштитних зидова као активне мјере за заштиту од буке. Укупна дужина планираних зидова износи 14.050 m, а површина 52.820 m².

За контролу ефикасности пројектованих зидова за заштиту буке потребно је предвидјети мониторинг по пуштању аутопута у саобраћај који ће утврдити стварно стање нивоа буке, као и периодична контролна мјерења за праћење нивоа буке у перспективи.

Праћење нивоа буке у фази експлоатације има за циљ благовремено предвиђање и спровођење мјера заштите. Оптималне техничке мјере заштите од буке могуће је предвидјети тек на основу серије мјерења нивоа буке у фази експлоатације предметне дионице аутопута у дужем временском периоду, јер подаци о нивоу буке у једном моменту и једној тачки не могу репрезентовати ни буку на том мјесту ни буку одређене комуналне средине. Осим тога на избор оптималних мјера заштите утичу и други извори буке као и сама структура објеката који се налазе у зони утицаја, јер би услјед примјене парцијалних рјешења могло доћи до контрапродуктивних ефеката по околину (рефлексија, суперпозиција и сл.)

Мониторинг буке потребно је предвидјети у зонама стамбених и других осјетљивих објеката који се штите зидовима. Мјерења је потребно спровести у складу са стандардом ISO 10847. Број мјерења мора бити довољан да се на основу добијених резултата потврди ефикасност свих изграђених заштитних зидова. Такође, код свих апсорционих баријера потребно је извршити и мјерења у складу са EN 1793-1 у циљу утврђивања карактеристика апсорпције звука.

Мјерења нивоа буке у циљу утврђивања нивоа буке на фасадама стамбених или других осјетљивих објеката потребно је извршити у складу са одредбама стандарда ISO 1996. Висина мјерних тачка одређује се у сваком појединачном случају посебно у зависности од спратности објекта.

Свако појединачно мјерење потребно је спровести у непрекидном трајању од 24 часа. Мјерења је потребно извршити на свим објектима који су угрожени буком после примјене заштитних зидова, а прије планирања секундарних мера заштите. Одређени број мјерења потребно је спровести и код објеката који су заштићени од буке примјеном зидова у циљу потврђивања ефикасности промењених мера.

Мјерна мјеста се бирају тако да буду репрезентативна за посматрано подручје, у случају оправданих притужби локалног становништва број мјерних мјеста се може повећати. Ако се на основу мјерења утврде додатна прекорачења законски дозвољених нивоа буке у односу на већ утврђена, као и нова прекорачења потребно је на угроженим објектима предвидјети и пасивне мјере заштите од буке, као што је замјена столарије.

Analysis of expected noise impacts in the area of the planned highway Banja Luka - Prijedor

Nebojša Knežević, Ph.D.

Faculty of Mining, Prijedor, University of Banja Luka

Igor Milunović, Ph.D.

Mathematics Faculty of Banja Luka, University of Banja Luka, Banja Luka

Abstract: The goal of the construction of the Banja Luka - Prijedor highway is to improve the traffic capacity of this road as well as to improve the entire segment of side effects, of which the environmental impacts are one of the most significant. The total length of the route of the future highway Banja Luka - Prijedor is 40.7 km. The planned route passes in the immediate vicinity of commercial and residential buildings. The project area is divided into two characteristic zones: residential and business zone and zone without residential and business buildings. The subject of this paper is the quantification of the expected noise level that will occur as a result of traffic on the planned highway, in order to design appropriate noise protection measures. Noise generated on roads affects the environment and contributes to the degradation of the quality of life in the vicinity of the highway and disturbs wildlife. Noise emissions from roads are mostly caused by friction between vehicle tires and the highway surface, and aerodynamic resistance to vehicle movement. Endangered / "noise sensitive" areas can be protected by building sound barriers (acoustic walls, earth embankments or gabions) - the so-called. "Active protection measure", by installing windows with improved acoustic insulation - the so-called. "Passive protection or by reducing noise emissions at the source (by limiting the speed of the vehicle or by installing a road curtain with absorption properties).

Key words: environment, highway, noise, impacts, traffic, motor vehicles.

Литература

- [1] Brüel and Kjær, Hand-held Analyzer Types 2250 and 2270 – User Manual.
- [2] Czyzewski A., Ejsmont J.: Validation of HARMONOISE/IMAGINE traffic noise prediction model by long term noise and traffic monitoring, Proceedings of the Joint Baltic-Nordic Acoustics Meeting, Reykjavik, Iceland, 17-19 August 2008.
- [3] 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).
- [4] Directive EC 1222/2009 Source: European Commission's impact Assessment SEC (2008) 2860.
- [5] Der Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau: Richtlinien für den Lärmschutz an Strassen – RLS 90 (Ausgabe, 1990).
- [6] D. Bies, C. Hansen, C. Howard, „Engineering Noise Control“, Fifth Edition, CRC Press, 2017.
- [7] European Commission: Green Paper – Future Noise Policy, (Brussels, 1996).
- [8] European Commission Working Group 5: Inventory of noise mitigation methods, (Brussels, 2002) Yokohama tyre catalogue: AVS dB Decibel V550 - (2010).
- [9] E. M. G. Sanchez et al., The effect of street canyon design on traffic noise exposure along roads, Building and Environment 97, 96-110, 2016.
- [10] Geing Krebs & Kifer: Report on the measurement of noise in the environment caused by traffic on the part of the motorway Skopje - Tetovo (Skopje, November 2014).
- [11] Grubeša, S., Suhanek, M., Đurek, I., Petošić, A.: Combined acoustical and economical noise barrier optimization using genetic algorithms, GRAĐEVINAR, 71 (2019) 3, pp. 177-185.
- [12] Jacobsen, Finn; Poulsen, Torben and Rindel, Jens Holger: Fundamentals of Acoustics and Noise Control, Department of Electrical Engineering, Technical University of Denmark, December 2011.
- [13] J. N. E. Ribero, Assessment of the CNOSSOS-EU model for road traffic noise prediction, Tecnico Lisboa, 2016.
- [14] Lakušić, S., Dragčević, V., Rukavina T.: A review of European traffic noise regulation, Građevinar, 55 (2003) 6, pp. 349-356.
- [15] Lay, M.G.: Handbook of road technology (New York, Taylor&Francis Group, 3rd edition, 2009).
- [16] Lee S.Y.C., Fleming G.G.: Measurement of highway – related noise, U.S. Department of transportation research and special programs administration, Final report, May 1996.
- [17] M. Do M. Marjanovic, S. Grubesa, I. P. Žarko, „Air and Noise Pollution Monitoring in the City of Zagreb by Using Mobile Crowdsensing“, Proceedings of the 25th International Conference on Software, Telecommunications and Computer

- Networks (SoftCOM)“, 2017.bson, J. Ryan J., Trees & Shrubs for Noise Control, Trees in focus, Practical Care and Management, ISSN 1358-8249, 2007.
- [18] Mijoski, G., Krakutovski, Z., Moslavac, D., et al: Analysis and protection from traffic noise of highways traffic in the Republic of Macedonia (Scientific research project UKIM - GF, Skopje, 12/2015).
- [19] Mijoski, G., Žileska-Pancovska, V.: Noise made from interaction between tires and pavement surface and measures for protection from it at long distance roads (GTZ, 2nd International Scientific Meeting, Tuzla, 2012).
- [20] NMPB-Routes (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB), Arrete du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routieres, (Journal Officiel du 10 mai 1995, Article 6).
- [21] Правилник о дозвољеним границама интензитета звука и шума („Службени лист СРБиХ бр. 46/89).
- [22] Петошић А, Грубеша С., Суханек М., (2018.), Основе акустике, бука околиша и звучна изолација те мјере за заштиту од буке у отвореном и затвореном простору, Загреб: Свеучилиште у Загребу Факултет електротехнике и рачунарства.
- [23] Rochat, J.L.: Transportation noise issue, Chapter 19 (Handbook of transportation engineering, USA 2004),
- [24] 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).
- [25] Science for Environment Policy, Future brief: Noise abatement approaches, Issue 17, 2017.
- [26] Студија утицаја на животну средину за пројекат изградње аутопута Бања Лука – Приједор, Институт за грађевинарство „ИГ“ д.о.о. Август 2021.
- [27] Студија изводљивости за изградњу дионице аутопута Бања Лука – Приједор, Институт за грађевинарство „ИГ“ д.о.о. септембар, 2020.
- [28] S. Luzzi, R. Natale, M. Carfagni, F. Borch, C. Bartalucci, „Environmental Noise Directive implementation: state of art, public participation and noise awareness“, Noise Theory and Practice, 2016.
- [29] WHO, Environmental Noise Guidelines for the European Region, 2018.
- [30] Zappatore M. at al., Crowd – Sensing our Smart Cities: A Platform for Noise Monitoring and Acoustic Urban Planning, Journal of communications software and systems, Vol. 13, No. 2, 2017.