

Primena aktivnih tehničkih mera zaštite od buke u procesu projektovanja puteva

Sanja Fric, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, sfric@grf.bg.ac.rs

Dejan Gavran, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, dgavran@grf.bg.ac.rs

Vladan Ilić, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, vilic@grf.bg.ac.rs

Filip Trpčevski, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, ftprcevski@grf.bg.ac.rs

*Stefan Vranjevac, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu,
svranjevac@grf.bg.ac.rs*

Miloš Lukić, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, mlukic@grf.bg.ac.rs

*Nikola Milovanović, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu,
nmilovanovic@grf.bg.ac.rs*

Rezime: Porast motorizacije savremenog društva je neupitno doveo do niza negativnih uticaja na životnu sredinu (zagađenje vazduha, vode i tla, povećan nivo buke i vibracija, zauzimanje prostora, angažovanje zelenih površina u svrhu realizacije saobraćajne infrastrukture, vizuelna degradacija prostora, uticaj na ljude, floru i faunu u najširem smislu). Struktura i obim uticaja zavise od mnogobrojnih faktora, između ostalog lokalnih prirodnih i društvenih uslova, sredstva prevoza, ranga saobraćajnice u mreži kao i saobraćajnog opterećenja predmetne saobraćajnice. U radu će akcenat biti na fenomenu buke, kao jednom od negativnih uticaja koje je najjednostavnije kvantifikovati, ali i smanjiti, kako u fazama samog projektovanja, tako i prilikom izbora specifičnih konstruktivnih rešenja. U radu će se prikazati moguća građevinska rešenja za smanjenje buke od motornog saobraćaja, kao i uporedna analiza efekata različitih aktivnih mera zaštite od buke.

Ključne reči: saobraćaj, motorizacija, negativni uticaji, projektovanje, buka, aktivne tehničke mere zaštite

1 UVOD

Nesporno je da saobraćaj i razvoj saobraćajne infrastrukture uopšte, sa sobom, pored evidentno pozitivnih, povlače i mnogobrojne negativne uticaje. Najznačajniji negativni uticaji saobraćaja na životnu sredinu su: trajno zauzimanje prostora, zagađenje vazduha, vode i tla, povećan nivo buke i vibracija, angažovanje zelenih površina u svrhu realizacije saobraćajne infrastrukture, vizuelna degradacija prostora, odnosno, uticaj na ljude, floru i faunu u najširem smislu.

Struktura i obim ovog uticaja zavise od mnogobrojnih faktora, kao što su lokalni prirodni i društveni uslovi, od sredstva prevoza, zatim od ranga saobraćajnice u mreži ali i od saobraćajnog opterećenja predmetne saobraćajnice.

Istraživanja krajem XX veka su pokazala da su od svih uzročnika zagađenja u gradovima, pre svega vazduha, 55-60% predstavljaju motorna vozila, zatim slede industrijska postrojenja sa 20%, termoelektrane sa 10-15% i na kraju grejanje sa 10%. Samim tim,

ukupna emisija od saobraćaja u Evropi tokom 2014.g. je za oko 20% veća u poređenju sa 1990.g. Kada su u pitanju kategorije pojedinih vozila, putnički automobili tome doprinose sa oko 44% a teška teretna vozila i autobusi sa oko 18%.

Na osnovu prethodno navedenog, ne čudi da je zvaničan stav Evropske agencije za životnu sredinu da je upravo saobraćajna infrastruktura osnovni uzročnik povećanja buke i aerozagađenja u velikim gradovima, ali i značajan činilac u degradaciji pojedinih životinjskih vrsta.

2 VIDOVI, KATEGORIJE I PRIRODA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU

Kada je u pitanu vidovna podela uticaja, postoje 3 osnovna tipa, u zavisnosti od njihovog vremena nastajanja:

1. Uticaji koji se javljaju tokom građenja objekata (privremeni uticaji)
2. Uticaji koji se javljaju u toku eksploatacije saobraćajnice (trajni uticaji)
3. Uticaji koji se karakterišu kao akcidenti (incidenti)

Zatim, po načinu delovanja, smatra se da postoje 3 različite kategorije uticaja na životnu sredinu:

1. Direktne → to su uticaji koji potiču od same saobraćajnice (npr. zauzimanje zemljišta, degradacija vegetacije, povećanje nivoa buke ili aerozagađenja i sl.)
2. Posredne → to su uticaji koji su obično vezani za određeni objekat ali ih je teško jasno predvideti kako pre tako i u fazi same realizacije/izgradnje objekta (npr. erozija zemljišta, povećanja eksploatacija šuma usled omogućenog pristupa novom saobraćajnicom i sl.). Nažalost, često imaju daleko veće posledice od direktnih uticaja, a nemogućnost njihovog predviđanja postaje poseban izazov u savremenom društvu.
3. Kumulativni → To su uticaji nastali ili kao posledica realizacije velikih infrastrukturnih objekata, zatim kao posledica realizacije niza infrastrukturnih objekata u jednom zajedničkom koridoru, ili kao posledica nekih prirodnih katastrofa udruženo; odnosno, to su združeni uticaji koji mogu razviti višestruke posledice i prouzrokovati otežano funkcionisanje jednog ili više ekosistema.

Po prirodi uticaja, razlikujemo sledeće uticaje:

- Pozitivni i negativni uticaji (npr. zatvoreni sistem odvodnjavanja ko autoputeva kao pozitivan uticaj, a zauzimanje prostora kao negativan uticaj)
- Verovatni i malo verovatni uticaji (npr. povećan intezitet buke u zonama prolaska autoputa kroz grad kao verovatan uticaj, a malo verovatan uticaj npr. akcidenti, odnosno izlivanje opasnih materija)
- Lokalni i rasprostranjeni uticaji (lokalni su u neposrednoj zoni saobraćajnice a rasprostranjeni se mogu javiti kilometrima daleko – npr. primer rasprostranjenog uticaja je naseljavanje duž koridora puta)
- Privremeni i trajni uticaji (kod privremenih uticaja nema trajnih posledica, npr. zagađenje vegetacije, a kod trajnih uticaja se nažalost posledice ne mogu sanirati)
- Kratkoročni i dugoročni uticaji (prvi uglavnom nastaju u toku same izgradnje ili neposredno nakon iste, a drugi u toku njene eksploatacije, odnosno životnog veka)

3 POJAM I MONITORING BUKE U DOMAĆOJ REGULATIVI

Na osnovu svega prethodno navedenog, buka predstavlja jedan od najizrazitijih negativnih uticaja razvoja saobraćajne infrastrukture na životnu sredinu. To je, na osnovu poznate podele, trajan, negativan uticaj koji potiče direktno od same saobraćajnice.

Intezitet emitovane buke od saobraćaja se svakako razlikuje u odnosu na pojedina sredstva prevoza i u ovom radu će akcenat biti na emitovanoj buci od drumskog saobraćaja mogućem smanjenju iste.

Kada je u pitanju zakonska regulative, u republici Srbiji je doneta „Uredba o indikatorima buke, graničnim vrednostima, metodama za ocenjivanje idikatora buke, uznemiravanja i štetnih efekata buke u životnoj sredini“, koja definiše granične nivoe buke u zavisnosti od specifične namene prostora:

zona	Namena prostora	nivo buke u dB (A)	
		za dan i večer	za noć
1.	Područja za odmor i rekreaciju, bolničke zone i oporavilišta, kulturno-istorijski lokaliteti, veliki parkovi	50	40
2.	Turistička područja, kampovi i školske zone	50	45
3.	Čisto stambena područja	55	45
4.	Poslovno-stambena područja, trgovačko-stambena područja i dečja igrališta	60	50
5.	Gradski centar, zanatska, trgovačka, administrativno-upravna zona sa stanovima, zona duž autoputeva, magistralnih i gradskih saobraćajnica	65	55
6.	Industrijska, skladišna i servisna područja i transportni terminali bez stambenih zgrada	Na granici ove zone buka ne sme prelaziti graničnu vrednost u zoni sa kojom se graniči	

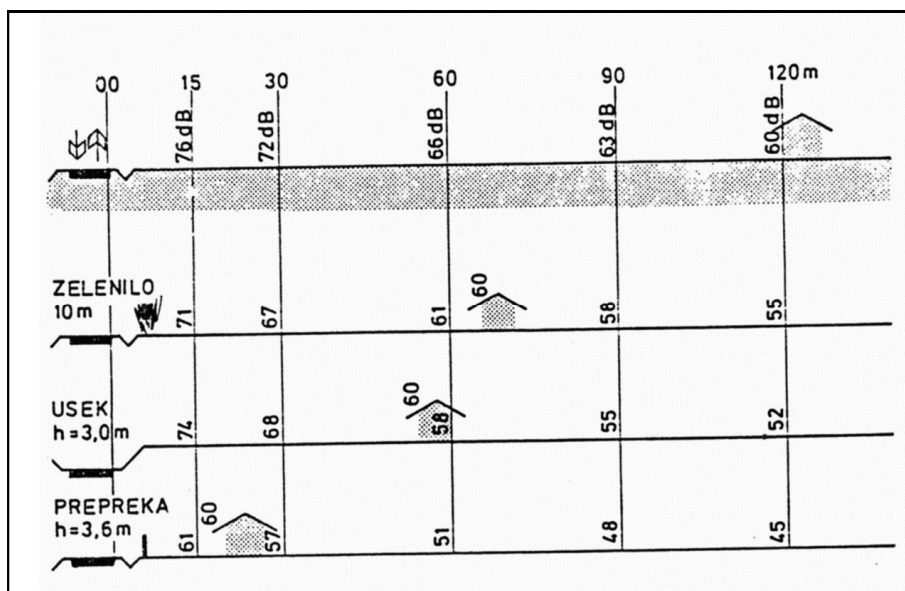
Slika 1. Granične vrednosti indikatora buke na otvorenom prostoru [1]

Na osnovu ove Uredbe, možemo videti da postoje značajne razlike u odnosu na gradsko i vangradsko područje, ali i u odnosu na dnevne i noćne uslove u kojima se intezitet buke prati.

4 OBLIKOVANJE PUTA I TEHNIČKE MERE ZA SMANJENJE INTEZITETA BUKE

Kada je u pitanju trasiranje puta u sve tri projekcije, smanjenje inteziteta emitovane buke od saobraćaja je moguće promenom položaja puta u poprečnom profilu, odnosno postavljanjem nivelete puta u usek ili na teren, umesto na nasip, sa ili bez određenih dodatnih inženjerskih konstrukcija.

Na narednoj slici se mogu videti uporedni prikazi šeme rasprostiranja i inteziteta buke u zavisnosti od toga da li je put na terenu, useku ili nasipu.

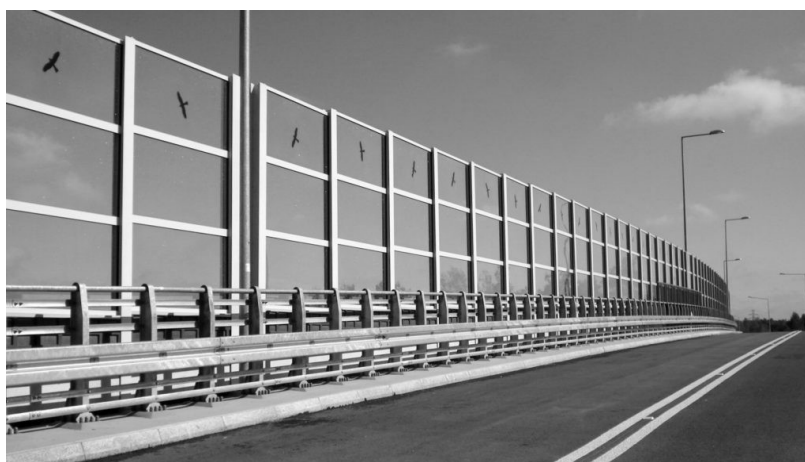


Slika 2. Intezitet buke u poprečnom profilu puta [2]

Jasno je da kosine useka svakako apsorbiraju određeni intezitet buke i da je, u tim slučajevima, moguće i sam put dodatno približiti stambenim objektima, a da tom prilikom ne dođe do prekoračenja dozvoljenog nivoa buke (primer za to je prolazak autoputa kroz Beograd, naročito u zoni Novog Beograda).

Naravno da je ovaj efekat još bolji ako se te kosine skladno oplemene određenom vrstom zelenog pokrivača. Međutim, u tome treba biti dodatno obazriv, kako samo zelenilo ne bi ugrozilo stabilnost kosine, smanjilo preglednost ili npr. značajno otežalo redovno održavanje.

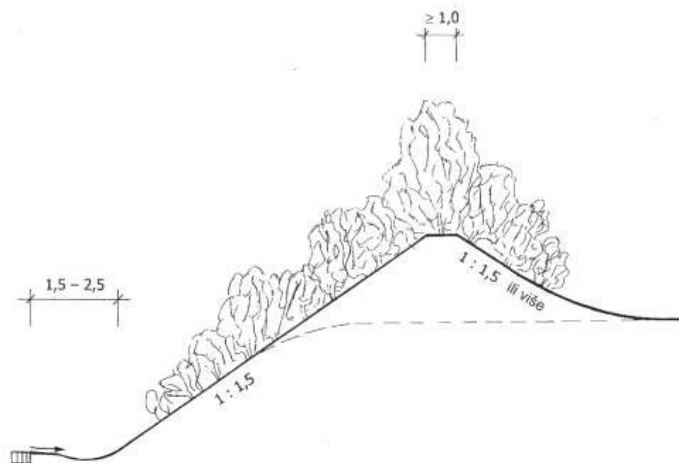
Od svih relativnih položaja puta i mera navedenih na slici 2, možemo sa sigurnošću potvrditi da se u domaćoj putnoj praksi, najčešće koristi poslednja mera koja podrazumeva primenu specifičnih inženjerskih konstrukcija (tzv. zidova/panela za zaštitu od buke).



Slika 3. Transparentni paneli za zaštitu od buke [3]

Međutim, postoje i druge mere u poprečnom profilu puta koje mogu efikasno smanjiti intezitet buke, ali je njihova promena nešto ređa u domaćoj putnoj praksi:

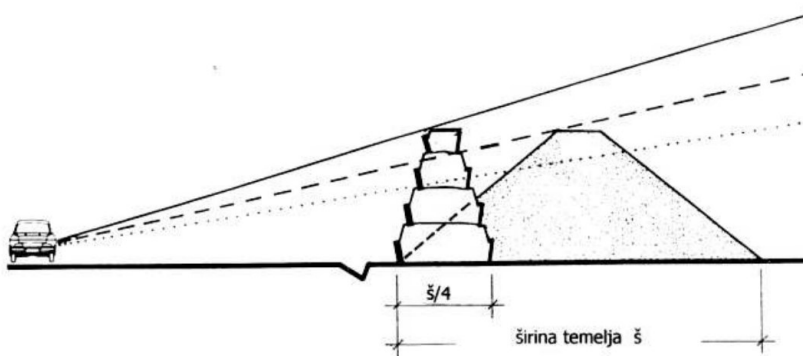
- Izgradnja nasipa za zaštitu od buke → mogu se koristiti sve vrste zemljanih i ostalih materijala (npr. leteći pepeo, otpadni materijal nastao rušenjem) koji obezbeđuju trajnu i stabilnu realizaciju. Jedan od razloga zašto je ova mera, uslovno rečeno nepopularna, je svakako, pored cene koštanja i dodatna eksproprijacija zemljišta u svrhu realizacije saobraćajnice.



Slika 4. Nasip za zaštitu od buke [1]

Zatim, često se ovakvi nasipi i dodatno ozelenjavaju, kako bi se što skladnije uklopili u postojeću životnu sredinu, što opet sa sobom iziskuje i određene dodatne troškove održavanja. nasipa za zaštitu od buke.

Pored zemljanih materijala, za ovakve nasipe se u zapadnim zemljama, koristi i armirana zemlja, koja može dovesti do uštede u angažovanom zemljištu, ali uz povećanje troškova izvođenja:



Slika 5. Nasip za zaštitu od buke od armiranog zemljanog materijala koji zahtevaju manji prostor za izvođenje [1]

Naravno, kada je u pitanju položaj trase u poprečnom profilu, jedna od najefikasnijih, ali svakako i investiciono najizazovnije mera je polaganje puta u tunelsku konstrukciju, sa osnovnim ciljem smanjenja inteziteta buke. Jedan od takvih primera su nemački autoputevi, gde su pojedine deonice „spuštene” pod zemlju, kako bi se smanjio intezitet buke u urbanom području.



Slika 6. Nemačka, Autobahn, Hamburg – polaganje autoputa u tunelsku konstrukciju u cilju smanjenja negativnih uticaja na urbanizovano područje, Altona tunel [4]

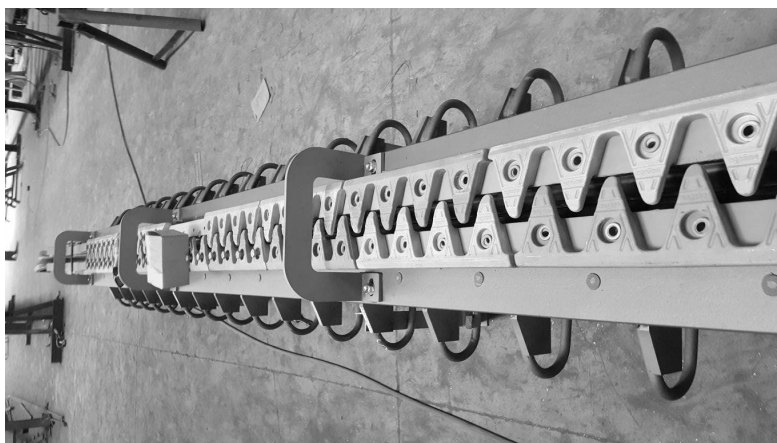


Slika 7. Nemačka, Autobahn, Hamburg, Altona tunel – Pogled „odozgo” [4]

Konkretno, na slikama su prikazane animacije tunela Altona na autoputu u Nemačkoj, koji je projektovan prevashodno u cilju smanjenja inteziteta buke u neposrednoj okolini Hamburga. U pitanju je jedna od najopterećenijih autoputnih deonica u Nemačkoj, sa PGDS-om od oko 152000 vozila. Izgradnja tunela Altona je započeta 2021.god. i njen završetak je planiran za 2029.godinu. Investiciona vrednost izgradnje je u ovom trenutku procenjena na 580 miliona eura.

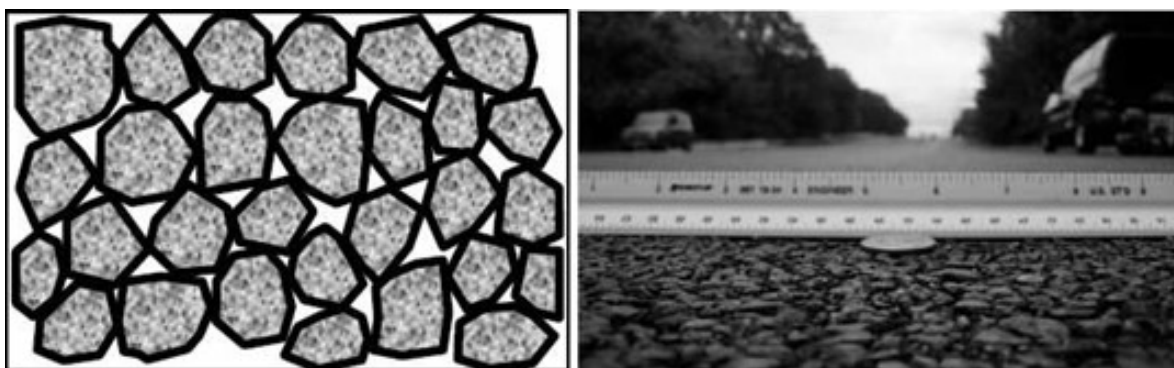
Kada su u pitanju druge konstruktivne mere, izdvaja se primena određenih savremenih kolovoznih zastora i elemenata gornjeg stroja puta:

- Specijalne konstrukcije mostovskih dilatacija koje smanjuju nivo buke pri prolasku vozila i do 80% i primenjuju se kod izuzetno opterećenih mostovskih deonica na autoputevima:



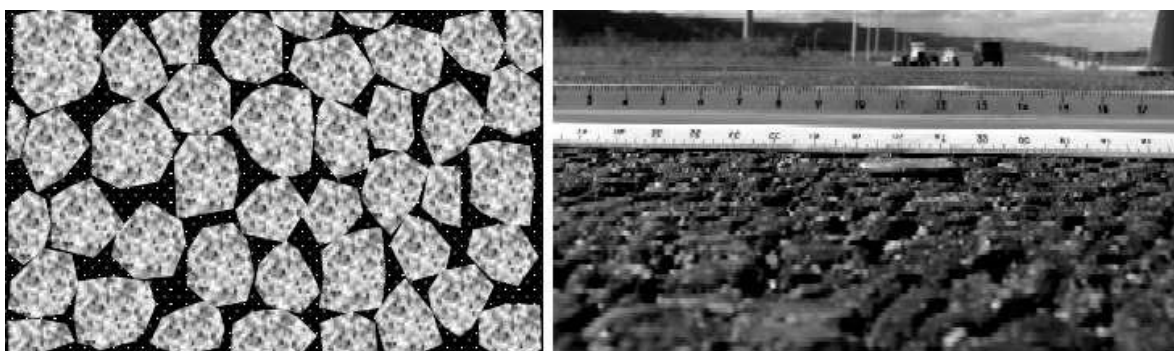
Slika 8. Primena savremenih rešenja mostovskih dilatacija [5]

- Porozni i dvoslojni porozni asfalt betoni → poroznost dobra za smanjenje buke, ali skupa za ugradnju i održavanje i ima kratku trajnost:



Slika 9. Primena poroznih asfalta kao završnog sloja kolovozne konstrukcije [6]

- Primena SMA mešavina kao završnog sloja kolovozne konstrukcije – skuplja u ugradnji u odnosu na obični asfalt, ali ekonomičnija u pogledu trajnosti i smanjenja buke:



Slika 10. Primena SMA mešavine kao završnog sloja kolovozne konstrukcije [6]

Za prethodno navedene mere, može se izvršiti njihovo upoređenje, sa akcentom na efikasnost u smanjenju nivoa buke, uzimajući u obzir i procenjenu vrednost investicionih troškova.

Tabela 1: Uporedni prikaz primene različitih tehničkih mera za smanjenje inteziteta buke

Mere zaštite od buke	Efikasnost primenjenih mera	Procenjena vrednost primene
Zemljani nasip	Dobra mera ali angažuje dosta prostora	Može biti ekonomično rešenje pod uslovom da postoji deponovani materijal na trasi saobraćajnice. Treba uzeti u obzir i troškove eksproprijacije dodatno angažovanog zemljišta.
Zid za zaštitu od buke	Dobra mera i ne zahteva dosta prostora	Može biti višestruko skuplja tehnička mera od nasipa (u zavisnosti od tipa panela/zida) ali se svakako štedi na ekspropisanom zemljištu.
Podzemna, tunelska konstrukcija	Ekstremna opcija za izuzetno veliko saobraćajno opterećenje	Svakako najskuplje tehničko rešenje u odnosu na prethodno navedene. Do nekoliko desetina hiljada puta skuplje od zemljanog nasipa.
Intervencije na gornjem stroju (savremeni kolovozni zastori, savremeni gornji stroj pruge)	Srednja efikasnost	Troškovi ekvivalentni manje više primeni zemljanog nasipa, u zavisnosti od raspoložive tehnologije.

Svakako treba naglasiti da postoje i pasivne mere zaštite kao što su zvučna izolacija prozora i vrata zgrada (npr. dupli prozori apsorbuju oko 30dB emitovane buke), ali one ne predstavljaju rešenja koje su međuzavisna sa oblikovanjem puta u sve tri projekcije.

5 ZAKLJUČAK

Povećan intezitet buke u neposrednoj okolini puta i uopšte životnoj sredini, svakako utiče na svakodnevne životne okolnosti ljudi, na njihov komfor i udobnost, ali nepobitno i na njihovo zdravlje. Ovo poslednje predstavlja ključni faktor za identifikaciju mera koje mogu uticati na smanjenje inteziteta buke koja nas svakodnevno okružuje.

Jedan od najznačajnijih izvora buke je saobraćaj, pre svega kao rezultat povećanog broja motornih vozila i promena u samoj strukturi saobraćajnog toka. Smanjenje uticaja buke na životnu sredinu moguće je postići primenom brojnih i u osnovi različitih, ali inženjerima poznatih mera u praksi. U radu su prikazane ključne tehničke mere za smanjenje nivoa buke, koje je moguće primeniti u procesu projektovanja puteva i izvršena je njihova komparacija sa stanovišta efikasnosti, ali i sa stanovišta cene koštanja njihovog sprovođenja.

LITERATURA

- [1] Priručnik za projektovanje puteva u Republici Srbiji (2012), 7. Put i životna sredina, Javno preduzeće Putevi Srbije
- [2] Katanić J., Andjus V., Maletin M. (1983) Projektovanje puteva, Građevinska knjiga, Beograd

- [3] <https://www.multivario.rs/transparentni-paneli-protiv-buke>, pristupljeno: 08.09.2024.
- [4] https://www.tunnel-online.info/en/artikel/tunnel_DEGES_Awards_Major_Contract_for_A7_Altona_Tunnel_in_Hamburg_to_Hochtief_and-3622295.html, pristupljeno: 08.09.2024.
- [5] <https://naissus.rs/en/proizvodi/>, pristupljeno: 08.09.2024.
- [6] Ilić V., Milićević S. (2012). Savremeni kolovozni zastori sa smanjenim nivoom buke, 2nd International Scientific Meeting GTZ 2012, Tuzla, June 07-09, 2012

SUMMARY

Active Technical Noise Protection Measures in the Road Design Process

Summary: The increase in the motorization of modern society has undoubtedly led to a series of negative impacts on the environment (air, water and soil pollution, increased noise and vibration levels, occupation of space, engagement of green areas for the purpose of implementing traffic infrastructure, visual degradation of space, impact on people, flora and fauna in the broadest sense). The structure and scope of the impact depend on numerous factors, including local natural and social conditions, the means of transportation, the rank of the road in the network, as well as the traffic load of the road in question. The paper will focus on the phenomenon of noise, as one of the negative impacts that is easiest to quantify, but also to reduce, both in the stages of the design itself and when choosing specific constructive solutions. The paper will present possible construction solutions for reducing traffic noise, as well as a comparative analysis of the effects of various active noise protection measures.

Key words: traffic, motorization, negative impacts, design, noise, active technical protection measures