

Pregled europske regulative o buci od cestovnog prometa

Stjepan Lakušić, Vesna Dragčević, Tatjana Rukavina

Ključne riječi

cestovni promet,
razina buke,
regulativa,
širenje zvučnog vala,
metoda proračuna,
smjernice Europske unije

Key words

road traffic,
noise level,
regulations,
sound wave propagation,
calculation method,
European Union guidelines

Mots clés

trafic routier,
niveau du bruit,
réglementation,
propagation de l'onde
acoustique,
méthode de calcul,
directives de l'UE

Ключевые слова

дорожное движение,
уровень шума, правила,
распространение
звуковой волны,
метод расчёта,
направления
Европейской унии

Schlüsselworte:

Strassenverkehr,
Lärmpegel,
Regulativ,
Schallwellenausbreitung,
Berechnungsmethode,
Richtlinien der
Europaunion

S. Lakušić, V. Dragčević, T. Rukavina

Pregledni rad

Pregled europske regulative o buci od cestovnog prometa

Prikazana je europska regulativa vezana za buku od cestovnog prometa kao najvećem izvoru buke od prometa. Razmatrane su metode proračuna razine buke koje se najčešće primjenjuju u Europi. Analizirana je mogućnost primjene razmatranih metoda proračuna u Hrvatskoj, koja svoju regulativu nastoji uskladiti s europskim preporukama. Prikazane su smjernice europske unije vezane za usklađivanje postojećih metoda proračuna razine buke u cilju dobivanja jedinstvene europske metode.

S. Lakušić, V. Dragčević, T. Rukavina

Subject review

Review of European regulations related to road traffic noise

European regulations related to road traffic noise, which is the greatest source of traffic noise, are presented. Noise calculation methods most frequently used in European countries are examined. Authors analyze the possibility of using such methods in Croatia where attempts are currently made to harmonize national regulations with European recommendations. European Union guidelines for harmonization of existing noise level calculation methods, issued to foster establishment of an uniform European method, are also presented.

S. Lakušić, V. Dragčević, T. Rukavina

Ouvrage de synthèse

Tour d'horizon de la réglementation européenne relative au bruit du trafic routier

L'article présente la réglementation européenne relative au bruit dû au trafic routier, qui est le plus grand générateur du bruit du trafic. On examine les méthodes de calcul du niveau du bruit utilisées le plus souvent en Europe. On analyse la possibilité de mise en œuvre des modèles étudiés en Croatie, qui tente de mettre en conformité sa réglementation avec les recommandations européennes. On présente les directives de l'Union européenne liées à la coordination des méthodes existantes de calcul du niveau du bruit en vue d'obtenir une méthode européenne unique.

С. Лакушич, В. Драгчевич, Т. Рукавина

Обзорная работа

Обзор европейских правил о шуме от дорожного движения

В работе показаны европейские правила в отношении шума от дорожного движения, как самом большом источнике шума от дорожного движения. Рассмотрены методы расчёта уровня шума, чаще всего применяемые в Европе. Анализирована возможность применения рассматриваемых методов расчёта в Хорватии, которая стремится согласовать свои правила с европейскими рекомендациями. Показаны направления Европейской унии, связанные с согласованием существующих методов расчёта уровня шума с целью получения единственного европейского метода.

S. Lakušić, V. Dragčević, T. Rukavina

Übersichtsarbeit

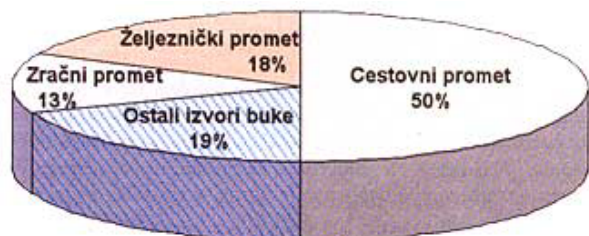
Übersicht der europäischen Regulative über den Lärm vom Strassenverkehr

Dargestellt sind die europäischen Regulative betreffend den Lärm vom Strassenverkehr als bedeutendster Quelle des Verkehrslärms. Betrachtet sind die Methoden der Lärmpegelberechnung die in Europa am meisten angewendet werden. Analysiert ist die Anwendungsmöglichkeit der betrachteten Berechnungsmethoden in Kroatien, da Kroatien sein Regulativ mit europäischen Empfehlungen in Einklang zu bringen trachtet. Dargestellt sind Richtlinien der Europaunion betreffend die Harmonisierung der bestehenden Methoden der Lärmpegelberechnung, deren Ziel es ist eine einheitliche europäische Methode zu gewinnen.

Autori: Mr. sc. **Stjepan Lakušić**, dipl. ing. građ.; doc. dr. sc. **Vesna Dragčević**, dipl. ing. građ.; doc. dr. sc. **Tatjana Rukavina**, dipl. ing. građ., Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za prometnice

1 Uvod

U urbanim sredinama buka cestovnog prometa ima značajnu ulogu u onečišćenju čovjekova okoliša i ozbiljan je ekološki problem. Javlja se kao posljedica rada motora vozila te međudjelovanja pneumatika vozila i površine kolnika kao i prolaska vozila kroz medij (zrak).



Slika 1. Odnos pojedinih izvora buke [2]

Kao posljedica ratnih i poslijeratnih zbivanja, u posljednjih je desetak godina u Hrvatskoj stopa rasta cestovnog prometa izraženija nego u drugim europskim zemljama. Željeznički je promet bio gotovo potpuno paraliziran jer je trećina Hrvatske bila okupirana, a alternativnih željezničkih pravaca nije bilo. Slično je bilo i sa zračnim prometom, no njegovo ponovno uspostavljanje ipak je bilo jednostavnije. Prometne se prilike danas mijenjaju, mreža željeznica se obnavlja, te se nastoji glavninu teretnog prometa ponovno usmjeriti prema njoj. No stečene se navike dosta teško napuštaju pa cestovni promet i dalje ima dominantnu ulogu i u stalnom je porastu. Osim toga izgradnja novih autocesta kao i obnavljanje postojeće cestovne mreže u punom je zamahu što također utječe na porast cestovnog prometa, a posljedično i na povećanje razine buke u zonama oko prometnica. Zbog carinskih povlastica te povoljnijih mogućnosti kupnje, posljednjih se godina broj vozila u Hrvatskoj naglo povećao. Takav nagli porast broja vozila nije rezultirao značajnijim povećanjem razine buke jer se prvenstveno radilo o novijim, tehnološki modernijim vozilima. Da je buka zaista ozbiljan problem pokazuju istraživanja provedena u zemljama Europske unije. Ona su pokazala da oko 20% njezinih stanovnika, dakle oko 80 milijuna ljudi živi i radi u zonama u kojima je razina buke viša od 65 dB, buke koju znanstvenici i zdravstveni stručnjaci smatraju neprihvatljivom budući da uznemirava ljude, remeti san te ima negativan utjecaj na zdravlje [1]. Oko 170 milijuna ljudi živi u tzv. "sivim područjima" gdje su razine buke takve da izazivaju ozbiljnu neugodu tokom dana (razine buke između 55 i 65 dB). Istraživanja su također pokazala da se troškovi nastali kao posljedica buke od prometa kreću od 0,2 do 2% BDP [1]. Od svih izvora buke najveći postotak otpada upravo na buku od prometa, oko 81%, dok na ostale izvore buke (industrija, graditeljske djelatnosti te buka od aktivnosti u slobodno vrijeme) otpada oko 19 %, [2]. Od ukupno od 81%, što se odnosi na buku koju proizvodi promet u većim urba-

nim sredinama, 50% je cestovni promet, 18% željeznički te 13% zračni promet (slika 1.). Cestovni promet najveći je izvor buke pa mu sa stajališta zaštite od buke, treba posvetiti najveću pažnju.

Unatoč svemu navedenom, aktivnosti vezane za smanjenje buke u okolišu redovito su manjeg prioriteta i opsega od onih koje se provode kako bi se riješili problemi onečišćenja zraka i vode. Takvo stanje valja nužno mijenjati te aktivnosti barem izjednačiti, budući da se buka smatra jednim od glavnih uzroka smanjenja kvalitete života.

2 Stanje regulative

Hrvatska, kao potencijalni kandidat za članstvo u Europskoj uniji, već danas nastoji svoju regulativu uskladiti s europskim preporukama. U ovom trenutku u Hrvatskoj u regulativi o zaštiti od buke od cestovnog prometa postoji sljedeće:

- Zakon o zaštiti od buke [3] koji je na snagu stupio u veljači 2003. godine,
- Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave [4] i koji je na snazi od 1990. godine.

Kako ne postoji pravilnik ili propis, standard ili verificirana nacionalna metoda za proračun razine buke, u projektantskoj se praksi najučestalije primjenjuje njemačka norma DIN 18005.

Postojanje Zakona o zaštiti od buke nametnulo je potrebu donošenja smjernica za proračun, predviđanje i provođenje mjera zaštite. Ove smjernice projektantima bi zasigurno olakšale projektiranje mjera zaštite od buke koje Zakon propisuje.

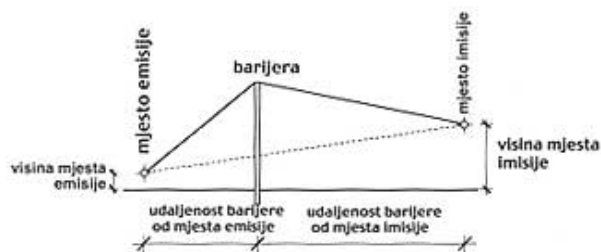
Pregled metoda koje se promjenjuju za projektiranje mjera zaštite od buke u europskim zemljama pokazao je da postoje dva osnovna pristupa rješenju ovog problema:

- države kao što su Njemačka, Velika Britanija, Švicarska, Austrija, Francuska, skandinavske zemlje imaju svoje vlastite metode
- zemlje koje nemaju svoje vlastite metode (Slovenija, Poljska) usvojile su neke od metoda prethodno navedenih država koje su se najbolje uklopile u njihove uvjete.

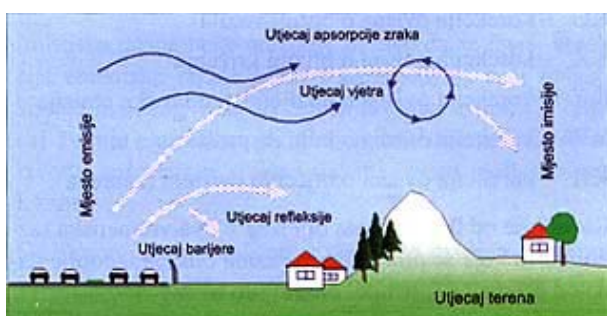
3 Metode proračuna razine buke

Za proračun razine buke na mjestu imisije od cestovnog prometa kao izvora (definiranog mjestom emisije) poznato je više metoda. Barijere za zaštitu od buke lociraju se između mjesta emisije i mjesta imisije (slika 2), a radi smanjenja razine buke na propisanu dopuštenu razinu na mjestu imisije.

Širenje zvučnog vala od mjesta emisije prema mjestu imisije ovisno je o nizu parametara: udaljenosti između mjesta emisije i mjesta imisije, konfiguracije terena, apsorpciji zraka, apsorpciji tla, meteorološkim uvjetima, vegetaciji, izgrađenosti područja, postojanju barijera, refleksiji, utjecaju vjetra, temperaturnom gradijentu (slika 3).



Slika 2. Geometrijska definicija barijere



Slika 3. Prikaz širenja buke od mjesta emisije do mjesta imisije

3.1 Njemačka

Proračun razine buke u Njemačkoj provodi se primjenom smjernica RLS 90 koje su naslijedile smjernice RLS 81, [6]. Njemački standard DIN 18005 za proračun buke od cestovnog prometa gotovo je identičan smjernicama RLS 81, [7]. Razina buke na mjestu imisije prema RLS 90 definirana je izrazom (1):

$$L_{m,i} = L_m^{(25)} + D_V + D_{Stro} + D_{Stg} + D_E + D_L + D_S + D_{BM} + D_B \quad [dB]A \quad (1)$$

Referentna vrijednost razine buke $L_m^{(25)}$ određuje se na udaljenosti od 25 m, pri čemu se usvaja zastor kolničke konstrukcije od lijevanog asfalta, brzina vozila 100 km/h te uzdužni nagib nivelete od 5%, a ovisno o mjerodavnom satnom prometnom opterećenju (broj vozila/sat) i mjerodavnom udjelu teretnih vozila mase veće od 2800 kg. Posljednja dva parametra propisana su ovisno o vrsti prometnice. Korekciju referentne razine buke potrebno je izvršiti sljedećim parametrima:

D_V – korekcija ovisna o brzini vozila (najmanja dopuštena brzina za osobna i teretna vozila je $V_{min} = 30$ km/h, dok je najveća brzina za osobna vozila $V_{max} = 130$ km/h, a za teretna vozila $V_{max} = 80$ km/h)

D_{Stro} – korekcija vezana za vrstu zastora kolničke konstrukcije
 D_{Stg} – korekcija ovisna o uzdužnom nagibu nivelete,
 D – korekcija vezana za utjecaj višestruke refleksije
 D_L – korekcija vezana za duljinu odsječka,
 D_S – korekcija vezana za apsorpciju zraka i udaljenost od mjesta emisije do mjesta imisije
 D_{BM} – korekcija vezana za utjecaj terena i meteorologije
 D_B – korekcija vezana za utjecaj barijere.

Razdoblje od 0 do 24 sata dijeli se u dva: razdoblje dana od 6⁰⁰ do 22⁰⁰, te razdoblje noći od 22⁰⁰ do 6⁰⁰.

3.2 Velika Britanija

Britanskom metodom CoRTN (*Calculation of Road Traffic Noise*) razina buke procjenjuje se na temelju statističkog parametra L_{A10} koji predstavlja emisijsku i imisijsku razinu buke koja je ovisno o promatranom vremenskom razdoblju od 1 sat ili 18 sati prekoračena 10% vremena. Razina buke na mjestu imisije određuje se prema izrazu (2), [8]:

$$L_{A10m} = L_{A10} + L_V + L_{TV} + L_G + L_D + L_T + L_W + L_B + L_R \quad [dB]A \quad (2)$$

Osnovna razina buke L_{A10} određuje se na udaljenosti 10 m od krajnjeg ruba najbližeg voznog traka i visini izvora 0.5 m iznad površine kolnika, za prometni tok brzine 75 km/h, bez udjela teretnih vozila i za horizontalnu niveletu. Osnovna razina buke korigira se s nekoliko parametara:

L_V – korekcija ovisna o brzini vozila, udjela teretnih vozila te uzdužnog nagiba
 L_{TV} – korekcija ovisna o stanju prometnog toka
 L_G – korekcija vezana za uzdužni nagib prometnice
 L_D – korekcija vezana za udaljenost
 L_T – korekcija vezana za apsorpciju terena
 L_W – korekcija vezana za kut rasprostiranja
 L_B – korekcija ovisna od položaja barijere te
 L_R – korekcija vezana za utjecaj refleksije

Razina buke prema ovoj metodi određuje se za razdoblje od 6⁰⁰ do 24⁰⁰.

3.3 Skandinavske zemlje

Imisijska razina buke u skandinavskim zemljama (Danska, Finska, Norveška i Švedska) određuje se metodom Statens Planverk 48, prema izrazu (3), [8]:

$$L_{Aeq} = L_{Aeq}(10) + \Delta L_V + \Delta L_N + \Delta L_{TF} + \Delta L_{AV} + \Delta L_{MS} + \Delta L_{\bar{O}} + \Delta L_F \quad [dB]A \quad (3)$$

Osnovna je vrijednost razine buke $L_{Aeq}(10)$ 68 dB za sljedeće uvjete: prometno opterećenje 24000 vozila u 34 sata, brzina vozila $V = 50$ km/h, udaljenost mjesta imisije od sredine putanje vozila je 10 m, visina mjesta imisije $h_m = 1,5$ m, zastor od uobičajenog asfalta. Kako se vidi iz izraza (3), navedena osnovna vrijednost razine buke korigira se s nekoliko parametara:

- ΔL_V – korekcija vezana za brzinu vozila
- ΔL_N – korekcija vezana za prometno opterećenje
- ΔL_{TF} – korekcija vezana uz udio teretnih vozila u prometnom toku
- ΔL_{AV} – korekcija vezana za udaljenost i rasprostiranje,
- ΔL_{MS} – korekcija vezana za utjecaj terena
- $\Delta L_{\dot{O}}$ – korekcija ovisna o veličini uzdužnih nagiba, kutu rasprostiranja i refleksiji
- ΔL_F – korekcija ovisna o zvučnoj izolaciji fasada objekata.

Važno je napomenuti da ova metoda uzima jedinstveno razdoblje od 24 sata ali se noćne vrijednosti povećavaju za 10 dB kako bi se izračunao dnevni prosjek razine buke [1].

3.4 Švicarska

Imisijska razina buke po švicarskoj metodi StL-86 [9], računa se prema izrazu (4):

$$L = A + 10 \log \left[\left(1 + \left(\frac{V}{50} \right)^3 \right) \left(1 + B \cdot \eta \left(1 - \frac{V}{150} \right) \right) \right] + 10 \log(M) + K + \Delta L + D_L + D_B + H \quad [\text{dB(A)}] \quad (4)$$

pri čemu je:

- A, B – empirijske konstante ($A = 42$, $B = 20$)
- V – brzina vozila
- η – udio teretnih vozila u ukupnom broju vozila
- M – prometno opterećenje (broj vozila/sat).

Vrijednost razine buke dobivene pomoću gore navedenih parametara potrebno je korigirati uvođenjem sljedećih korekcija:

- K – korekcija ovisna od uzdužnog nagiba,
- ΔL – korekcija ovisna o udaljenosti i kutu rasprostiranja
- D_L – korekcija ovisna o apsorpciji zraka
- D_B – korekcija ovisna o apsorpciji tla
- H – korekcija ovisna od visine zapreke.

3.5 Austrija

Ekvivalentna razina buke na mjestu imisije prema austrijskim smjernicama ÖAL 23 [10], definirana je izrazom (5):

$$L_{Aeq} = L_g + 10 \cdot \log \text{MSV}_L + K_R + K_S + K_F + K_L + K_G + K_K - K_E - K_W + K_H \quad [\text{dB(A)}] \quad (5)$$

Referentna vrijednost razine buke L_g određuje se na udaljenosti 25 m od osi prometnice i iznosi 32 dB(A). Mjesto emisije je na visini 0.5 m od kolničke površine. Važnu ulogu ima veličina MSV_L koja predstavlja mjerodavno satno prometno opterećenje (broj vozila/sat). Referentna razina buke korigira se s nekoliko parametara:

- K_R – korekcija vezana za višestruku refleksiju
- K_S – korekcija vezana za udio teretnih vozila mase veće od 3500 kg
- K_F – korekcija vezana za vrstu zastora kolničke konstrukcije
- K_L – korekcija ovisna o uzdužnom nagibu prometnice,
- K_G – korekcija ovisna o brzini vozila
- K_K – korekcija ovisna o blizini križanja
- K_E – korekcija ovisna o udaljenosti od točke emisije
- K_W – korekcija ovisna o kutu rasprostiranja te
- K_H – korekcija ovisna o utjecaju barijera (zapreka).

Razdoblje od 0 do 24 sata dijeli se u dva vremenska razdoblja za koja se proračunava razina buke: razdoblje dana od 6⁰⁰ do 22⁰⁰, te noći od 22⁰⁰ do 6⁰⁰.

3.6 Francuska

Francuska metoda [11] strogo razlikuje određivanje razine buke u urbanom području (*U-shaped roads*) od otvorenih poteza ceste (*open shaped roads*). Određivanje razine buke podijeljeno je u dva osnovna dijela: određivanje emisijske razine buke i određivanje imisijske razine buke. Određivanje emisijske razine buke bitno se ne razlikuje u odnosu na prethodno opisane metode dok se imisijska razina buke uvjetovana parametrima širenja zvučnog vala od mjesta emisije do mjesta imisije određuje isključivo iz grafikona, [12].

Postavka metode temelji se na zamjeni linijskog izvora buke sa serijom ekvivalentnih točkastih izvora. Emisijska razina buke (mjesto emisije je na visini 0.8 m) određuje se za razdoblje dana od 8⁰⁰ do 20⁰⁰ na udaljenosti 30 m od izvora te na visini 10 m od tla prema izrazu (6):

$$E_{30} = 10 \cdot \log \sum_m 10^{\frac{E_{30,m}}{10}} \quad [\text{dB(A)}] \quad (6)$$

Emisijska razina buke prometnog toka \mathbf{m} ($E_{30,m}$) za otvorene poteze ceste definirana je izrazom (7), dok je u blizinama čvorišta definirana izrazom (8):

$$E_{30,m} = L_w - 10 \log v - 50 + 10 \log Q \quad [\text{dB(A)}] \quad (7)$$

$$E_{30,m} = E(d_i)_m + 10 \log Q \quad [\text{dB(A)}] \quad (8)$$

pri čemu je:

Q – prometno opterećenje (broj vozila/sat),

v – prosječna brzina kojom vozi više od 50 % vozila i određuje se posebno za svaki tip vozila (laka vozila i teška vozila – mase veće od 3500 kg),

L_w – razina buke ovisno o tipu vozila, brzini vozila, tipu prometnog toka i uzdužnom nagibu. Razlikuje se četiri tipa prometnog toka m : kontinuirani, kontinuirano – pulsirajući, pulsirajući – ubrzavajući i pulsirajući – usporavajući.

$E(di)$ – emisijska razina buke ovisno o tipu vozila, tipu prometnog toka i udaljenosti od čvorišta (di).

Pri određivanju emisijske razine buke utjecaj kolničke površine ne uzima se u obzir.

Imisijska razina buke određuje se tako da se izvrši korekcija emisijske razine buke s parametrima koji opisuju širenje zvučnog vala od izvora do mjesta imisije. Utjecaj širenja uvjetovan je udaljenošću mjesta imisije od izvora, apsorpcijom zraka i tla, utjecajem barijera i refleksije.

Od strane EU predloženo je da se do usvajanja jedinstvene metode koristi francuska metoda za proračun razine buke od cestovnog prometa [5].

3.7 Ostale europske zemlje

Za države koje nemaju vlastite metode za proračun razine buke, izrada novog modela bila bi veoma skupa i zahtijevala bi godine intenzivnog rada. Osim toga, s obzirom na to bi se radilo o novoj metodi, bilo bi nužno i verificirati je kako bi imala aplikaciju u svakodnevnoj inženjerskoj praksi. Postupak verifikacije kod ovakve bi metode mogao potrajati i nekoliko godina. Iz navedenih razloga usvajanje neke od nacionalnih metoda proračuna razine buke, čini se, pogotovo za male zemlje, potpuno ispravnim načinom.

Slovenija

Prema slovenskim preporukama [13], razinu prometne buke treba odrediti prema nekoj od poznatih metoda. U Sloveniji se najviše upotrebljava njemačka metoda koju propisuje standard DIN 18005 te RLS 90. Proračun razine buke provodi se za razdoblje dana (od 6⁰⁰ do 22⁰⁰ i razdoblja noći od 22⁰⁰ do 6⁰⁰).

Poljska

Provedenim istraživanjima na Tehničkom sveučilištu u Lodzu, Odjel za zgradarstvo i materijale, preuzeto iz [14], ustanovljeno je da se francuska metoda za proračun razine buke NMPB najbolje može primijeniti za uvjete u Poljskoj.

Hrvatska

U Hrvatskoj su projektanti najbolje upoznati s njemačkom metodom proračuna propisanom standardom DIN 18005, pa se do usvajanja jedinstvene europske metode za proračun razine buke preporučuje upotreba njemačke metode [15].

4 Analiza prikazanih metoda za proračun razine buke

Određivanje razine buke na mjestu imisije razlikuje se od metode do metode u pristupu ili u obuhvaćanju većeg ili manjeg broja utjecajnih parametara. Pristupi u pojedinim metodama su raznoliki. Opisane metode većinom uzimaju u obzir iste utjecajne parametre za proračun emisijske razine buke (brzina vozila, udio teretnih vozila u prometnom opterećenju, uzdužni nagib prometnice, vrstazastora kolničke konstrukcije), (tablica 1.).

Tablica 1. Razina buke na mjestu imisije - utjecajni parametri

Metoda \ Parametar	Njemačka	Velika Britanija	Skandinavske zemlje	Švicarska	Austrija	Francuska
Referentna vrijednost razine buke	+	+	+	+	+	+
brzina vozila	+	+	+	+	+	+
zastor kolnika	+	-	-	-	+	-
uzdužni nagib	+	+	-	+	+	+
teretna vozila	+	+	+	+	+	+
prometno opterećenje	+	+	+	+	+	+
blizina križanja	+	-	-	-	+	+
stanje prometnog toka	-	-	-	-	-	+
utjecaj zraka	+	-	+	+	-	+
utjecaj terena	+	+	+	+	-	+
utjecaj udaljenosti	+	+	+	+	+	+
utjecaj refleksije	+	+	+	-	+	+
utjecaj barijera	+	+	+	+	+	+
duljina odsječka	-	-	-	-	-	+
kut rasprostiranja	+	+	+	+	+	+
(+)- uzima se u obzir (-)- ne uzima se u obzir						

Vrijednosti korekcijskih faktora (topografske karakteristike nekog područja, vremenske prilike, karakteristike tla i vegetacije uz cestu te postojanje prirodnih i umjetnih barijera), kojima se služe pri proračunu utjecaja na širenje zvučnog vala od izvora prema mjestu imisije, također su kod svih opisanih metoda vrlo slične. Model širenja buke od mjesta emisije do mjesta imisije prikazuje međunarodni standard ISO 9613. Ovaj se standard većinom temelji na metodologiji njemačkog standarda VDI 2714 (koji je uključen u RLS 90) i norveškog standarda

NORDFORSK [16]. Najznačajniji temeljni modeli za širenje buke su uz dva spomenuta još britanski CONCAWE i australski ENM model.

Smanjenje razine buke širenjem zvučnog vala od mjesta emisije do mjesta imisije u prikazanim modelima u operativnom se smislu razlikuje, no teorijska osnova ima istu osnovnu koncepciju. Razlike u metodama postoje u određivanju referentne (početne) vrijednosti razine buke koja se očituje u odabiru referentne točke za njezino određivanje. U opisanim metodama, također, postoje razlike u proračunskom modelu širenja buke i to u načinu uključivanja u proračun relevantnih elemenata za određivanje razine buke na mjestu imisije. Zbog navedenih razlika, direktna usporedba ovih metoda nije moguća.

Također se uočava da je prisutan široki spektar različitih pokazatelja razine buke koji se trenutno rabe u pojedinim europskim zemljama. Znanstveni ili tehnički razlozi za to ne postoje, razlog tome je što su zemlje neovisno jedna o drugoj razvijale svoje vlastite metode. Analiza pokazuje da je većina razlika "kozmetičke" prirode, no postoji i nekoliko značajnih razlika zbog čega se i krenulo na razvijanje jedinstvene europske metode. Većina zemalja koje imaju svoje metode proračuna, kao pokazatelj za razinu buke upotrebljava ekvivalentnu razinu buke L_{Aeq} , koja predstavlja prosječnu vrijednost razine buke za promatrano vremensko razdoblje. Neke zemlje primjenjuju statistički opis razine buke L_{A10} kao npr. Velika Britanija, Irska, Grčka ili L_{A50} kao npr. Portugal [17], koji predstavlja razinu buke koja je u određenom vremenskom razdoblju prekoračena 10 % odnosno 50 % vremena.

Različito su definirana vremenska razdoblja dana i noći koji se uzimaju u pojedinim zemljama. Neke zemlje uzimaju jedno razdoblje od 24 sata, većina uzima dva razdoblja (dan i noć) a nekolicina je uvela i treći razdoblje (večer). Postoje razlike i u početku i na kraju svakog od navedenih vremenskih razdoblja. Navedene raznolikosti potaknule su izradu jedinstvene europske metode za proračun razine buke, čime bi se uskladili parametri za njezinu ocjenu i vremenska razdoblja za koja se određuju.

5 Preporuke EU

Kod postojećih metoda proračuna razine buke, najčešće se razmatraju dva razdoblja: dan i noć, iako se duljine vremenskih razdoblja dana i noći u europskim zemljama razlikuju. Najčešća definicija dana je od $6^{00} - 22^{00}$ sata, a noći od $22^{00} - 6^{00}$ sati. Europski parlament i Vijeće Europske zajednice [5] preporučuju uvođenje trećeg razdoblja - *večeri*, jer je to izuzetno osjetljivo vrijeme za lokalno stanovništvo. Definicija razdoblja *dana*, *večeri* i *noći* je sljedeća: dan od $7^{00} - 19^{00}$, večer od $19^{00} - 23^{00}$ i noć od $23^{00} - 7^{00}$. Ovo su preporučene vrijednosti koje treba uskladiti s uvjetima karakterističnim za

pojedinu zemlju članicu. Na osnovu dan-večer-noć (*day-evening-night*) razdoblja definira se razina buke L_{den} u [dB(A)] prema izrazu (9):

$$L_{den} = 10 \cdot \log \frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{L_{dan}/10} + 4 \cdot 10^{(L_{veče}+5)/10} + 8 \cdot 10^{(L_{veče}+10)/10} \right) \text{ [dB(A)]} \quad (9)$$

gdje je:

L_{da} – ekvivalentna razina buke u [dB(A)] za dnevno razdoblje (12 sati) u godini dana

$L_{veče}$ – ekvivalentna razina buke u [dB(A)] za večernje razdoblje (4 sata) u godini dana

L_{no} – ekvivalentna razina buke u [dB(A)] za noćno razdoblje (8 sati) u godini dana

Vrijeme kada počinje razdoblje *dan* može se odabrati različito ovisno o uvjetima primjerenim svakoj zemlji članici Unije (referentna vrijednost je od 7^{00} do 19^{00}). Isto vrijedi za ostala dva razdoblja, *večer* (referentna vrijednost je od 19^{00} do 23^{00}) i *noć* (referentna vrijednost je od 23^{00} do 7^{00}). Godina dana (*long-term* razdoblje) je relevantno vremensko razdoblje za ocjenu razine buke, tj. njenih emisijskih vrijednosti uvažavajući i meteorološke prilike. Visina mjesta imisije je redovito 4,0 m, a samo iznimno neka druga vrijednost, ali ne manja od 1,5 m. Mjesto imisije mora se nalaziti na bukum najopterećenijem pročelju zgrade.

Tablica 2. Prikaz podjele razdoblja dana na tri razdoblja u pojedinim zemljama

Država	Razdoblje		
	dan	večer	noć
EU – prijedlog	$7^{00} - 19^{00}$	$19^{00} - 23^{00}$	$23^{00} - 7^{00}$
Nizozemska	$7^{00} - 19^{00}$	$19^{00} - 23^{00}$	$23^{00} - 7^{00}$
Švedska	$7^{00} - 18^{00}$	$18^{00} - 22^{00}$	$22^{00} - 7^{00}$
Belgija	$7^{00} - 19^{00}$	$19^{00} - 22^{00}$	$22^{00} - 7^{00}$
Danska	$7^{00} - 18^{00}$	$18^{00} - 22^{00}$	$22^{00} - 7^{00}$
Hrvatska	$6^{00} - 20^{00}$	$20^{00} - 22^{00}$	$22^{00} - 6^{00}$
Slovenija	$7^{00} - 19^{00}$	$6^{00} - 7^{00}$ $19^{00} - 22^{00}$	$22^{00} - 6^{00}$

Pojedine zemlje EU (Nizozemska, Švedska, Danska, Belgija) već su počele s uvođenjem tri razdoblja [17]. Zakonom o zaštiti od buke [3] Hrvatska se također svrstala u malobrojnu skupinu država koje su uvele razdoblje *dan-večer-noć*. Pojedine zemlje kao npr. Slovenija, pored uvođenja tri razdoblja uvele su i dva prijelazna razdoblja: prijelaz između razdoblja *dan* u razdoblje *noć*, te

prijelaz između razdoblja *noć* u razdoblje *dan*, [18]. Prikaz zemalja koje su uvele tri razdoblja (*dan-večer-noć*) s duljinom trajanja svakog od njih dan je u tablici 2. Iz tablice se uočava da je vrijeme početka i kraja pojedinog razdoblja različito. To je utjecaj različitih uvjeta karakterističnih za svaku pojedinu državu.

Preporuke Europske unije dale su polazište za usklađivanje metoda, tj. njihovu prilagodbu prema jedinstvenom metodološkom principu vezanom za procjenu i širenje buke od cestovnog prometa. Direktiva 2002/49/EC [5], zemlje članice EU koje nemaju vlastitu metodu proračuna, upućuje primjenjivati francusku metodu "NMPB Routes-96" za proračun imisijskih vrijednosti razina buke. Zemlje koje imaju razvijene vlastite metode mogu ih nastaviti primjenjivati ili eventualno rabiti francusku metodu. I jedne i druge u obvezi su, međutim, izračunavati ekvivalentnu razinu buke L_{den} prema izrazu (9).

U skladu s Direktivom, neke zemlje članice krenule su u prilagodbu vlastitih metoda za proračun razine buke (Njemačka, Velika Britanija). Istraživanja u tim zemljama pokazala su da će prilagodba vlastitih metoda u skladu s preporukama Direktive izazvati manje teškoća za korisnike, nego da se izrade ili usvoje potpuno nove metode. Sljedeći je razlog i u tome što već postoji određena baza podataka vezanih za postojeću metodu, koji bi bili izgubljeni usvajanjem nove metode. Za zemlje koje se odluče na prilagodbu vlastitih metoda u skladu s Direktivom, usklađivanje se najčešće sastoji u uvođenju indikatora razine buke propisanog Direktivom te uvođenju trećeg razdoblja 'večer' kao posebnog razdoblja dana. Radi usklađivanja regulative, a u svjetlu budućeg razvoja ujedinjene Europe, Velika Britanija usklađuje svoju regulativu za predviđanje i smanjenje razine buke. Adaptaciju CoRTN metode proveo je Transport Research Laboratory [19]. Pojedine zemlje (Danska, Finska, Norveška, Švedska), koje su imale vlastitu metodu za proračun, krenule su u izradu potpuno novog modela proračuna razine buke Nord2000, prema [17], također u skladu s preporukama Direktive.

6 Zaključak

Metode proračuna navedene u izrazima (1) do (6) razmatrale su i radne grupe EU Noise Steering Committee (WG1 do WG5) radi definiranja njihove pogodnosti za usklađivanje. No, kako se vidi u algoritmima za proračun razine buke, osim sličnosti u pristupu uzimanja u obzir pojedinih aspekata, postoje određene razlike od metode do metode. Konačni rezultat (razina buke na mjestu imisije) nema preveliko odstupanje od modela do modela [17]. Također je važno navesti da je glavni dio navedenih metoda zasnivan na empirijskim istraživa-

vanjima. Rezultati istraživanja u okviru Radne grupe 3 (WG3) pokazali su da ni jedna od postojećih metoda koje se primjenjuju u europskim zemljama ne zadovoljava postavljene zahtjeve u tolikoj mjeri da bi se mogla upotrijebiti kao jedinstveni Europski standard. Na takvu odluku vjerojatno su utjecali i politički razlozi.

U Hrvatskoj su projektanti najbolje upoznati s njemačkom metodom proračuna. Osim toga, u Hrvatskoj se (prema [15]), preporučuje upotreba njemačke metode do usvajanja jedinstvene europske metode za proračun razine buke. Do 07. 02. 2003. god. navedena suglasnost među projektantima bila je opravdana budući da se razdoblje dana i noći u Hrvatskoj podudaralo s razdobljem dana i noći prema njemačkoj metodi. Donošenjem novog zakona dogodila se promjena, budući da je razdoblje dana podijeljeno u tri razdoblja, *dan-večer-noć*, koje njemačka metoda proračuna ne poznaje.

Postavlja se pitanje treba li primjenjivati njemačku metodu proračuna i vremenska razdoblja što su vrijedili do usvajanja novog zakona. Prema starom zakonu NN 17/90 razdoblje dana bilo je podijeljeno u dva razdoblja: dan i noć, a Pravilnikom [4] bile su propisane dopuštene razine buke za navedena razdoblja. Kako sada stvari stoje, važeći Zakon [3] i važeći Pravilnik [4] nisu usklađeni.

Drugo je važno pitanje, ako ne postoje podaci vezani za mjerodavno satno prometno opterećenje (*broj vozila/sat*), te udio teretnih vozila mase veće od 2800 kg, tada se prema RLS-90 navedeni podaci uzimaju za razdoblje *dan* i razdoblje *noć* kao udio PGDP. Za razdoblje 'večer' metodom nije definirano mjerodavno satno prometno opterećenje niti postotak teretnih vozila ovisno o PGDP. No, ako postoje podaci o ovim parametrima, metoda se može primijeniti i za navedeno razdoblje.

Kako je Hrvatska novim Zakonom *dan* podijelila u tri razdoblja, postavlja se pitanje kojima se dopuštenim razinama buke koristiti za razdoblje *večer*. Problem dopuštene razine može se donekle elegantno riješiti iskustvima pojedinih europskih zemalja koje su uvele tri razdoblja, prema [21]. Naime, kao dopuštenu razinu buke za razdoblje *večer*, navedene zemlje upotrebljavaju razinu buke između propisanih razina za razdoblje *dan* i razdoblje *noć*. Daljnji problem predstavlja definiranje razdoblja *večer*, koje je prema našem zakonu [3] razdoblje od 20⁰⁰ do 22⁰⁰ sata, a što se bitno razlikuje od europskih odrednica [5] gdje je razdoblje *večer* od 19⁰⁰ do 23⁰⁰.

Postavlja se i pitanje je li granica između osobnih vozila i lakih teretnih vozila 2800 kg (kako je definirano njemačkom metodom) ili 3500 kg (kako se primjenjuje u većini ostalih metoda za proračun razine buke).

Značajna novina prema novom Zakonu [3] je i obveza županija, Grada Zagreba, gradova i općina izrada karata

buke (prikaz postojećih i predviđenih razina imisija buke unutar određenog područja) i akcijskih planova (prikaz mjera za provođenje smanjenja buke na dopuštenu razinu).

Iz navedenog može se reći da problemu buke u Hrvatskoj općenito treba posvetiti bitno veća pažnja.

LITERATURA

- [1] European Commission: *Green Paper - Future Noise Policy*, Brussels, 1996.
- [2] Jelčić, I.: *Medicina prometa*, Multigraf, Zagreb, 1985.
- [3] *Zakon o zaštiti od buke*, NN 20/2003.
- [4] *Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave*, NN 37/90.
- [5] *Directive 2002/49/EC of European Parliament and of the Council relating to the assessment and management of environmental noise*, Official Journal of the European Communities, L 189/12, 2002.
- [6] Der Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau: *Richtlinien für den Laermschutz an Strassen - RLS 90*, Ausgabe 1990.
- [7] <http://www.soundplan.com>.
- [8] SoundPLAN Noise Standards, *Calculation of Road Traffic Noise (CoRTN)*, <http://www.soundplan.com>.
- [9] Schriftenreihe Umweltschutz Nr.60, *Computermodell zur Berechnung von Strassen-Lärm, Bedienungsanleitung zum Computerprogramm StL-86*, Bern, 1987.
- [10] Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung, Maßnahmen zum Schutz vor Straßenverkehrslärm, *ÖAL-Richtlinie Nr. 23*, Mai 1983.
- [11] *Guide du Bruit des Transports Terrestres – prevision des niveaux sonores*, Centre d'Etudes des Transports Urbains, 1980.
- [12] *Comparison of prediction models for road traffic noise*, Report I.97.0949, Hague, 1997.
- [13] *Protihrupne ograje ob autocestah*, Družba za državne ceste, Ljubljana, 1997.
- [14] Lebidowska, B., Zouboff, V.: *Adaptation of western European Models calculating noise propagation around roads and motorways to Polish Conditions*, UNESCO-UNISPAR'99, World Network Seminar, 1999.
- [15] *Pravila struke za projektiranje i izvedbu mjera zaštite od buke na autocestama i poluautocestama*, IGH, Zagreb, 1999.
- [16] Renzo Tonin and Associates Pty Ltd, *Modelling and Predicting Environmental Noise, Australia*, www.rtagroup.com.au
- [17] Flindell, I.H., McKenzie, A.R.: *An inventory of current European methodologies and procedures for environmental noise management*, European Environment Agency, Technical report, Copenhagen, 2000.
- [18] *Briël & Kjær European Enviro Tour*, Seminar na Fakultetu elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2003.
- [19] Abbott, P.G., Nelson, P.M.: *Converting the UK Traffic Noise Indeks $L_{A10,18h}$ to EU Noise Indices for Noise Mapping*, TRL Limited, 2001.
- [20] Nordic Noise Group: *Nordic Environmental Noise Prediction Methods – Nord2000*, Summary report, 2002.
- [21] Flindell, I.H., McKenzie, A.R.: *An Inventory of Current European Methodologies and Procedures for Environmental Noise Management*, European Environment Agency – Technical report, 2000.