

Karta buke kao koristan alat u razvoju pametnih gradova

The map of noise as a useful tool in the development of smart cities

¹Ana Hleb, ²Lovro Gradišer

¹Studentica Međimurskog veleučilišta u Čakovcu

²RTK inženjering d.o.o., T. Masaryka 7, Čakovec

e-mail: ¹ana.hleb@student.mev.hr, ²lgradiser@mev.hr

Sažetak: *U eri brzoga urbanoga rasta i razvoja, pametni gradovi imaju ključnu ulogu u transformaciji urbanih područja kroz integraciju tehnologije radi poboljšanja života građana i efikasnijega upravljanja resursima. Jedan od ključnih aspekata u upravljanju pametnim gradovima je održavanje buke na optimalnim razinama jer može ozbiljno utjecati na kvalitetu života stanovnika. Karta buke, kao alat za prikazivanje razine buke u urbanim sredinama, postala je nezamjenjiv instrument u razvoju pametnih gradova. Uvodu je opisana problematika sve većega stupnja urbanizacije te javljanje potrebe za razvojem pametnih gradova. U radu se pobliže opisuje koncept pametnih gradova te se navode elementi koje bi gradovi trebali zadovoljiti kako bi se mogli smatrati pametnim gradovima. Rad se bavi problematikom buke koja se javlja u urbanim sredinama, indikatorima buke te načinom na koji se buka mjeri i prikazuje putem različitih karata buke, kao što su strateške karte buke, konfliktne karte buke i akcijski planovi.*

Ključne riječi: *buka, karta buke, mjerenje buke, pametni gradovi, onečišćenje bukom*

Abstract: *In an era of rapid urban growth and development, smart cities are becoming essential for sustainable and efficient urban management. One of the key aspects of smart city management is maintaining noise at optimal levels, as it can significantly impact the quality of life for residents. Noise mapping, as a tool for visualizing noise levels in urban environments, has become an indispensable instrument in the development of smart cities. The introduction outlines the challenges posed by increasing urbanization and the need for the development of smart cities. This paper provides a closer look at the concept of smart cities, listing the elements that cities should meet to be considered smart cities. The paper also addresses the issue of noise in urban environments, noise indicators, and how noise is measured and displayed through strategic noise maps, conflict noise maps and action plans.*

Key words: *noise, map of noise, noise measurements, smart cities, noise pollution*

1. Uvod

Prema publikaciji UN-a do 2050. godine dvije trećine populacije moglo bi živjeti u gradovima. U slučaju Europe, taj postotak bi se mogao popeti čak i do 80 % (UN, 2019).

Grad se definira kao naselje s visokom gustoćom populacije, u kojem većina stanovnika živi od industrije, trgovine i usluga. Sve se češće naglašava važnost rješavanja određenih infrastrukturnih problema kao što su energetika, energetska učinkovitost, javna rasvjeta, gradska vodoopskrba i odvodnja, promet te utjecaj na okoliš.

Sve većim stupnjem urbanizacije kojem je svijet izložen razvila se ideja/koncept pametnih gradova kako bi se život u urbanom području poboljšao te učinio kvalitetnijim.

Jedan od alata koji pridonosi razvoju pametnih gradova je mjerenje i održavanje buke na optimalnoj razini, odnosno izrada karte buke kao podloge za međusobnu suradnju svih sudionika na provođenju zaštite od buke.

U situaciji kada buka postaje sve ozbiljniji problem, važno je konstantno ulagati u razvoj sustava za praćenje razine buke u gradovima, s obzirom da buka može izazvati vrlo ozbiljne posljedice na zdravlje ljudi.

2. Koncept pametnoga grada

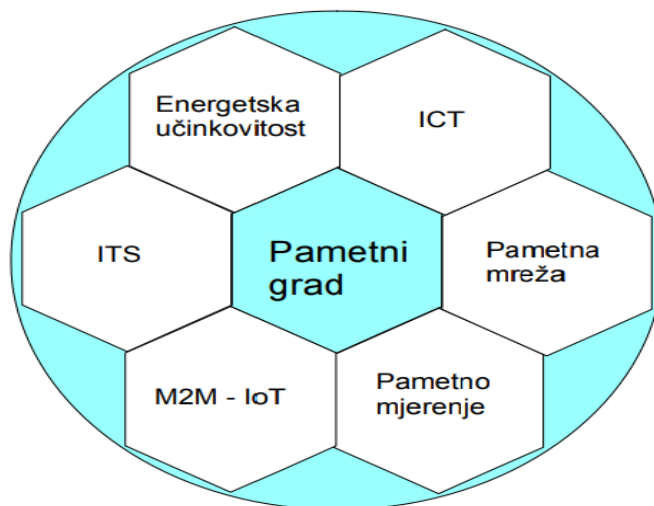
Pametni gradovi (engl. Smart Cities) su gradovi planirani tako da u kombinaciji s naprednijom tehnologijom omoguće napredak u gospodarstvu, a građanima bolji život.

Pametni grad definira se i kao grad koji ispunjava u potpunosti sve potrebe svojih građana i zadovoljava lokalne, nacionalne i međunarodne standarde održivosti.

Na slici 1. prikazan je koncept pametnih gradova koji se temelje na upotrebi pametnih mreža (engl. smart grid), snažnijem uvođenju informacijskih i komunikacijskih tehnologija (engl. Information and Communication Technology - ICT), internetskim povezivanjem svih objekata (engl. Internet of Things – IoT) primjenom M2M (engl. Machine to Machine) komunikacija, smanjenju onečišćenja okoliša kroz uvođenje inteligentnih transportnih sustava, ali i povećanju energetske učinkovitosti u primjeni pametnoga mjerenja i uvođenjem inovativnih rješenja u građevinarstvu.

Pametni gradovi nisu samo globalni trend nego postaju potreba današnjice. Kako bi postali pametni, gradovi moraju imati najmanje pet od šest navedenih elemenata: pametno upravljanje, pametno društvo, pametna briga za ljude i okoliš, pametna infrastruktura i mobilnost, pametna tehnologija i energija te pametne građevine (Cifaldi i Serban, 2018).

Slika 1. Prikaz koncepta pametnoga grada



Izvor: Hrvatski zavod za norme

Dobro i pametno upravljanje rezultirat će dobrom primjenom i dugoročnim koristima za cijelu lokalnu zajednicu. Upravo se stoga nameće zaključak kako se pametno upravljanje temelji na pametnoj administraciji, uključuje digitalni način prikupljanja podataka te donošenje inovativnih rješenja, uz inovativne načine suradnje (Paliaga i Oliva, 2018).

Pametno društvo je skup sustava koji izražavaju sporazumno uspostavljen skup vrijednosti. To je društvo u kojem čelnici i građani donose odluke temeljene na podacima koje omogućuju stalno poboljšanje rezultata u ekonomskom prosperitetu, društvenoj dobrobiti, održivosti okoliša i dobrom upravljanju (Haupt, 2017).

Pametna okruženja imaju potencijal dopustiti korisnicima da se angažiraju i neometano komuniciraju sa svojim neposrednim okruženjem. To je omogućeno uvođenjem inteligentnih tehnologija, zajedno sa softverskim uslugama (Wolter i Kirsch, 2017).

Pametna infrastruktura je učinkovitija, sigurnija i tolerantnija na greške u odnosu na klasičnu te se tu uključuje komunikacijska infrastruktura poput bežične pristupne točke, WI-FI mreže kao i informacijski sustavi orijentirani na usluge. Pametna infrastruktura uključuje i fizičku infrastrukturu, senzore, softvere kao svoje komponente.

Pametna tehnologija naziv je za uređaje spojene na internet koji mogu prikupljati i prenositi podatke na središnje pohranjeno čvorište. Obično dolazi u obliku senzora i prijemnika i može pokazati koliko se energije troši u određenim područjima zgrade ili određenim strojevima (Fraunhofer, 2023).

Pametna zgrada je svaka struktura koja koristi automatizirane procese za automatsku kontrolu rada zgrade, uključujući grijanje, ventilaciju, klimatizaciju, rasvjetu, sigurnosne i druge sustave (Nižetić i sur., 2019). Pametna zgrada koristi senzore i mikročipove za prikupljanje podataka i upravljanje njima u skladu s poslovnim funkcijama i uslugama.

3. Buka

Buka se definira kao svaki zvuk koji je nepoželjan te može pojedincu izazvati bolni i izuzetno neugodni osjećaj te nepovoljno i trajno utječe na čovjekovo zdravlje. Osnovne značajke buke ovise o trajnosti, jačini, visini i isprekidanosti. Buka okoliša je neželjeni i, za ljudsko zdravlje, a ujedno i za okoliš, štetan zvuk koji nastaje u vanjskome prostoru, a izazvan je ljudskom aktivnošću (Trbojević, 2011).

Razvojem tehnologije i ljudskoga napretka buka je postala jedan od glavnih zagađivača planeta Zemlje. Najveći problem predstavljaju velika urbana i visokoindustrijalizirana područja te ujedno i proizvodni i ostali pogoni.

Buka negativno utječe na svakodnevne aktivnosti pojedinca, učenje, slušanje, sporazumijevanje, koncentraciju i druge mentalne aktivnosti. Vrlo često izaziva neraspoloženje, nemir, umor i nesanicu, razdražljivost, smetnje mentalnoga zdravlja i ponašanja.

Buka može biti trajna, isprekidana i impulsna. Trajna buka se najčešće javlja u predionicama i električnim centralama. Ključna karakteristika trajne buke je da su razina zvučnoga tlaka i spektar frekvencija, na jednom mjestu, konstantni tijekom protoka vremena (URL 1).

Do isprekidane buke dolazi u slučaju da se na jednom mjestu mijenjaju razine zvučnoga tlaka i spektar frekvencija. Za isprekidanu buku možemo sa lakoćom ustvrditi da ona predstavlja najčešću vrstu buke.

Impulsna buka je zvučni događaj kratkoga trajanja i relativno visokoga zvučnoga tlaka (Veladžić i Bajramović, 2023).

3.1. Izvori buke

Izvori buke podijeljeni su na dva dijela: na one u vanjskom prostoru i one u unutarnjem prostoru. Promet, građevinski i javni radovi industrija, sport i zabava, koncerti i društvena događanja, glavni su izvori vanjske buke.

Izvori buke u zatvorenom prostoru mogu biti servisni uređaji, uređaji za emitiranje glazbe i govora, kao što su radio i televizor i kućanski aparati poput perilice.

Buku može stvarati i priroda sama, udar groma, sam po sebi, vrlo je bučan pa po tome i štetan za sluh, jaki udari valova i slapovi, posebice ako je više njih na jednom mjestu mogu izazvati povećanu frekvenciju buke. Jedan od najvećih uzroka buke je promet. Čak 80 % stvaranja buke u gradovima uzrokuju automobili, a na prometnim križanjima razina buke može doseći čak i do 90 dB (Klančnik, 2013).

3.2. Indikatori buke

Indikator buke je fizikalna veličina koja opisuje buku okoliša. Četiri osnovna indikatora buke su (NN 75/2009):

- L_{den} (indikator buke za dan-večer-noć) indikator je buke za ukupno smetanje bukom,
- L_{day} (indikator dnevne buke) indikator je buke za vremensko razdoblje dana,
- $L_{evening}$ (indikator večernje buke) indikator je buke za vremensko razdoblje večeri,
- L_{night} (indikator noćne buke) indikator je buke koja uzrokuje poremećaj sna za vremensko razdoblje noći

L_{den} indikator je ukupnoga smetajućega djelovanja za razdoblje dan-večer-noć izražen u dB(A). Izvodi se iz L_{dan} , $L_{večer}$, i $L_{noć}$ korištenjem sljedeće formule:

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left[14 \cdot 10^{0,1L_{day}} + 2 \cdot 10^{0,1(L_{evening}+5)} + 8 \cdot 10^{0,1(L_{night}+10)} \right]$$

gdje je:

- L_{day} je A-vrednovana ekvivalentna razina buke definirana u ISO 1996-2 utvrđivana svakog dana tijekom jedne godine,
- $L_{evening}$ je A-vrednovana ekvivalentna razina buke definirana u ISO 1996-2 utvrđivana svake večeri tijekom jedne godine,
- L_{night} je A-vrednovana ekvivalentna razina buke definirana u ISO 1996-2 utvrđivana svake noći tijekom jedne godine.

Prilikom proračuna razine buke, uglavnom se razmatraju dva razdoblja: dan i noć. Europski parlament i Vijeće Europske zajednice preporučili su uvođenje trećega razdoblja – večeri, s obzirom da je to osjetljivo vrijeme za lokalno stanovništvo.

Definicija razdoblja dana, večeri i noći različita je za pojedine države članice Europske unije, pa je tako za Republiku Hrvatsku dan definiran kao razdoblje od 7:00 do 19:00 sati, večer od 19:00 do 23:00 sata, a noć od 23:00 do 7:00 sati. Zakonom o zaštiti od buke Hrvatska je jedna od država koje su uvele razdoblje dan-večer-noć (NN 14/2021).

3.3. Mjerenje buke

Cilj mjerenja buke je dobivanje točnih, pouzdanih i preciznih podataka koji će kreirati jasnu sliku o situaciji vezanoj za buku i koja će biti pouzdan temelj za daljnja proučavanja. Mjerenje buke ima za namjenu ocjenjivanje važnosti buke kao štetnoga faktora u nekoj sredini, kao i za dobivanje podataka koji će kasnije poslužiti prilikom planiranja naselja i cesta. Mjerenje buke je ključno i kod utvrđivanja potrebnoga opsega mjera za zaštitu.

Instrument za mjerenje buke zove se zvukomjer. Napravljen je tako da prima zvuk približno jednako kao i ljudsko uho te da daje objektivna i reproducibilna mjerenja razine zvučnoga tlaka (intenziteta, vibracija, analizu signala zvuka).

Zvuk se mjeri različitim filtrima među kojima su najznačajniji A i C filtri, koji su ugrađeni u gotovo sve zvukomjere.

Razine filtriranoga zvuka označavaju se oznakom filtra nakon oznake dB, npr. dB(A) ili dB(C). Filtar A simulira rad ljudskoga uha, odnosno reagira na zvučni podražaj slično kao

i ljudsko uho što znači da daje veći značaj tonovima viših frekvencija koji su štetniji za čovjeka te manji značaj tonovima nižih frekvencija koji su manje štetni za čovjeka (Trbojević, 2011).

4. Karte buke

Prema Pravilniku o načinu izrade i sadržaju karata buke i akcijskih planova (NN 5/2007), karta buke jest prikaz postojećega i/ili predviđenoga stanja imisije buke na promatranom području, izražena harmoniziranim indikatorima buke.

Kao osnovni element određenoga sustava zaštite od buke upravo karta buke predstavlja podlogu za međusobnu suradnju svih osoba koje sudjeluju u postupku provođenja zaštite od buke prilikom:

- izrade procjena o utjecaju na okoliš,
- praćenja količine stanova izloženim prevelikim razinama buke,
- praćenja količine stanova s posebnom zvučnom izolacijom,
- definiranja granica tihih zona,
- definiranja posebnih uvjeta gradnje u smislu zaštite od buke zgrada,
- izrade akcijskih planova za područja na karti buke gdje je preveliko izlaganje stanovništva određenim razinama buke (NN 5/2007).

Najčešći podaci koje karta buke sadrži jesu prekoračenje propisanih dopuštenih vrijednosti, procijenjeni broj ljudi izloženih pojedinim razinama buke te procijenjeni broj stanova, škola, bolnica izloženih određenim vrijednostima indikatora buke u promatranom području (NN 14/2021).

4.1. Strateška karta buke

Strateška karta buke temeljna je karta buke kojom se ocjenjuje izloženost stanovništva buci prometa i industrije. Obveznici njene izrade su naseljena područja koja imaju više od 100.000 stanovnika te vlasnici, odnosno koncesionari industrijskih područja, glavnih cesta s više od 3.000.000 prolaza vozila godišnje, glavnih željezničkih pruga s više od 30.000 prolaza vlakova godišnje i glavnih zračnih luka s više od 50.000 operacija (uzlijetanja ili slijetanja) godišnje. Periodički se izrađuje svakih pet godina (2007., 2012., 2017., itd.) za propisane relevantne kalendarske godine (2006., 2011., 2016., itd.) pomoću validiranih računalnih programa zasebno za svaki od glavnih izvora buke: cestovni, željeznički i zračni promet te za industrijska postrojenja.

Za izradu strateških karata buke koriste se indikator buke za razdoblje „dan-večer-noć“ L_{den} i indikator za razdoblje „noć“ L_{night} , izraženi u dB(A). Strateška karta buke upotrebljava se kao osnova za izradu akcijskih planova te kao izvor podataka za informiranje javnosti (NN 5/2007).

Strateška karta buke izrađuju se uz pomoć računalnoga programa koji mora biti sposoban za proračun razina buke pomoću navedenih normi te mora biti izrađen u skladu sa zahtjevima norme *Nordtest Method Framework for the Verification of Environmental Noise Calculation Software*, (Okvir za provjeru programskih paketa za proračun buke okoliša), ACOU 107 (2001) ili DIN 45687 *Quality criteria for acoustic calculation software* (Kriteriji kvalitete za akustične računalne programske pakete).

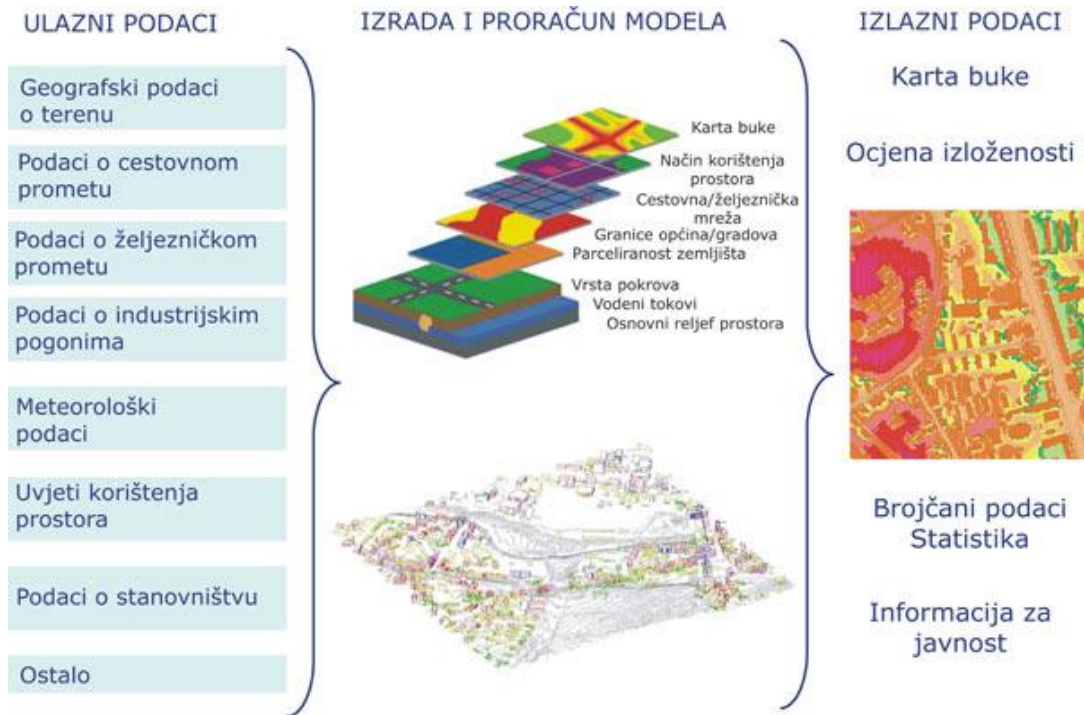
Na slici 2. prikazan je proces izrade strateške karte buke, koji podrazumijeva prikupljanje geografskih podataka o terenu, podataka o cestovnom prometu, željezničkom prometu, industrijskim pogonima, meteorološke podatke i podatke o stanovništvu na osnovu kojih se izrađuje akustični model i provodi proračun.

Strateška karta buke sadrži (75/2009):

- postojeće, prethodno ili predviđeno stanje buke izraženo indikatorom L_{den} ,

- prekoračenje dopuštenih razina buke,
- procijenjeni broj stanova, škola, bolnica i zgrada sličnih namjena u nekom području koji su izloženi određenim vrijednostima indikatora buke,
- procijenjeni broj ljudi na nekom području izloženom buci.

Slika 2. Proces izrade strateške karte buke



Izvor: Bubić, 2013.

4.2. Konfliktna karta buke

Konfliktna karta buke jest razlikovna karta buke koja se izrađuje na temelju izrađene strateške karte buke, a iz koje je vidljiva razlika između postojećega i/ili predviđenoga stanja emisije buke i dopuštenih razina buke (NN 75/2009). Na slici 3. prikazan je primjer konfliktne karte buke za cestovni promet na kojoj je bojama označena vrijednost stvarne razine buke, dok nijanse crvene, smeđe i plave boje ukazuju kako stvarne razine buke prekoračuju dopuštenu razinu buke (Jambrošić, 2011).

Slika 3. *Primjer konfliktne karte buke*



Izvor: Jambrošić, 2011.

4.3. Akcijski plan

Akcijnski plan se izrađuje radi upravljanja bukom okoliša i njezinim štetnim učincima, uključujući mjere zaštite od buke. Priprema se na temelju rezultata strateške karte buke i proračuna konfliktnih razina buke (razlike između postojećih i dopuštenih razina buke). Akcijski plan upravljanja bukom sadrži ocjenu stanja buke na temelju procijenjenoga broja ljudi izloženih određenim razinama buke, plan aktivnosti i mjera zaštite od buke odnosno upravljanja bukom za snižavanje razina buke okoliša na prioritetnim područjima (planiranje prometa, tehničke mjere na izvorima buke, izbor izvora buke s nižim emisijskim vrijednostima, mjere za smanjenje na putu širenja buke, i sl.), obveznike provedbe mjera i aktivnosti, vremenski plan te procjenu smanjenja broja ljudi na koje djeluje buka preko dopuštenih razina (NN 75/2009).

5. Zaključak

Pametni gradovi postaju ključni element urbanoga planiranja, jer nude efikasnost, održivost i poboljšanu kvalitetu života za njihove stanovnike.

Buka je ozbiljan izazov za urbanu sredinu jer može značajno utjecati na zdravlje stanovnika i na kvalitetu života. Karta buke postaje dragocjen alat u borbi protiv ovoga problema. Karta buke omogućava informiranje građana, unapređuje upravljanje prometom, planiranje urbanoga razvoja i zaštitu zdravlja stanovnika.

Međutim, iako postoje brojne prednosti u primjeni karte buke, suočavamo se s izazovima kao što su tehnički zahtjevi, potreba za financiranjem i potreba za izgradnjom povjerenja građana u točnost prikazanih podataka. Ovi izazovi zahtijevaju pažljivo planiranje i koordinaciju između vlasti, stručnjaka i zajednica.

Razvoj pametnih gradova zahtijeva holistički pristup koji uključuje borbu protiv buke i onečišćenja bukom. Karte buke igraju ključnu ulogu u postizanju ovih ciljeva, omogućavajući gradovima da postanu održivi, efikasni i ugodna mjesta za život.

Literatura

1. Bubić, I. (2013). Izrada strateške karte buke kao dio sustava upravljanja bukom okoliša u naseljenim područjima, Brodarski institut, Zagreb.
2. Cifaldi, G.; Serban, I. (2018). „Between a Smart City and Smart Society“, *Intelligent Human Systems Integration*, str. 714.-719.
3. Fraunhofer Institute for Open Communication Systems.
https://www.fokus.fraunhofer.de/en/fokus/smart_cities_lab/topics/mobility (12.10.2023.)
4. Haupt, M. (2017). What is a Smart Society? Toward the transcendent model society of 2030.
<https://medium.com/project-2030/what-is-a-smartsociety-92e4a256e852> (22.09.2023.)
5. Hrvatski zavod za norme. <https://www.hzn.hr/default.aspx?id=475> (22.09.2023.)
6. Jambrošić, K. (2011). Zvuk i okoliš, <https://www.zmz.hr/download/karte-buke.pdf> (21.09.2023)
7. Klančnik, M. (2013). „Utjecaj buke na zdravlje i radnu sposobnost“, Javno zdravstvo.
https://bib.irb.hr/datoteka/739938.Dr_Klancnik_Marisa_buka_popularni.pdf (23.09.2023.)
8. Nižetić, S.; et. al. (2019). „Smart technologies for promotion of energy efficiency, utilization of sustainable resources and waste management“, *Journal of Cleaner Production*, vol. 231(10), str. 565.-591.
9. Paliaga, M.; Oliva, E. (2018). „Trendovi u primjeni koncepta pametnih gradova“, *Ekonomska misao i praksa*, vol. 27(2), str. 565.-583.
10. Pravilnik o načinu izrade i sadržaju karata buke i akcijskih planova. NN 5/2007
11. Pravilnik o načinu izrade i sadržaju karata buke i akcijskih planova te o načinu izračuna dopuštenih indikatora buke. NN 75/2009
12. Trbojević, N. (2011). Osnove zaštite od buke i vibracija, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac
13. UN, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). World Urbanization Prospects: The 2018 Revision (ST/ESA/SER.A/420).,
<https://population.un.org/wup/publications/Files/WUP2018-Report.pdf> (12.10.2023.)
14. URL 1, Zaštita na radu, www.zastitanaradu.com.hr/novosti/Buka-na-radnom-mjestu-15 (23.09.2023.)
15. Veladžić, A.; Bajramović, E. (2023). „Utjecaj zidova za zaštitu od buke na sigurnost vozača autocesta u BiH“, *Sigurnost*, vol. 65(1), str. 101.-112.
16. Wolter, D.; Kirsch, A. (2017). „Smart Environments: What is it and Why Should We Care?“, *KI- Künstliche Intelligenz*, vol. 31(3), str. 231.-237.
17. Zakon o zaštiti od buke. NN 14/2021