

---

# ELABORAT O PROCJENI UTICAJA BUKE I ZAGAĐENJA VAZDUHA NA ŽIVOTNU SREDINU

---

**PROJEKAT:** PROCJENA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU I SOCIJALNA  
PITANJA (ESIA) ZA DIONICU MATEŠEVO - ANDRIJEVICA  
AUTOPUTA BAR - BOLJARE

**REVIZIJA V1:** NOVA TRASA

**KLIJENT:** PASECO SP LTD

**KORISNIK:** EBRD

**KONSULTANT:**



*Acoustics Consultancy Company*  
54 SPIROU DIMA Str. & LAVRIOU Av.,  
PC 19002, PEANIA GREECE  
EL.: +30 210 6921928  
AX: +30 210 6921958  
E-MAIL: info@eagroup.gr  
EB: www.eagroup.gr

**DATE:** 13.12.2024. godine

**DRUGO IZDANJE**

## Sadržaj

|     |                                                                          |                                     |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.  | UVOD                                                                     | 4                                   |
| 1.1 | Namjena                                                                  | 4                                   |
| 1.2 | Obim radova                                                              | 4                                   |
| 1.3 | Uticaj buke na životnu sredinu                                           | 5                                   |
| 1.4 | Uticaj zagađenja vazduha na životnu sredinu                              | 6                                   |
| 2.  | REGULATORNI OKVIR                                                        | 7                                   |
| 2.1 | Buka                                                                     | 7                                   |
| 2.2 | Zagađenje vazduha                                                        | 8                                   |
| 3.  | POSTOJEĆE STANJE                                                         | 12                                  |
| 4.  | METODOLOGIJA PROCJENE                                                    | 14                                  |
| 4.1 | Izvori buke uslijed odvijanja drumskog saobraćaja                        | 14                                  |
| 4.2 | Definicije, svojstva i jedinice mjere zvuka                              | 14                                  |
| 4.3 | Indikatori za procjenu ambijentalne buke                                 | 15                                  |
| 4.4 | Metoda procjene ambijentalne buke u Evropskoj uniji                      | 17                                  |
| 4.5 | Izvori i širenje zagađenja vazduha izazvanog drumskim saobraćajem        | 17                                  |
| 4.6 | Izvori buke i zagađenja vazduha tokom izvođenja radova                   | 18                                  |
| 4.7 | Softver za modelovanje prostiranja buke i zagađujućih materija u vazduhu | 18                                  |
| 4.8 | Proračun efikasnosti mjera za smanjenje buke od drumskog saobraćaja      | 20                                  |
| 5.  | ULAZNI PODACI                                                            | 23                                  |
| 5.1 | Metrološki podaci                                                        | 23                                  |
| 5.2 | Model terena                                                             | 23                                  |
| 5.3 | Tehničko usmjerenje trase                                                | 24                                  |
| 5.4 | Protok saobraćaja                                                        | <b>Error! Bookmark not defined.</b> |
| 5.5 | Struktura građevinske mehanizacije na gradilištu                         | 25                                  |
| 5.6 | Osjetljivi receptori                                                     | 28                                  |

|     |                                     |    |
|-----|-------------------------------------|----|
| 6.  | PROCJENA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU | 29 |
| 6.1 | Buka                                | 29 |
| 6.2 | Zagađenje vazduha                   | 31 |
| 7.  | MJERE UBLAŽAVANJA                   | 34 |
| 7.1 | Tokom izgradnje                     | 34 |
| 7.2 | Tokom eksploatacije                 | 38 |

## 1. UVOD

### 1.1 Namjena

Cilj ovog elaborata je identifikacija i procjena potencijalnih uticaja emisije buke i zagađenja vazduha koji mogu nastati tokom faze izgradnje i eksploatacije dionice „Mateševo – Andrijevića“ crnogorskog autoputa Bar–Boljare (SEETO putni pravac 4), na okolna naselja i stanovništvo (zajednicu i radnu snagu). Predložena nova trasa autoputa duga je približno 21 km. Početna tačka trase je nakon petlje Mateševo i tunela dužine 555 m, koji je već u fazi izgradnje (dionica Smokovac – Mateševo). Kraj istraživanog područja nalazi se u blizini rijeke Krstica, pritoke rijeke Lim, u neposrednoj blizini Andrijevice.

Dionica autoputa „Mateševo – Andrijevića“ je sastavni dio autoputa Bar – Boljare, koji povezuje Luku Bar na Jadranskoj obali sa Boljarima, u blizini granice sa Srbijom. Izgradnja autoputa Bar–Boljare je predviđena Prostornim planom Crne Gore (2008. godina).

Procjena saobraćajne buke biće sprovedena uzimajući u obzir početno stanje životne sredine i društveni kontekst analiziranog područja, a gdje god to bude potrebno i opravdano, biće predložene odgovarajuće mjere za ublažavanje negativnih uticaja.

### 1.2 Obim radova

Ovaj Elaborat obuhvata:

**Poglavlje 2. *Regulatorni okvir:*** Detaljan prikaz važećeg regulatornog okvira u oblasti zaštite životne sredine u Crnoj Gori, uključujući relevantne direktive Evropske unije, kao i specifične projektne zahtjeve u vezi sa saobraćajnom bukom i zagađenjem vazduha.

**Poglavlje 3. *Postojeći uslovi:*** Kratak pregled postojećih uslova u vezi sa nivoima buke i kvalitetom vazduha u području uticaja projekta, zasnovan na dostupnim podacima i prethodnim relevantnim elaboratima.

**Poglavlje 4. *Metodologija procjene:*** Prikaz metodologije koja će se koristiti za procjenu uticaja buke i zagađenja vazduha tokom eksploatacije nove dionice auto-puta, primjenom kompjuterskog modeliranja.

**Poglavlje 5. *Procjena uticaja na životnu sredinu:*** Prikaz rezultata dobijenih primjenom kompjuterskog modeliranja, uz uporednu analizu procijenjenih vrijednosti uticaja sa zakonski propisanim graničnim vrijednostima i postojećim stanjem.

**Poglavlje 6. *Mjere ublažavanja uticaja:*** Indikativne mjere za ublažavanje uticaja identifikovanih u Poglavlju 4.

Za proračun uticaja buke i širenja zagađenja vazduha biće prikupljeni svi relevantni projektni podaci, uključujući informacije o saobraćajnom opterećenju na postojećoj putnoj mreži i njegovim projekcijama za godinu puštanja u rad, kao i za 2057. godinu, glavni

projektni planovi nove saobraćajnice, topografski podaci u neposrednoj blizini trase i druge relevantne informacije.

Obuhvat elaborata uključuje stambene objekte i naseljena područja duž trase između Mateševa (stacionaža Ch.0+000) i Andrijevice (stacionaža Ch.23+483).

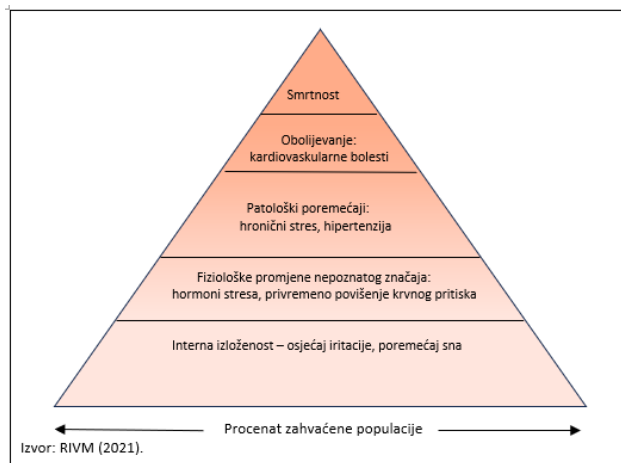
### 1.3 Uticaj buke na životnu sredinu

Posljednjih godina, akustičko zagađenje postalo je uobičajen problem u zemljama u razvoju, a njegovo rješavanje predstavlja jedan od novih izazova u oblasti politike zaštite životne sredine. Pored toga, buka umanjuje kvalitet života u širem smislu. Prema procjenama, polovina stanovnika Evropske unije (EU 15) živi u područjima koja ne obezbjeđuju odgovarajući akustički komfor:

- 40% stanovništva izloženo je saobraćajnoj buci sa nivoom zvučnog pritiska koji prelazi 55 dB(A) tokom dana
- 20% stanovništva izloženo je nivoima buke koji prelaze 65 dB(A)
- Noću je više od 30% stanovništva izloženo nivou buke koji remeti san (>55 dB(A))

Iako je često zanemarena, buka ima ozbiljan uticaj na ljudsko zdravlje druge i žive organizme. Neki od negativnih efekata su:

- **Iritacija:** Buka izaziva osjećaj smetnje zbog promjena u nivou zvučnog pritiska. Aperiodični (nepravilni) zvučni signali, zbog svoje nepredvidivosti, mogu izazvati neprijatnost i iritaciju.
- **Fiziološki efekti:** Buka utiče na fiziološke funkcije kao što su amplitudu disanja, krvni pritisak, frekvenciju otkucaja srca i pulsa, kao i nivo holesterola u krvi.
- **Gubitak sluha:** Dugotrajna izloženost visokim nivoima buke može dovesti do oštećenja sluha. Ovaj proces je obično postepen i neprimjetan, ali sa vremenom može značajno uticati na auditivne funkcije.
- **Radna sposobnost:** Povećana buka može smanjiti radnu efikasnost zbog smanjenja koncentracije i pažnje zaposlenih.
- **Nervni sistem:** Izloženost visokim nivoima zvučnog pritiska može izazvati bol, zujanje u ušima, osjećaj umora, što negativno utiče na funkcionalnost nervnog sistema.
- **Nesanica:** Buka utiče na kvalitet sna, što dovodi do nemira, smanjenja koncentracije i sposobnosti donošenja odluka tokom svakodnevnih aktivnosti



Slika 1. Posljedice dugotrajne izloženosti prekomjernoj buci

## 1.4 Uticaj zagađenja vazduha na životnu sredinu

Zagađenje vazduha ne razmatra se samo u kontekstu njegovog uticaja na klimatske promjene, već i kroz negativan uticaj na zdravlje pojedinaca i društva, naročito zbog povećane stope obolijevanja i smrtnosti. Postoji mnoštvo zagađivača vazduha koji predstavljaju ključne faktore u razvoju različitih oboljenja kod ljudi:

- Suspendovane čestice (PM) – veoma male čestice promjenjive veličine, koje putem udisanja prodiru duboko u respiratorni sistem, uzrokujući respiratorna i kardiovaskularna oboljenja, disfunkcije reproduktivnog i centralnog nervnog sistema, kao i različite vrste karcinoma.
- Ozon ( $O_3$ ) – Iako ozon u stratosferi ima zaštitnu funkciju protiv UV zračenja, u visokim koncentracijama pri nivou tla djeluje kao zagađivač koji negativno utiče na respiratorni i kardiovaskularni sistem, uzrokujući brojne zdravstvene probleme.
- Azotni oksidi ( $NO_x$ ), sumpor-dioksid ( $SO_2$ ), isparljiva organska jedinjenja (VOC), dioksini i policiklični aromatski ugljovodonici (PAH) se smatraju zagađivačima koji imaju ozbiljan štetan efekat na ljudsko zdravlje.
- Ugljen-monoksid (CO) – Zagađivač koji pri visokim koncentracijama može izazvati akutno trovanje prilikom udisanja.

Svjež vazduh i čista voda se smatraju ključnim faktorima za dug i zdrav život. Vazduh i voda su dva elementa koja lako ulaze u žive ćelije i predstavljaju važne strukturne komponente koje održavaju njihov metabolizam. Nažalost, sa napretkom industrijskog razvoja, kvalitet vazduha i vode je ozbiljno ugrožen. Zagađivači vazduha mogu preći velike udaljenosti, ne poštujući geografske granice niti granice ekološki zaštićenih područja. Štetne čestice nastale u termoelektranama, saobraćaju ili rudarskim aktivnostima lako se prenose stotinama kilometara od svog izvornog mjesta.

Standardi kvaliteta vazduha osmišljeni su sa ciljem zaštite ljudskog zdravlja i očuvanja životne sredine. Postojeće granične vrijednosti kvaliteta vazduha razlikuju se od zemlje do zemlje, a ponekad i unutar iste zemlje, postavljajući dugoročne i kratkoročne ciljeve.

## 2. REGULATORNI OKVIR

### 2.1 Buka

U skladu sa zahtjevima projekta, potrebno je da se ispita izloženost stanovništva buci od saobraćaja i njen uticaj, u skladu sa nacionalnim propisima o buci, kao i smjernicama Svjetske banke i Svjetske zdravstvene organizacije (WHO).

#### 2.1.1 Nacionalni zahtjevi prema Uredbi 27/2015

Regulativa 27/2015, objavljena u Službenom listu Crne Gore 05.08.2015. godine, definiše ograničenja nivoa buke za stambene akustične zone, akustične zone mješovite namjene ili akustične zone pod uticajem saobraćajne buke.

Skupština Glavnog grada Podgorica usvojila je „Odluku o utvrđivanju akustičkih zona na teritoriji Glavnog grada Podgorice“, br. 02-030 / 15-1101 od 31.07.2015. godine ("Službeni list Crne Gore - Opštinski propisi", br. 27/2015 od 05.08.2015.), kojom se utvrđuju akustičke zone na teritoriji Podgorice.

Granice vrijednosti nivoa buke tokom dana, večeri i noći iznose 55, 55 i 45 dB za stambenu akustičnu zonu; 60, 60 i 50 dB za akustičnu zonu mješovite namjene; i 60, 60 i 55 dB za akustičnu zonu koja je pod uticajem saobraćajne buke, u skladu sa Propisima i Pravilnikom o graničnim vrijednostima buke u životnoj sredini, načinu utvrđivanja indikatora buke i akustičkih zona i metodama ocjenjivanja štetnih efekata buke ("Službeni list Crne Gore", br. 060/11).

Područje projekta pripada kategoriji "zona pod uticajem saobraćajne buke", zbog prisustva regionalnog puta R-19.

#### 2.1.2 Smjernice Svjetske banke o graničnim nivoima buke

Opšte Smjernice Svjetske banke o životnoj sredini, zdravlju i bezbjednosti (EHS) propisuju granične vrijednosti za nivoe ambijentalne buke, koje su prikazane u sljedećoj tabeli:

| Receptor                               | Dan $L_{eq,T}$<br>07:00-22:00<br>[dB(A)] | Noć $L_{eq,T}$<br>22:00-07:00<br>[dB(A)] |
|----------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| Stambena, obrazovna i zdravstvena zona | 55                                       | 45                                       |
| Industrijska, komercijalna zona        | 70                                       | 70                                       |

Tabela 1. Smjernice Svjetske banke za nivoe buke prema EHS standardima

### 2.1.3 Smjernice Svjetske zdravstvene organizacije (WHO)

Smjernice WHO propisuju granične vrijednosti za nivoe ambijentalne buke, koje su prikazane u sljedećoj tabeli:

| Oznaka   | Dan               | Veče              | Noć               |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|
|          | $L_{eq,T}[dB(A)]$ | $L_{eq,T}[dB(A)]$ | $L_{eq,T}[dB(A)]$ |
| <b>A</b> | 5                 | 4                 | 4                 |
| <b>B</b> | 5                 | 5                 | 4                 |
| <b>C</b> | 6                 | 5                 | 5                 |

Tabela 2. Dozvoljeni nivoi buke u područjima sa različitim nivoima osjetljivostima

U kojoj oznake znače sledeće:

- A = Osjetljive oblasti – Ova kategorija obuhvata zone koje se smatraju "tihim zonama", jer obuhvataju mjesta za obavljanje vjerskih obreda, značajne turističke atrakcije, rekreativne parkove, kao i prostore u neposrednoj blizini bolnica, škola i prirodnih staništa posebno osjetljivih na uticaj buke.
- B = Oblasti mješovite namjene – Ova kategorija obuhvata pretežno stambena područja, i mogu se kretati od rijetko naseljenih zona do prigradskih dijelova gradova..
- C = Neosjetljive oblasti – Ova kategorija se odnosi na mješovita područja, često unutar gradova, gdje postoji kombinacija stambenih i komercijalnih aktivnosti. Ova kategorija takođe obuhvata maloprodajne i finansijske četvrti.

Područje projekta pripada kategoriji B.

## 2.2 Zagađenje vazduha

Potrebno je sprovesti ispitivanje izloženosti stanovništva zagađenju vazduha uzrokovanom saobraćajem i ocijeniti njegov uticaj, u skladu sa važećim nacionalnim zahtjevima za kvalitet vazduha, kao i sa smjernicama Svjetske banke i Svjetske zdravstvene organizacije (WHO).

### 2.2.1 Nacionalni zahtjevi prema Uredbi SL 25/12

Uredbom o utvrđivanju vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta vazduha („Službeni list Crne Gore“, br. 25/12) definišu se granične vrijednosti, dozvoljena odstupanja, kao i drugi standardi kvaliteta vazduha za zagađujuće materije, u skladu sa zahtjevima iz Priloga i Direktive 96/62/EC, kao i odredaba Okvirne direktive 2008/50/EC o kvalitetu ambijentalnog vazduha i čistijem vazduhu za Evropu. Evropske granične vrijednosti biće razmotrene u narednom paragrafu.

### 2.2.2 Evropske direktive

Evropska direktiva 2008/50/EC o kvalitetu ambijentalnog vazduha i čistijem vazduhu za Evropu stupila je na snagu 11. juna 2008. godine. Ova direktiva uspostavlja zakonski obavezujuće granične vrijednosti koncentracija glavnih zagađujućih materija u vazduhu, i objedinjuje i zamjenjuje gotovo sve prethodne zakonske regulative Evropske unije o kvaliteta vazduha. Direktiva definiše nove ciljeve za kvalitet vazduha, uključujući definisanje graničnih vrijednosti i ciljeva u pogledu izloženosti — obaveze za smanjenje prosječne koncentracije i ciljeve za smanjenje izloženosti za fine čestice ( $PM_{2.5}$ ).

Opšti cilj Direktive jeste zaštita ljudskog zdravlja, kroz uspostavljanje graničnih vrijednosti za olovo (Pb), azot-dioksid ( $NO_2$ ), suspendovane čestice ( $PM_{10}$  i  $PM_{2.5}$ ), sumpor-dioksid ( $SO_2$ ), benzen, ugljen-monoksid (CO), kao i za određene toksične teške metale (arsen, kadmijum, nikl i benzo(a)piren), policiklične aromatične ugljovodonike (PAH) i ozon ( $O_3$ ). Dugoročni cilj u vezi sa ozonom odnosi se na zaštitu vegetacije.

U svim zonama i aglomeracijama u kojima koncentracije zagađujućih materija prelaze propisane granične vrijednosti, obavezno se primjenjuju fiksna mjerenja za procjenu kvaliteta ambijentalnog vazduha. Ova mjerenja mogu biti dopunjena tehnikama modelovanja i/ili indikativnim mjerenjima kako bi se obezbijedile sveobuhvatne informacije o prostornoj distribuciji kvaliteta vazduha.

Granične vrijednosti propisane ovom Direktivom prikazane su u sljedećoj tabeli:

| Zagađujuća materija                       | Vrijeme mjerenja                           | EU granična vrijednost $\mu g/m^3$                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sumpor-dioksid (<math>SO_2</math>)</b> | 1 sat                                      | 350<br>Ne smije biti prekoračena više od 24 puta u toku kalendarske godine                                                                                                      |
|                                           | 1 sat<br>Mjeri se tokom tri uzastopna sata | 500<br>Prag upozorenja na lokacijama koje su reprezentativne za kvalitet vazduha na najmanje 100 km <sup>2</sup> ili cijelu zonu ili aglomeraciju, zavisno od toga što je manje |
|                                           | 24 sata                                    | 125<br>Ne smije biti prekoračena više od 3 puta u toku kalendarske godine                                                                                                       |
|                                           | Kalendarska godina i zima                  | 20<br>Kritičan nivo za zaštitu vegetacije                                                                                                                                       |
| <b>Azot-dioksid (<math>NO_2</math>)</b>   | 1 sat                                      | 200<br>Ne smije biti prekoračena više od 18 puta u toku kalendarske godine                                                                                                      |
|                                           | 1 sat<br>Mjeri se tokom tri uzastopna sata | 400<br>Prag upozorenja na lokacijama koje su reprezentativne za kvalitet vazduha na najmanje 100 km <sup>2</sup> ili cijelu zonu ili aglomeraciju, zavisno od toga što je manje |

| Zagađujuća materija                                        | Vrijeme mjerenja                                           | EU granična vrijednost $\mu\text{g}/\text{m}^3$                           |
|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                                                            | Kalendarska godina                                         | 40                                                                        |
|                                                            | Kalendarska godina                                         | 30                                                                        |
|                                                            |                                                            | Kritičan nivo za zaštitu vegetacije                                       |
| <b>Suspendovane čestice (<math>\text{PM}_{10}</math>)</b>  | 24 sata                                                    | 50<br>Ne smije biti prekoračena više od 35 puta u toku kalendarske godine |
|                                                            | Kalendarska godina                                         | 40                                                                        |
| <b>Suspendovane čestice (<math>\text{PM}_{2.5}</math>)</b> | Kalendarska godina                                         | 20                                                                        |
| <b>Ugljen-monoksid (<math>\text{CO}</math>)</b>            | Maksimalna dnevna 8-časovna                                | 10,000                                                                    |
| <b>Benzen (<math>\text{C}_6\text{H}_6</math>)</b>          | Kalendarska godina                                         | 5                                                                         |
| <b>Olovo (<math>\text{Pb}</math>)</b>                      | Kalendarska godina                                         | 0.5                                                                       |
| <b>Ozon (<math>\text{O}_3</math>)</b>                      | 1 sat                                                      | 180<br>Informativni prag                                                  |
|                                                            | 1 sat<br>Mjerenje ili predviđanje tokom tri uzastopna sata | 240<br>Prag upozorenja                                                    |

Tabela 3. Granične vrijednosti za zaštitu ljudskog zdravlja

### 2.2.3 Smjernice Svjetske zdravstvene organizacije (WHO)

Na projektima koji predstavljaju značajan izvor emisije zagađivača u vazduh i koji imaju potencijal za ozbiljan uticaj na kvalitet ambijentalnog vazduha, potrebno je preduzeti mjere za prevenciju ili smanjenje tih uticaja. U dokumentu „Smjernice za kvalitet vazduha“, objavljenom 1999. godine, WHO preporučuje da emisije ne dovedu do koncentracija zagađivača koje dostignu ili premaše vrijednosti prikazane u sledećoj tabeli.

| Zagađujuća materija                                       | Vrijeme mjerenja | Preporučena vrijednost u $\mu\text{g}/\text{m}^3$                                                          |
|-----------------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sumpor-dioksid (<math>\text{SO}_2</math>)</b>          | 24-sata          | 125 (privremeni cilj-1)                                                                                    |
|                                                           | 10 minuta        | 50 (privremeni cilj-2)<br>20 (preporučena vrijednost)<br>500 (preporučena vrijednost)                      |
| <b>Azot-dioksid (<math>\text{NO}_2</math>)</b>            | 1 -godina        | 40 (preporučena vrijednost)                                                                                |
|                                                           | 1-sat            | 200 (preporučena vrijednost)                                                                               |
| <b>Suspendovane čestice (<math>\text{PM}_{10}</math>)</b> | 1 -godina        | 70 (privremeni cilj-1)<br>50 (privremeni cilj-2)<br>30 (privremeni cilj-3)<br>20 (preporučena vrijednost)  |
|                                                           | 24-sata          | 150 (privremeni cilj-1)<br>100 (privremeni cilj2)<br>75 (privremeni cilj-3)<br>50 (preporučena vrijednost) |

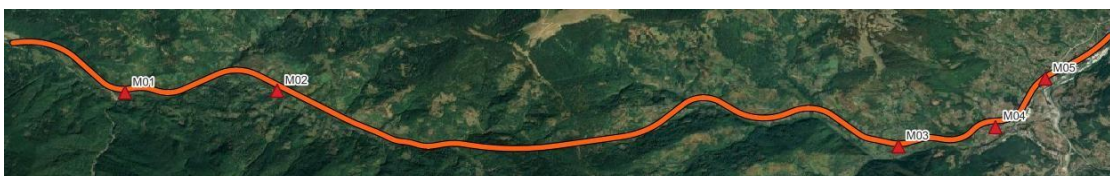
| Zagađujuća materija                                        | Vrijeme mjerenja               | Preporučena vrijednost u $\mu\text{g}/\text{m}^3$                                                           |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Suspendovane čestice (<math>\text{PM}_{2.5}</math>)</b> | 1 -godina                      | 35 (privremeni cilj-1)<br>25 (privremeni cilj-2)<br>15 (privremeni cilj-3)<br>10 (preporučena vrijednost)   |
|                                                            | 24-sata                        | 75 (privremeni cilj-1)<br>50 (privremeni cilj-2)<br>37.5 (privremeni cilj-3)<br>25 (preporučena vrijednost) |
| <b>Ozon</b>                                                | Maksimalna dnevna<br>8-časovna | 160 (privremeni cilj-1)<br>100 (preporučena vrijednost)                                                     |

Tabela 4 – Smjernice Svjetske zdravstvene organizacije za kvalitet ambijentalnog vazduha

### 3. POSTOJEĆE STANJE

Mjerenja buke u životnoj sredini sprovedena su na pet (5) lokacija duž predložene trase, tokom 2019. godine. Laboratorija koja je izvršila mjerenja buke i vibracija je akreditovana laboratorija „Centar za ekotoksikološka ispitivanja d.o.o. Podgorica“. Mjerenja nivoa buke izvršena su pomoću mjernog uređaja klase 1 – mjerača nivoa zvuka / data logera tipa Svan 977A. Primijenjena metodologija mjerenja zasnovana je na međunarodnom standardu ISO 1996, a period mjerenja je trajao od 23.09. do 28.09.2019. godine.

Lokacije na kojima je sprovedeno mjerenje odabrane su prema kriterijumu da se nalaze duž trase novoprojektovanog autoputa, kao i na mjestima gdje se stambeni ili drugi objekti nalaze u neposrednoj blizini trase, tj. na udaljenosti manjoj od 150 metara. Precizne tačke mjerenja su prikazane na sledećoj karti:



Slika 2 – Lokacije mjerenja buke i pravac pružanja trase novog autoputa

Rezultati mjerenja su prikazani u sledećoj tabeli 5, i grupisani su u tri vremenska intervala: dan, veče i noć. Na sledećoj strani je prikazana vremenska istorije nivoa buke za svaku od posmatranih lokacija.

| Lokacija   | $L_{dan}$ | $L_{veče}$ | $L_{noć}$ | $L_{DEN}$ |
|------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| <b>M01</b> | 50        | 45         | 41        | 50.4      |
| <b>M02</b> | 55        | 54         | 53        | 59.8      |
| <b>M03</b> | 60        | 50         | 44        | 58.0      |
| <b>M04</b> | 61        | 60         | 53        | 62.6      |
| <b>M05</b> | 61        | 59         | 54        | 62.8      |

Tabela 5. Mjereni nivoi buke [dB(A)]

Mjerenja zagađenosti vazduha sproveo je „Centar za ekotoksikološka istraživanja“ d.o.o. Podgorica, u skladu sa „Pravilnikom o načinu i uslovima praćenja kvaliteta vazduha“ („Službeni list Crne Gore“, br. 21/11, 32/16) – u skladu sa sljedećim standardima: MEST EN 1412:2014 (SO<sub>2</sub>), MEST EN 1411:2014 (NO, NO<sub>2</sub>), MEST EN 14626:2014 (CO) i MEST EN 12341:2016 (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>).

Rezultati su prikazani u izvještaju br. „00-1744/2“ – „Mjerenje kvaliteta ambijentalnog vazduha na trasi autoputa Mateševo–Andrijevice, referentno stanje“, izdatom 22.10.2019. godine.

Mjerenja su izvršena na 4 lokacije, koje se poklapaju sa tačkama M02 – M05 iz mjerenja nivoa buke (Slika 2). Rezime rezultata prikazan je u sljedećoj tabeli:

|     | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub>   | NO                | NO <sub>2</sub>   | CO                |
|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|     | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup> | mg/m <sup>3</sup> |
| M02 | 13.82             | 7.44              | 2.35              | 3.35              | 4.00              | 0.21              |
| M03 | 21.61             | 8.80              | 2.71              | 7.76              | 6.13              | 0.21              |
| M04 | 11.34             | 6.83              | 2.44              | 4.52              | 5.58              | 0.10              |
| M05 | 10.70             | 6.44              | 2.25              | 2.83              | 1.35              | 0.16              |

Sve izmjerene vrijednosti su bile niže od propisanih graničnih vrijednosti, i to:

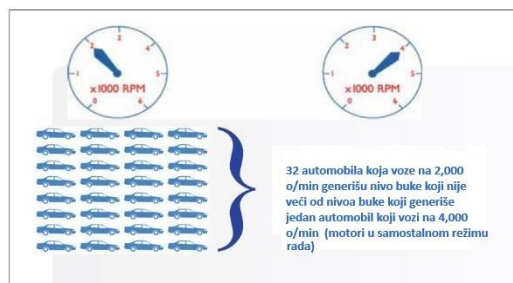
- sumpor-dioksid (SO<sub>2</sub>): jednočasovna srednja vrijednost 350 µg/m<sup>3</sup> i srednja dnevna granična vrijednost 125 µg/m<sup>3</sup>,
- azot-dioksid (NO<sub>2</sub>): jednočasovna srednja vrijednost 200 µg/m<sup>3</sup> i srednja godišnja vrijednost 40 µg/m<sup>3</sup>,
- ugljen-monoksid (CO): osmočasovna srednja dnevna vrijednost 10 mg/m<sup>3</sup>,
- suspendovane čestice PM<sub>10</sub>: dnevna srednja vrijednost 50 µg/m<sup>3</sup> i godišnja srednja vrijednost 40 µg/m<sup>3</sup>,
- fine suspendovane čestice PM<sub>2.5</sub>: godišnja srednja vrijednost 25 µg/m<sup>3</sup>

## 4. METODOLOGIJA PROCJENE

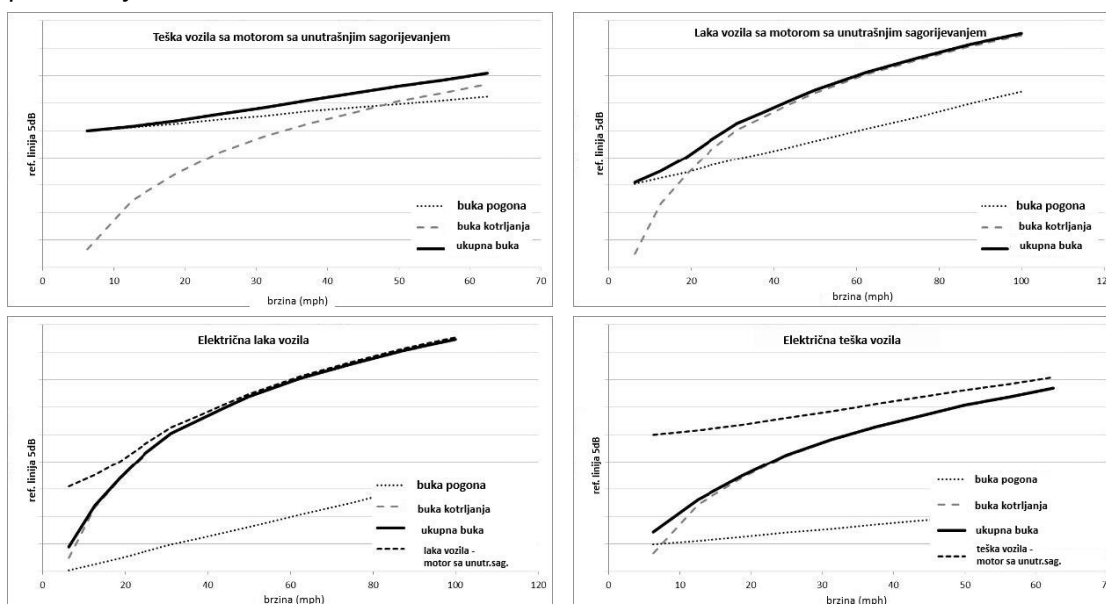
### 4.1 Izvori buke uslijed odvijanja drumskog saobraćaja

Drumski saobraćaj ima značajan uticaj na ambijentalnu buku, a njegovi efekti su odmah uočljivi. Saobraćajna buka nastaje uslijed kretanja vozila.

Propulzioni sistemi vozila generišu: a) buku koja nastaje od izduvnih gasova dizel ili benzinskih motora (vidi sliku desno), b) buku izazvanu vazдушnim turbulencijama od ventilatora za hlađenje, c) buku iz mjenjača.



Buka od kotrljanja nastaje interakcijom pneumatika i kolovoza. Nivo buke od kotrljanja u velikoj mjeri zavisi od brzine kretanja vozila, u poređenju sa bukom koju generišu propulzioni sistemi (slika 3). Na autoputevima, buka koja se stvara kotrljanjem pneumatika predstavlja dominantan izvor buke.



Slika 3. Ključni izvori buke u drumskom saobraćaju i njihov ukupni doprinos

### 4.2 Definicije, svojstva i jedinice mjere zvuka

Zvuk se definiše kao mehanički poremećaj koji se širi određenom brzinom kroz medijum sposoban da prenosi unutrašnje sile, a koji ima karakteristike koje mogu stimulirati ljudsko uho (auditivni receptor) i aktivirati čulo sluha.

Frekvencija zvuka,  $f$ , predstavlja broj oscilacija čestica elastičnog medija izazvanih prostiranjem zvučnog talasa, odnosno broj ponavljanja tih oscilacija u jednoj sekundi. Mjeri se u Hercima (Hz).

U akustici se najčešće koriste logaritamske jedinice. Osnovna jedinica mjere je decibel (dB), koji predstavlja logaritamsku jedinicu za mjerenje zvučnog pritiska, intenziteta i snage koju emituje izvor zvuka. Trenutni nivo zvuka (*Sound Pressure Level – SPL*) definiše se na sljedeći način:

$$SPL (dB) = 20 \cdot \log \frac{p(t)}{p_{ref}}$$

gdje je:

$p(t)$  – zvučni pritisak, a  $p_{ref} = 2 \times 10^{-5}$  N/m referentna vrijednost pritiska.

Dinamički opseg koji ljudsko uho (naročito kod mladih osoba) može da registruje kreće se u rasponu od 0 do 120 dB, što u linearnim jedinicama odgovara rasponu od 20 μPa do 20.000.000 μPa. Čak i kratkotrajna izloženost zvuku jačine iznad 120 dB je štetna.

Ljudsko uho registruje zvuke u frekvencijskom opsegu od približno 16 Hz do 20 kHz, ali osjetljivost uha nije ista pri svim frekvencijama. Najveća osjetljivost zabilježena je u opsegu između 1000 i 6000 Hz. Zbog toga se, radi usklađivanja akustičkih mjerenja sa subjektivnom percepcijom zvuka kod ljudi, koriste frekvencijski ponderisani (filtrirani) sistemi mjerenja. Najčešće primjenjivan filter je tzv. A-frekvencijski ponderacioni filter (*A-weighting*),

Nivo zvuka izmjeren primjenom A-ponderacionog filtera naziva se A-ponderisani nivo zvuka i izražava se u [dB(A)]. U većini slučajeva, mjerenja buke (nivoa akustičkog pritiska) vrše se koristeći upravo ovaj filter, putem sertifikovanih prenosivih uređaja poznatih kao mjerači nivoa zvuka. Ovi instrumenti su opremljeni A-ponderacionim filterom, a izračunavanje rezultata u dB(A) jedinicama se vrši automatski putem internog softverskog sistema uređaja.



Slika 4. Krive A-ponderacije i C-ponderacije

### 4.3 Indikatori za procjenu ambijentalne buke

Svi izvori buke uzrokuju promjenjiv nivo zvučnog pritiska koji varira tokom vremena. Zbog toga se buka ne može adekvatno opisati niti ocijeniti samo na osnovu trenutnog nivoa zvuka. Iz tog razloga, da bi se buka kvantitativno izrazila na smislen način, koriste se određeni jednodimenzionalni indeksi/deskriptori. Najčešće korišćeni Indeksi za procjenu ambijentalne buke su:

|                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_{eq}$                               | <p>Ekvivalentni kontinuirani nivo zvuka ili ekvivalentni nivo buke, predstavlja konstantni (prosječni) nivo buke, koji u određenom vremenskom intervalu ima istu zvučnu energiju kao posmatrani, stvarni zvuk.</p> $L_{eq} = 10 \log \frac{\frac{1}{T} \int_0^T p(t)^2 dt}{p_{ref}^2}, \text{ gdje je } T \text{ interval mjerenja}$                                                                                                                                              |
| $L_{F,max} / L_{F,min}$                | <p>Maksimalna/minimalna vrijednost svih nivoa izračunatih putem eksponencijalnog pokretnog prosjeka, zabilježenih tokom mjerenja uz upotrebu vremenske konstante „Fast“ (<math>T = 125 \text{ ms}</math>).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| $L_{S,max} / L_{S,min}$                | <p>Maksimalna/minimalna vrijednost svih nivoa izračunatih pomoću eksponencijalnog pokretnog prosjeka, zabilježenih tokom mjerenja uz primjenu vremenske konstante „Slow“ (<math>T = 1 \text{ s}</math>).</p> <p>Filter „Slow“ ublažava reakciju na iznenadne promjene nivoa buke više nego filter „Fast“, tako da <math>L_{S,max}</math> uvijek ima nižu vrijednost od <math>L_{F,max}</math>, a <math>L_{S,min}</math> uvijek ima višu vrijednost od <math>L_{F,min}</math>.</p> |
| $L_{F,5\%} / L_{F,10\%}$               | <p>Nivo zvuka pri kom je zabilježeno 5% / 10% svih vrijednosti eksponencijalnog pokretnog prosjeka tokom mjerenja koristeći vremensku konstantu „Fast“ (<math>T = 1 \text{ ms}</math>), ispod te vrijednosti.</p> <p>Ovi pokazatelji su korisni za izdvajanje prolaznih (tranžijentnih) izvora buke iz pozadinske buke, npr. prolazak vozila, i često se primjenjuju u analizi saobraćajne buke.</p>                                                                              |
| $L_{F,90\%} / L_{F,95\%} / L_{F,99\%}$ | <p>Nivo zvuka pri kom je zabilježeno 90%, 95% ili 99% svih vrijednosti eksponencijalnog pokretnog prosjeka tokom mjerenja koristeći vremensku konstantu „Fast“ (<math>T = 1 \text{ ms}</math>), ispod te vrijednosti.</p> <p>Ovi pokazatelji su efikasni za isključivanje kratkotrajnih i prolaznih izvora buke, i omogućavaju procjenu ambijentalne (pozadinske) buke u okruženju u kojem nijedan izvor buke nije dominantan.</p>                                                |
| $SEL$                                  | <p>Nivo izloženosti zvuku (SEL) predstavlja nivo zvuka prolaznog izvora koji emituje konstantan zvuk tokom jedne sekunde, a koji sadrži istu količinu akustične energije kao stvarni zvuk.</p> $SEL = L_{eq} + 10 \cdot \log T, \text{ gdje je } T \text{ vrijeme trajanja posmatranja.}$ <p>SEL se koristi za upoređivanje pojedinačnih događaja buke koji imaju različito trajanje.</p>                                                                                         |
| $L_{dan} / L_{veče} / L_{noć}$         | <p>A-ponderisani dugoročni prosječni nivo zvuka, definisan prema standardu ISO 1996-2:2007, određuje se tokom svih relevantnih perioda u toku godine (dan: 07:00 – 19:00 veče: 19:00 – 23:00 noć: 23:00 – 07:00)</p>                                                                                                                                                                                                                                                              |
| $L_{DEN}$                              | <p>Ponderisani 24-časovni indeks nivoa buke, definisan pomoću <math>L_{dan}</math>, <math>L_{veče}</math> i <math>L_{noć}</math> koristeći formulu:</p> $L_{DEN} = 10 \log \left( \frac{12}{24} 10^{\frac{L_{dan}}{10}} + \frac{4}{24} 10^{\frac{L_{veče}+5}{10}} + \frac{8}{24} 10^{\frac{L_{noć}+10}{10}} \right)$                                                                                                                                                              |

#### 4.4 Metoda procjene ambijentalne buke u Evropskoj uniji

Direktiva o buci u životnoj sredini (END) predstavlja ključni instrument Evropske unije za praćenje emisija buke sa kopnenih izvora i razvoj odgovarajućih mjera. Ova direktiva definiše ambijentalnu buku kao „neželjeni ili štetni spoljašnji zvuk koji nastaje ljudskim aktivnostima, uključujući buku od drumskog, željezničkog, i vazdušnog saobraćaja, kao i od industrijskih aktivnosti“ (Direktiva 2002/49/EZ). Ovom Direktivom se obavezuju države članice EU da procijene nivo buke izradom strateških karata buke za sve glavne saobraćajnice, željezničke pruge, aerodrome i urbane oblasti. Na osnovu dobijenih rezultata, države članice treba da izrade akcione planove sa mjerama za ublažavanje buke i njenih negativnih uticaja u područjima u kojima su granične vrijednosti specifičnih indikatora definisanih u END-u premašeni. Direktiva ne propisuje granične vrijednosti za izloženost buci, niti specifične mjere koje bi trebalo uključiti u akcione planove.

END je revidovana Evropskom Direktivom 2015/996 od 19.05.2015. godine, kojom su uspostavljene zajedničke metode za ocjenu buke u skladu sa Direktivom 2002/49/EZ Evropskog parlamenta i Savjeta. Ova izmjena i dopuna uvodi obavezu za države članice da primijene novu metodologiju razvijenu od strane Evropske komisije pod nazivom Zajedničke metode procjene buke (CNOSSOS-EU), za izračunavanje nivoa ambijentalne buke počevši od 31.12.2018. godine. CNOSSOS-EU ima za cilj unapređenje dosljednosti i uporedivosti rezultata ocjene buke među državama članicama EU, na osnovu podataka prikupljenih tokom uzastopnih ciklusa izrade strateških karata buke širom Evrope.

Za procjenu buke koja je uzrokovana izgradnjom novog autoputa, kao što je slučaj u ovom projektu, primjenjuju se postupci definisani metodom izračunavanja buke na putevima prema CNOSSOS-EU. Ova metoda izračunava zvučnu snagu vozila na osnovu njihovih karakteristika (tip, brzina kretanja), vrste i stanja puta. Zatim se računa disipacija buke sa autoputa prema osjetljivim receptorima. Ova metoda uzima u obzir parametre kao što su udaljenost od izvora, topografske karakteristike, apsorpciju zvuka terena, kao i faktore okruženja (temperatura, relativna vlažnost, vjetar) i eventualne prepreke (npr. zvučne barijere, zgrade) koje se nalaze između izvora buke i primaoca.

Izračunata procjena nivoa buke na lokaciji receptora nakon toga se upoređuje sa graničnim vrijednostima buke koje su propisane za to specifično područje. Ukoliko se utvrdi da nivo buke premašuje dozvoljene granice, neophodno je razviti i sprovesti odgovarajuće mjere za smanjenje nivoa buke.

#### 4.5 Izvori i širenje zagađenja vazduha izazvanog drumskim saobraćajem

Izduvni gasovi iz drumskih vozila sadrže štetne hemijske supstance koje zagađuju vazduh. Emisije iz drumskog saobraćaja generišu gasove sa efektom staklene bašte, koji imaju značajan doprinos globalnom zagrijavanju.

Emisije iz drumskog saobraćaja biće izračunate primjenom softverskog alata COPERT, u skladu s metodologijom definisanom u EMEP/CORINAIR priručniku za izradu inventara emisija, koji je razvila Radna grupa za inventare emisija i projekcije pri UNECE (Ekonomaska komisija Ujedinjenih nacija za Evropu).

#### 4.6 Izvori buke i zagađenja vazduha tokom izvođenja radova

Građevinske aktivnosti, po svojoj prirodi, predstavljaju značajan izvor buke, zbog:

- Saobraćaja građevinskih vozila prema i od gradilišta i pozajmišta
- Izvođenja građevinskih radova (npr. betoniranje, iskopavanja, rad građevinskih mašina, dizalica)

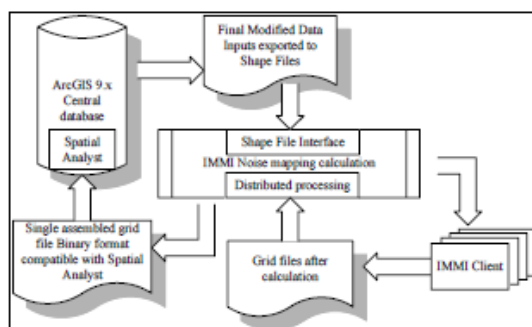
Građevinske aktivnosti takođe dovode do emisije zagađujućih materija u vazduh, prvenstveno usljed rada motora sa unutrašnjim sagorijevanjem građevinskih mašina, koji uglavnom koriste dizel gorivo.

Procjena uticaja vrši se na osnovu vrste mašina i vozila koji su predviđeni za upotrebu u „referentnom“ projektu (tačka 5.5 – Struktura građevinske mehanizacije na gradilištu).

#### 4.7 Softver za modelovanje prostiranja buke i zagađujućih materija u vazduhu

U okviru Elaborata uticaja na životnu sredinu za predmetni projekat, radi kvantitativne procjene nivoa buke koji je rezultat saobraćaja na autoputu tokom faze eksploatacije, razvijen je specijalizovani softver za modelovanje prostiranja buke. Proračuni i izrada karata buke su sprovedeni korišćenjem softverskog paketa IMMI Premium 2021, proizvođača Woelfel MebSysteme GmbH. Ovaj softver je u potpunosti usklađen sa zahtjevima evropske Evropske direktive o buci, uključujući njenu izmjenu i dopunu iz 2015. godine, a istovremeno, putem QSI strukture podataka (DIN 44687), omogućava razmjenu projekata i podataka sa drugim softverima za simulaciju i procjenu buke. Na taj način se obezbjeđuje potpuna kompatibilnost sa drugim relevantnim softverima i dugoročna upotrebljivost prikupljenih podataka.

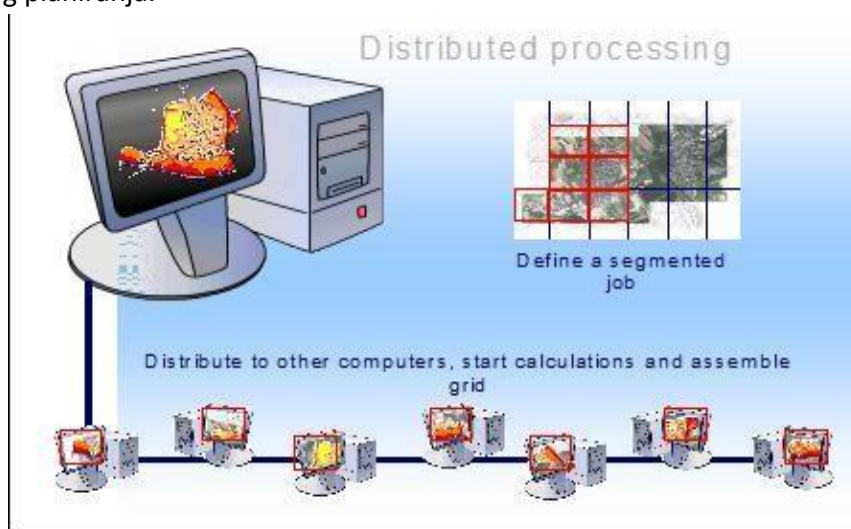
Svi ulazni podaci se prikupljaju i klasifikuju u obliku GIS slojeva, čime se omogućava upravljanje podacima i osiguranja kvaliteta. IMMI softver obezbjeđuje odličnu međusobnu povezanost svojih struktura podataka sa GIS softverima (vidi Sliku 5).



Slika 5. Povezivanje IMMI softverskog paketa sa GIS sistemom

Ostale relevantne karakteristike softvera IMMI Premium 2021 za predmetni elaborat su:

- Potpuna usklađenost sa zahtjevima Direktive o ambijentalnoj buci (2002/49/EC) <9, uključujući njenu izmjenu i dopunu (EC 2015/996);
- Mogućnost izvođenja proračuna za cijeli 3D model projektne oblasti, distribuiranjem zahtjevnih proračuna na računarsku mrežu (vidi Sliku 6);
- Omogućava upotrebu elemenata kao što su zvučne barijere (prave ili nagnute), zeleni pojasevi, porozni asfalt itd., radi ispitivanja efikasnosti mjera za smanjenje buke;;
- Automatizovani algoritam za optimalno određivanje visine zvučne barijere;
- Mehanizmi za ubrzavanje proračuna i izradu karata buke;
- Povezanost sa GIS softverima i softverima za projektovanje kao što je AutoCAD, omogućena putem ulazno/izlaznih podataka;
- Povezivanje sa WMS serverima radi preuzimanja georeferenciranih satelitskih snimaka;
- Mogućnost izmjene modela direktno unutar softvera nakon uvoza podataka;
- Mehanizmi za obezbjeđenje kvaliteta podataka i automatske kontrole prije početka proračuna;
- Simultani proračun za svaku poziciju receptora za sva 4 indikatora buke ( $L_{den}$ ,  $L_{veče}$ ,  $L_{noć}$ ,  $L_{den}$ ) i upis u zasebne slojeve;
- Prikaz rezultata na tematskim kartama (sa različitim setovima izvora i receptora ili njihove kombinacije);
- Izvođenje različitih scenarija za identifikaciju mjera za smanjenje buke, kako u okviru različitih politika (testiranje politika), tako i uz promjenu meteoroloških uslova i podataka prostornog planiranja.



Slika 6. Šematski prikaz obrade podataka u IMMI softveru

Za proračun buke od drumskog saobraćaja, model koristi zajedničku metodu za procjenu buke koju je razvila Evropska komisija – Zajedničke metode procjene buke (CNOSSOS-EU). Ova metoda proračunava zvučnu snagu vozila na osnovu njihove vrste, brzine, učestalosti i tipa i stanja kolovoza. Zatim se računa širenje nivoa buke od auto-puta do osjetljivog receptora uzimajući u obzir udaljenost, topologiju i zvučnu apsorpciju terena, ambijentalne

uslove (temperatura, relativna vlažnost, vjetar) i sve prepreke (npr. zvučne barijere, druge građevine) koje se nalaze između izvora i receptora.

Nova metoda koju je razvila Evropska komisija – Zajedničke metode procjene buke (CNOSSOS-EU) za proračun ekološke buke zahtijeva znatnu količinu ulaznih parametara kako bi proizvela 3D model područja projekta, kao što su meteorološki parametri, model terena, prepreke za zaštitu od buke, geometrija putne mreže i saobraćajni tokovi raspoređeni po različitim tipovima vozila (laka vozila, srednje teška vozila, teška vozila) i kroz tri vremenska perioda u toku 24 sata (dan: 07h00 - 19h00, večer: 19h00 - 23h00, noć: 23h00 - 07h00).

Zagađenje vazduha se procjenjuje korišćenjem odgovarajućeg modela atmosferske disperzije. Modelovanje atmosferske disperzije predstavlja matematičku simulaciju širenja zagađujućih materija u ambijentalnoj atmosferi. Izvodi se pomoću računarskih programa koji rješavaju matematičke jednačine i algoritme kojima se simulira širenje zagađujućih materija. Ovi modeli se koriste za procjenu ili predviđanje koncentracije zagađujućih materija ili toksina niz vjetar od izvora emisije, kao što su industrijska postrojenja, drumski saobraćaj ili slučajna hemijska ispuštanja.

Svi proračuni disperzije gasova i prašine izvršeni su pomoću sljedećeg softvera: IMMI Premium 2021, broj licence S72/354, u skladu sa Gausovim modelom (TA Luft 1986 [6]), koristeći emisije definisane u §4.5 – Izvori i širenje zagađenja vazduha izazvanog drumskim saobraćajem.

#### **4.8 Proračun efikasnosti mjera za smanjenje buke od drumskog saobraćaja**

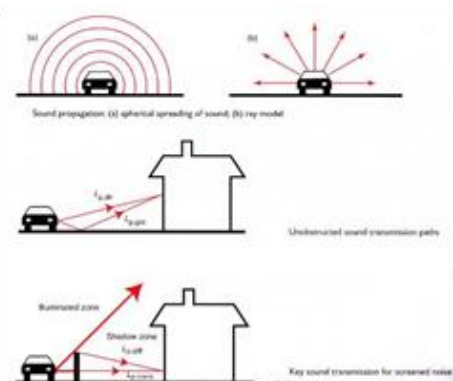
Smanjenje nivoa buke može se postići primjenom mjera na samom izvoru, kao što su “niskobučne” kolovozne površine. “Niskobučne” kolovozne površine – poput tankoslojnih, dvoslojnih, poroznih i poroelastičnih kolovoza – nude značajan potencijal za smanjenje saobraćajne buke, posebno zato što je interakcija između pneumatika i kolovoza glavni izvor buke pri većim brzinama vozila. Ove mjere na površini kolovoza omogućavaju neposredne koristi, naročito kada se primjenjuju u područjima sa izraženim problemom buke (tzv. hotspot zonama). Model CNOSSOS-EU simulira efekte “niskobučnih” kolovoza primjenom ponderacionih faktora na zvučnu snagu emisija buke svakog pojedinačnog vozila. Ovi ponderacioni faktori dati su po 1/3-oktavnim frekventnim opsezima i zavise od vrste kolovozne površine i kategorije vozila. Za modeliranje se koriste generički ponderacioni faktori za različite “niskobučne” kolovozne površine, kao što su: jednoslojni ZOAB, dvoslojni ZOAB, fini dvoslojni ZOAB, tanki sloj A i tanki sloj B).

Ukoliko se željeni stepen smanjenja buke ne može postići mjerama na samom izvoru, zvučne barijere mogu biti efikasno sredstvo za smanjenje širenja buke. Primarna funkcija ovih barijera je da zaštite receptore (npr. stambene objekte) od prekomjerne buke koju generiše drumski saobraćaj. Prilikom detaljnog projektovanja zvučnih barijera potrebno

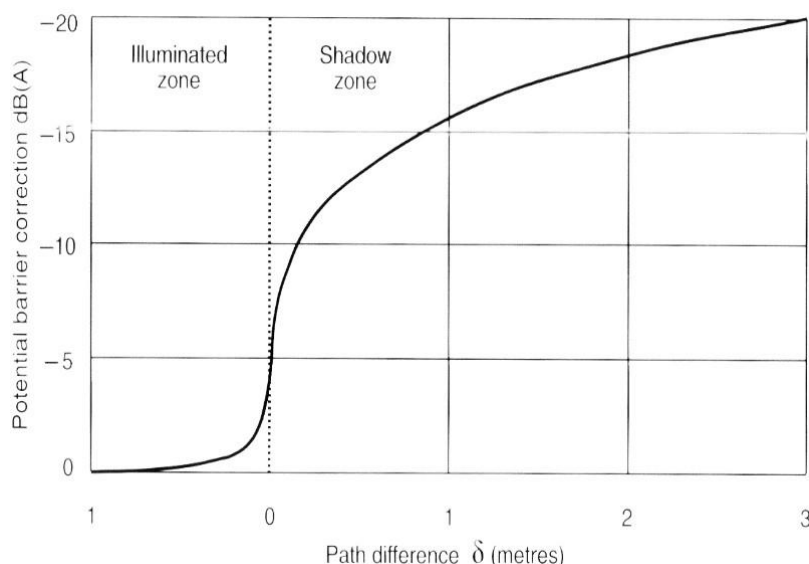
je uzeti u obzir akustične i neakustične aspekte: Akustični aspekti obuhvataju: izbor materijala barijere, lokaciju, dimenzije i oblik. Neakustični aspekti uključuju: mogućnost održavanja, strukturnu stabilnost, bezbjednost i estetsku uklopljenost u okruženje.

Prilikom uvođenja barijere, ključna „zvučna zraka“ je ona koja se difraktuje (savija) iznad gornje ivice barijere.

Razlika u dužini  $\delta$  (dužina difraktovanog puta minus dužina direktnog puta) predstavlja najvažniji parametar za određivanje prigušenja koje barijera može da obezbijedi. Postoji matematička formula kojom se može precizno predvidjeti zvučna izolacija (Slika 7).



Model CNOSSOS-EU geometrijski modelira prigušenje buke usljed zasjenjivanja, na osnovu povećanja udaljenosti koju zvučni talas mora da pređe, između ostalih faktora. Svaka saobraćajna traka podijeljena je na više ekvivalentnih tačkastih izvora, a faktor prigušenja računa se praćenjem zraka u generisanim vertikalnim i horizontalnim presjecima, od diskretizovanih tačkastih izvora do receptora. Model takođe uzima u obzir negativne efekte na stvarno prigušenje koje mogu izazvati širenje zvuka niz vjetar i refleksije. Refleksije smanjuju akustičku efikasnost barijera i mogu se spriječiti upotrebom apsorpcionih zvučnih barijera (Slika 9). Formula je poluempirijska i ima ograničenje maksimalnog prigušenja od 25 dB u bilo kojem scenariju.



#### 0.. -5dB

minimalno smanjenje nivoa buke za receptore; barijera možda nije ekonomična opcija

#### -5..-10 dB

Receptori će primijetiti osjetno smanjenje izloženosti buci

#### -10..-15 dB

efekat zaštite od buke barijere je veoma uočljiv

#### -15..-20 dB

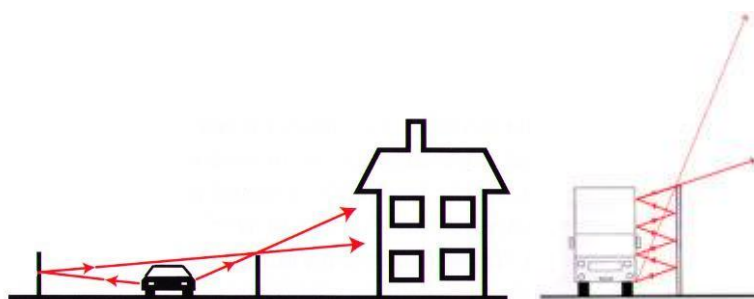
veoma teško ostvarivo u praksi – potrebne su izuzetno visoke barijere

Slika 7. Smanjenje buke zbog zvučne barijere

Efektivna visina zvučne barijere može se poboljšati tako što se barijera postavi što je moguće bliže izvoru buke, ili ako se postavi konzolna (nagnuta) barijera pri čemu je gornji dio barijere nagnut prema putu (Slika 8).



Slika 8. Konzolna zaštitna barijera nagnuta prema putu može povećati efikasnosti zaštite od buke



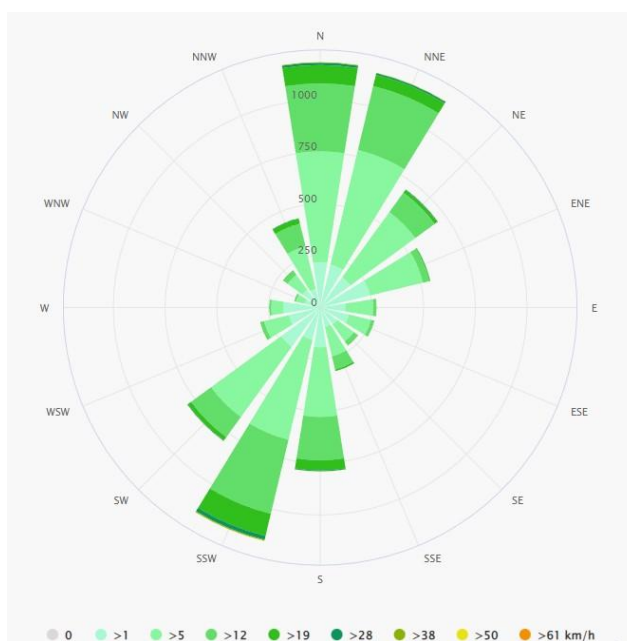
Slika 9. Uticaj refleksije na širenje buke od drumskog saobraćaja

## 5 ULAZNI PODACI

### 5.1 Metrološki podaci

Prosječna mjesečna temperatura u regionu varira od -1°C do 23°C, a prosječna vlažnost vazduha je od 50% do 78%. Dominantan vjetar prikazan je na slici 10:

U modele je implementirana prosječna vrijednost temperature vazduha od 10°C i prosječna vrijednost vlažnosti vazduha od 65% RH. Korišćena ruža vjetrova je prikazana u nastavku:



Slika 10. Ruža vjetrova zasnovana na istorijskim podacima za predmetni region

### 5.2 Model terena

Topografske karakteristike su definisane u modelu unošenjem podataka o nadmorskoj visini iz različitih izvora, čime je oblikovan digitalni model terena za razmatranu oblast. Digitalna elevacija u modelu buke sastoji se od:

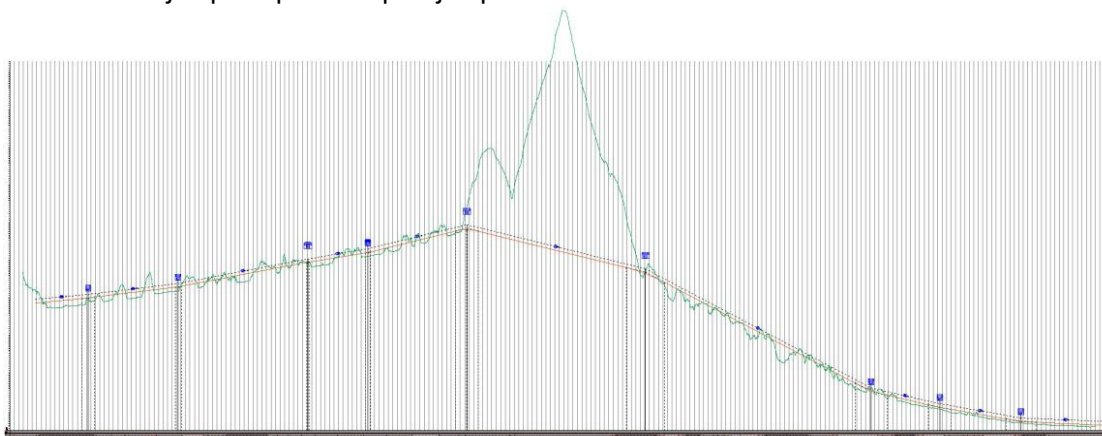
- šireg područja u mrežnoj rezoluciji od 1 uglovne sekunde, preuzetog iz USGS SRTM baze podataka,
- kontura unutar područja približno  $\pm 50$ –100 m od ose trase, preuzetih iz topografske studije postojećeg stanja projekta,
- područja koje će biti modificirano projektom, preuzetog iz TIN modela (TIN-trougona nepravilna mreža) projektovanog rješenja.

Model obuhvata korišćenje zemljišta na predmetnom području, uključujući stambena naselja i zone prekrivene vegetacijom, kako su definisane u ESIA izvještaju projekta.

Uočeno govoreći, ukupna vrijednost koeficijenta apsorpcije uzeta je kao 0.5 u modelu<sup>1</sup>, što je konzervativna vrijednost za ruralna područja.

### 5.3 Tehničko usmjerenje trase

Geometrijsko pružanje trase predložene projektom preuzeto je iz konačne projektne dokumentacije i prati podužni presjek prikazan u nastavku:



Slika 11. Podužni presjek geometrijskog pružanja trase

### 5.4 Saobraćajni tok

Za ovaj Elaborat su korišćene procjene saobraćajnih tokova koje su navedene u saobraćajnoj studiji projekta (Izveštaj o analizi saobraćaja BB-D-00-0-SS-0-00-PD-01, april 2021. godine).

| Prosječni godišnji dnevni saobraćaj (PGDS) vozila/danu |             |       |       |       |       |       |
|--------------------------------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Od                                                     | Do          | 2022  | 2027  | 2032  | 2037  | 2057  |
| Mateševo                                               | Andrijevica | 2 688 | 3 558 | 4 585 | 6 009 | 7 906 |
| Andrijevica                                            | Mateševo    | 2 786 | 3 688 | 4 753 | 6 228 | 8 195 |

| Teška vozila/danu |             |      |      |      |      |      |
|-------------------|-------------|------|------|------|------|------|
| Od                | Do          | 2022 | 2027 | 2032 | 2037 | 2057 |
| Mateševo          | Andrijevica | 101  | 113  | 126  | 140  | 198  |
| Andrijevica       | Mateševo    | 104  | 117  | 131  | 145  | 205  |

Tabela 6. Saobraćajni tokovi u različitim scenarijima za novi autoput

<sup>1</sup> Minimalna vrijednost 0,0 predstavlja tvrdo reflektujuće tlo, dok maksimalna vrijednost od 1,0 predstavlja meko apsorbujuće tlo.

Prosječna brzina kretanja koja je korišćena u modelima iznosi 100 km/h za laka i srednje teška vozila, a 80 km/h za teška vozila.

Raspodjela po vremenskim intervalima dan/veče/noć procijenjena je na osnovu „Priloga 1 ATC – Brojanja iz saobraćajne studije“, što daje rezultate od 82% – 14% – 4% redom.

## 5.5 Struktura građevinske mehanizacije na gradilištu

U sljedećoj tabeli je prikazana procjena strukture gradilišta u svrhu procjene nivoa buke i emisije zagađujućih materija u vazduhu. Tabela obuhvata vrstu i broj građevinskih mašina i vozila koja će se koristiti tokom faze izgradnje Projekta (Tabela 7). Tabela takođe sadrži i informacije o vrsti goriva koje koristi svaka mašina, kao i dnevnu potrošnju goriva po mašini/vozilu. Pretpostavljeno trajanje radova na gradilištu iznosi 10 sati dnevno.

| Oprema                                                                             | Br. mašina / vozila | Gorivo | Potrošnja goriva (lt/h) |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------|-------------------------|
| Bager gusjeničar (20 t)                                                            | 2                   | dizel  | 19.0                    |
| Kompresor / pneumatski čekić                                                       | 2                   | dizel  | 3.5                     |
| Buldožer (200 KW)                                                                  | 2                   | dizel  | 17.0                    |
| Utovarivač gusjeničar (60 KW)                                                      | 1                   | dizel  | 19.0                    |
| Oprema za asfaltiranje (asfaltni finiše, posipač kamenog agregata, valjak, kamion) | 1                   | dizel  | 35.0                    |
| Valjak                                                                             | 1                   | dizel  | 7.0                     |
| Kamion mješalica                                                                   | 1                   | dizel  | 20.0                    |
| Kamion 20 t                                                                        | 4                   | dizel  | 8.0                     |

Tabela 7. Tipična struktura mehanizacije na gradilištu i potrošnja goriva

### Emisije buke

Buka koja nastaje radom opreme koja će biti korišćena tokom izgradnje projekta, zasnovana na direktivi Defra (Ministarstvo za životnu sredinu, hranu i ruralna pitanja Ujedinjenog Kraljevstva) „Baza podataka za predviđanje buke na građevinskim i otvorenim gradilištima“, prikazana je u sledećoj tabeli:

| R. br. | Građevinska mašina | Prosječni nivo buke na udaljenosti od 10 m od izvora, $L_{eq}$ [dB(A)] | Raščićavanje lokacije | Uklanjanje površinskog sloja | Zemljani radovi | Asfaltiranje i površinski slojevi | Konstrukcije | Izrada šipova |
|--------|--------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------|-----------------------------------|--------------|---------------|
| 1      | Bager              | 70                                                                     | ✓                     | ✓                            |                 | ✓                                 |              |               |
| 2      | Bager utovarivač   | 76                                                                     | ✓                     | ✓                            | ✓               | ✓                                 |              | ✓             |
| 3      | Grejder            | 86                                                                     | ✓                     | ✓                            | ✓               | ✓                                 |              |               |
| 4      | Mobilni kompresor  | 80                                                                     | ✓                     | ✓                            | ✓               | ✓                                 | ✓            | ✓             |

|    |                                     |    |   |   |   |   |   |   |
|----|-------------------------------------|----|---|---|---|---|---|---|
| 5  | Kompresor                           | 65 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 6  | Valjak sa cilindrom                 | 73 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 7  | Kiper kamion                        | 86 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |   | ✓ |
| 8  | Kran                                | 76 |   |   | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 9  | Kran sa fiksnom osnovom ili mobilni | 68 |   |   |   | ✓ | ✓ |   |
| 10 | Pumpa za beton                      | 66 |   |   |   | ✓ | ✓ | ✓ |
| 11 | Mikser za beton                     | 79 |   |   |   | ✓ | ✓ | ✓ |
| 12 | Stacionarni kompresor               | 78 | ✓ |   | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 13 | Teleskopski                         | 71 | ✓ |   | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 14 | Mašina za pobijanje šipova          | 89 |   |   |   |   |   | ✓ |

**Tabela 8. Emisija buke od građevinskih mašina**

#### Emisije prašine sa skladišnih gomila agregata

Prašina predstavlja značajan problem u vezi sa kvalitetom vazduha na i oko gradilišta.

Prašina je problematična iz više razloga, koji su navedeni u nastavku:

- Neprijatnost za lokalno stanovništvo. Na primjer, ljudi moraju ponovo da peru veš koji je ostavljen da se osuši na otvorenom, da peru prozore, zavjese i vozila. Prašina može kontaminirati meso koje visi u otvorenim mesarama i drugu hranu izloženu prašini u domaćinstvima, prodavnicama i restoranima na otvorenom, čime hrana dobija grubu teksturu.
- Problemi vezano za zdravlje i bezbjednost. Prašina može imati negativan uticaj na zdravlje jer može izazvati iritaciju očiju i pogoršati zdravlje osoba koje imaju astmu. Prašina može smanjiti vozačima vidljivost na putevima. Takođe, vjetar može prenijeti prašinu na velike udaljenosti.
- Oštećenje usjeva. Čak i niske koncentracije prašine mogu uticati na rast biljaka i plodova na udaljenosti do jednog kilometra od gradilišta. Rast biljaka je posebno podložan prašini koja je izrazito alkalna, kao što su prašina od krečnjaka i cementa. Prašina koja se taloži tokom slabih padavina može uzrokovati stvaranje korice na površini zemljišta, što povećava oticanje vode. Ovo predstavlja socijalne i ekonomske uticaje. Jedna od mjera ublažavanja uticaja koju će sprovesti izvođač radova biće uspostavljanje žalbenog mehanizma uz mogućnost kompenzacije za štetu na usjevima.
- Uticaj na ekologiju. Prašina koja se prenosi na vodene kove može imati negativan uticaj na ekološke uslove povećanjem sedimentacije, smanjenjem sunčeve svjetlosti i gušenjem riba. Takođe može uticati na rast biljaka i promijeniti vrste biljaka koje rastu na tom području. Prašina može oštetiti drveće i drugu vegetaciju koja je zasađena u okviru građevinskog ugovora.
- Oštećenje fabrike betona i asfaltnih postrojenja. Na gradilištu, prašina može izazvati mehaničke ili električne probleme kod osjetljive opreme, kao što su računari. Takođe može povećati trošenje pokretnih djelova opreme i začepljenje vazdušnih filtera.
- Rušenje objekata (zgrada, stambenih objekata, ograda, itd.) koji se nalaze na trasi autoputa. U slučaju zgrada i stambenih objekata, njihovo rušenje nosi rizik od otkrivanja materijala koji sadrže azbest, koji je možda korišćen pri njihovoj izgradnji. Ukoliko do toga dođe, može doći do ozbiljne kontaminacije vazduha azbestom. Na gradilištu, potencijalni uticaji se očekuju duž trake puta (na udaljenosti od  $\pm 100$  m).

Prema standardu američke Agencije za zaštitu životne sredine US EPA (AP-42; 13.2.4), količina emisije čestica koja se generiše prilikom bilo koje vrste aktivnosti prenosa

materijala, po kilogramu (kg) ili toni prenesenog materijala, može se procijeniti pomoću sledeće empirijske formule:

$$E = k \times 0.0016 \times \frac{(U/2,2)^{1,3}}{(M/2)^{1,4}} \text{ (kg/t)}$$

Gdje je:

E = faktor emisije

k: koeficijent koji zavisi od veličine čestica (za čestice < 30 µm, k= 0.74),

U: brzina vjetra (pretpostavljeno 5 m/s)

M: sadržaj vlage u materijalu (pretpostavljeno 10%).

Emisije čestica izračunate su kao: E = 0,36 g čestica/ toni materijala.

#### Emisije čestica usljed kretanja građevinskih vozila (asfaltirani putevi)

Emisije čestica nastaju svaki put kada se vozila kreću po asfaltiranim površinama, kao što su saobraćajnice. Uopšteno, emisije ponovo suspendovanih čestica sa asfaltiranih puteva potiču od, i uzrokuju smanjenje količine, rastresitog materijala prisutnog na površini (tzv. površinsko opterećenje). Istovremeno, ovo površinsko opterećenje se kontinuirano obnavlja iz drugih izvora. Kretanje vozila odvija se u okviru radova na gradilištu, uključujući prenose materijala i opreme.

Prema standardu američke Agencije za zaštitu životne sredine (**US EPA, AP-42; 13.2.1**), količina emisije čestica usljed ponovne suspenzije rastresitog materijala sa površine kolovoza, izazvane prolaskom vozila po suvom asfaltiranom putu, može se procijeniti pomoću sljedeće empirijske formule:

$$E = k \times (sL)^{0,91} \times (W)^{1,02}$$

Gdje je: **k** – koeficijent koji zavisi od veličine čestica koje se mjere (izraženo u g/pređeni kilometar za svako vozilo)

**sL** – količina mulja na putu (za asfaltirane puteve: 0,06 g/m<sup>2</sup>)

**W** – prosječna masa vozila koja se kreću putem (5 t)

U tabeli u nastavku su prikazani izračunati nivoi emisija čestica (PM<sub>2,5</sub> i PM<sub>10</sub>), uzimajući u obzir navedene ulazne parametre.

|                         | K(g/VKT) | sL (g/m2) | W (t) | E (g/VKT) |
|-------------------------|----------|-----------|-------|-----------|
| <b>PM<sub>2,5</sub></b> | 0,15     | 0,06      | 5     | 0,06      |
| <b>PM<sub>10</sub></b>  | 0,62     | 0,06      | 5     | 0,25      |

**Tabela 9. Emisije čestica usljed kretanja građevinskih vozila (po asfaltiranim putevima)**

Iz tabele iznad se može zaključiti da emisije čestica prilikom kretanja građevinskih vozila po asfaltiranim putem iznose 0,06 g/pređeni kilometar po vozilu za PM<sub>2,5</sub> i 0,25 g/pređeni kilometar po vozilu za PM<sub>10</sub>.

Shodno tome, uticaji će biti umjereni, negativni, direktni / kumulativni, s obzirom da se prašina i gasovi sagorijevanja generišu tokom građevinskih radova, reverzibilni, lokalnog

karaktera i kratkoročnog trajanja, jer će zagađenje vazduha na svakoj lokaciji trajati samo tokom trajanja građevinskih radova.

Za lokacije pozajmišta, postrojenja za drobljenje kamena, postrojenja za mješanje betona i asfaltne baze biće potrebna odgovarajuća odobrenja. Biće preduzete mjere da se ove lokacije odaberu što bliže trasi puta projekta, kako bi se izbjegli nepotrebni transporti i potencijalni problemi sa prašinom koja nastaje uslijed kretanja vozila tokom građevinskih radova na neasfaltiranim putevima u urbanim područjima. Transportne rute će biti pripremljene i dostavljene inženjeru kao dio njegovog Plana upravljanja saobraćajem (TMP), koji će biti detaljnije analiziran u Planu upravljanja životnom sredinom ovog ESIA dokumenta.

## 5.6 Osjetljivi receptori

Za procjenu osjetljivih područja u pogledu buke i zagađenja vazduha, razmatrani su sljedeći kriterijumi:

- Udaljenost škola, zdravstvenih ustanova, vjerskih objekata i drugih relevantnih institucija
- Udaljenost stambenih kuća, gustina naseljenosti i mjesta za rekreaciju
- Udaljenost poljoprivrednih farmi i plantaža u odnosu na predloženu trasu
- Udaljenost industrijskih aktivnosti od istraživnog područja

Na osnovu navedenih kriterijuma, **osjetljivi receptori** su grupisani u pet glavnih lokacija duž trase: (1) na 1+300 - 1+700, (2) naselje Bare Kraljske na 5+400 - 8+000, (3) naselje Gnjlili Potok na 13+850 - 17+140, (4) selo Kralje na 17+350 - 18+750 i (5) Andrijevice (sjever) na 20+200 - 23+100.

Iz dokumenta "Trešnjevnik-Andrijevice Design Change v2.0.dwg", koji prikazuje izmjene u projektu za dionicu **tunel Trešnjevnik – Andrijevice**, izdvojeno je 333 objekta, koji su na sledeći način raspoređeni u gore navedene grupe:

|               |              |
|---------------|--------------|
| Gnjlili Potok | 84 objekta   |
| Selo Kralje   | 89 objekata  |
| Andrijevice   | 160 objekata |

## 6 PROCJENA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU

### 6.1 Buka

#### 6.1.1 Faza izgradnje

U modelu za procjenu uticaja buke u fazi izgradnje, uzeto je u obzir da će se posebna pažnja posvetiti rukovanju građevinskim materijalima, naročito prilikom spuštanja sa visine. Građevinskim materijalima mora se rukovati na način koji omogućava da se buka svede na najmanju moguću mjeru. Tokom različitih faza izgradnje primjenjivaće se građevinska mehanizacija prikazana u Tabeli 7. U okviru svake pojedinačne faze, istovremeno će biti angažovan samo dio opreme.

Emisije buke koja nastaje uslijed rada mašina unesenih u softver, zasnivaju se na podacima iz direktive britanskog Ministarstva za životnu sredinu, hranu i ruralna pitanja (Defra) pod nazivom „Baza podataka za predviđanje buke na građevinskim i otvorenim gradilištima“, kako je navedeno u poglavlju §5.5). Obuhvaćene građevinske aktivnosti uključuju: raščišćavanje lokacije, uklanjanje površinskog sloja zemljišta, izvođenje zemljanih radova, kolovozne konstrukcije i završnih slojeva, građevinske radove, kao i radove na izradi šipova. Najnepovoljniji scenario razmatra istovremeni rad građevinskih mašina i kamiona, pri čemu se pretpostavlja izvor buke sa nivoom zvučne snage  $L_w = 98$  dB, raspoređen unutar gradilišta na visini od 2 m iznad tla, kao i tačkasti izvor buke sa nivoom zvučne snage  $L_w = 91$  dB na visini od 20 m iznad tla.

U nedostatku detaljnih informacija o namjeni pojedinačnih objekata duž predložene trase, procjena uticaja buke tokom izgradnje urađena je na osnovu udaljenosti od zemljanih radova predloženog projekta (pretpostavlja se da je to najbliža lokacija receptorima na kojoj bi se odvijale građevinske aktivnosti).

Predviđeni nivoi buke tokom izgradnje na osjetljivim receptorima za svaku građevinsku aktivnost prikazani su u Tabeli 9.

| Opseg rastojanja | Predviđeni nivoi buke tokom izgradnje $L_{Aeq}$ (dB) na fasadi, po aktivnosti |                              |                 |                              |              |               |                           |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------|------------------------------|--------------|---------------|---------------------------|
|                  | Raščišćavanje lokacije                                                        | Uklanjanje površinskog sloja | Zemljani radovi | Asfalt. i površinski slojevi | Konstrukcije | Izrada šipova | Naj-nepovoljniji scenario |
| 20m              | 71                                                                            | 70                           | 70              | 67                           | 70           | 71            | 74                        |
| 40m              | 65                                                                            | 64                           | 64              | 61                           | 64           | 65            | 68                        |
| 80m              | 59                                                                            | 58                           | 58              | 55                           | 58           | 59            | 62                        |
| 160m             | 53                                                                            | 52                           | 52              | 49                           | 52           | 53            | 56                        |
| 320m             | 47                                                                            | 46                           | 46              | 43                           | 46           | 47            | 50                        |

Tabela 10. Emisija čestica uslijed kretanja građevinskih vozila (po asfaltiranim putevima)

U okviru tampon zone širine 40 m, uticaj buke od izvođenja građevinskih radova može se smatrati spornim za obližnje akustički osjetljive receptore, s obzirom na to da se očekuju nivoi buke veći od 65 dB(A). Ukoliko se osjetljivi receptori nalaze unutar te tampon zone u odnosu na izvore buke, Izvođač radova treba da prati eventualne incidente vezano za smetnje izazvane bukom i da primijeni mjere ublažavanja uticaja definisane u poglavlju §7.1 (strana 34). Kao preliminarna procjena, takve potencijalne oblasti uključuju sve lokacije prikazane u §5.6 Osjetljivi receptori (strana 28).

### 6.1.2 Faza eksploatacije

Svi proračuni disipacije zvuka su izvedeni korišćenjem softverskog paketa IMMI Premium 2023, licenca broj S72/354.

Za potrebe proračuna izrađen je trodimenzionalni (3D) model područja obuhvata projekta, na osnovu ulaznih parametara opisanih u Poglavlju 5: Ulazni podaci (meteorološki parametri, model terena, prepreke, geometrija saobraćajne mreže i saobraćajni tokovi podijeljeni po vrstama vozila i po tri vremenska intervala tokom 24-časovnog dana – ‘dan’: 07:00–19:00, ‘veče’: 19:00–23:00, ‘noć’: 23:00–07:00).

Sljedeće tabele prikazuju maksimalne nivoe buke generisane u svakoj identifikovanoj grupi osjetljivih receptora, na osnovu proračuna buke od saobraćaja i to za početnu godinu projekta, kao i za godinu 2057.

| Osjetljivi receptori | $L_{dan}(12h)$<br>[db(A)] | $L_{veče}(4h)$<br>[db(A)] | $L_{noć}(8h)$<br>[db(A)] | $L_{DEN}$<br>[db(A)] |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| <b>1+300 - 1+700</b> | 58.7                      | 51.0                      | 45.6                     | 57.5                 |
| <b>Bare Kraljske</b> | 66.7                      | 59.0                      | 53.6                     | 65.5                 |
| <b>Gnjili Potok</b>  | 66.5                      | 58.8                      | 53.4                     | 65.3                 |
| <b>Kralje</b>        | 67.5                      | 59.8                      | 54.3                     | 66.2                 |
| <b>Andrijevisa</b>   | 68.1                      | 60.4                      | 55.0                     | 66.9                 |

Tabela 11. Procijenjeni nivoi buke tokom eksploatacije projekta: početna godina

| Osjetljivi receptori | $L_{dan}(12h)$<br>[db(A)] | $L_{veče}(4h)$<br>[db(A)] | $L_{noć}(8h)$<br>[db(A)] | $L_{DEN}$<br>[db(A)] |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| <b>1+300 -</b>       | 63.6                      | 55.9                      | 50.4                     | 62.3                 |
| <b>Bare Kraljske</b> | 71.5                      | 63.9                      | 58.4                     | 70.3                 |
| <b>Gnjili Potok</b>  | 71.4                      | 63.7                      | 58.3                     | 70.2                 |
| <b>Kralje</b>        | 72.4                      | 64.7                      | 59.2                     | 71.1                 |
| <b>Andrijevisa</b>   | 73.0                      | 65.3                      | 59.9                     | 71.8                 |

Tabela 12. Procijenjeni nivoi buke tokom eksploatacije projekta: 2057. godina

Nivoi buke prikazani u vidu izolinja (indikator  $L_{dan}$ ,  $L_{veče}$ ,  $L_{noć}$  i  $L_{DEN}$ ) za područje obuhvata Projekta, prikazani su na kartama u Prilogu C, za početnu godinu i za 2057. godinu.

Izračunati nivoi buke su upoređeni sa graničnim vrijednostima buke definisanim važećim propisima, kako je prikazano u Poglavlju 2 ovog izvještaja. Kao što se i očekivalo, rezultati modela ukazuju da su nivoi buke u području analize prilično povišeni u blizini saobraćajnice, a u pojedinim slučajevima prelaze dozvoljene granične vrijednosti (60 dB(A) za  $L_{dan}$ , i  $L_{veče}$ , i 55 dB(A) za  $L_{noć}$ ). Shodno tome, uticaji se mogu okarakterisati kao negativni, trajni, lokalnog obima, visoki, vjerovatni i, iako su reverzibilni, naknadne mjere sanacije podrazumijevaju djelimičnu obustavu saobraćaja, a troškovi su značajno veći nego ako se mjere ublažavanja sprovedu tokom faze izgradnje.

## 6.2 Zagađenje vazduha

### 6.2.1 Faza izgradnje

Tokom faze izgradnje, glavni izvor zagađujućih materija u vazduhu potiče od motora građevinskih mašina sa unutrašnjim sagorijevanjem, koje pretežno koriste dizel gorivo, kao i od fabrika betona i asfaltnih baza. Postoji mogućnost negativnog uticaja na kvalitet vazduha u neposrednom okruženju usljed emisija prašine i izduvnih gasova ( $\text{NO}_x$ , CO,  $\text{SO}_2$ , VOC) od pojedine gradilišne opreme sa dizel motorima (kamioni, bageri, utovarivači i sl.), kao i fabrika betona i asfaltnih baza.

Faza izgradnje obuhvata niz različitih aktivnosti, uključujući: ukraščišćavanje terena, uklanjanje površinskog sloja zemljišta, utovar i transport materijala, privremeno odlaganje materijala, nivelaciju, bagerisanje, kretanje teških vozila po asfaltiranim i neasfaltiranim putevima, rad fabrika betona i asfaltnih baza. Svaka od ovih aktivnosti ima svoju vremensku dinamiku i potencijal za generisanje čestica prašine i izduvnih gasova. Stoga se očekuje da će obim emisije prašine znatno varirati iz dana u dan, u zavisnosti od intenziteta radova, vrste konkretnih aktivnosti i preovlađujućih meteoroloških uslova.

Izduvni gasovi koji nastaju uslijed rada građevinskih mašina pretežno sadrže: ugljen-monoksid (CO), isparljiva organska jedinjenja (VOC), azotne okside ( $\text{NO}_x$ ) i sumporne okside ( $\text{SO}_x$ ). Faktori emisije za građevinsku mehanizaciju i vrstu goriva prikazani su u Tabeli 13, a preuzeti su iz EMEP/EEA priručnika za inventar emisija 2013 („1.A.4 – Nepokretni mobilni izvori – građevinske mašine, GB2013, faktori emisije za Tier 1“). Ukupne emisije zagađujućih materija iz vazduha na gradilištu izračunate su na osnovu: dnevne potrošnje goriva po tipu opreme, pomnožene sa odgovarajućim faktorom emisije, u skladu sa Tabelom 13.

| Vrsta goriva | CO   | NO <sub>x</sub> | PM <sub>10</sub> | SO <sub>x</sub> | CO <sub>2</sub> |
|--------------|------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
|              | g/kg | g/kg            | g/kg             | g/kg            | kg/kg           |
| <b>Dizel</b> | 10.7 | 32.79           | 2.09             | 6.0             | 3160            |

Tabela 13. Faktori emisije za terensku mehanizaciju

Na osnovu navedenih faktora emisije i strukture građevinske mehanizacije prikazane u Tabeli 7 (str. 25), ukupne emisije zagađujućih materija u vazduh za najnepovoljniji scenario, tj. istovremeni rad sve opreme, prikazane su u sljedećoj tabeli:

| Zagađivač              | Emisija (g/h) | ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) | Granica ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) |
|------------------------|---------------|------------------------------|--------------------------------------|
| <b>CO</b>              | 1636,90       | 0.05                         | 10                                   |
| <b>NO<sub>x</sub></b>  | 5036,85       | 8.34                         | 30                                   |
| <b>PM<sub>10</sub></b> | 320,41        | 0.50                         | 40                                   |
| <b>SO<sub>x</sub></b>  | 307,20        | 0.24                         | 20                                   |
| <b>CO<sub>2</sub></b>  | 485k          | 16.40                        |                                      |

Tabela 14. Emisija zagađujućih materija od aktivnosti na gradilištu

Na osnovu prikazanih proračuna, može se zaključiti da su emisije zagađujućih materija koje nastaju radom mehanizacije na gradilištu na niskom nivou, a njihove koncentracije u okolnom području će biti zanemarljive. Stoga, očekuje se da rad mehanizacije ima minimalan uticaj na kvalitet vazduha, pa se ne očekuje da će izazvati bilo kakve smetnje ili neprijatnosti za okolinu.

## 6.2.2 Faza eksploatacije

Pogoršanje kvaliteta vazduha usled emisije zagađivača iz saobraćaja na autoputu procijenjeno je na osnovu rezultata modela disperzije gasova, koji su izračunati korišćenjem specijalizovanog računarskog softverskog alata IMMI 2021. Proračuni su izrađeni za početnu godinu i za 2057. godinu. Kvantitativna procjena se fokusira na ključne zagađivače koji nastaju od drumskog saobraćaja, uključujući SO<sub>2</sub>, No<sub>x</sub>, CO i čestice (PM<sub>10</sub> + PM<sub>2,5</sub>). Rezultati proračuna prikazani su u tabelama u nastavku.

| Koncentracija<br>SO <sub>2</sub> | Početna god.                                                         | 2057  |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------|
|                                  | <i>rezultati koncentracije [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</i> |       |
| <b>1+300 - 1+700</b>             | 0.91                                                                 | 2.69  |
| <b>Bare Kraljske</b>             | 1.65                                                                 | 4.84  |
| <b>Gnjili Potok</b>              | 1.71                                                                 | 5.04  |
| <b>Kralje</b>                    | 3.66                                                                 | 10.77 |
| <b>Andrijevisa</b>               | 3.12                                                                 | 9.19  |

Table 15 - Površina izložena koncentraciji SO<sub>2</sub>

| Koncentracija<br>No <sub>x</sub> | Početna god.                                                         | 2057  |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------|
|                                  | <i>rezultati koncentracije [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</i> |       |
| <b>1+300 - 1+700</b>             | 32.98                                                                | 97.01 |
| <b>Bare Kraljske</b>             | 59.40                                                                | 174.7 |
| <b>Gnjili Potok</b>              | 61.85                                                                | 181.9 |
| <b>Kralje</b>                    | 132.1                                                                | 388.7 |
| <b>Andrijevisa</b>               | 112.8                                                                | 331.8 |

Tabela 16 - Površina izložena koncentraciji NO<sub>x</sub>

| Koncentracija<br>CO  | Početna god.                                                         | 2057    |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------|---------|
|                      | <i>rezultati koncentracije [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</i> |         |
| <b>1+300 - 1+700</b> | 113.85                                                               | 334.88  |
| Bare Kraljske        | 205.06                                                               | 603.15  |
| Gnjili Potok         | 213.49                                                               | 627.96  |
| Kralje               | 456.20                                                               | 1341.85 |
| Andrijevisa          | 389.52                                                               | 1145.73 |

Tabela 17 – Površina izložena koncentraciji CO

| Koncentracija<br>PM <sub>10</sub> + PM <sub>2.5</sub> | Početna god.                                                         | 2057  |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------|
|                                                       | <i>rezultati koncentracije [<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>]</i> |       |
| <b>1+300 - 1+700</b>                                  | 1.74                                                                 | 5.12  |
| Bare Kraljske                                         | 3.13                                                                 | 9.21  |
| Gnjili Potok                                          | 3.26                                                                 | 9.59  |
| Kralje                                                | 6.97                                                                 | 20.50 |
| Andrijevisa                                           | 5.95                                                                 | 17.50 |

Tabela 18 – Površina izložena koncentracijama suspendovanih čestica

U svim analiziranim scenarijima, emisije ostaju ispod propisanih graničnih vrijednosti. Uočeno je povećanje emisija u projekcijama za buduće godine, što se pripisuje očekivanom porastu intenziteta drumskog saobraćaja.

## 7 MJERE UBLAŽAVANJA

### 7.1 Tokom izgradnje

Procijenjeni nivoi zagađenja vazduha usljed emisije gasova tokom izgradnje projekta ocijenjeni su kao niski i privremenog karaktera, pa se ne zahtijeva preduzimanje posebnih mjera u tom pogledu. Međutim, s obzirom na mogućnost neprijatnosti izazvanih disperzijom čestica prašine tokom izvođenja radova, predložene su mjere za kontrolu emisija i smanjenje koncentracija prašine na lokacijama osjetljivih receptora

Kontrola emisije prašine sprovodi se primjenom jednostavnih mjera upravljanja, pri čemu nivo potencijalne neprijatnosti značajno zavisi od kvaliteta sprovedenih mjera na izvoru emisije. U cilju ograničenja emisija uzrokovanih kretanjem građevinskih vozila, posebno po neasfaltiranim površinama, preporučuje se primjena sljedećeg kodeksa upravljanja:

- ovlaživanje saobraćajnica na gradilištu
- tretiranje ogoljenih (nevegetiranih) površina, prema potrebi
- postavljanje ograničenja brzine na svim neasfaltiranim saobraćajnicama
- izduvni sistemi mašina moraju biti usmjereni od tla
- glavne saobraćajnice i saobraćajni koridori moraju se redovno čistiti i vlažiti.

Takođe, odlaganje ili nasipanje materijala u gomile je potrebno svesti na najmanju moguću mjeru, pri čemu nasipanje materijala treba vršiti sa što manje visine. Gomile materijala koje se privremeno ne koriste treba zaštititi prekrivanjem ili ogradama, radi spriječavanja širenja prašine usljed dejstva vjetra. Ove gomile se mogu zaštititi postavljanjem ograda ili smještanjem u zavjetrini – pored nasipa, zelenih pojaseva, živica ili postojećih ograda.

Opšte mjere za upravljanje lokacijom u cilju ograničenja emisije prašine uključuju:

- kamioni koji prevoze rasute materijale moraju imati natkrivene tovarne prostore;
- Polivanje vodom tokom kretanja i odlaganja peska i šljunka, kao i pranje točkova svih vozila koja napuštaju radnu zonu, mogu smanjiti emisiju prašine. Vozila koja napuštaju radnu površinu moraju biti čista;
- sva građevinska oprema i mehanizacija moraju biti u tehnički ispravnom stanju i u skladu sa tehničkim specifikacijama proizvođača, kako bi se emisije sprovele na minimum;
- priprema betonske mješavine treba se vršiti korišćenjem tečnih komponenata (umjesto suvih). Te radove treba izvoditi u ograđenim ili zatvorenim prostorima;
- silosi za cement i inertne materijale moraju biti zatvoreni i opremljeni filterima za prašinu.

U pogledu emisije čestica tokom transporta rastresitih materijala iz kamenoloma ili sa lokacija iskopavanja na gradilište, predlažu se sljedeće mjere, koje su ujedno povezane i sa bezbjednošću saobraćaja:

- Postavljanje odgovarajuće saobraćajne signalizacije duž cijele transportne rute materijala
- Označavanje izlaza iz kamenoloma i gradilišta

- Izbjegavanje preopterećenja kamiona za prevoz rasutih materijala;
- Pokrivanje materijala tokom transporta;
- Održavanje saobraćajne mreže;
- Ukoliko trasa prolazi kroz naseljena područja, razmotriti mogućnost izgradnje obilaznice. U suprotnom, potrebno je ovlaživati lokalne puteve;
- Na područjima sa učestalim kretanjem vozila potrebno je osigurati tvrdi podlogu;
- Biće sprovedeno efikasno korišćenje prskalica za vodu (npr. ovlaživanje za kontrolu prašine najmanje 3 puta dnevno: ujutro, u podne i popodne, tokom suvog vremena s temperaturama iznad 25 °C, ili u vjetrovitim uslovima. Izbjegavati pretjerano ovlaživanje kako bi se spriječilo stvaranje blata u okolini). Sva voda koja se koristi za kontrolu prašine mora biti bez neprijatnih mirisa i bez zagađujućih materija.

Prije početka faze izgradnje, izvođač će izraditi Plan upravljanja kvalitetom vazduha i prašinom, kao i Plan upravljanja saobraćajem na gradilištu, kako bi se osiguralo da projekat ne izazove pogoršanje kvaliteta vazduha u područjima gdje borave ljudi, a koja prethodno nisu bila izložena zagađenju. Izvođač će biti odgovoran za usklađenost s ovim Planom upravljanja životnom sredinom (EMP) i za sljedeće:

- Emisije iz izduvnih gasova: Na gradilištu neće biti instalirani peći, kotlovi ili drugi uređaji koji koriste goriva koja mogu uzrokovati emisije zagađivača vazduha, bez prethodne pismene saglasnosti Inženjera. Građevinska oprema će se redovno održavati u dobrom stanju i biće opremljena uređajima za kontrolu emisije zagađivača, čiji rad će kontinuirano pratiti Izvođač i Inženjer.
- Spaljivanje otpada na otvorenom: Spaljivanje otpada ili bilo kojih drugih materijala na gradilištu neće biti dozvoljeno bez izričite saglasnosti Inženjera.
- Izvođač će se pobrinuti da materijali koji se skladište na gradilištu budu smješteni u zaklonjemi zonama i prekriveni odgovarajućim zaštitnim materijalima, poput cerada, kako bi se spriječilo podizanje prašine u okolinu.
- Svi zemljani radovi će biti obustavljeni ukoliko brzina vjetra premaši 20 km/h u područjima koja se nalaze unutar 500 metara od naseljenih područja.

Pored toga, pozajmišta, fabrike betona, postrojenja za drobljenje kamena i postrojenja za proizvodnju asfalta biće predmet posebne ekološke procedure za dobijanje odobrenja, za što je odgovoran Izvođač. Inženjer će osigurati da nijedno od ovih postrojenja ne počne sa radom bez potrebnih dozvola.

Što se tiče potencijalnih smetnji uzrokovanih bukom i predviđenim, ali blagim povećanjem nivoa buke tokom izgradnje, što može uticati na stambene zone u okolini gradilišta, predložene mere za smanjenje buke tokom faze izgradnje obuhvataju tri nivoa intervencija:

- Upotreba mašina na gradilištu koje imaju EEC sertifikatom za buku.
- Uzimanje u obzir nivoa buke pri definisanju dinamike i metodologije izgradnje, sa ciljem smanjenja emisije buke, posebno pri izvođenju radova u blizini stambenih zona.
- Primjena tehničkih rešenja, kao što je izgradnja zvučnih barijera oko gradilišta i upotreba mobilnih sistema za smanjenje buke na mjestima sa visokim emisijama buke.

Izvođač projekta treba da odabere lokaciju gradilišta i planiranje radova na način koji će svesti potencijalne smetnje u urbanom ljudskom okruženju, kako u neposrednoj, tako i u širem području projekta, na najmanju moguću mjeru. Raspored nagomilanih materijala na gradilištu treba da bude takav da služi kao zvučne barijere, čime će se značajno smanjiti nivo buke koja se širi sa gradilišta.

Takođe, potrebno je pažljivo projektovati i izgraditi zvučne barijere na gradilištu kako bi se obezbijedila neophodna zaštita. Radi veće efikasnosti, zvučne barijere će biti postavljene što je moguće bliže izvoru buke.



Slika 12 – Primjer privremene zvučne barijere

U slučajevima kada će biti potrebna zvučna izolacija opreme tokom nekoliko mjeseci, koristiće se džakovi sa pijeskom. Takođe, materijal iz iskopa i/ili građevinski materijali mogu poslužiti kao privremena zvučna barijera tokom svog privremenog skladištenja prije upotrebe. Na primjer, gomile armature, cijevi, betonske vreće, gomile zemlje i slično, ukoliko su pravilno postavljeni, mogu značajno smanjiti emisiju buke iz radne zone. Praktično pravilo u kontekstu ovih privremenih zvučnih barijera je da dužina barijere bude najmanje deset puta veća od njene visine. Ako se koriste barijere kraće dužine, one moraju biti usmjerene direktno prema izvoru buke.

Za smanjenje smetnji izazvanih saobraćajem vozila, predlažu se sljedeće smjernice:

- Postaviti ograničenje brzine vozila unutar privremenih puteva na gradilištu na 10 km/h ili manje, prema potrebi.
- Stabilizacija zemljanih puteva šljunkom (ili sličnim materijalima) odmah nakon formiranja

- Utovar i istovar vozila treba obaviti na način koji minimizuje emisiju buke, a kada je to moguće, ove aktivnosti treba izvoditi što dalje od područja sa osjetljivim receptorima na buku.
- Putevi unutar gradilišta biće izgrađeni sa što manjim nagibom. Uklanjanje oštih nagiba pomaže u smanjenju buke u saobraćaju, jer vozila, posebno ona sa više brzina poput kamiona, ne moraju intenzivno da rade.
- Izbjegavati nepotrebno korišćenje sirena prilikom ulaska i izlaska vozila sa gradilišta, kao i nepotrebno turiranje motora. Takođe, isključivati vozila i opremu kada nisu u upotrebi.
- Koristiti gumene obloge, na primer, u cijevima za spuštanje materijala i kiper kamionima kako bi se smanjila buka od udara i minimizovala visina pada materijala.
- Pokretati postrojenja i vozila sukcesivno, a ne sva odjednom.

Sva oprema se mora održavati na visokom operativnom nivou i mora biti postavljena, gdje je to moguće, na pozicijama koje maksimalno povećavaju efekat zvučnih barijera, kao što su privremeni objekti na gradilištu ili neaktivna oprema. Mašine i radna oprema (uključujući bagera, drobilice, uređaje za utovar i istovar, generatore i sl.) bit će postavljeni što je moguće dalje od zona osjetljivih na buku, a fizičke barijere poput skladišta, gomila ili zgrada biće korištene za smanjenje buke gdje god je to moguće.

U isto vrijeme, planiranje aktivnosti koje proizvode buku biće osmišljeno tako da se izbjegnu negativni efekti, npr. izbjegavanje istovremenog korišćenja/rada bučne opreme, korišćenje gomila materijala iz iskopa kao zvučnih barijera za osjetljive akustične receptore tokom iskopavanja, održavanje privremenih objekata imaju funkciju zvučnih barijera (npr. kancelarije na gradilištu, skladišta i sl.) do posljednje faze projekta, itd.

Uređaji se uvijek moraju koristiti u skladu sa uputstvima proizvođača. Potrebno je voditi računa o tome da se oprema postavi što dalje od područja osjetljivih na buku. Kada god je to moguće, utovar i istovar također treba obavljati izvan tih područja. Posebnu pažnju treba posvetiti situacijama kada se radove izvode noću, i u tom periodu bi trebalo izvoditi tiše aktivnosti.

Mašine, kao što su dizalice, koje će se povremeno koristiti, trebaju da budu isključene između intervala rada ili ih treba podesiti na minimalan režim rada. Mašine ne smiju biti ostavljene u režimu rada kada nema potrebe za njihovom upotrebom, kako bi se smanjila buka i uštedjele energije.

Mašine koje generišu usmjerenu buku treba postaviti tako da buka bude usmjerena što dalje od osjetljivih područja. Akustični poklopci na motorima treba da ostanu zatvoreni tokom njihovog rada i kada nisu u funkciji. Ako se koriste kompresori, oni moraju biti opremljeni efikasnim akustičnim kućištima i dizajnirani tako da mogu da rade sa zatvorenim pristupnim panelima.

Prilikom izbora opreme, uzeće se u obzir nivo buke. Umjesto opreme sa dizel ili benzinskim motorima, koristiće se oprema koja uspunjava uslove Evropske Direktive 2000/14/EC koja se odnosi na emisiju buke radnih mašina. U slučaju da se obavljaju radovi pobijanja šipova

za temelje mostova, udarna buka koja nastaje prilikom pobijanja šipova se može smanjiti uvođenjem nemetalnih opirača između čekića i kape šipa ili postavljanjem akustičnog plašta oko sistema za pobijanje, odnosno kućište koje obuhvata čekić i cijelu dužinu šipa koji se pobija.

U slučaju bilo kakve žalbe, identifikovaće se izvor prekomjerne buke i biće preduzete odgovarajuće mjere kao što su procjena lokacije opreme i radnog vremena. Zbog toga je važno da osjetljivi akustički receptori budu identifikovani prije početka radova.

Podrazumijeva se da će se sve instalacije, mašine i drugi vozila redovno kontrolisati kako bi se osigurao njihov efikasan rad i u skladu sa specifikacijama proizvođača, a kontrole će obavljati obučeni i kvalifikovani operateri. Pored povećane sigurnosti, ovaj postupak će uticati i na pravilno održavanje i što je tiši mogući rad mašina.

U cilju izbjegavanja žalbi, veoma je važno uspostaviti pravilnu komunikaciju sa osobama iz pogođenih područja. Prije izvođenja neizbježnih bučnih aktivnosti u blizini područja osjetljivih na buku, potrebno je unaprijed obavijestiti stanovnike o radovima koji će se izvoditi i o očekivanom trajanju..

Radno vrijeme treba planirati uzimajući u obzir uticaje buke na stanovnike područja u neposrednoj blizini gradilišta gdje se izvode radovi, kao i moguće posljedice produženja perioda izvođenja radova. Gdje god je izvodljivo, potrebno je primijeniti metode rada sa smanjenim nivoom buke, uključujući upotrebu najprikladnije mehanizacije, izvođenja bučnih radova u okviru predviđenog vremenskog okvira za takve radove, kao i efikasno i brzo izvođenje aktivnosti. Teretna vozila ne bi trebalo da dolaze niti odlaze sa gradilišta u periodu od 19.00 do 07.00 časova. Na lokacijama na kojima se izvode tunelski radovi, na primjer, uobičajena je praksa da obezbijedi prostori za noćno privremeno odlaganje iskopanog materijala i otpada.

U svakom slučaju, emisija buke tokom faze izgradnje neće uzrokovati trajne smetnje u okolini. Uslovi koji će nastati biće kratkoročni i reverzibilni.

## **7.2 Tokom eksploatacije**

U okviru projektnog ESIA elaborata, izvršena je preliminarne procjena uz primjenu mjera za smanjenje buke. Proračuni su izvršeni korišćenjem softvera IMMI Premium 2023, primjenjujući isti model simulacije buke, kao i ulazne podatke i pretpostavke opisane u prethodnom poglavlju. detaljno projektovanje zvučnih barijera treba da budu rezultat detaljne akustičke studije.

Za ovu preliminarnu procjenu smanjenja buke, uzeti su u obzir nacionalni i međunarodni standardi. Na osnovu rezultata modela, za godinu puštanja u rad, u četiri oblasti duž trase su zabilježena prekoračenja nivoa buke do 14 dB iznad dozvoljenih granica: Bare Kraljske, Gnjlili Potok, Kralje i Andrijevice (sjever) (Tabela 19 - Tabela 20). Kolona „Autoput Bar-Boljare“ prikazuje nivo buke koji se emituje iz predloženog projekta BEZ primjene bilo kakvih mjera zaštite od buke, kolona „Pozadinska buka“ prikazuje nivo buke koji potiče od svih drugih izvora buke u okolini i koji je zasnovan na rezultatima istraživanja mjerenja buke (uglavnom sa preostalim puteva u istraživanom području), dok kolona „Ukupno“ prikazuje kumulativni nivo buke.

| Osjetljivi receptori | Autoput Bar-Boljare [dB(A)] | Pozadinska buka [dB(A)] | Kumulativna buka [dB(A)] | Granična vrijednost [dB(A)] |
|----------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Bare Kraljske        | 66.7                        | 55.0                    | 67.0                     | 60.0                        |
| Gnjili Potok         | 66.5                        | 57.5                    | 67.0                     | 60.0                        |
| Kralje               | 67.5                        | 60.0                    | 68.2                     | 60.0                        |
| Andrijevice (sjever) | 68.1                        | 61.0                    | 68.9                     | 60.0                        |

Tabela 19 – Područja koja zahtijevaju zaštitu od buke – dnevni rezultati

| Osjetljivi receptori | Autoput Bar-Boljare [dB(A)] | Pozadinska buka [dB(A)] | Kumulativna buka [dB(A)] | Granična vrijednost [dB(A)] |
|----------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Bare Kraljske        | 53.6                        | 53.0                    | 56.3                     | 55.0                        |
| Gnjili Potok         | 52.3                        | 48.5                    | 54.6                     | 55.0                        |
| Kralje               | 53.7                        | 44.0                    | 54.7                     | 55.0                        |
| Andrijevice          | 52.3                        | 53.5                    | 57.3                     | 55.0                        |

Tabela 20 – Područja koja zahtijevaju zaštitu od buke – noćni rezultati

Za ova područja je ispitivano postavljanje zvučnih barijera uz ivicu puta. Visina barijera je postepeno povećavana kako bi se ciljne vrijednosti za indekse  $L_{dan}$  i  $L_{noć}$ , do visine od 4,5 metara, jer iznad te visine strukturna ograničenja čine ugradnju zvučnih barijera neefikasnom. Kada se naseljena područja nalaze sa obje strane puta, predviđa se upotreba apsorbujućih tipova zvučnih barijera, kako bi se izbjegla refleksija buke prema receptorima na suprotnoj strani.

Granične vrijednosti buke iznose 60 dB(A) za dan i 55 dB(A) za noć. Međutim, kada kumulativna buka prelazi navedene vrijednosti, emisije buke se smatraju prihvatljivim ukoliko je uticaj buke novog projekta na pozadinsku buku jednak ili manji od 3 dB.

Rezultati nivoa buke nakon primjene predloženih mjera za ublažavanja uticaja su prikazani u Tabelama 21 i 22. Iz rezultata se može zaključiti da se nivoi buke sa novog autoputa mogu ograničiti na svim kontrolnim tačkama na ciljne vrijednosti projekta, koje su postavljene u skladu sa nacionalnim propisima

| Osjetljivi receptori | Autoput Bar-Boljare [dB(A)] (1) | Pozadinska buka [dB(A)] (2) | Kumulativna buka [dB(A)] (3) | Uticaj na pozadinsku buku [dB(A)] {(3) – (2)} |
|----------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|
| Bare Kraljske        | 59.8                            | 55.0                        | 61.1                         | 6.1                                           |
| Gnjili Potok         | 57.3                            | 57.5                        | 60.4                         | 2.9                                           |
| Kralje               | 59.7                            | 60.0                        | 62.9                         | 2.9                                           |
| Andrijevisa (sjever) | 60.4                            | 61.0                        | 63.7                         | 2.7                                           |

Tabela 21 – Rezultati optimizacije zvučne barijere prema modeliranju – dnevni režim

| Osjetljivi receptori | Autoput Bar-Boljare [dB(A)] (1) | Pozadinska buka [dB(A)] (2) | Kumulativna buka [dB(A)] (3) | Uticaj na pozadinsku buku [dB(A)] {(3) – (2)} |
|----------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|
| Bare Kraljske        | 46.7                            | 53.0                        | 53.9                         | 0.9                                           |
| Gnjili Potok         | 43.1                            | 48.5                        | 49.6                         | 1.1                                           |
| Kralje               | 45.9                            | 44.0                        | 48.1                         | 4.1                                           |
| Andrijevisa (sjever) | 44.6                            | 53.5                        | 54.0                         | 0.5                                           |

Tabela 22 – Rezultati optimizacije zvučne barijere prema modeliranju – noćni režim

Stoga se smatra da neće biti potrebe za dodatnim mjerama za ublažavanje buke, poput primjene poroznog asfalta, uvođenja ograničenja brzine i sl., kako bi autoput ostao u okviru dozvoljenih granica buke. Takođe se ne očekuje se da će doći do smetnji za širu javnost kada predmetni projekat počne sa radom.

Predložene mjere ublažavanja buke uključuju sledeće zvučne barijere:

| Lokacija                       | Dužina ZB (m) | Površina ZB (m <sup>2</sup> ) | Proječna visina ZB (m) |
|--------------------------------|---------------|-------------------------------|------------------------|
| 7+000 - 8+100/ lijeva strana   | 1 100         | 3 300                         | 3.0                    |
| 14+050 - 14+800/ lijeva strana | 750           | 2 250                         | 3.0                    |
| 14+930 - 15+650/ lijeva strana | 720           | 2 160                         | 3.0                    |
| 16+000 - 16+600/ lijeva strana | 600           | 1 800                         | 3.0                    |
| 17+300 - 17+500/ lijeva strana | 200           | 600                           | 3.0                    |
| 18+500 - 19+250/ lijeva strana | 750           | 2 250                         | 3.0                    |
| 19+450 - 19+750/ lijeva strana | 300           | 900                           | 3.0                    |
| 20+450 – 22+500/ lijeva strana | 2 050         | 6 150                         | 3.0                    |
| 20+200 - 20+600/ desna strana  | 400           | 1 200                         | 3.0                    |
| 20+950 - 22+100/ desna strana  | 1 150         | 3 450                         | 3.0                    |
| 21+300 - 22+000/ desna strana  | 700           | 2 100                         | 3.0                    |

Tabela 23 – Dužina i površina zvučnih barijera po segmentima

*Dodatak A – Osnovna mjerenja*

*Dodatak B – Konturne karte*