

ЗАШТИТА ОД ИНДУСТРИЈСКЕ БУКЕ ИЗ ШПИК ИВЕРИЦА

1. ОПИС ПРОБЛЕМА КОЈИ СЕ РЕШАВА ТЕХНИЧКИМ РЕШЕЊЕМ

Ниво буке у стамбеном насељу далеко прелази дозвољену границу. Узрок за тако високо прекорачење је двострук. Први разлог је близина индустријских постројења која се налазе на малом растојању од стамбених јединица а други разлог је тај, што између фабричких постројења и стамбених јединица пролази фреквентна градска саобраћајница.

Бука у непосредном окружењу фабричких хала и постројења за производњу претставља велики еколошки проблем. Стамбена зона угрожена буком простире се паралелно са фабричким халама на дужини од око 170 m. Просечна удаљеност фасада кућа од извора буке је око 35 m. Кључни проблеми у изналажењу најефикаснијег начина заштите од буке су: велика висина појединих постројења (чак нешто преко 25 m), већи број извора буке и близина стамбених јединица. Извршена су мерења нивоа буке на свим изворима а затим су утврђени доминантни извори буке. Мерењем нивоа буке на мерним местима у стамбеном насељу, у току дана и ноћи, установљено је да ниво буке ауто саобраћаја нема утицаја на укупни ниво буке. На основу мерења нивоа буке свих извора, усвајања доминантних извора, утврђивања типа извора буке и слабљења буке при простирању уз могућност постављања звучне баријере, формиран је математички модел помоћу кога су утврђени нивои буке и изабрана најповољнија варијанта за заштиту од буке с обзиром на могућности техничке реализације.

Постројења и машине које се користе у процесу производње спадају у групу стационарних извора који генеришу високе нивое буке.

У делу фабрике који претставља доминантни извор буке, технолошки се могу уочити три подсистема: линија за просејавање сировог и сувог ивера, линија за дозирање прашине, линија за транспорт и просејавање струготине

Из силоса сировог ивера помоћу грабуљастих и пужних транспортера ивер се допрема у сушару спољашњег слоја (ДС) и сушару међуслоја (МС). Из сушаре ивер се пнеуматским путем помоћу вентилатора допрема до циклона (за смиривање). Прва – најкрупнија фракција ивера се помоћу пнеуматског транспорта допрема поново на млин (ПСКМ). У млину се ивер меље – уситњава и пнеуматским путем помоћу вентилатора допрема у циклон где се помоћу зауставе и система пужних транспортера поново допрема на решетку за просејавање – сито. Друга и трећа фракција се помоћу пнеуматског транспорта допрема у силосе сувог ивера спољног слоја (ДС) и средњег слоја (МС). Четврта фракција је најситнија фракција ивера (прашина) која се пнеуматским путем помоћу компресора транспортује у силос прашине.

На линији за дозирање прашине, из силоса прашине, пужним транспортером прашина се допрема до помоћног силоса прашине који има регулацију и мешач. Из помоћног силоса коришћењем косих пужних транспортера, заустава, цевовода и компресора прашина се допрема до горионика спољнег и средњег слоја прашине у мешавини са мазутом се користи за сушење ивера у сушарама међуслоја и средњег слоја.

2. СТАЊЕ РЕШЕНОСТИ ПРОБЛЕМА У СВЕТУ – ПРИКАЗИ И АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋИХ РЕШЕЊА

Бука је један од главних узрока смањења квалитета живота, посебно у урбаним срединама где је константно присутна и утиче на многе аспекте свакодневног живота. Повећање нивоа буке најпре негативно утичу на концентрацију људи, изазивају сметње у комуникацији, сметње при одмору и сл.

Заштита од буке насељених места смештених у близини прометних саобраћајница или у близини индустријских постројења најбоље се решава применом баријера. У урбаним срединама због недостатка скуних градских простора и наглашене бриге око уклапања у простор, избор најбољег решења заштите од буке није једноставан. Често, чак и за делимично решење овог проблема, није довољна примена само једне мере већ комбинација више њих.

Четири су основне групе мера за смањење нивоа буке од саобраћаја и индустријских постројења:

- смањење буке на извору,
- смањење распрострања буке,
- заштита од буке на месту имисије,
- економске мере и регулатива.

Прва група представља примарне мере, док су друге триће секундарне мере заштите од буке. Посматрају ли се примарне мере, тада треба разликовати о којој се врсти саобраћаја ради и која врста индустријских постројења представљају извор буке.

3. СУШТИНА ИЗРАДЕ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

У техничком решењу су дати резултати анализе утицаја буке и могућности заштите у непосредном окружењу индустријских постројења фабрике за производњу иверице „ШПИК ИВЕРИЦА ФАНТОНИ ГРОУП“- Ивањица. Извршена су сва потребна мерења нивоа буке и на адекватан начин су сагледани доминантни извори буке.

Формирани математички модел за утврђивање мапе буке у зони негативног утицаја, је експериментално верификован, чиме је потврђена његова примена приликом избора алтернативних решења за заштиту од буке индустријских постројења за производњу иверице.

Приликом избора алтернативних решења вођено је рачуна о могућностима техничке реализације предложених варијанти. За решење проблема предложена је комбинација активне и пасивне заштите од буке. Изградња баријера висине 6 м и дужине 60 м и активна заштита на самим изворима буке, чија је висина једнака или већа од висине баријере, представљају најрационалнији начин заштите од буке индустријских постројења у наведеном примеру.

Кључни проблеми у изналажењу најефикаснијег начина заштите од буке који су се састојали у великом броју извора буке, великој висини појединих извора, на адекватан

начин су узети у обзир приликом избора оптималне варијанте за техничко решење заштите од буке.

Изградња баријера висине 6 m и дужине 60 m урађена је према Главном пројекту Машинског факултета у Краљеву. Баријера је израђена од антизвучних панела дебљине 80 mm и изолационе моћи од 33 dB (према каталогу произвођача).

4. ДЕТАЉАН ОПИС РЕШЕЊА ТЕХНИЧКОГ ПРОБЛЕМА

Да би се дошло до техничког решења за заштиту од буке у поменутој стамбеној зони потребно је извршити идентификацију доминантних звучних извора, утврдити ниво буке на контролним тачкама, формирати математички модел за прорачун мапа буке И на основу тога иувршити избор алтернативних техничких решења за заштиту од буке.

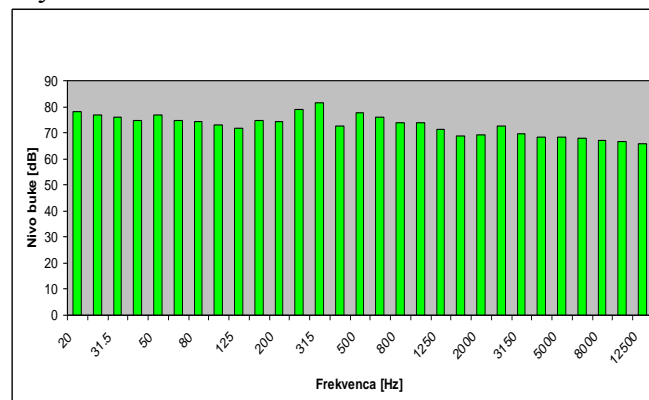
4.1 Извори буке

Извори буке у фабрици према локацији могу се условно поделити у три групе:

- главна компресорска станица и производни погон
- процесни део који обухвата три подсистема: линија за просејавање сировог и сувог ивера, линија за дозирање прашине, линија за транспорт и просејавање струготине.
- припреме иверја (мостна дизалица, транспортер балвана, млин)

Сви извори буке у фабрици су моделирани као тачкасти извори. Основна карактеристика која дефинише настајање буке код овог типа извора је ниво звучног притиска емисије. Индекс директивности свих извора у моделу се може лако утврдити.

Утврђујући карактер буке у фреквенцијском домену, бука фабрике по типу се може сврстати у широкопојасну, јер је енергија звука приближно равномерна у ширем фреквенцијском опсегу.



Сл. 1 Фреквентни спектар буке испред постројења за пнеуматски транспорт сувог ивера

До успешног модела за управљање буком, оцену стања нивоа буке и предузимање адекватних мера и метода за смањење буке, неопходно је имати што тачније податке о карактеристикама саме буке. До ових података се долази мерењем карактеристичних величина буке у фреквентном, амплитудном и временском домену.

У циљу што тачнијег утврђивања карактеристика буке извршен је низ мерења буке у току дана и ноћи.

Посматрајући технолошки процес производње иверице, може се закључити да преовлађује континуални тип производње, па су у складу са тим и производне операције изводе континуално. Са становишта извора буке постројења се налазе на дужини од 170 m у појасу ширине око 30 m.

Главни механизми генерисања буке у овом случају могу се поделити у две групе: механички (вентилатори, компресори, електро мотори, зупчасти пренос, каишни пренос, транспортери, лежајеви и друге ротационе компоненте), и аеродинамички који настају као последица пнеуматског транспорта иверја.

Машинска опрема оваквог типа генерише веома високе нивое буке, углавном тоналног карактера са компонентама у средњефреквенцијском и високофреквенцијском опсегу које су пропорционалне ротационој брзини машинских компонента.

Аеродинамичка бука настаје као последица кретања иверја под дејством струје ваздуха у пнеуматским цевоводима који повезују силосе веома великих висина) поједини достижу висину близу 30 m. Пошто се струготина у пнеуматским цевоводима креће великом брзином кроз различите попречне пресеке и кривине, долази до турбуленције која генерише широкопојасну буку.

4.1.2 Ниво буке извора

Фабрика ради целодневно без икаквих прекида. За формирање почетне базе извора уочено је дејство 22 извора који су подељени у три већ поменуте локацијске скупине.

С обзиром на локацију и ниво буке у математичком моделу извори буке су сведени на осам доминантних чији се ниво налази у дијапазону од 76 до 93 dBA.

4.1.3 Бука на контролним тачкама

Процена и мерење се врши на основу одредби Правилника о дозвољеном нивоу буке у животној средини, Сл. Гласник РС, бр. 54/92 као и стандарда ЈУС У.Ј6.090 и ЈУС У.Ј6.205.

Мерна места у стамбеном насељу које је угрожено буком припадају петој акустичној зони са дозвољеним нивоом буке од 65 dBA у дневним условима и 55 dBA у ноћним условима.

Како се процес производње у фабрици одвија непрекидно, проблем решења заштите од буке своди се на изналагање система заштите који на контролним тачкама испред репрезентативних стамбених јединица 1 и 2 обезбеђује ниво буке од 55 dBA. У односу на дозвољени ниво буке од 55 dBA.

Табела 2 Ниво буке на контролним тачкама

Мерно место	Постојећи ниво буке [dBA]		Укупни ниво буке [dBA]		Дозвољени ниво буке [dBA]	
	дан	ноћ	дан	ноћ	дан	ноћ
КТ ₁	63	53	76	73	65	55
КТ ₂	63	53	70	64	65	55

Ако се за постојећи ниво буке усвоји ниво који је утврђен током ноћног мерења поред улице која раздваја фабрику и стамбено насеље, може се израчунати специфични ниво буке фабрике на контролним местима, који обезбеђује да буке фабрике не пређе дозвољених 55 дБА у ноћним условима..

$$L = 10 \log(10^{L_p/10} + 10^{L_{doz}/10}) \text{ (dBA)} \quad (1)$$

где је: L_p – постојећи ниво буке

L_{doz} – дозвољени ниво буке

Укупни ниво буке од 57 dBA, омогућава постизање дозвољеног нивоа буке на контролним мерним тачкама, тј. у стамбеном насељу

4.1.4 Формирање математичког модела

Стамбена зона угрожена буком простире се паралелно са фабричким халама на дужини од око 170 m. Просечна удаљеност фасада кућа од извора буке је око 35 m. У оквиру стамбене зоне најугроженији је централни део у ширини од 60 m. Између фабричких постројења и стамбеног насеља пролази фреквентна градска саобраћајница.

Зона израженог утицаја буке на дужини од 170 и ширини 50 m подељена је мрежом корака 10 m, како је приказано на слици 3 у прилогу рада. Почетак усвојеног координантног система се налази у средини производне хале за израду иверице.

4.4.1 Слабљење нивоа буке при простирању

У циљу формирања контурних мапа буке, извори су моделирани као тачкасти индустријски извори и одређена зона која је угрожена буком. На тај начин је формирано поље вредности нивоа буке, тако да се једноставно могу пратити нивои буке на контролним тачкама (КТ₁ – испред стамбене јединице бр. 1 и КТ₂ – испред стамбене јединице бр. 2). Мерно место испред стамбене јединице бр. 1 је доминантно угрожено буком постројења из централног дела а мерно место испред стамбене јединице бр. 2, доминантно је угрожено буком коју генерише кран и транспортер балвана на делу припреме иверја.

Потреба да се ниво буке рачуна у више тачака и да се истовремено посматра више извора довела је до коришћења рачунара који омогућују брже израчунавање, анализу и презентацију резултата у различитим формама.

За примену алгоритма потребно је дефинисати модел са изворима буке, топографијом терена и геометријом објеката који могу утицати на простирање буке. Затим се дефинише једна или више тачака за израчунавање и рачунару се даје задатак да изврши прорачуне.

Применом овог модела алгоритма израчунава се слабљење при простирању звука као збир [1]:

$$C = C_D + C_A + C_B + C_G + C_Z \quad (2)$$

где је: C_D – корекција због дивергенције (ширења таласног фроната) звучних таласа,

C_A – корекција због апсорпције ваздуха, $C_A < 0$,

C_B – корекција због баријере, $C_B < 0$,

C_G – корекција због апсорпције терена, $C_G < 0$,

C_Z – корекција због зеленила, $C_Z < 0$.

4.4.2 Прорачун утицаја баријере

Део енергије који се директно пренесе кроз преграду одређен је изолационим карактеристикама материјала од којег је саграђена баријера. Да би ефекат баријере био потпун, тај део енергије мора бити занемарљив у односу на део енергије коју носе дифрактовани таласи. Изолациона моћ преграде треба да обезбеди да ниво буке директних таласа на месту пријемника буде 10 dB испод нивоа буке дифрактованих таласа, чиме се њихов допринос на месту пријемника може занемарити. Дакле, изолациона моћ преграде треба да има вредност која је за најмање 10 dB већа од нивоа редукције буке која се жели постићи постављањем баријере.

Слабљење нивоа буке баријером одређено је разликом дужине пута који пређе дифрактовани талас и дужине пута који прелази директан талас.

Једначина бр.3 дефинише слабљење баријере, у случају индустријске буке и има облик:

$$C_B = -7 \cdot \log \left[5 + \left(\frac{70 + 0.25 \cdot s}{1 + 0.2 \cdot z} \right) \cdot z \cdot K_w^2 \right] \quad (3)$$

где је: z - разлика путање дифрактованих и директних таласа,

K_w - корекција због метеоролошких услова.

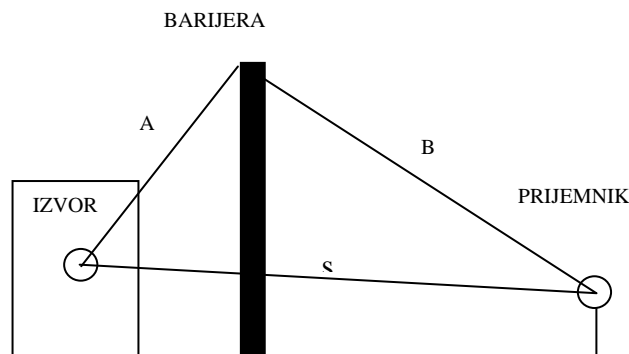
Разлика дужине дифракционе и директне путање рачуна се као:

$$z = A + B - s,$$

где је: A - растојање извора до горње ивице баријере,

B - растојање пријемника до горње ивице баријере,

s - најкраће растојање пријемне до емисионе тачке.



Слика 2. Корекција за утицај баријере

Метеоролошка корекција се одређује на основу истих параметара изразом:

4.5 Мапа буке

Нивои буке се израчунавају применом међународних или националних стандарда који дефинишу алгоритме израчунавања. Алгоритми су углавном оријентисани ка одређеном типу извора буке и њихова примена је ограничена само за тај извор буке.

Алгоритми се углавном базирају на примени дводелног модела. У првом делу се моделира извор буке, а у другом простирање буке (од референтне тачке до посматране тачке). Примена оба модела даје ниво буке у прорачунској тачки.

Топографски подаци су узети са урбанистичког пројекта препарцелизације који је власништво предузећа. Подаци о нивоу буке најудицајнијих извора у моделу су одређени мерењем А-нивоа на блиском растојању од 0.5 m од извора буке, како би се избегао утицај суседних извора који се због технолошких разлога не могу зауставити.

Када је потребно извршити веома велики број мерења или хипотетички треба поставити неки модел понашања извора буке приступа се пројектовању модела за прогнозу буке. У овом случају важно је напоменути да се формира модел који треба да верификује алтернативе у развоју и примени мера за редукцију буке. Излаз из оваквог модела је добијање контурних мапа буке за анализиране алтернативе.

Алгоритми за решавање овог проблема се углавном састоје из два модула. У првом модулу третирају се модели извора буке, а у другом модулу модел преношења буке.

Због прегледности резултата у зони угроженој буком генерисана је мрежа са кораком од 10 m по x и y оси. Корак мреже се може произвољно бирати према конкретним потребама. У овом случају чвор са координатама (x,y) = (70, 40) m одговара контролној тачки испред стамбене јединице бр. 1, а чвор са координатама (x,y) = (140, 40) одговара контролној тачки испред стамбене јединице бр. 2.

За сваку чворну тачку мреже рачунат је укупни ниво буке који у себи садржи утицај од свих извора буке и свих слабљења нивоа буке укључујући и баријеру, која се може поставити било где на путу простирања звучних таласа. Баријера се задаје координатама почетне и крајње тачке и висином. Уколико правац који спаја извор и пријемну тачку има пресечну тачку са баријером, узима се у обзир смањење нивоа буке услед баријере и рачуна се према једначини 3.

$$L_{xy} = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right) \quad (4)$$

где је: L_{xy} - ниво буке на контролном месту (дефинисано x и y координатама)

L_i - ниво буке од и-тог извора буке на задатом контролном месту

Ниво буке L_i се рачуна према изразу:

$$L_i = L_{Si} - C_i \quad (5)$$

где је: L_{Si} - ниво буке и-тог извора

C_i - слабљење нивоа буке и-тог извора због простирања и баријере на контролном месту

На основу овако израчунатих нивоа буке нацртана је контурна мапа буке која је приказана на слици 3. у прилогу рада. За формирање контурних мапа буке коришћен је програмски пакет Матлаб.

4.6 Заштита од буке

Методе пројектовања заштите од буке развијају се на бази прорачуна процеса њиховог генерисања и преноса.

Све методе пројектовања система заштите од буке могуће је поделити у две основне групе:

1. Активне методе, које обухватају интервенције на извору буке у циљу њиховог смањења
2. Пасивне методе, које се односе на одређене захвате дуж основних праваца преноса од извора буке до места пријема

За успешно пројектовање система заштите од буке потребно је анализирати активне и пасивне методе заштите преко ефеката које конкретне варијанте изазивају у радној средини. Опште препоруке и правила заштите од буке индустријских постројења, могу бити веома корисни за широк круг пројектаната технолошких процеса и грађевинских објеката, посебно у фази примене и разраде идејних пројеката. Тачни одговори у погледу избора најефикасније и најекономичније варијанте заштите од буке, усклађене са технолошким и грађевинским пројектом, могу се дати једино на основу упоредне техноекономске анализе различитих варијанти.

На основу варијантних решења извршен је избор позиције и висине баријере, уз испуњење критеријума постизања дозвољеног нивоа буке на контролним тачкама (КТ₁ – испред стамбене јединице бр. 1; КТ₂ – испред стамбене јединице бр. 2) у ноћним условима, који за пету акустичну зону износи 55 dBA. Решење проблема буке применом само баријера захтева велику висину истих.

Анализе показују да се са постављањем 2 баријере проблем буке у великој мери решава, али не у потпуности. Због тога је потребно предузети и додатне активне мере заштите појединих звучних извора.

На овај начин се постиже дозвољени ниво буке на обе контролне тачке, које у варијанти постојећег стања имају највиши ниво буке, па су зато као референтне и одабране за контролне тачке.

У оквиру варијантних решења разматране су и могућности постизања дозвољеног нивоа буке у ноћним условима, без баријера, али уз примену тзв. активне заштите, тако што би се бука смањила на самом извору.

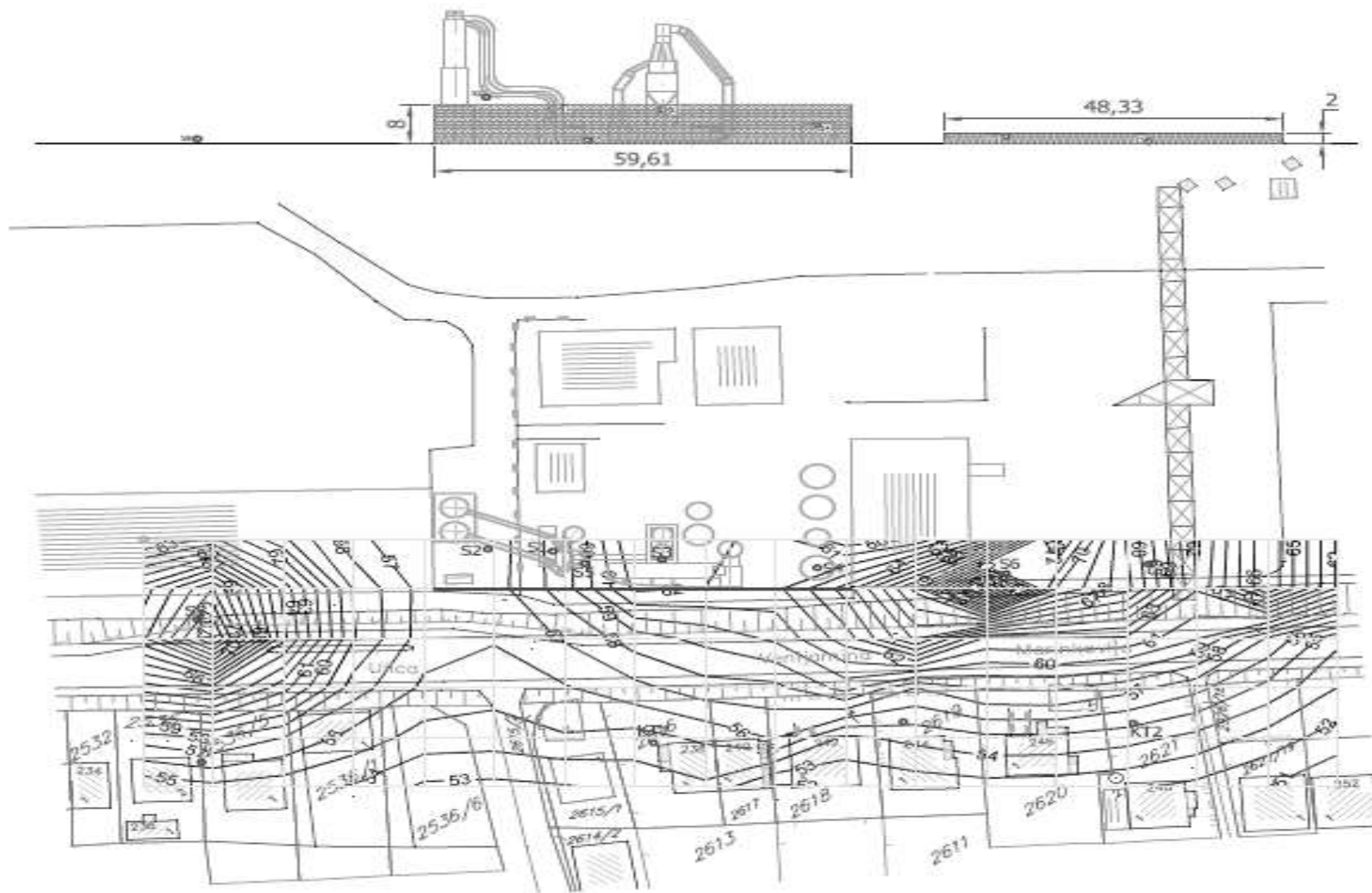
Анализом различитих варијанти заштите, намеће се као најприхватљивија солуција комбиновани вид заштите од буке, тако што би се изградња баријера комбиновала са активном затитом појединих извора буке.

У последње време заштита од буке све више добија на значају, јер бука претставља врло опасну врсту загађења животне средине. Прецизно мерење буке односно звучног поља је врло скупо јер захтева употребу веома скупе опреме, посебно ако се жели измерити утицај буке са више извора у простору истовремено. С повећањем броја извора буке и мерних тачака, трошкови расту и то најчешће нелинеарно. Због тога је битно имати што прецизније моделе за прорачун нивоа буке. Модел за прорачун буке презентирани у овом раду и који се користи за формирање мапе буке, дозвољава могућност избора позиције и димензија звучних баријера. Тако да се комбиновањем различитих баријера добијају варијанте пасивне заштите од буке постројења.

Добијени резултати у наведеном примеру показали су да је математички модел односно пројектовани софтвер показао високу тачност јер је грешка на контролним тачкама била у оквиру 1 dB(A). Овакав модел дозвољава симулацију, односно предвиђања нивоа буке које ће настати услед нових извори буке, на пример, ново индустријско постројење. Осим утврђивања звучног поља може се овим моделом добити и релативно смањење утицаја појединих извора буке ради примене и других мера на сузбијању непожељних утицаја.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Петровић, З., Радичевић, Б., Бјелић, М., „Елаборат – Идејно решење заштите од буке „ШПИК ИВЕРИЦА ФАНТОНИ ГРОУП” - Ивањица”, Машински факултет Краљево, 2007
- [2] Прашчевић, М., Цветковић, Д., ”Бука у животној средини”, Факултет заштите на раду у Нишу, Ниш, 2005
- [3] Узуновић, Р., „Заштита од буке и вибрација”, ЛОЛА Институт, Београд, 1997
- [4] Величковић, Д., „Бука и вибрације 2”, Факултет заштите на раду у Нишу, Ниш, 1990
- [5] Стандарди: ЈУС У.Ј6.090 и ЈУС У.Ј6.205;



Слика 3. Мапа буке у зони негативног утицаја индустријских постројења