

Prilog optimizaciji postupka izrade karata buke

Dragčević, Vesna; Lakušić, Stjepan; Ahac, Saša; Ahac, Maja

Source / Izvornik: **Građevinar, 2008, 60, 787 - 795**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:113717>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-11**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)



Prilog optimizaciji postupka izrade karata buke

Vesna Dragčević, Stjepan Lakušić, Saša Ahac, Maja Ahac

Ključne riječi

karte buke,
izrada,
optimizacija postupka,
otvoreni prostor,
hrvatski propisi,
utjecajni parametri,
metoda proračuna

Key words

noise maps,
preparation,
optimisation of procedure,
open space,
Croatian regulations,
influence parameters,
analysis method

Mots clés

cartes de bruit,
préparation,
optimisation de la procédure,
espace ouverte,
règlements croates,
paramètres d'influence,
méthode analytique

Ключевые слова

карты шума,
выработка,
оптимизация способа,
открытое пространство,
хорватские правила,
влиятельные
параметры,
метод расчёта

Schlüsselworte

Lärmkarten,
Herstellung,
Optimierung des
Verfahrens,
offener Raum,
kroatische Vorschriften,
Einflussparameter,
Berechnungsmethode

V. Dragčević, S. Lakušić, S. Ahac, M. Ahac

Pregledni rad

Prilog optimizaciji postupka izrade karata buke

U radu je dan cjelovit prikaz postupka izrade karata buke. Detaljno je opisana europska Direktiva za buku okoliša koja je osnova svih novih standarda iz područja zaštite od buke u otvorenom prostoru. Prikazan je pregled hrvatskih propisa iz ovog područja kao i utjecajnih parametara, metoda proračuna i računalnih programa. Navedena su iskustva nekih europskih gradova u izradi karata buke od prometa. Istaknut je njihov značaj te predložen postupak izrade karata buke u Hrvatskoj.

V. Dragčević, S. Lakušić, S. Ahac, M. Ahac

Subject review

Contribution to optimization of noise mapping procedures

An extensive account of noise mapping procedures is given. The European Directive on Environmental Noise, which is the basis for all new standards on noise protection in open spaces, is described in great detail. An overview of relevant Croatian regulations and influence parameters is given. The traffic noise mapping experience gained in some European cities is presented. The significance of such maps is emphasized, and the procedure for noise mapping in Croatia is proposed.

V. Dragčević, S. Lakušić, S. Ahac, M. Ahac

Ouvrage de synthèse

Contribution à l'optimisation des procédures pour l'établissement des cartes de bruit

Un compte rendu détaillé des procédures utilisées dans l'établissement des cartes de bruit est donné. La directive européenne relative au bruit ambiant, constituant la base pour toutes les normes modernes sur la protection contre bruit dans les espaces ouvertes, est décrite en détail. Un aperçu des règlements croates applicables et des paramètres d'influence correspondants est donné. L'expérience obtenue dans l'établissement des cartes routières de bruit dans certaines villes européennes est présentée. L'importance d'établissement de ces cartes est mise en relief, et les procédures pour l'établissement des cartes de bruits en Croatie sont proposées.

V. Драгчевич, С. Лакушич, С. Ахач, М. Ахач

Обзорная работа

Оптимизация способа выработки карт шума

В работе дан полный обзор способов выработки карт шума. Детально описана европейская Директива по шуму окружающей среды, являющаяся основанием всех новых стандартов из области защиты от шума в открытом пространстве. Показан обзор хорватских правил из этой области, как и более влиятельных параметров, методов расчёта и расчётных программ. Приведены опыты некоторых европейских городов по выработке карт шума от движения. Подчёркнуто их значение, а также предложен способ выработки карт шума в Хорватии.

V. Dragčević, S. Lakušić, S. Ahac, M. Ahac

Übersichtsarbeit

Beitrag zur Optimierung des Verfahrens der Herstellung von Lärmkarten

Im Artikel gibt man eine vollständige Darstellung des Verfahrens der Herstellung von Lärmkarten. Detailliert beschreibt man die europäische Richtlinie für den Umweltlärm die die Grundlage für alle neue Standarde aus dem Gebiet des Lärmschutzes im offenen Raum ist. Dargestellt ist ein Überblick über die kroatischen Vorschriften aus diesem Gebiet sowie die Einflussparameter, Berechnungsmethoden und Rechneranlagenprogramme. Angeführt sind die Erfahrungen einiger europäischer Städte bei der Herstellung der Verkehrslärmkarten. Es wird deren Bedeutung hervorgehoben und ein Verfahren der Herstellung von Lärmkarten in Kroatien vorgeschlagen.

Autori: Prof. dr. sc. Vesna Dragčević, dipl. ing. građ., prof. dr. sc. Stjepan Lakušić, dipl. ing. građ., Saša Ahac, dipl. ing. građ., Maja Ahac, dipl. ing. građ., Sveučilišta u Zagrebu Građevinski fakultet, Kačićeva 26, Zagreb

1 Uvod

Karta buke definira se kao prikaz postojećeg i/ili predviđenog stanja imisije buke na promatranom području, izraženog usklađenim pokazateljima buke L_{den} (ekvivalentna razina buke za razdoblje dan, večer i noć) i L_{night} (ekvivalentna razina buke za noć), akustičkim veličinama za opis buke okoliša, povezanim s učincima buke štetnim za ljudsko zdravlje [1].

Osnovni su razlozi izrade karata buke:

- odgovornost prema zajednici
- uspostava sustava upravljanja bukom okoliša
- uspostavljanje zaštite od buke kao sastavnog elementa prostorno-planske dokumentacije
- zdravlje građana.

Izradom karata buke dobiva se uvid u postojeće stanje u prostoru s obzirom na razine buke okoliša, zbog čega one služe kao polazište u procesu definiranja mjera za sprječavanje porasta, odnosno smanjenje emisije i imisije buke u budućnosti. Karte buke, na razumljiv i vizualan način, prikazuju mehanizam širenja buke od mjesta emisije kao i utjecaj veličine, namjene i prostornog položaja građevina na širenje buke te daju jasan uvid u rasprostranjenost „tiših“ područja, što je važna informacija pri prostornom planiranju u urbanim sredinama. Pažljivim planiranjem može se izbjeći povećanje razina buke i povećati udio tih „tiših“ područja.

Utjecaj buke okoliša na zdravlje ljudi i kvalitetu života te teškoće pri dosadašnjim procesima izrade karata buke potakle su Europsku komisiju na donošenje Direktive o procjenjivanju i upravljanju bukom u okolišu – END (*Environmental Noise Directive 2002/49/EC*), koja je stupila na snagu u lipnju 2002. godine, a prema kojoj su države članice EU, kao i države koje to namjeravaju postati, obvezne izraditi strateške karte buke glavnih cesta, željeznica, zračnih luka i velikih urbanih središta. Republika je Hrvatska preporuke END-a ugradila u Zakon o zaštiti od buke (NN 20/03), u kojem su propisani izrada karata buke, utvrđivanje kritičnih područja i donošenje akcijskih planova radi smanjenja buke na mjestima na kojima su premašene dopuštene vrijednosti razina buke.

Do danas se u Hrvatskoj problemu buke nije posvećivalo dovoljno pozornosti. Nema sustavnoga praćenja buke u okolišu ni procjene utjecaja buke na zdravlje ljudi, a trenutno nisu dostupni ni sistematizirani podaci o izmjenjenim razinama buke [2]. Prema iskustvima država članica EU, najveće su teškoće na početku procesa izrade karata buke dugotrajno i skupo prikupljanje i obrada podataka, zatim nedovoljna količina dostupnih podataka, njihova velika raspršenost i različiti vidovi prikaza.

Zbog navedenog se pojavljuje potreba za poboljšanjem i pojednostavljivanjem, tj. optimizacijom procesa izrade karata buke radi povećanja njihove efikasnosti.

2 Izrada karata buke

U većini država članica EU izrada karata buke započela je 70-ih godina prošlog stoljeća, no zbog tehničkih ograničenja i razlika u primjenjivanim metodama proračuna svaki je proces izrade bio jedinstven, zbog čega nije postojala mogućnost međusobne usporedbe karata buke i uspostavljanja jedinstvene zaštite od buke na razini Unije [3]. Nakon donošenja END-a u državama članicama EU intenziviran je proces izrade karata buke. Treba reći da će zasigurno proći još dosta vremena do potpune primjene preporuka END-a, odnosno potpune mogućnosti usporedbe rezultata vezanih za podatke izražene u kartama buke, što je detaljnije opisano u nastavku.

2.1 Europska direktiva

Temeljni su principi END-a:

- usklađivanje postupaka izrade karata buke na razini EU
- prikupljanje informacija o buci u obliku karata buke (razine buke prikazane su pomoću usklađenih pokazatelja buke L_{den} i L_{night})
- određivanje ukupnog broja stanovnika izloženih određenim razinama buke
- informiranje javnosti i Europske komisije o trenutnom stanju te strategiji i načinima financiranja sljedećih mjera za upravljanje bukom okoliša:
 - ⇒ izrađivanje karata buke primjenom metoda procjene koje su zajedničke svim zemljama članicama
 - ⇒ informiranje javnosti o buci okoliša i njezinim učincima
 - ⇒ usvajanje i provođenje akcijskih planova za smanjenje razina buke na razini čitave EU temeljenih na rezultatima prikazanih s pomoću karata buke
 - ⇒ održavanje povoljnih razina buke na postojećim razinama.

2.2 Stanje regulative u Republici Hrvatskoj

Republika Hrvatska i EU potpisale su u listopadu 2001. godine „Sporazum o stabilizaciji i pridruživanju“, u kojem su sadržana zajednička prava i obveze radi usmjerenja RH prema članstvu u EU. Dakle, RH je usmjerena prema usklađivanju svog zakonodavstva s pravnom stečevinom Zajednice te je započela provedba programa integracije u EU, što uključuje i politiku općeg smanjenja razina buke [4].

U Republici Hrvatskoj postoje sljedeći dokumenti koji se odnose na zaštitu od buke:

- Nacionalna strategija zaštite okoliša i Nacionalni plan djelovanja na okoliš (NN 46/02)
- Zakon o zaštiti od buke (NN 20/03)
- Pravilnik o načinu izrade i sadržaju karata buke i akcijskih planova (NN 05/07)
- Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04)
- Pravilnik o djelatnostima za koje je potrebno utvrditi provedbu mjera za zaštitu od buke (NN 91/07)
- Pravilnik o stručnom ispitu iz područja zaštite od buke (NN 91/07)
- Pravilnik o uvjetima glede prostora, opreme i zaposlenika pravnih osoba koje obavljaju stručne poslove zaštite od buke (NN 91/07).

Članak 9. Zakona o zaštiti od buke (NN 20/03) definira karte buke kao sastavni dio Informacijskog sustava zaštite okoliša RH, koji predstavlja stručnu podlogu za izradu prostornih planova, a za čiju je uspostavu i vođenje nadležna Agencija za zaštitu okoliša (AZO) [5]. U postojećem zakonodavstvu ne postoji obveza centralnog prikupljanja i vrednovanja podataka o izmjeranim razinama buke, pa sistematizirani podaci o tome u ovome trenutku nisu dostupni [2].

2.3 Pregled metoda proračuna buke

Do donošenja END-a, određene države članice EU primjenjivale su vlastite, „nacionalne“ metode proračuna razina buke (na pr. Njemačka, Velika Britanija, Švicarska, Austrija, Francuska, skandinavske zemlje), dok su neke usvojile nacionalne metode drugih država (Slovenija, Poljska) [6]. Nacionalne metode proračuna buke imaju sljedeće nedostatke koji mogu dovesti do značajnog smanjenja točnosti modela [7]:

- nužna je prilagodba proračuna radi predviđanja usklađenih pokazatelja buke
- postojanje različitih modela širenja buke za različite izvore
- ne uzimaju u obzir složene uvjete širenja buke.

Europska je komisija Direktivom jasno istaknula potrebu za razvojem i provedbom usklađenih metoda izrade karata buke te je rad na tom zahtjevnom poslu intenziviran. Prvi korak u razvoju zajedničkih, usklađenih meto-

da izrade karata buke na razini EU bio je projekt HARMONOISE radi razvoja usklađenih i pouzdanih metoda procjene buke u okolišu uzrokovane cestovnim i željezničkim prometom. Razvoj metoda nastavljen je projektom IMAGINE, glavni zadatak kojega je proširivanje baza ulaznih podataka (definiranih projektom HARMONOISE) za izradu karata buke cestovnog i željezničkog prometa te razvoj metoda za predviđanje buke uzrokovane zračnim prometom i industrijom. Važna je prednost HARMONOISE metoda, u usporedbi s nacionalnim, da razina točnosti pretežno ovisi o točnosti ulaznih parametara, što ih čini prikladnim za izradu karata buke u slučajevima kada se raspoloživo manje detaljnim podacima o izvoru i području za koje se izrađuje karta.

Prema END-u, u prvoj fazi izrade karata buke [8] potrebno je primijeniti prijelazne ili njima ekvivalentne nacionalne metode koje će se tijekom vremena zamijeniti HARMONOISE i IMAGINE metodama. END-om su definirane „prijelazne“ metode proračuna, koje su još uvijek valjane, uz primjenu pokazatelja L_{den} i L_{night} :

- industrija: ISO 9613-2: “Acoustics - Abatement of sound propagation outdoors, Part 2: General method

Tablica 1. Karakteristike prijelaznih metoda proračuna buke cestovnog i željezničkog prometa [3]

Promet	cestovni	željeznički
Metoda	francuska (NMPB-Routes-96)	nizozemska (RMR-SRM II)
Primijenjeni pokazatelj buke	$L_{A,eq}$	
Moguća prilagodba u cilju predviđanja L_{den} i L_{night}	da	
Pristup proračunu	rastavljanje linijskih u istovrijedne točkaste izvore	
Razdoblja	dan (06:00–22:00 h) noć (22:00–06:00 h)	dan (07:00–19:00); večer (19:00–23:00); noć (23:00–07:00)
Opis (linijskog) izvora	točkasti	
Položaj izvora	os prometnog traka	os kolosijeka
Visina izvora (relativna prema površini prometnice)	0,5 m	0 i 0,5 m iznad glave tračnice (vlakovi za velike brzine 0,5, 2, 4 i 5 m)
Utjecajni parametri za proračun emisijske razine buke	udio teretnih vozila, prometno opterećenje, brzina i stanje prometnog toka	tip/kategorija vlaka, brzina, prometno opterećenje, gornji ustroj kolosijeka
Ostali korekcijski faktori izvora	nagib nivelete, vrsta kolničke konstrukcije	nagib nivelete, tipovi tračnica, pragova i tereta, kočenje, prelazak preko mostova
Korekcijski faktori širenja buke	geometrija prometnice, apsorpcija zvuka od tla i zraka, meteorološke prilike, teren, zvučne barijere i druge prepreke, refleksija	

of calculation” u kombinaciji s ostalim normama ISO-a za procjenu jačine izvora zvuka

- zračni promet: ECAC/CEAC Doc. 29 “Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports”, 1997
- cestovni promet: francuska nacionalna metoda NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB), navedena u „Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 mai 1995, Article 6” i francuskoj normi „XPS 31-133“
- željeznički promet: nizozemska nacionalna metoda objavljena u „Reken - en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996“.

Osnovne su karakteristike prijelaznih metoda proračuna buke cestovnog i željezničkog prometa u tablici 1.

2.4 Postupak izrade karte buke

Proces izrade karte buke započinje odabirom metode određivanja razina buke: metode izravnog mjerenja, metode proračuna ili njihove kombinacije, a završava proračunom imisijskih razina buke i/ili usklađenih pokazatelja buke te broja stanovnika izloženih prekomjernim razinama buke [9].

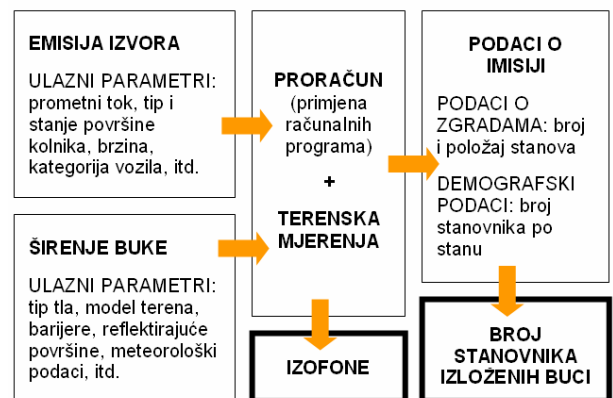
Karakteristika metode izravnog mjerenja (*monitoring*) jest da se mjerenja provode u pravilnim vremenskim intervalima i prema prethodno utvrđenim pravilima. Metoda izravnog mjerenja primjenjuje se kada se kartom buke želi prikazati postojeće stanje u prostoru ili u slučaju konstantnog izvora buke tijekom vremena. Metoda proračuna se, uz primjenu izmjerenih ili proračunatih podataka i određenog modela širenja zvuka (*modeliranje*), primjenjuje u sljedećim slučajevima: ako se mjerenjem ne mogu potanko odrediti razine buke zbog znatnoga utjecaja pozadinske buke, za predviđanje razine buke na nekom području, usporedbi alternativnih planova razvoja s akcijskim planovima za smanjenje buke na nekom području, izradi karata buke na kojima su razine buke prikazane izofonom te u slučaju ograničenog pristupa mjernome mjestu [10].

Preporuka END-a je primjena modeliranja u izradi karata buke, no dosadašnje iskustvo država članica EU pokazalo je da je točnost karata buke dobivenih kombinacijom izravnog mjerenja i proračunskih modela veća od točnosti karata buke dobivenih isključivo modeliranjem [3].

Projektom HARMONOISE stvoren je temelj opće metode proračuna razine buke i to razdvajanjem izvora buke od širenja buke, pri čemu model izvora služi za procjenu jakosti zvuka emitiranog od strane promatranog izvora, dok model širenja služi za procjenu ekvivalentnih razina buke u određenim točkama imisije (na teme-

lju ukupnih istovrijednih razina buke proračunavaju se usklađeni pokazatelji buke) [11].

Postupak proračuna podrazumijeva prikupljanje i obradu velike količine podataka koji se dijele na ulazne parametre emisije i širenja te podatke o imisiji, kako je prikazano na konceptualnoj shemi procesa izrade karata buke modeliranjem (slika 1.). Kvaliteta proračuna buke uvelike ovisi o kvaliteti pripreme tih podataka te o trudu uloženom za dobivanje točnog prikaza situacije opisivane proračunom. Pregled podataka potrebnih za provedbu proračuna buke cestovnog i željezničkog prometa dan je u tablici 2.



Slika 1. Shema procesa izrade karata buke modeliranjem na primjeru cestovnog izvora buke [9]

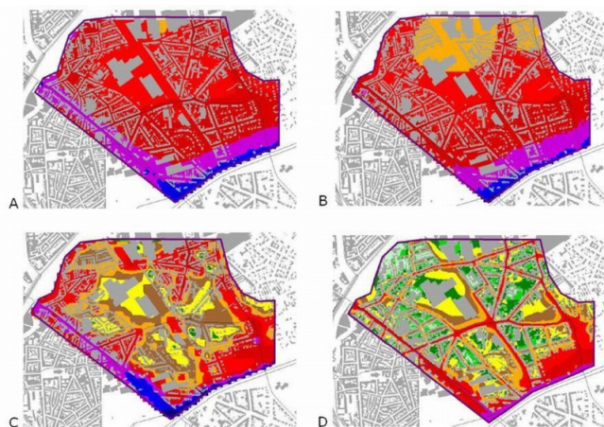
Količina i zahtijevana preciznost ulaznih podataka proračuna ovisi o potrebnoj razini detaljnosti prikaza problema buke na nekom području [3]. Pri preciznim proračunima razina buke primjenjuju se podaci visoke razine detaljnosti kao što su karakteristike tla i utjecaj vodenih površina. Pri manje preciznim proračunima, koji se provode za primjerice, procjenjivanje utjecaja budućih prometnica na razine buke, osim detaljnih podataka karakterističnih za promatrano područje (podaci o prometnom toku i geometriji prostora) primjenjuju se i određene zadane vrijednosti (na pr. meteorološki podaci). Pri izradi strateških karata buke i akcijskih planova, radi pojednostavlivanja i skraćivanja proračuna, mogu se primjenjivati općeniti, manje precizni podaci o prometu te pojednostavljena geometrija prostora [12].

Primjer utjecaja količine i detaljnosti ulaznih podataka na preciznost proračuna razina buke prikazan je na slici 2., na kojoj su predočene karte buke cestovnog prometa manjeg područja grada Gentbruggea (Belgija) izražene usklađenim pokazateljem buke L_{den} . Regionalne strateške karte buke cestovnog prometa promatranog područja izrađene su na temelju grubog, makroskopskog modela prometa: pri izradi karte A, u proračunu je u obzir uzeta samo količina prometa koji teče na rubnim (južnim) glavnim gradskim prometnicama, dok je pri izradi karte B u

Tablica 2. Pregled ulaznih podataka za potrebe proračuna razina buke

	Izvor buke	Cestovni promet	Željeznički promet
Podaci o emisiji	sastav voznog parka i kategorizacija vozila	udio osobnih automobila, autobusa i teških teretnih vozila	kategorija vlaka; broj osovina po vagonu i vagona po vlaku; duljina vlakova
	prometni tok	količina prometa; satne, tjedne, sezonske varijacije po kategoriji vozila	broj vlakova ovisno o kategoriji
	geometrija trase	os ceste; broj prometnih trakova	položaj osi; broj i tip kolosijeka
	vozna površina	tip i stanje površine kolnika	naboranost i uvjeti održavanja
	brzina	izmjerena, projektna, maksimalno dopuštena	
Podaci o širenju buke	numerički (digitalni) model terena	slojnice ili točke mreže	
	sjecišta ploha prometne infrastrukture i terena	nasipi, vijadukti, mostovi	
	zgrade	tlocrtni razmještaj, visina, katnost, broj stanova	
	karakteristike tla	vrsta tla, vodene površine	
	meteorološki podaci	smjer i brzina vjetrova, temperatura, vlažnost zraka	
	barijere za zaštitu od buke	visina, duljina, tip	
Podaci o imisiji	podaci o stanovništvu	broj stanovnika u zgradi, stambenom bloku, gradu, županiji	
	kategorizacija građevina prema namjeni	stambena, poslovna, mješovita, rekreacijska	
	ostali podaci	o katastarskoj čestici, zgradi, visini katova	
	tiha područja	bolnice, škole, zaštićeni krajobrazi	

obzir uzeto i ograničenje brzina kretanja vozila na tim prometnicama. Lokalne strateške karte buke cestovnog prometa izrađene su na temelju detaljnijeg, mikroskopskog modela: za izradu karte C iskorišteni su ulazni podaci o količinama prometa prisutnog na svim prometnicama u promatranom području, dok je pri izradi karte D u obzir uzet i utjecaj građevina na širenje zvuka [11].



Slika 2. Primjer utjecaja količine i detaljnosti ulaznih podataka na preciznost proračuna razina buke: karte buke cestovnog prometa (L_{den}) – Gentbrugge, Belgija

2.5 Primjena računalnih programa u izradi karata buke

Problem dugotrajnosti i kompleksnosti proračuna velikog broja preciznih ulaznih parametara smanjuje se razvojem i primjenom sve snažnijih alata za izradu karata

buke. Postojeći računalni programi (kao na pr. SoundPLAN, PREDICTOR, LimA, CadnaA, IMMI, ATKINS), zahtijevaju različite tipove i oblike ulaznih parametara, ovisno o uobičajenoj praksi, odnosno primjenjivanim „nacionalnim“ metodama proračuna i dostupnim podacima u državama u kojima su razvijeni. Navedene računalne programe za proračun i predviđanje razina buke moguće je iskoristiti i za izradu karata buke na kojima su razine buke izražene usklađenim pokazateljima, što je u skladu s preporukama END-a.

U većini slučajeva računalni programi za izradu karata buke sadrže alate za izradu:

- modela terena (na temelju digitalnih podataka o slojnicama ili visinskim točkama)
- modela građevina (ploha zidova i krovova)
- trupa prometnice (na temelju poznate osi prometnice i broja prometnih trakova odnosno kolosijeka) [12].

Postupak rada u nekom programskom paketu može se razložiti na sljedeće korake [13]:

- 1) kreiranje datoteka s podacima o razinama snage emitiranog zvuka;
- 2) pridruživanje podataka o izvorima prethodno kreiranim datotekama;
- 3) kreiranje datoteka s podacima o lokaciji i visini građevina u promatranom području;

- 4) pribavljanje informacija o terenu (slojnicama);
- 5) odabir dimenzija polja mreže u čijim će se čvorovima provesti proračun;
- 6) primjena odgovarajućega matematičkog modela širenja buke za proračun razine imisije u svim točkama mreže;
- 7) izrada grafičkih datoteka (karata buke) na temelju proračunatih razina imisije zvuka.

Osim skupljanja ulaznih podataka i proračuna karata buke, razvijeni programski paketi omogućuju pohranjivanje, čuvanje i ažuriranje svih ulaznih podataka u uobičajenoj GIS bazi podataka, čime je omogućeno redovito nadopunjavanje karata te vrlo brza procjena uspješnosti planiranih akcijskih planova te, u kombinaciji s motrenjem, dobivanje informacija o izloženosti buci u stvarnom vremenu [3].

3 Primjeri karata buke gradova Europske unije

U tablici 3. dani su osnovni podaci o izradi karata buke nekih gradova iz država članica EU kod kojih se izrada karata temeljila na proračunima razina buke u točkama

imisije primjenom različitih programskih paketa i metoda proračuna [9].

Većina navedenih gradova i regija ima tradiciju mjerenja buke i izrade karata još od 70-ih i 80-ih godina prošlog stoljeća. S obzirom na izvore buke, u svim je primjerima buka cestovnog prometa prepoznata kao glavni izvor buke okoliša, dok je željeznički promet drugi najčešće prikazivan izvor buke. U svim navedenim primjerima kao glavni problem istaknut je proces identifikacije, prikupljanja i obrade odnosno prilagodbe ulaznih parametara (kako bi se mogli iskoristiti kao ulazni podaci za različite vrste računalnih programa odnosno kako bi se dobili izlazni podaci koji odgovaraju zahtjevima Direktive) te stvaranje baza podataka. Najčešće primjedbe izrađivača karata bile su sljedeće:

- proces prikupljanja, produkcije i obrade podataka je dugotrajan i skup
- uglavnom se ne raspolaže dovoljnom količinom podataka
- nedovoljna suradnja uprava koje raspolažu podacima
- nedovoljna međusobna suradnja unutar samih uprava (velika raspršenost podataka, različiti vidovi prikaza podataka) [9]

Tablica 3. Osnovni podaci o izradi karata buke u gradovima Europske unije

kartirano područje	ploština grada br. stanovnika	izvor buke	metoda proračuna	primijenjeni računalni program	pokazatelji buke
Berlin	$\frac{892 \text{ km}^2}{3,33 \text{ mil.}}$	cestovni promet	VBUS	IMMI 6.1.	L_{den} i L_{night}
		tramvajski i željeznički promet, nadzemne dionice podzemne željeznice	VBUSch		
		zračni promet	VBUF-DES		
		industrija	VBUI		
Birmingham	$\frac{330 \text{ km}^2}{1,0 \text{ mil.}}$	cestovni promet	CRTN, RLS90	LIMA	$L_{\text{Aeq(T)}}$
		željeznički promet	CRN, Schall 03		
		zračni promet	CAA		
		industrija	mjerenje, pretpostavke		
London	$\frac{1.600 \text{ km}^2}{7,0 \text{ mil.}}$	cestovni promet	CRTN	ATKINS	L_{A10} L_{den} i L_{night}
Dublin	$\frac{146 \text{ km}^2}{0,5 \text{ mil.}}$	cestovni promet	CRTN	PREDICTOR	$L_{10,18h}$
Greater Lyon	$\frac{950 \text{ km}^2}{1,2 \text{ mil.}}$	cestovni promet	NMPB/XPS31-133	CadnaA	L_{den} i L_{night}
		željeznički promet	SRMII		
		zračni promet	ECAC-CEAC		
		industrija	ISO-9613		
Beč	$\frac{415 \text{ km}^2}{1,6 \text{ mil.}}$	cestovni promet	RVS 3.02	CadnaA	L_{Aeq}
		tramvajski i željeznički promet, podzemna željeznica	ÖNORM S 5001		
		industrija	ÖAL br.28		
Vitoria-Gasteiz	$\frac{2.27 \times 10^{-4} \text{ km}^2}{0,22 \text{ mil.}}$	cestovni promet	NMPB-Routes-96	SoundPLAN	L_{den} i L_{night}
		željeznički promet	RMR		
		zračni promet	ECAC-CEAC		
		industrija	ISO-9613-2		

- u većini navedenih slučajeva prikupljena je velika količina podataka od kojih znatan dio nije uopće korišten nakon što je karta izrađena, zbog čega javnost redovito doživljava kartiranje buke kao vrlo skup proces iz kojeg može proizaći samo mali broj zaključaka u odnosu na opseg ulaznih podataka, problem njihova prikupljanja i dugotrajnost proračuna [3].

U tablici 4. je pregled ulaznih podataka primijenjenih pri izradi karata buke cestovnog i željezničkog prometa navedenih gradova i područja unutar država članica EU te izvori tih podataka.

Tablica 4. Izvori ulaznih podataka

Grupa ulaznih podataka	Izvor ulaznih podataka	
Podaci vezani uz geografiju – GIS podloga terena	slojnice, podaci o nadmorskoj visini	topografske karte, digitalni ortofoto
	situacija i visine nasipa, usjeka, barijera	terenska mjerenja, ortofoto prikaz, izvedbeni projekti
	zgrade (visina, tip pročelja)	procjena visine temeljem katnosti (obilazak terena, ortofoto), temeljem tlocrta građevine
	tip tla ovisno o apsorpciji	morfološke karte, terenska ispitivanja
	meteorološki podaci	pretpostavljene standardne vrijednosti
Cestovni promet	podaci lokalnih ili regionalnih uprava za ceste	
Tračnički promet	podaci nacionalnih željezničkih uprava	
Demografski podaci	podaci na lokalnoj ili regionalnoj razini iz popisa stanovništva	
Namjena područja	lokacije mirnih područja na temelju prostornih planova, ortofoto i obilazak terena	

4 Prijedlog postupka izrade karte buke u Hrvatskoj

Mjerenja buke u Hrvatskoj započela su sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Na primjer, rezultati mjerenja razine buke provedenih u gradu Zagrebu pokazali su da buka niti u jednom dijelu grada nije bila manja od 70 dB(A), pri čemu su se najveće vrijednosti razina buke kretale i do 85 dB(A). Prema provedenim istraživanjima, najveći postotak buke, približno 81 %, otpadao je na buku uzrokovanu prometom [14].

Trenutačno je stanje takvo da je osim regulative, naprijed navedene, većina gradova i županija u Hrvatskoj u svojim urbanističkim planovima dodatno propisala najveće dopuštene planske razine buke za razdoblje dana i noći ovisno o namjeni površina, pa su neke propisale i mjere za smanjivanje prekomjerne razine buke koje se uglavnom mogu sažeti na sljedeće [15]:

- provođenje mjera prema Zakonu o buci i pripadajućim pravilnicima
- izrada karata imisije buke
- praćenje provođenja zaštite na temelju karata imisije
- do izrade karata buke nove građevine, sadržaji i namjene se lociraju na temelju mjerenja i proračuna.

Kartu buke potrebno je proračunati energijskim zbrajanjem rezultata karata buke svih izvora: industrije, prometa (zračnoga, cestovnoga, tramvajskoga, željezničkoga), pri čemu bi se projekt izrade karte buke sastojao od sljedećih faza:

- prikupljanje podataka
- proračun za potrebe izrade karte buke od svih pojedinih izvora
 - ⇒ izrada preliminarne karte buke
 - ⇒ usporedba proračunatih i izmjerenih razina buke (short-term validation)
 - ⇒ konačni proračun karte za promatrani izvor buke
 - ⇒ analiza smetnji bukom
- proračun za potrebe izrade karte buke i analiza smetnji bukom posebno za prometnu buku i industriju
- prezentacija rezultata nadležnom tijelu (na pr. gradskom vijeću ili županijskoj skupštini) i javnosti.

4.1 Prikupljanje podataka

Ulazni podaci potrebni za proces izrade karata buke u RH postoje (pogotovo u velikim gradovima), ali su vrlo nedosljedni i raspršeni. Ulazni podaci potrebni za izradu

Tablica 5. Ulazni podaci projekta izrade karte buke (cestovni i željeznički promet)

Grupa ulaznih podataka	Opis podataka	Izvor ulaznih podataka
Geografija – GIS podloga terena	slojnice, neravnine terena, nadmorska visina, tip tla u ovisnosti o apsorpciji, položaj i visine prepreka, meteorološki podaci	osnovne karte RH digitalni ortofoto morfološka karta urbanistički planovi terenska ispitivanja Državni hidrometeorološki zavod
Cestovni promet	prometno opterećenje i stanje prometnog toka za dan, večer i noć, semafori, brzina, broj vozila i udio teretnih vozila, geometrija ceste, karakteristike vozne površine	urbanistički planovi terenska ispitivanja
Tračnički promet	sastav prometa za dan, večer i noć, brzina, tip tračnica, vozila i kolosiječnih konstrukcija, način zatvaranja kolosijeka, tip kočnih papučica	HŽ npr. ZET u gradu Zagrebu za tramvajski promet
Urbanistički planovi i demografski podaci	namjene prostora, broj stanovnika, anketiranje	urbanistički planovi Državni zavod za statistiku Pravilnik (NN 05/07)

karte buke na primjeru prometne buke, navedeni su u tablici 5. U slučaju nepostojanja određenoga ulaznog podatka, potrebno je koristiti se podacima iz dokumenta „European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise – Position Paper - Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure“ [1].

Nužan ulazni podatak za provođenje proračuna razina buke okoliša primjenom specijaliziranih računalnih programa je cjelovit 3D model terena područja za koje se proračun provodi. Izrada je takvog modela vremenski i financijski vrlo zahtjevan postupak o čijoj detaljnosti najviše ovisi vrijeme potrebno za provedbu proračuna i sama točnost proračuna.

Najčešći problemi na koje se može naići pri izradi 3D modela terena jesu [16]:

- nepotpuni podaci o topografiji
- nepotpuni i neprecizni podaci o visini i namjeni zgrada
- neažurnost prostornih dokumenata (neslaganje sa ortofotogrametrijskim zračnim snimkama ili detaljnim topografskim kartama).

4.2 Proračun za izradu karata buke

Nakon završetka prikupljanja i obrade ulaznih podataka, potrebno je izraditi računalni 3D model. Model treba sadržavati brojčano opisane prepreke širenju zvuka, linijske i točkaste izvore buke i podatke o terenu [17].

Izrada karte buke trebala bi obuhvaćati sljedeće aktivnosti [1]:

- Provedba prethodnog proračuna karata izofona imisije zvuka za razdoblje dana, večeri i noći
- Usporedba proračunatih i izmjerenih razina buke radi prilagodbe modela proračuna (smanjenje mogućnosti pojave velikih pogrešaka u pretpostavljenom modelu)
- Konačni proračun karata izofona imisije zvuka za razdoblje dana, večeri, noći te cijeli dan, uz pomoć usklađenih pokazatelja buke industrije i prometa
- Tablica sumarnih rezultata analize smetnje bukom.

4.3 Prezentacija rezultata

Dobivene rezultate potrebno je prezentirati gradskom vijeću, odnosno županijskim skupštinama, konačno i

Saboru kao i stručnim timovima za upravljanje namjennom zemljišta i zaštitu okoliša. Nakon odobrenja projekta, uobičajen način prezentacije projekta izrade karata buke jest prikazivanje na internetskim stranicama uz niz predavanja i prezentacija u prostorijama tijela uprave [4].

5 Zaključak

Iskustva država članica EU pokazuju brojne probleme koji se pojavljuju u procesu izrade karata buke. Najveće poteškoće na početku procesa izrade karata buke predstavlja dugotrajno i skupo prikupljanje i obrada podataka. Uglavnom se ne raspolaže dovoljnom količinom podataka, nedovoljna je suradnja institucija koje raspolažu podacima, kao i međusobna suradnja unutar samih uprava - prisutna je velika raspršenost i različiti oblici prikaza podataka, a u većini slučajeva ulazni podaci potrebni za izradu karata buke nisu dostupni u digitalnom obliku.

Posljednjih nekoliko godina u Hrvatskoj su učinjeni određeni pomaci: napravljene su karte buke nekih gradova i urbanih područja (Varaždin, Makarska, Bjelovar, Sisak, Kutina, Krapina, Čavle, Rab, Pula, Dubrovnik, Rijeka) te karte za tvrtke koje upravljaju glavnim prometnicama (na pr. autocesta Zagreb–Macelj i riječka obilaznica) i zračnim lukama (primjerice regionalne zračne luke otoka Korčule, Visa, Hvara, Lastova i Malog Lošinja). Njihov je odjek u javnosti nedovoljan. Izrada tih karata potaknula je donošenje malobrojnih mjera za poboljšanje stanja u okolišu što zasigurno treba mijenjati. Navedene su karte buke uglavnom izrađene u kratkom razdoblju te se, s obzirom na poznato stanje vezano za dostupnost svih potrebnih podataka, koje je prisutno i u razvijenijim europskim zemljama, postavlja pitanje njihove pouzdanosti.

Zbog svega navedenog potrebno je bez odgađanja podignuti kvalitetu procesa prikupljanja što veće količine preciznih ulaznih podataka o emisiji buke i širenju, te njihova usklađivanja i pohrane u široko dostupne baze podataka, kao što je na pr. Geografski informacijski sustav (GIS). Primjenom takve baze, izrađivači karata i agencije zadužene za prikupljanje ulaznih podataka koristili bi se jednakim formatom prikaza podataka, čime bi se znatno olakšao i ubrzao proces izrade karata buke: omogućila bi se jednostavnija izrada i ažuriranje karata buke, brza procjena uspješnosti akcijskih planova te, u kombinaciji s monitoringom, dobivanje informacija o izloženosti buci u stvarnom vremenu.

LITERATURA

- [1] *Pravilnik o načinu izrade i sadržaju karata buke i akcijskih planova*, NN 05/2007
- [2] web-stranica Agencije za zaštitu okoliša: www.azo.hr
- [3] IMAGINE project: *IMAGINE – State of the Art*, Deliverable 2, 2004

- [4] Štimac, A.: *Implementation of Directive 2002/49/EC in EU Candidate State: Experience in Croatian noise mapping projects*, Forum Acusticum 2005, Budapest, 2005

- [5] *Zakon o zaštiti od buke*, NN 20/03

- [6] Lakušić, S., Dragčević, V., Rukavina, T.: *Pregled Europske regulative o buci od cestovnog prometa*, GRAĐEVINAR 55 (2003), str. 349-356
- [7] HARMONOISE project, *Final technical report*, Deliverable 4, 2005
- [8] Directive 2002/49/EC of European Parliament and of the Council relating to the assessment and management of environmental noise, Official Journal of the European Communities, L189/12, 2002
- [9] European Environment Agency: *State of the art of noise mapping in Europe*, Internal report, 2005
- [10] Brüel & Kjær Sound And Vibration Measurement: *Environmental Noise*, brošura, 2001
- [11] IMAGINE project, WP2 – Demand and traffic flow management: *Guidelines for the use of traffic models for noise mapping and noise action planning*, Deliverable 7, 2006
- [12] IMAGINE project, WP1 – Final Report: *Guidelines and good practice on strategic noise mapping*, Deliverable 8, 2007
- [13] BIRMINGHAM:
<http://www.defra.gov.uk/environment/noise/mapping/birmingham>
- [14] Dragčević, V., Lakušić, S., Rukavina, T.: *Current state of Croatian road traffic noise regulations and standards*, 32nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (INTER-NOISE 2003), Seogwipo, Korea, 2003
- [15] *Generalni urbanistički plan grada Zagreba*, Službeni glasnik br. 14/2003
- [16] Vukić, R.: *Poteškoće pri izradi akustičkih proračuna i projekata zaštite od buke cestovnog prometa*, SIGURNOST, Vol.49, No.4, 2007
- [17] Štimac, A., Mandžuka, F., Mučnjak, J.: *Transposition of the END in Croatia: Traffic noise map of the city of Varaždin*, 2nd Congress of Alps-Adria Acoustics Association and 1st Congress of Acoustical Society of Croatia, Opatija, Croatia, 2005