

Doc. dr Goran MLADENVIĆ, dipl. inž. građ.¹
Mr Nevena VAJDIĆ, dipl. inž. građ.²

INDIKATORI UTICAJA NA OKOLINU PRI GRAĐENJU I EKSPLOATACIJI PUTEVA

0352-2733, 45 (2012), p. 344-406

UDK: 504.53.05:625.7/.8

PREGLEDNI NAUČNI ČLANAK

Rezime

U radu je prikazan razvoj i implementacijanovih i postojećih indikatora uticaja na životnu sredinu (EPI) u ERANET-ROAD projektu EVITA – Indikatori uticaja na životnu sredinu putne infrastrukture i njihova primena u procesu upravljanja, uzimajući u obzir očekivanja različitih zainteresovanih strana (korisnici, upravljači, stanovništvo koje živi u blizini puta i dr.).

Inventar postojećih indikatora, koji je baziran na obimnoj analizi literature, je korišćen kao polazna osnova za identifikaciju, razvoj i implementaciju postojećih i novih indikatora EPI u oblastima:

- Buka prouzrokovana korišćenjem puta (uključujući saobraćaj i održavanje puta),
- Zagađenje vazduha i vode usled korišćenja puta, i

¹Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu

²AD Aerodrom „Nikola Tesla“, Beograd

Rad primljen oktobra 2012.

- Potrošnja prirodnih resursa, uključujući energiju.

U raduse takođe prikazuje opšti okvir za implementaciju izabranih indikatora EPI u sistemima za upravljanje održavanjem kolovoznih konstrukcija i putnih dobara.

Ključne reči: upravljanje putnim dobrima, upravljanje održavanjem kolovoznih konstrukcija, životna okolina, tehnički parametar, indikator uticaja

ENVIRONMENTAL KEY PERFORMANCE INDICATORS OF ROAD INFRASTRUCTURE

Abstract

The paper presents work performed within the ERANET-ROAD project EVITA – Environmental Performance Indicators for the Total Road Infrastructure Assets on development and integration of new and existing Environmental Key Performance Indicators (EPI) in asset management process taking into account the expectations of different stakeholders (users, operators, neighbors, etc.).

The inventory of existing indicators, based on extensive literature review, is used as a starting point for identification, development and implementation of existing and new EPIs in the following areas:

- Noise produced by road operation (including road traffic and maintenance),
- Air and water pollution due to road operation, and
- Natural resources, including energy, consumption.

Paper also presents the general framework for implementation of selected EPIs in Pavement and Asset Management Systems.

Key words: road asset management, environment, technical parameter, performance indicator

1. UVOD

ERANET-ROAD je zajednički istraživački program, financiran od strane 13 putnih administracija (Belgija-Flandrija, Danska, Finska, Francuska, Nemačka, Irska, Litvanija, Holandija, Norveška, Slovenija, Švedska, Švajcarska i Velika Britanija) sa ciljem da se sprovedu istraživanja u oblastima koja su od šireg interesa za sve Evropske putne administracije.

Jedan od projekata koji je odobren 2010. godine u okviru poziva „Effective Asset Management meeting Future Challenges“ bio je projekat EVITA – Environmental Indicators for the Total Road Infrastructure Assets, čiji je cilj bio pronalaženje ključnih indikatora stanja iz oblasti zaštite životne sredine, koje je moguće integrisati

u postojeće sisteme za upravljanje putnom infrastrukturom.

Kordinatori projekta bili su Institut Français des Sciences et des Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (bivša Laboratorija LCPC) iz Francuske i firma PMS-Consult iz Austrije, a istraživački tim su sačinjavali Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) iz Portugala, Transport Research Laboratory (TRL) iz Engleske, Zavod za gradbeništvo Slovenije - Slovenian National Building & Civil Engineering Institute (ZAG) i DRI Investment Management, Company for Development of Infrastructure Ltd. iz Slovenije i Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Laboratorija za kolovozne konstrukcije.

Ovaj rad predstavlja sintezu najvažnijih rezultata ovog projekta koji je upravo priveden kraju. Značaj ovog projekta je višestruk, kako po pitanju potencijalnih korisnika (agencije za upravljanje putnom infrastrukturom, korisnici, donosioci odluka, stanovništvo), tako i u tehničkom smislu u pogledu definisanja ključnih indikatora stanja prema poslednjim standardima i preporukama relevantnih organizacija (npr. Evropske komisije).

Sistemi za upravljanje održavanjem kolovoznih konstrukcija imaju široku primenu u optimizaciji održavanja puteva. Osnovni kriterijum za vrednovanje različitih strategija održavanja je ekonomski, izražen bilo kroz neto sadašnju vrednost razlika između koristi i troškova ili kroz

internu stopu rentabiliteta. Koristi se najčešće računaju kao razlika u troškovima korisnika za analizirane strategije održavanja.

Strategije održavanja kolovoznih konstrukcija se zasnivaju na oceni postojećih funkcionalnih karakteristika kolovozne konstrukcije, nosivosti ili površine kolovoza i optimalnog izbora adekvatnog tretmana koji bi ove karakteristike popravio, tj. povratio na zadovoljavajući nivo. Osim monetarnih troškova upotrebe materijala, mehanizacije i ljudskih resursa neophodnih za izvođenje izabranog tretmana, pri optimizaciji strategija, uzimaju se u obzir i troškovi korisnika. Ovi troškovi se odnose na direktne troškove putovanja, tj. vremena provedenog u saobraćaju predstavljenom kroz monetarnu vrednost, procenjene operativne i troškove amortizacije vozila, kao i dodatne troškove nastale usled izvođenja izabranog tretmana koji se ogledaju u dužem vremenu provedenom u putovanju usled prouzrokovanih zagušenja u saobraćaju.

Međutim, poslednjih godina potrebe i očekivanja zainteresovanih strana u oblasti putne infrastrukture i saobraćaja idu mnogo dalje od obezbeđivanja nosivosti ili funkcionalnih karakteristika površine kolovoza. Ove potrebe i očekivanja se odnose i na potrebu očuvanja vrednosti infrastrukture, bezbednost (kako za korisnike puteva, tako i za ljude koji žive u njihovoj okolini), buku, kvalitet vazduha, društveno-ekonomske i druge uticaje na okolinu, kao i troškove upravljanja i održavanja. Stoga postoji

potreba da se svi ovi aspekti uključe u sistem upravljanja održavanjem kroz tzv.indirektne troškove, koji podrazumevaju ključne inidikatore uticaja na okolinu i njihove monetarne vrednosti, koji mogu obezbediti osnovu za donošenje racionalnih odluka u skladu sa strategijom održivog razvoja.

2. METODOLOGIJA

Cilj projekta EVITA je bio razvoj i integracija novih i postojećih ključnih indikatora stanja iz oblasti životne sredine u proces upravljanja putnom infrastrukturom, uzimajući u obzir očekivanja različitih zainteresovanih strana (korisnika, javnogsektora, stanovništvaitd.). Nivo na kome su razmatrane potrebe i očekivanja zainteresovanih strana je nivo projekta ili deonice puta.

Razvoj indikatora uticaja na životnu sredinu, koji će se koristiti u sistemima za upravljanje održavanjem puteva je sproveden u nekoliko faza:

1. sveobuhvatna analiza zainteresovanih strana i njihovih očekivanja,
2. inventar postojećih indikatora uticaja na životnu sredinu,
3. razvoj nedostajućih indikatora uticaja na životnu sredinu, i

4. preporuke u pogledu primene i implementacije indikatora uticaja na životnu sredinu u sistemima za upravljanje održavanjem puteva.

Pri tome se pregled postojećih i razvoj nedostajućih indikatora stanja, ograničavao na tehničke indikatore, koji se mogu meriti ili kvantifikovati, dok je pregled postojećih i razvoj nedostajućih strateških indikatora uticaja na životnu sredinu bio predmet komplementarnog ERANET-ROAD projekta SBAKPI (Strategic benchmarking and key performance indicators). Posebna pažnja je posvećena razvoju ključnih indikatora stanja, koji su jednostavni za interpretaciju i razumljivi svim zainteresovanim stranama.

3. ZAINTERESOVANE STRANE I NJIHOVA OČEKIVANJA

Na osnovu pregleda literature i rezultata upitnika koji su popunjavali učesnici EVITA projekta, sumirana je lista zainteresovanih strana kao i lista njihovih očekivanja[1]. Zainteresovane strane su grupisane u sedam grupa u okviru kojih su definisane kategorije (tabela1).

Očekivanja zainteresovanih strana su podeljena u dve grupe u zavisnosti od toga da li se odnose na životnu sredinu ili ne.

U grupi očekivanja koja se ne odnose na životnu sredinu su svrstani: efikasnost (koja podrazumeva vreme putovanja i pristupačnost), zatim bezbednost, nivo usluge (udobnost vožnje, kvalitet pratećih sadržaja, informacije o trenutnim uslovima, estetika i čistoća), socijalno ekonomski razvoj (razvoj društva i socijalno-ekonomska integracija) i profitabilnost (nivo povraćaja investicije, investicioni rizici, mogućnost poslovnog razvoja, efikasnost menadžmenta).

Tabela 1. *Zainteresovane strane*

Zainteresovane strane	Kategorije
Korisnici puta	Svakodnevni korisnici Autobusi i kamioni Turisti Biciklisti i pešaci
Okruženje	Stanovništvo koje živi u neposrednom okruženju puta Poslovni sadržaji Industrija Korisnici javnih sadržaja (bolnice, škole...)
Finansijske organizacije	Razvojne banke Aktionari Javne finansijske kuće Osiguravajuće kompanije

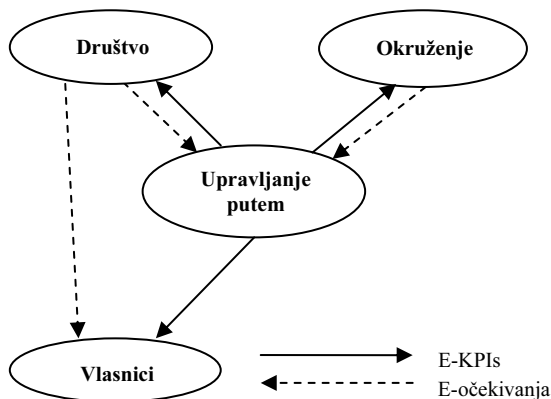
Društvo	Razvijene zemlje Zemlje u ekonomskoj tranziciji Zemlje u razvoju
Vlasnici puta	Direkcije za puteve (javne agencije) Privatne kompanije
Upravljači putnom infrastrukturom	Direkcije za puteve Koncesionari Upravljači projektima na lokalnom nivou
Ostali	Građevinske kompanije Drugi vidovi transporta Istraživačke i obrazovne institucije

Očekivanja koja se odnose na zaštitu životne sredine su klasifikovana kao očekivanja u oblasti održivog razvoja (očuvanje životne sredine, zaštita prirodnih resursa, smanjenje uticaja na klimatske promene i briga o javnom zdravlju) i očekivanja u oblasti očuvanja nasleđa, prevencije prirodnih nepogoda i planova evakuacije.

Daljom analizom je utvrđeno da je uticaj putne infrastrukture na životnu sredinu u najvećoj meri briga stanovništva u okruženju, društva u celini i vlasnika objekta. Stanovništvo u okruženju u najvećoj meri je okrenuto zaštiti od emisije buke, očuvanju životne sredine, kvalitetu života i usklađenosti sa propisima u oblasti javnog zdravlja. Društvo u celini svoja očekivanja u najvećoj meri nalazi u oblasti očuvanja prirodnih resursa, izostavljanja doprinosa klimatskim promenama i javnom zdravlju. Vla-

snici puta, tj. državni organi, koji su vlasnici objekta svoja očekivanja u vezi zaštite životne sredine vezuju za očekivanja drugih zainteresovanih strana u smislu da je bitno održati javno mnjenje i ispuniti očekivanja društva i javnosti.

U svetlu projekta EVITA, očekivanja zainteresovanih strana su povezana sa agencijama koje upravljaju putnom infrastrukturom na nivou projekta. Potreba za ključnim indikatorima uticaja na okolinu proističe iz interakcije između zainteresovanih strana. Slika 1 predstavlja šematski prikaz interakcije zainteresovanih strana i njihovih očekivanja u oblasti zaštite životne sredine.



Slika 1. Šematski prikaz interakcije zainteresovanih strana [1]

Kao što je već pomenuto, tri grupe zainteresovanih strana zastupaju svoje interese u oblasti očuvanja životne sredine: društvo, okruženje i vlasnici objekta. Agencije koje su zadužene za upravljanje putnom infrastrukturom su takođe uključene u ovaj proces obzirom da su one direktno odgovorne za primenu načela zaštite životne sredine i upravljanje resursima u procesu održavanja putne infrastrukture. U ovom smislu, ove agencije u komunikaciji sa ostalim zainteresovanim stranama koriste ključne indikatore stanja, koji su jednostavni za razumevanje, a opet pružaju dovoljno informacija o određenoj oblasti iz zaštite životne sredine.

4. POSTOJEĆI INDIKATORI STANJA U OBLASTI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

Prvi korak u definisanju potreba za indikatorima uticaja na životnu sredinu EPI bio je da se napravi inventar postojećih indikatora na osnovu uvida u više istraživačkih projekata koji su uključivali COST (European Cooperation in Science and Technology) akciju 354 – Indikatori stanja kolovoznih konstrukcija [3], ali i druge COST akcije (350, 351, 356, itd.), Evropske istraživačke projekte (SILVIA, SILENCE, POLMIT, HEATCO, ASPECT, itd.), postojeće programe i modele (ASJ, RTN-Model 2008, PaLATE, BE²ST-in-highways, itd.), kao i određene

specifične studije pojedinih kompanija i organizacija (COLAS, FINNRA, EEA, itd.).

Na osnovu ovog pregleda definisano je 11 indikatora stanja relevantnih za proces upravljanja putnom infrastrukturom [1]. Ovi indikatori su razvrstani u pet oblasti koje su prethodno definisane, kao oblasti od interesa (tabela 2). U ovom koraku projekta EVITA, indikatori su birani tako da zadovoljavaju dva kriterijuma: da su primenljivi na nivou projekta i da su tehnički, tj. da se mogu izmeriti i pratiti kroz vreme.

Tabela 2. *Postojeći indikatori uticaja na životnu sredinu [1]*

Oblast	Tehnički indikator/parametar
Buka	<ul style="list-style-type: none"> - Ekvivalent trajnog nivoa buke, L_{eq}, $L_{Aeq,T}$ - Ekvivalent nivoa buke Dan-Veče-Noć L_{den} - Noćni nivo buke L_{night} - Koeficijent apsorpcije
Zagađenje vazduha	- Koncentracija zagađivača ($PM_{2.5}$, PM_{10} , NO_x , SO_2 , NMVOC, CO, Hg, Pb, HC)
Zagađenje vode	<ul style="list-style-type: none"> - Koncentracija teških metala (Cd, Cu, Pb, Cr, Zn, Fe, Ni, Na) - Koncentracija svih ugljovodonika (policiklični aromatični ugljovodonici, PAH)

	- Koncentracija soli za odleđivanje (sulfati, kalcijum hlorid, natrijum)
Prirodni resursi	- Smanjenje otpada (korišćenje recikliranih materijala u izgradnji i održavanju) - Potrošnja energije
Emisija CO₂	- Emisija CO ₂ ekvivalenta (CO ₂ e)

Svi predstavljeni indikatori su dalje razmatrani u smislu da su napravljene pregledne tabele za svaki od njih, iz kojih se mogu dobiti detaljnije informacije, kao što su tehničke karakteristike (način merenja, jedinice mere, povezani indikatori, izvori literature i dr.) i opšti parametri (nivo primene, dostupnost podataka, da li izražava očekivanja zainteresovanih strana i sl.). Detaljni listovi o ovim indikatorima su dostupni u okviru EVITA izveštaja br. 2.2 [2]. Na osnovu predstavljenih rezultata, pristupilo se analizi okvira za primenu ključnih indikatora uticaja na životnu sredinu u procesu upravljanja putnom infrastrukturom.

5. IMPLEMENTACIJA KLJUČNIH INDIKATORA STANJA

Razvoj okvira za primenu ključnih indikatora stanja podrazumeva razvoj fleksibilnog sistema koji omogućava primenu raznih tipova indikatora i indeksa, različitih

ciljeva i različitih nivoa primene [3]. Na osnovu rezultata prethodnih radnih grupa, utvrđeno je da su neki indikatori stanjarelevantni za sam objekat, tj. put, dok neki drugi indikatori, kao što su zagađenje vode i vazduha, imaju šire efekte i zavise i od drugih faktora. Takođe je utvrđeno da se indikatori stanja mogu podeliti prema fazi projekta na indikatore koji su relevantniza fazu izgradnje ili fazu izvođenja radova na održavanju (npr., upotreba prirodnih resursa), i indikatore koji su relevantni za više faza (npr. indikatori koji predstavljaju emisiju štetnih gasova relevantni su za sve faze projekta: izgradnju, održavanje i eksploataciju). Takođe i prostorna interpretacija indikatora ima svojih ograničenja u primeni. Npr. indikatori buke su lokalnog karaktera, dok je emisija CO₂ globalnog karaktera.

Uzimajući u obzir sve nabrojane karakteristike, kao i činjenicu da su dostupne informacije o tehničkim parametrima i indeksima još uvek ograničene, zaključeno je da strategija za primenu ključnih indikatora uticaja na životnu sredinu treba da bude uspostavljena na način da može da koristi minimum informacija za razvoj jednostavnog, lako razumljivog indikatora, koji naknadno može da bude dopunjen dodatnim informacijama, ukoliko postanu dostupne, radi bolje tačnosti. U ovu svrhu je odlučeno da se primeni proces za transformaciju tehničkih parametara ili indeksa koji su korišćeni u okviru projekta COST354 [4].

Svi indikatori stanja koji bi se primenjivali u procesu upravljanja putnom infrastrukturom će biti izraženi kao bezdimenzionalni indeks u rasponu od 0 (veoma dobro stanje) do 5 (veoma loše stanje), (tabela 3). Transformacija će biti izvedena na osnovu adekvatne funkcije, a ovakav pristup omogućava osnovu za kvantitativno poređenje rezultata.

Proces transformacije samog tehničkog parametra u indikator stanja se sastoji iz četiri koraka [4]:

Tabela 3. *Vrednosti indikatora stanja [4]*

Veoma dobro	Dobro	Prosečno	Loše	Veoma loše
0-1	1-2	2-3	3-4	4-5

- (a) Odlučivanje o vrednostima tehničkog parametra i odgovarajućih vrednosti indikatora. Neophodno je definisati najmanje dve tačke.
- (b) Ucrtavanje definisanih tačaka iz koraka (a) na dijagramu.
- (c) Određivanje funkcije sa najmanjim odstupanjem. Može se očekivati da će funkcija biti ili linearna ($y=mx+c$) ili kvadratna ($y=ax^2+bx+c$).
- (d) Izračunavanje i testiranje raspona vrednosti i tačnosti. Ukoliko transformacija nije odgovarajuća, ponoviti korake.

Daljom analizom primene ključnih indikatora stanja ustanovljeno je da, u zavisnosti od željene primene, mogu da se očekuju tri slučaja: korišćenje jednog ključnog indikatora stanja, kombinacija više indikatora u zavisnosti od faze projekta (izgradnja, tekuće održavanje ili celokupni projektni period) i kombinacija više indikatora u zavisnosti od zainteresovane strane (lokalno-okruženje ili globalno-društvo). Preporučena procedura za kombinovanje više indikatora se takođe koristila u okviru COST 354 projekta [4].

Procedura se zasniva na metodi unapređenog kriterijuma maksimalne vrednosti u kojoj korisnik dodeljuje težinski koeficijent svakom indikatoru ponaosob u skladu sa prioritetima. Drugim rečima, kombinovani indikator predstavlja kombinaciju jednog ključnog indikatora sa maksimalnim težinskim koeficijentom i više pojedinačnih indikatora od interesa sa raspodeljenim težinskim koeficijentima. Funkcija je definisana kao:

$$C(EPI) = \min \left[5; I_1 + \frac{p}{100} (\overline{I_2, I_3, \dots, I_n}) \right]$$

$$I_1 \geq I_2 \geq I_3 \geq \dots \geq I_n \quad (1)$$

$$I_1 = W_1 EPI_1, I_2 = W_2 EPI_2, \dots, I_n = W_n EPI_n$$

gde je:

$C(EPI)$ –	kombinovani ključni indikator u oblasti zaštite životne sredine,
$I_i, i=1, \dots, n$ –	indeksi,
n –	broj indikatora od interesa,
p –	faktor uticaja,
$W_i, i=1, \dots, n$ –	težinski koeficijenti,
$EPI_i, i=1, \dots, n$ –	ključni indikator stanja u oblasti zaštite životne sredine transformisani u bezdimenzionalni indeks.

Težinski koeficijenti predstavljaju procenu značajnosti nekog ključnog indikatora i kreću se od 0 (najmanji značaj) do 1 (najveći značaj). Faktorom uticaja p ostavljena je mogućnost da se reguliše relativan odnos pojedinačnog indikatora stanja i maksimalnog težinskog koeficijenta i ostalih pojedinačnih indikatora stanja. Ukoliko se njegova vrednost povećava, povećava se uticaj ostalih pojedinačnih indikatora u odnosu na indikator sa maksimalnim težinskim koeficijentom.

Broj indikatora koji ulaze u proračun kombinovanog indikatora stanja zavisi od nivoa primene, kao i od agencije koja primenjuje proceduru koje se razlikuju pogledu nivoa dostupnih podataka, metoda analize i planiranja, usvojenih kritičnih vrednosti, lokalnih standarda i prioriteta [4]. U tu svrhu predložen je fleksibilan sistem koji omogućava korišćenje kombinovanih indikatora u zavisnosti od nivoa dostupnosti podataka i cilja primene. Predložena su tri nivoa: minimalni nivo (najčešće jedan ili

par ključnih indikatora, najmanji broj ulaznih podataka), standardni nivo (korišćenje željenih, tj. ciljanih tehničkih parametara) i optimalni nivo (napredna primena, korišćenje više tehničkih parametara).

6. PREDLOŽENI INDIKATORI STANJA U OBLASTI ŽIVOTNE SREDINE

Na osnovu analize postojećih indikatora, kao i njihove potencijalne primene, u okviru projekta EVITA je odlučeno da se indikatori podele u četiri oblasti: buka, zagađenje vazduha, zagađenje vode i prirodni resursi [5].

6.1. Razvoj indikatora za buku

Buka prouzrokovana saobraćajem ima najveći uticaj na stanovništvo koje živi u okruženju i koje očekuje od agencije koja upravlja putnom deonicom ili mrežom u celini, informacije o uticaju buke na njihov komfor i zdravlje. Stoga je neophodno definisati odgovarajuće indikatore uticaja koji mogu da pruže ovakve informacije, pa su u odnosu na postojeće tehničke indikatore u ovoj oblasti (tabela 1) dodata još dva indikatora: procenat populacije izložen određenom nivou buke i broj ljudi koji su iritirani određenim nivoom buke.

Ponderisan ekvivalentni nivo buke $L_{A,eq}[T]$ tokom perioda T je osnovni tehnički parametar, kada se radi o buci, definisan izrazom:

$$L_{A,eq}[T] = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \int_T 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right) \quad (2)$$

gde je:

$L_A(t)$ – A-ponderisani kontinualni nivo buke izmeren u određenom trenutku vremena t , i

$L_{A,eq}(T)$ – Prosečni nivo buke tokom perioda T baziran na ekvivalentnoj energiji.

A-ponderisan nivo buke uzima u obzir osetljivost ljudskog uha. Mnogi standardi i propisi se zasnivaju na primeni $L_{Ae,q}[T]$ kao indikatora za buku.

Indikatori L_{den} i L_{night} su primenjeni kao osnova za razvoj novih indikatora EPI za buku.

Evropska direktiva o buci [6] obavezuje sve zemlje članice da izvrše procenu buke prouzrokovane drumskim saobraćajem u naseljenim mestima i područjima uz glavne puteve. Ona definiše nivo buke tokom dana-večeri-noći L_{den} izrazom:

$$L_{den} = 10 \lg \left[\frac{12}{24} \cdot 10^{L_{day}/10} + \frac{4}{24} \cdot 10^{(L_{evening} + 5)/10} + \frac{8}{24} \cdot 10^{(L_{night} + 10)/10} \right] \quad (3)$$

gde L_{day} , $L_{evening}$ i L_{night} predstavljaju A-ponderisane, prosečne nivoe buke, definisane prema standardu ISO 1996-2: 1987., tokom određenog perioda (dan, večer ili noć, respektivno) tokom godine. Trajanje dnevnog perioda je 12 sati (npr. od 06:00 do 18:00). Večernji period traje 4 sata (npr. od 18:00 do 22:00), a noćni period 8 sati (npr. od 22:00 do 06:00). Godina se odnosi na relevantnu godinu što se tiče emisije buke i na prosečnu godinu što se tiče meteoroloških uslova. Tačka u kojoj se meri nivo buke nalazi se napolju, na visini od 4 m od tla na najizloženijoj fasadi zgrade.

U Evropskoj direktivi o buci [6] definisani su podaci koje treba poslati Evropskoj komisiji za naseljena mesta i najznačajnije puteve, železničke pruge i aerodrome. Oni uključuju podatke o izloženosti populacije buci, tj. procenjeni broj stanovnika (u stotinama) koji živi u stambenim zgradama izloženim određenim nivoima buke L_{den} izražene u dB(A) na 4 m iznad zemlje na najizloženijoj fasadi: 55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75; odvojeno za buku usled drumskog, železničkog i vazdušnog saobraćaja i usled drugih izvora. Slično je potrebno uraditi i za indikator L_{night} za sledeće pojaseve vrednosti: 50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70 dB(A). Uz podatke se često formira i strateška mapa buke i plan aktivnosti.

Indikator EPI za buku prouzrokovanu drumskim saobraćajem treba da odrazi trenutno stanje izloženosti populacije koja živi duž putne deonice, uzimajući u obzir po-

datke zahtevane Evropskom direktivom kao ulaz. U idealnom slučaju, indikator za buku treba da uključi strukturu populacije (broj odraslih osoba, dece, bolesnih osoba i sl.) i/ili namenu objekata (stambeni objekti, škole, bolnice i dr.). Međutim, u praksi na osnovu raspo-loživih podataka se može najčešće zaključiti samo o obi-mu populacije u području sa određenim nivoom buke bez podele po kategorijama. Slično tome, ni podaci o tipu objekata se ne prikupljaju sistematski.

Stoga je usvojen pristup da se indikator EPI za buku bazira na procentu populacije koji je izložen saobraćajnoj buci u određenom području koje se može definisati kao područje uz putnu deonicu koja je predmet analize na kome nivo saobraćajne buke prelazi određene granice (npr. $L_{den} > 55$ dB(A) i $L_{night} > 50$ dB(A)). Drugi važan aspekt u definiciji EPI za buku je kako se određeni nivoi buke odnose u skladu sa propisanim ili preporučenim pragovima buke u razmatranom području. To je najznačajniji parametar u pogledu sprovođenja aktivnosti na unapređenju putne infrastrukture u pogledu saobraćajne buke. Treći važan parametar je iritiranost izložene populacije, koja treba da se uzme u obzir prilikom definisanja indikatora EPI za buku.

Osnovni koraci za analizu buke u okviru projekta EVITA u skladu sa Evropskom direktivom o buci su:

1. definisati geografsku oblast izloženu buci usled drumskog saobraćaja na osnovu topografski i

meteorološki uslovi, rasporeda objekata i gustine stanovništva,

2. prikupiti podatke o putnoj infrastrukturi: obimu i raspodeli saobraćaja, brzinama, tipovima kolovoznih površina, barijerama za zaštitu od buke i dr.,
3. vrednovati izloženost populacije buci prouzrokovanoj putnim saobraćajem primenom modela za emisiju i rasprostiranje buke preporučenog u određenoj zemlji ili primenom Common NOise aSSessment methOdS (CNOSSOS) modela preporučenog od strane EU [7]; i
4. sračunati EPI za buku.

Predloženi tehnički parametri za nivo buke mogu se klasifikovati na tri nivoa:

1. Indikator emisije buke koji se zasniva na fizičkim merenjima nivoa buke i A-ponderisanom ekvivalentnom nivou buke $L_{Aeq}[T]$ ili L_{den} i L_{night} ,
2. Indikator izloženosti buci koji se zasniva na izloženosti određenom nivou buke i definisanim pragovima buke, i
3. Indikator uticaja buke koji se zasniva na izloženosti buci i uznemirenosti (iritiranosti) koju ta buka izaziva. Ovaj indikator se ne može koristiti nezavisno od indikatora izloženosti s obzirom da on u određenoj meri odražava nivo izloženosti.

Svi indikatori buke se mogu primeniti na putne deonice bez obzira na njihovu dužinu. Njihova vrednost je prosečna vrednost indikatora duž deonice. Stoga je preporučljivo, kao i za sve druge indikatore stanja, da se ne definišu suviše dugačke deonice, jer se u tom slučaju ne može sagledati promenljivost parametra duž deonice i ne mogu se uočiti najznačajnije lokacije, ali i da se ne koriste suviše kratke deonice, jer buka nije lokalni fenomen. Jedinična dužina deonice treba da se kreće između 200 m i 1 km, pri čemu je preporučena “standardna” dužina 500 m.

6.1.1 Indikatori izloženosti buci

Maksimalna površina područja pored puta koja je izložena buci usled drumskog saobraćaja se definiše kao površina na kojoj je indikator buke izražen indikatorom $L_{den} > 55$ dB(A) ili gde je nivo buke tokom noći izražen preko indikatora $L_{night} > 50$ dB(A).

Tehnički parametar izloženosti buci, koji se zasniva na parametru L_{den} se definiše kao procenat stanovništva koje živi u “pogođenom području” koje je izloženo nivou buke L_{den} koji je veći od dozvoljenog (ili preporučenog) nivoa buke $L_{den, threshold}$:

$$TP_{Noise, den} = 100 \cdot \frac{n_{den,i}}{n_{den}} \quad (4)$$

gde su:

- $TP_{Noise,den}$ – tehnički parametar koji definiše procenat populacije duž deonice puta koji je izložen nivou buke iznad praga $L_{den,threshold}$, (%),
- $n_{den,i}$ – broj ljudi izložen nivou buke $L_{den,i} > L_{den,threshold}$, određen na osnovu mapiranja buke, i
- n_{den} – ukupan broj ljudi koji živi u razmatranom-području pored puta.

Slično se može sračunati odgovarajući tehnički parametar za nivo buke L_{night} koji definiše procenat populacije koja živi duž puta koji je izložen nivou buke većem od $L_{night,threshold}$.

$$TP_{Noise,night} = 100 \cdot \frac{n_{night,i}}{n_{night}} \quad (5)$$

U okviru definisane procedure je potrebno tehnički parametar transformisati u bezdimenzionalni indeks u rasponu od 0 do 5, gde 0 predstavlja najbolje stanje (npr. svi ljudi koji žive duž puta su izloženi dozvoljenom nivou buke) i 5 predstavlja najlošiju situaciju (npr. svi ljudi koji žive duž puta su izloženi nivou buke većem od dozvoljenog).

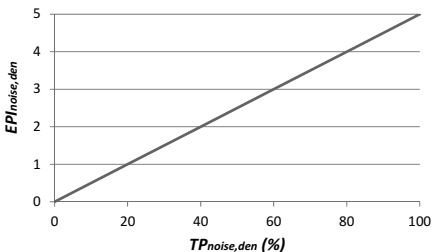
Funkcija transformacije za indikator buke tokom celog dana je data izrazom:

$$EPI_{Noise,den} = 0,05 \times TP_{Noise,den} , \left[0 \leq EPI_{Noise,den} \leq 5 \right] \quad (6)$$

gde je:

$EPI_{Noise,den}$ – indeks buke za buku tokom celog dana, i
 $TP_{Noise,den}$ – tehnički parametar za buku tokom celog dana.

Funkcija transformacije je prikazana na slici 2.



Slika 2. Transformaciona funkcija za indeks $EPI_{Noise,den}$

Slična transformacija se može uraditi i za nivo buke tokom noći:

$$EPI_{Noise,night} = 0,05 \times TP_{Noise,night} , \left[0 \leq EPI_{Noise,night} \leq 5 \right] \quad (7)$$

gde je:

$EPI_{Noise,night}$ – indeks buke za buku tokom noći, i

$TP_{Noise,night}$ – tehnički parametar za buku tokom noći.

Indeksi buke $EPI_{Noise,den}$ i $EPI_{Noise,night}$ zavise od dozvoljenih vrednosti nivoa buke u svakoj zemlji. Ukoliko ne postoje definisane vrednosti, preporučene vrednosti praga nivoa buke su $L_{den, threshold} = 60$ dB(A) i $L_{night, threshold} = 55$ dB(A) [8].

6.1.2 Indikatori uticaja buke

Različiti ljudi imaju različite nivoe tolerancije u odnosu na povišene nivoe buke u različitim situacijama. Nivo prihvatljivosti, ili nivo iritacije, su psihološki pragovi koji zavise od subjektivnog osećaja pojedinca. Stoga je definisan i tehnički parametar koji predstavlja procenat izložene populacije (koja je izložena nivou buke većem od $L_{den, threshold}$) koji je iritiran (%HA) bukom usled drumskog saobraćaja tokom celog dana:

$$TP_{Noise,\%HA} = 100 \times \sum_i n_{HA,i} / n_{den} \quad (8)$$

gde je:

- n_{den} – ukupan broj ljudi koji živi u razmatranom području pored puta, i
- $n_{HA,i}$ – broj ljudikoji je iritiran kada je izložen nivou buke $L_{den,i}$, koji se sračunava na osnovu izraza:

$$n_{HA,i} = n_{den,i} f_{\%HA}(L_{den,i}) \quad (9)$$

gde je:

$n_{den,i}$ – broj ljudi izložen nivou buke $L_{den,i}$ i

$f_{\%HA}$ – procenat populacije koji je iritiran nivoom buke.

Funkcija izloženosti $f_{\%HA}$ daje procenat iritirane populacije kao funkciju nivoa buke $L_{den,i}$. Ovaj parametar se može proceniti na osnovu psiho-akustičnih istraživanja i snimanja izložene populacije. Ova funkcija se može proceniti i na osnovu statističke studije [9] u funkciji od nivoa buke:

$$f_{\%HA}(L_{den,i}) = 9,868 \times 10^{-4} (L_{den,i} - 42)^3 - 1,436 \times 10^{-2} (L_{den,i} - 42)^2 + 0,5118 \quad (10)$$

Ovaj tehnički parametar ne može i ne treba da se koristi nezavisno od prethodnog parametra ($TP_{Noise,den}$). On suštinski predstavlja parametar ozbiljnost pojave za izloženu populaciju. Bezdimezionalni indeks uticaja ili ozbiljnosti u rasponu od 0 do 5 je dat u tabeli 4:

Tabela 4. Vrednosti indeksa $EPI_{Noise, \%HA}$ u funkciji od $TP_{Noise, \%HA}$

$TP_{Noise, \%HA}$	$EPI_{Noise, \%HA}$
0 – 20%	1
20 – 40%	2
40 – 60%	3
60 – 80%	4
80 – 100%	5

Na sličan način se može definisati tehnički parametar za noćni period, na osnovu procenta iritiranih ljudi tokom spavanja ($\%HSD$) u odnosu na ukupan broj ljudi izloženih buci tokom noći:

$$TP_{Noise, \%HSD} = 100 \times \sum_i n_{HSD, i} / n_{night} \quad (11)$$

gde je:

n_{night} – ukupan broj ljudi koji živi u definisanom području pored puta i izložen je nivou buke iznad dozvoljenog $L_{night, threshold}$, i

$n_{HSD, i}$ – broj ljudi koji je iritiran kada je izložen nivou buke $L_{night, i}$, koji se sračunava na osnovu izraza:

$$n_{HSD, i} = n_{night, i} f_{\%HSD} (L_{night, i}) \quad (12)$$

$n_{night, i}$ – broj ljudi izložen nivou buke $L_{night, i}$ i

$f_{\%HSD}$ – procenat populacije koji je iritiran nivoom buke [10]:

$$f_{\%HSD}(L_{night,i}) = 20,8 - 1,05 \cdot L_{night,i} + 0,01486 \cdot L_{night,i}^2 \quad (13)$$

Odgovarajući indeks buke $EPI_{Noise,\%HSD}$ je definisan na sličan način kao i indeks $EPI_{Noise,\%HA}$ (tabela 4).

Treba primetiti da su funkcije $f_{\%HA}(L_{den,i})$ i $f_{\%HSD}(L_{night,i})$ takođe preporučene i od strane Evropske Agencije za zaštitu okoline [11].

6.2 Razvoj indikatora za zagađenost vazduha i emisiju CO₂ od vozila

Zagađenje vazduha je posledica nekoliko faktora – samog saobraćaja tokom eksploatacije puta i aktivnosti u fazama izgradnje i održavanja puta koji se odigravaju u nekom određenom vremenskom periodu. Zagađenje vazduha je uglavnom najviše prisutno u okolini samog puta, mada neke vrste zagađivača se mogu registrovati i na značajnim udaljenostima, pa se njihov uticaj može smatrati više regionalnim nego lokalnim. Iako je takav uticaj CO₂ koji se ogleda na globalnom nivou, odlučeno je da se se emisija CO₂ od vozila uzme u obzir i kao indikator zagađenja vazduha. Akcenat u pogledu indikatora u oblasti zagađenja vazduha je stavljen na NO₂ i PM₁₀, dok je indikator za CO₂ usko vezan za količinu CO₂ koja je rezultat emisije usled saobraćaja.

Postoji više načina za vrednovanje kvaliteta vazduha. Kvalitet vazduha se može pratiti, može se modelirati disperzija zagađivača, ili se može primeniti kombinacija prethodna dva načina. Nivo dostupnosti informacija o kvalitetu vazduha je različit u različitim evropskim zemljama i stoga ne postoji jedinstven referentni izvor podataka o kvalitetu vazduha. Pored toga detaljno modeliranje disperzije zagađivača zahteva dosta podataka.

Predloženi indikatori EPI za kvalitet vazduha se zasnivaju na jednostavnom proračunu i ograničenom obimu podataka o vozilima (brzina i obim saobraćaja) i proceni nivoa zagađenosti.

Predložena su dva nivoa indikatora:

1. Indikatori stepena emisije zagađivača u atmosferu izraženi kao ukupna količina emitovanih zagađivača koja utiče na koncentraciju zagađivača na lokalnom nivou, kao i generisanje sekundarnih zagađivača, poput ozona, i
2. Indikatori izloženosti populacije u putnom pojasu koja je izložena nivoima zagađenja većim od graničnih, s obzirom da to ima velikog uticaja na javno zdravlje.

Indikatori kvaliteta vazduha se fokusiraju na NO_2 i PM_{10} . Većina evropskih zemalja je definisala granične vrednosti u odnosu na ova dva parametra, pri čemu parametar PM_{10} ima velikog uticaja na zdravlje populacije.

Ulazni podaci neophodni za proračun indikatora emisije zagađivača obuhvataju stepen emisije usled saobra-

ćaja na deonici puta koja je predmet analize, koji se obično izvode na osnovu parametara saobraćajnog toka (broja vozila, prosečne brzine i strukture saobraćaj-nog toka) i faktora emisije vozila pri prosečnoj brzini.

Dodatni podaci za parametar izloženosti uključuju podatke potrebne za modeliranje rasprostiranja zagađivača (uključujući meteorološke podatke, elemente putne geometrije i opšti nivo zagađenosti), karakteristike područja uz put i gustinu stanovništva.

Predloženi indikator EPI za CO₂ se bazira na proračunu količine CO₂ generisane usled drumskog saobraćaja, primenom istih metoda kao i za indikator emisije zagađivača vazduha. Ukupna emisija je direktno proporcionalna globalnom uticaju CO₂i uticaju na zadovoljenje definisanih ciljeva postavljenih za ograničenje emisije CO₂, bilo da su postavljeni na globalnom, nacionalnom ili regionalnom nivou.

Potencijalni razvoj ovog metoda može uključiti i proračun troškova vezanih za trgovinu pravima na emisiju CO₂. U ovom trenutku to se smatra vrlo kompleksnim i nije uključeno u proračun EPI.

Osnovni koraci u postupku proračuna indikatora su:

1. Definisati geografsku oblast koja je izložena zagađenju usled drumskog saobraćaja. U praksi, nivo zagađenja opada brzo sa udaljavanjem od puta i koncentracija zagađivača je bliska onoj u okolini na rastojanju manjem od 200 m od puta,

2. Sračunati emisiju usled drumskog saobraćaja (po kilometru, po godini) primenom odgovarajućeg seta podataka,
3. Sračunati obim populacije koji je izložen nivou zagađenja iznad dozvoljenog, primenom odgovarajućeg modela disperzije (samo za indikator izloženosti zagađenju), i
4. Sračunati EPI.

Podaci o emisiji vozila su dostupni iz više izvora. CO-PERT 4 [11] je jedna od alatki za proračun emisije vozila na osnovu brzine vozila i strukture voznog parka.

Na web sajtu EIONET MDS [12] se može naći više od 140 modela za kvalitet vazduha.

6.2.1 Indikatori emisije zagađivača i odgovarajući indeksi

Za proračun indikatora EPI za emisiju NO_x , PM i CO_2 potreban je proračun emisije ovih zagađivača (u t/km/a). Odgovarajući tehnički parametri su bazirani na ukupnoj emisiji odgovarajućeg zagađivača po km puta. Tehnički parametri se transformišu u indekse EPI primenom proporcije. Funkcije transformacije su definisane tako da u 2012. EPI vrednost 5 (loše stanje) odgovara putu sa PGDS-om od 100.000 ili više vozila na dan u oba pravca. Međutim, vrednosti EPI za pojedine puteve će u mnogome zavisiti od strukture voznog parka i prosečne brzine. Takođe se očekuje da će prosečna emisija zagađivača u

budućnosti opadati usled unapređenja efikasnosti vozila i smanjenja emisije štetnih gasova. Stoga postavljanje maksimalne vrednosti u sadašnjem trenutku, koja odgovara PGDS-u od 100.000 vozila na dan, znači da ima prostora za razvoj i da će obim saobraćaja koji odgovara vrednosti EPI od 5 u budućnosti biti veći od 100.000 vozila na dan.

To takođe obezbeđuje da će putevi koji imaju obim saobraćaja oko 100.000 vozila na dan, što uključuje većinu glavnih saobraćajnica u urbanim zonama, gde je nivo zagađenosti od velikog interesa, dobiti odgovarajuću visoku ocenu (koja odgovara lošem stanju) pri sadašnjim standardima emisije štetnih gasova.

Posebni indikatori EPI su razvijeni za emisiju CO₂, PM i NO_x.

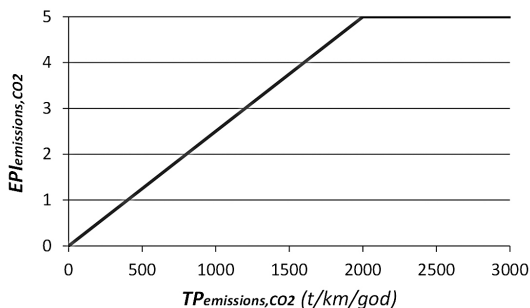
Transformaciona funkcija za konverziju tehničkog parametra za emisiju CO₂ u odgovarajući indeks EPI je data jednačinom (14) i prikazana na slici 3.

$$EPI_{emissions,CO_2} = \min \left[0,0025 \times TP_{emissions,CO_2}, 5 \right] \quad (14)$$

gde je:

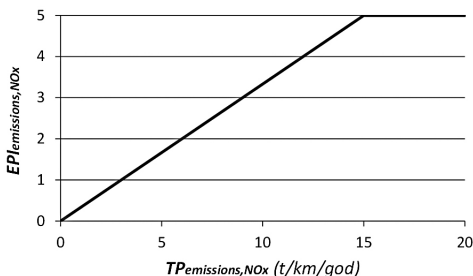
$EPI_{emissions,CO_2}$ — indeks emisije CO₂, i

$TP_{emissions,CO_2}$ — tehnički parametar za emisiju CO₂ u tonama po kilometru i godini.



Slika1. Funkcija transformacije indeksa za emisiju CO₂

Transformaciona funkcija za konverziju tehničkog parametra za emisiju NO_x u odgovarajući indeks EPI je data jednačinom (15) i prikazana na slici 4.



Slika 4. Funkcija transformacije indeksa za emisiju NO_x

$$EPI_{emissions,NOx} = \min \left[0,333 \times TP_{Emissions,NOx}, 5 \right] \quad (15)$$

gde je:

$EPI_{emissions,NOx}$ – indeks emisije NO_x , i

$TP_{emissions,NOx}$ – tehnički parametar za emisiju NO_x u tonama po kilometru i godini.

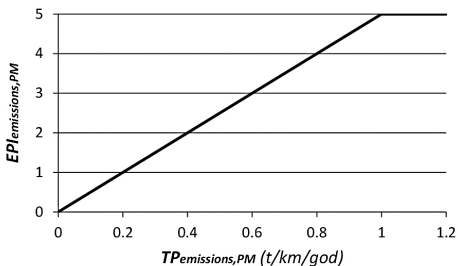
Transformaciona funkcija za konverziju tehničkog parametra za emisiju čestica PM u odgovarajući indeks EPI je data jednačinom (16) i prikazana na slici 5.

$$EPI_{emissions,PM} = \min[5 \times TP_{emissions,PM}, 5] \quad (16)$$

gde je:

$EPI_{emissions,PM}$ – indeks emisije PM, i

$TP_{emissions,PM}$ – tehnički parametar za emisiju PM u tonama po kilometru i godini.



Slika 5. Funkcija transformacije indeksa za emisiju PM

6.2.2 Indikatori izloženosti zagađenju vazduha

Da bi se sračunali indikatori izloženosti, potrebno je odrediti nivo zagađenosti u zoni širine 200 m sa obe strane puta primenom nekog od modela za disperziju zagađivača. Broj ljudi izložen zagađenju iznad dozvoljenih granica, može se sračunati, ako se identifikuju relevantne lokacije (stambene zgrade, bolnice i dr.).

Granice koje se primenjuju u zemljama EU za kritične koncentracije su $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za NO_2 kao prosek u toku godine i $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za PM_{10} kao srednja vrednost u toku 24 časa (uz ne više od 35 viših koncentracija tokom kalendarske godine).

Opšti tehnički parametar za izloženost zagađenju je broj ljudi po kilometru puta, koji živi na lokacijama na kojima su prevaziđene granične vrednosti.

Tehnički parametar za izloženost NO_2 je dat sa:

$$TP_{\text{exposure,NO}_2} = \frac{n_{\text{NO}_2}}{l} \quad (17)$$

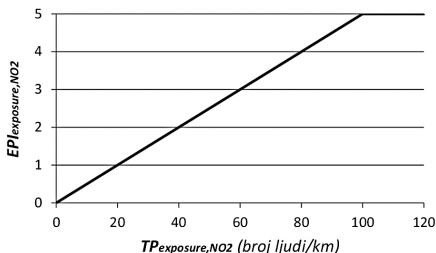
gde je:

n_{NO_2} – broj ljudi koji su izloženi koncentracijama NO_2 iznad dozvoljenih, i

l – dužina deonice puta koja se vrednuje, u km.

Indeks izloženosti emisiji NO_2 $EPI_{\text{exposure, NO}_2}$ se sračunava iz izraza:

$$EPI_{\text{exposure,NO}_2} = \min \left[0,05 \times TP_{\text{exposure,NO}_2}, 5 \right] \quad (18)$$



Slika 2. Funkcija transformacije za indeks EPI za izloženost emisiji NO₂

Tehnički parametar za izloženost PM₁₀ je dat sa:

$$TP_{\text{exposure,PM10}} = \frac{n_{PM10}}{l} \quad (19)$$

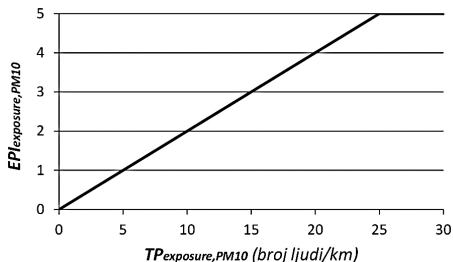
gde je:

n_{PM10} – broj ljudi koji su izloženi koncentracijama PM₁₀ iznad dozvoljenih, i

l – dužina deonice puta koja se vrednuje, u km.

Indeks izloženosti emisiji PM₁₀ $EPI_{\text{exposure,PM10}}$ se sračunava iz izraza:

$$EPI_{\text{exposure},PM10} = \min \left[0,2 \times TP_{\text{exposure},PM10}, 5 \right] \quad (20)$$



Slika 7. Funkcija transformacije za indeks EPI za izloženost emisiji PM_{10}

Indeks $EPI_{\text{exposure},PM10}$ odražava veći uticaj na zdravlje u odnosu na index za NO_2 : on će biti veći od indeksa $EPI_{\text{exposure},NO_2}$ za isti broj ljudi koji je izložen zagađenju.

Vrednost indeksa $EPI_{\text{exposure},NO_2}$ od 5 se dobija ukoliko 100 ili više ljudi živi u području u kome su prevaziđene granične vrednosti zagađenosti sa NO_2 , dok se vrednost indeksa $EPI_{\text{exposure},PM10} = 5$ dobija kada u području u kome je koncentracija PM_{10} veća od dozvoljene, živi 25 ili više ljudi.

6.3 Razvoj indikatora za zagađenost vode

Zagađenje vode usled putne infrastrukture se uglavnom pripisuje zagađivačima u vodi koja otiče sa površine kolovoza. Ovakav tip zagađenja je moguće regulisati sistemom za odvodnjavanje sa prečišćavanjem vode.

Standardi za kvalitet vode se baziraju na merenjima koncentracije pojedinačnih zagađivača. Međutim, prikupljanje dovoljno detaljnih podataka za pojedinačne uticaje bi bilo neracionalno u pogledu troškova, pored toga što mogu postojati i drugi zagađivači u zoni puta koje bi bilo teško izolovati. Indikatori koji su predloženi za ocenu uticaja na zagađenje vode zasnivaju se na podacima koji su dostupni upravljačima puteva i koji su najčešće pod njihovom kontrolom:

1. Ukupna količina polutanata (bazirana na obimu i karakteristikama saobraćajnog toka i količini soli koja se koristi za zimsko održavanje puta),
2. Stanje sistema za odvodnjavanje i odgovarajućih elemenata za kontrolu zagađenja, i
3. Osetljivost lokalnog okruženja i mogućnost vodenih tokova da smanje koncentraciju zagađivača.

Zagađivači vode na putevima potiču iz tri glavna izvora koji određuju i ukupnu količinu zagađivačau okruženju:

1. Ostaci od vozila – korisnika puta, kao npr. motorno ulje i drugi zagađivači i čestice koje su rezultat habanja pneumatika i sistema za kočenje,
2. Nanosi tokom zimskog održavanja, koji se pre svega odnose na so, i
3. Lokalno zagađenje koje je rezultat izlivanja opasnih materija pri saobraćajnim udesima, pri čemu se najčešće radi o visokim koncentracijama zagađivača.

Količina zagađene vode zavisi od količine padavina kojaspira polutante sa površine kolovoza. Velika količina padavina je sa jedne strane povoljna, jer je koncentracija zagađivača manja, ali sa druge strane može prouzrokovati plavljenje i polutanti mogu dospeti u zone koje nisu predviđene. Stoga je važno da sistem za odvodnjavanje ima odgovarajući kapacitet, kako bi mogao da primi predviđene količine padavina.

Kada je ispuštena zagađena voda, njen uticaj zavisi od osetljivosti lokalnog okruženja i kapaciteta vodotokova u koje se ispušta.

Konačno, sistem za odvodnjavanje može imati dovoljan kapacitet, ali je značajno i njegovo pravovremeno održavanje kako bi mogao da ispuni svoju funkciju.

Dva indikatora su definisana za kvalitet vode. Prvi se odnosi na kapacitet i kvalitet sistema za odvodnjavanje, dok drugi definiše nivo zagađenosti usled zimskog održavanja. Podela je napravljena, jer se najčešće zimsko odr-

žavanje i održavanje sistema za odvodnjavanje, sprovede kao nezavisne aktivnosti i stoga je neophodno da agencije za puteve mere ova dva vida zagađenja odvojeno.

Definisani indikatori su:

- Indikator kvaliteta vode, baziran na količini zagađivača, osetljivosti okoline i stanju/kvalitetu sistema za odvodnjavanje, i
- Indikator količine soli, koji se zasniva na upoređenju količine soli koja se troši tokom zimskog održavanja na deonici koja se vrednuje u odnosu na prosečnu količinu soli, koja se troši na putnoj mreži, ponderisan, imajući u vidu lokalne uslove i zahteve i osetljivost okruženja.

6.3.1 *Indikatori kvaliteta vode*

Proračun indikatora kvaliteta vode EPI_{Water} se zasniva na četiri osnovna parametra:

1. $PI_{pollution}$ – koji definiše količinu polutanata na bazi podataka o saobraćajnom opterećenju, ponderisan, kako bi se uzeo u obzir rizik od izlivanja u odnosu na prosečnu situaciju na putnoj mreži,
2. $PI_{outflow}$ – koji se zasniva na proceni o uslovima ispuštanja vode iz drenažnog sistema, ukoliko postoji (da li se radi o sporom ili brzom, malom ili velikom površinskom vodotoku). Ova procena je

takođe ponderisana kako bi se uzela u obzir osetljivost lokalnog okruženja.

3. $PI_{capacity}$ – koji definiše kapacitet drenažnog sistema da primi očekivanu količinu vode, kako ne bi došlo doplavljenja, i
4. $PI_{condition}$ – koji definiše funkcionalno stanje drenažnog sistema, uključujući i elemente za kontrolu zagađenja, ukoliko postoje.

Da bi se sračunao indikator kvaliteta vode, potrebni su podaci:

1. Obim saobraćaja izražen kao PGDS (prosečni godišnji dnevni saobraćaj) u odnosu na prosečni obim na mreži u okruženju. Obim može biti zajednosmerni ili dvosmerni saobraćaj u zavisnosti od konfiguracije sistema za odvodnjavanje.
2. Specifičnosti vezane za ispuštanje vode (zavinsno od lokacije i da li se ispuštanje vrši u tlo ili u površinski vodotok)
3. Osetljivost okruženja
4. Procena mera za sprečavanje zagađenja,
5. Procena mogućnosti sistema za prečišćavanje,
6. Procena kapaciteta sistema kako bi se izbeglo plavljenje, i
7. Kvantitativnu ocenu stanja i nivoa održavanja sistema za odvodnjavanje.

Indikator rizika zagađenja $PI_{pollution}$ je dat izrazom:

$$PI_{pollution} = \min \left[1 ; \left(W_{pollution} \cdot I_{traffic} \right) \right] \quad (21)$$

gde je:

$I_{traffic}$ – faktor gustine saobraćajnog toka, i

$W_{pollution}$ – faktor ponderisanja za verovatnoću izlivanja opasnih materija.

Faktor gustine saobraćajnog toka se određuje iz izraza:

$$I_{traffic} = 0,5 + 0,5 \cdot \frac{(T_{site} - T_{min})}{(T_{max} - T_{min})} \quad (22)$$

gde su:

T_{site} – PGDS narazmatranoj deonici puta,

T_{max} – maksimalni PGDS na mreži, i

T_{min} – minimalni PGDS na mreži.

Vrednosti faktora ponderisanja $W_{pollution}$ su date u tabeli 5.

Indikator uslova ispuštanja vode $PI_{outflow}$ se sračunava iz izraza:

$$PI_{outflow} = \min \left[5 ; \left(\sum P_{impact\ score} \cdot W_E \cdot W_p \cdot W_s \right) \right] \quad (23)$$

gde je:

$P_{impact\ score}$ – uticaj ispuštanja, koji se može očitati iz tabele 6 ako se radi o ispuštanju u tlo (podzemne vode) i tabele 7 ako se radi o ispuštanju u površinski vodotok,

W_E – faktor ponderisanja za osetljivost lokalnog okruženja (tabela 8),

W_P – faktor ponderisanja za tretman zagađene vode pre ispuštanja (tabela 9), i

W_S – faktor ponderisanja za mogućnost da se prihvati lokalno izlivanje opasnih materija (tabela 10).

Tabela 5. Primer vrednosti za faktor $W_{pollution}$ za verovatnoću izlivanja opasnih materija

$W_{pollution}$	Opis
0,8	Lokacija sa smanjenom verovatnoćom izlivanja u odnosu na druga mesta sa sličnim obimom saobraćaja
1,0	Lokacija sa prosečnom verovatnoćom izlivanja kao i druga mesta sa sličnim obimom saobraćaja
1,2	Lokacija sa povećanom verovatnoćom izlivanja u odnosu na druga mesta sa sličnim obimom saobraćaja

Tabela 6. *Indikator uticaja na podzemnu vodu*

Kriterijum	Vrednost parametra $P_{impact\ score}$		
	mali uticaj (vrednost 0)	srednji uticaj (vrednost 1)	visok uticaj (vrednost 2)
Način ispuštanja zagađene vode u tlo	Kontinualno (npr. jarak ili zatravljeni kanal)	U jednoj tački, ili plitak prihvat, pokriva relativno malu površinu puta	U jednoj tački, pokriva veliku površinu puta (>5,000 m ²)
Nivo podzemne vode	Nivo podzemne vode >15 m i nepropustan sloj	15 m >nivo podzemne vode >5m	nivo podzemne vode <5m
Tip toka podzemnih voda	Dominantan tok u nevezanom materijalu	Konsolidovani slojevi (izmešan tok kroz pukotine i kroz nevezan materijal)	Pukotine u konsolidovanim sedi-mentnim slojevima ili eruptivnim i metamorfnim stenama

Indikator ispuštanja u površinski vodotok zavisi od dva faktora: veličine vodotoka (koja ima uticaj na nivo zagađenosti usled rastvorljivih polutanata) i nivoa nataloženih sedimenata u vodotoku (koji ima uticaja na zagađenost usled polutanata kojise talože).

Kako bi se izbeglo zagađenje usled plavljenja potrebno je da kapacitet sistema za odvodnjavanje bude dovoljan u odnosu na očekivane potrebe. Na osnovu verovatnoće dešavanja plavljenja definisane su vrednosti parametra $PI_{capacity}$ (tabela 11).

Tabela 7. *Indikator ispuštanja zagađene vode u površinski vodotok*

Kriterijum	Vrednost parametra $P_{\text{impact score}}$		
	mali uticaj (vrednost 0)	srednji uticaj (vrednost 1)	visok uticaj (vrednost 2)
Veličina vodotoka	Veliki plovani vo-dotok (npr.reka)	Veliki potok ili pritoka	mali potok ili pritoka
Taloženje sedimenata u vodotoku	Nema taloženja ili ograničeno prisustvo sedimenata	Srednja količina sedimenata	Ozbiljna količina sedimenata

Tabela 8. *Faktor ponderisanja za osetljivost lokalnog okruženja*

	Osetljivost lokalnog okruženja		
	mala	srednja	velika
W_E	0,8	1,0	1,2

Tabela 91. *Faktor ponderisanja za primenu tretmana prečišćavanja*

Primena tretmana prečišćavanja	W_p
Ne primenjuju se tretmani prečišćavanja (ili nije poznato)	1,0
Primenjuju se taložnici pre ispuštanja vode	0,8
Primenjuje se filtriranje pre ispuštanja vode	0,6

Tabela 20. *Faktor ponderisanja za mogućnost da se prihvati lokalno izlivanje opasnih materija*

Sposobnost zadržavanja lokalnog izlivanja opasnih materija	W_s
Nepoznato, ili nepostojanje sistema za zadržavanje lokalnog izlivanja	1,0
Lokalno zagađenje se može zaustaviti u lokalnom okruženju pre dostizanja vodotokova	0,8
Lokalno zagađenje se može u potpunosti zadržati u sistemu za odvodnjavanje i ukloniti	0,6

Tabela 11. *Vrednosti tehničkog parametra za kapacitet drenažnog sistema*

$PI_{capacity}$	Opis
Vrlo loše (5)	Sistem za odvodnjavanje izuzetno poddimenzionisan (često plavljenje)
Loše (4)	Sistem za odvodnjavanje jepoddimenzionisan (verovatnoća plavljenja visoka)
Zadovoljavajuće (3)	Sistem za odvodnjavanje projektovan u skladu sa minimalnim zahtevima
Dobro (2)	Sistem za odvodnjavanje projektovan u skladu sa zahtevima (moguće plavljenje)
Vrlo dobro (1)	Sistem za odvodnjavanje projektovan u skladu sa zahtevima (nije očekivano plavljenje)

Ukoliko nisu poznati parametri sistema za odvodnjavanje, preporučujese da se za indeks $PI_{capacity}$ uzme prosečna vrednost 3.

Stanje sistema za odvodnjavanje se procenjuje na bazi dva parametra:

1. Stanje konstruktivnih elemenata i prisustvo strukturnih oštećenja. Ova oštećenja se popravljaju ili se vrši zamena objekta.
2. Funkcionalno stanje koje odražava funkcionalnost i upotrebljivost sistema za odvodnjavanje i nezavisno je od strukturnog stanja. Funkcionalno stanje se popravlja čišćenjem i održavanjem vegetacije u zoni sistema za odvodnjavanje.

Vrednosti parametra $PI_{condition}$ su date u tabeli 12.

Tabela 12. Vrednosti tehničkog parametra za stanje drenažnog sistema

$PI_{condition}$	Strukturno stanje	Funkcionalno stanje
Vrlo loše (5)	Neodgovarajući sistem za namenu	Blokirano ili neodgovarajuće stanje
Loše (4)	Velika oštećenja	Ponašanje značajno ugroženo
Zadovoljavajuće (3)	Mala oštećenja	Ponašanje blago ugroženo
Dobro (2)	Vrlo mala površinska oštećenja (pukotine, spojnice) ili evidencija o prethodnim oštećenjima	Mali nanosi bez gubitka upotrebljivosti
Vrlo dobro (1)	Bez oštećenja	Čisto

Na osnovu proračuna svih pojedinačnih uticajnih parametara, tehnički parametar za zagađenost vode se može sračunati iz izraza:

$$PI_{Water} = PI_{pollution} \cdot \min\left\{5; \left[\max\left(PI_{outfall}; PI_{capacity}\right) + p \cdot PI_{condition} \right]\right\} \quad (24)$$

gde je:

p – uticajni faktor.

Kako je tehnički parametar već bezdimenzionalna veličina koja ima vrednost od 0 do 5, nema potrebe za njegovim transformisanjem u indeks i važi jednakost:

$$EPI_{Water} = PI_{Water} \quad (25)$$

gde je:

EPI_{Water} – indeks uticaja na okolinu za zagađenost (kvalitet) vode.

Ukoliko se sistem za odvodnjavanje održava u dobrom stanju (male vrednosti parametra $PI_{condition}$), indikator će odražavati ili lokalne uslove ispuštanja zagađene vode ili kapacitet sistema za odvodnjavanje. Ukoliko se dopusti da stanje sistema za odvodnjavanje propada, to će automatski uticati na više vrednosti indeksa. Preporučuje

se vrednost uticajnog faktora $p = 0,6$, koja odražava zahtevanu osetljivost u odnosu na stanje sistema, tsako da bi za ozbiljno oštećen sistem doprinos parametra usled stanja bio jednak 3.

6.3.2 Indikator količine soli

Proračun drugog indikatora se bazira na osetljivosti područja i intenzitetu zimskog održavanja.

Primena soli na putevima zavisi od više faktora:

- klimatskih uslova
- tipa puta
- brzine
- obima saobraćaja
- lokacije

Posebno u zemljama u kojima je neophodno intenzivno zimsko održavanje puteva, upotreba soli je neophodna iz razloga bezbednosti i smanjenja troškova odvijanja saobraćaja. Stoga je teško proceniti uticaj na okolinu samo na osnovu količine soli koja se troši na određenoj putnoj deonici, jer to u mnogome zavisi od konkretnih uslova i menja se iz godine u godinu.

Osnova za proračun indikatora je prosečna količina soli koja se troši na određenoj deonici u odnosu na prosečnu količinu koja se troši na celoj putnoj mreži. Prosečne vrednosti treba sračunati za duži vremenski period, a preporučljivo je da to bude minimum 5 godina.

U izrazu je dodat faktor ponderisanja kako bi se omogućilo uzimanje u obzir lokalnih uslova u zavisnosti od osetljivosti područja (u zoni putne deonice) i intenziteta zimskog održavanja u regionu.

Izraz za proračun indikatora $I_{salt,j}$ na putnoj deonici j na mreži N je:

$$I_{salt,j} = \frac{W_j \cdot \bar{A}_{salt,j}}{\bar{A}_{salt,N}} \quad (26)$$

gde je:

$\bar{A}_{salt,j}$ – Prosečna količina soli koja se koristi na putnoj deonici j u tonama po kilometru godišnje tokom perioda od x godina,

$\bar{A}_{salt,N}$ – Prosečna količina soli koja se koristi na putnoj mreži N u tonama po kilometru godišnje tokom perioda od x godina, i

W_j – Faktor ponderisanja za deonicu j u skladu sa tabelom 13.

Transformacija indikatora u bezdimenzionalni indeks se bazira na prosečnoj upotrebi soli. Deonica sa vrednošću indikatora $I_{salt} = 1,0$ predstavlja prosek. Ukoliko je prosečna upotreba soli opšti cilj na mreži, faktor transformacije jednak jedinici se može koristiti. Ako je prosečna potrošnja suviše velika, tada vrednost

parametra od 1 može odgovarati vrednosti indeksa od 2.5. To znači da će putnadeonica sa potrošnjom soli manjom od prosečne imati bolju vrednost indeksa.

Tabela33. Faktori ponderisanja za I_{Salt}

Intenzitet zimskog održavanja u području	Osetljivost područja		
	mala	srednja	velika
visok	0,8	0,9	1,0
srednji	0,7	0,8	0,9
nizak	0,6	0,7	0,8

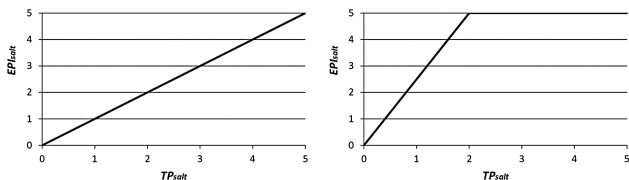
Na slici 8 su date funkcije transformacije za oba slučaja. Transformacija parametra za potrošnju soli u bezdimenzionalni indeks data je sledećim izrazom:

$$EPI_{Salt} = X \cdot I_{salt}, [0 \leq EPI_{Salt} \leq 5] \quad (27)$$

gde je:

I_{salt} – indikator potrošnje soli, i

X – faktor transformacije.



Slika 8. Funkcije transformacije za indeks upotrebe soli

6.4 Razvoj indikatora za korišćenje prirodnih resursa

Uticaji na okolinu vezani za prirodne resurse odnose se na eksploataciju prirodnih materijala, potrošnju energije, i druge uticaje u okviru procesa proizvodnje materijala i izgradnje objekata, odlaganja otpada, i uticaja transporta do i od gradilišta. Prilikom razvoja indikatora bilo je neophodno obratiti pažnju, kako bi se izbegli nelogični rezultati kao što bi npr. bilo davanje prednosti primeni recikliranog materijala koji je potrebno transportovati sa velike udaljenosti u odnosu na primenu novog agregata koji je lokalno dostupan. Stoga je pri razvoju indikatora za prirodne resurse bilo neophodno uzeti u obzir uticaje tokom celog perioda trajanja objekta.

Dva indikatora su predložena za primenu u slučaju da korisnik raspolaže sa svim neophodnim podacima:

- Indikator efikasnosti korišćenja materijala (Material Resource Efficiency Indicator - MREI) koji predstavlja odnos količine recikliranih materijala ponderisan u odnosu na relativni uticaj na prirodne resurse, i ukupne količine primenjenih materijala, i
- Indikator smanjenja emisije CO₂ (Embodied Carbon Reduction Indikator – ECRI) koji odražava smanjenje emisije CO₂ za određenu strategiju održavanja u odnosu na baznu strategiju koja ima maksimalnu emisiju CO₂.

6.4.1 Indikator efikasnosti korišćenja materijala MREI

Za proračun MREI su predviđena dva postupka koja se mogu koristiti kada je ograničena dostupnost podataka ili je pogodan manje kompleksan proračun.

Takođe je prikazan i jednostavniji metod za analizu emisije CO₂ – Indikator ponovne upotrebe CO₂ (Carbon Dioxide Reuse Potential – CaRP). Ovo je korisna metoda za praćenje ponašanja, ali se ne može tako jednostavno konvertovati u bezdimenzioni indikator kao što je to slučaj sa preferiranim indikatorom ECRI.

Tehnički parametar za potrošnju prirodnih resursa se sračunava iz izraza (28).

Okvirne vrednosti faktora ponderisanja mogu se odrediti iz tabele 14.

Tabela 14. Faktori ponderisanja za $TP_{Resources}$

Intenzitet	Oblast ponderisanja			
	A (dostupnost prirodnih resursa)	D (kompleks- nost)	E (dostupnost recikliranih materijala)	S (specifične okolnosti)
visok	0,50	1,00	0,50	1,00
srednji	0,75	0,75	0,75	0,75
nizak	1,00	0,50	1,00	0,50

$$TP_{Resources, i} = \frac{\sum_f R_j \cdot c_j \cdot A_j \cdot D_j \cdot E_j \cdot S_j}{\sum_f T_j \cdot c_j} \quad (28)$$

gde je:

R_j – količina recikliranog materijala [t/Mg],

T_j – ukupna količina primenjenog materijala [t/Mg],

c_j – faktor troškova, emisije (CO₂/funkcionalnoj jedinici), ili energije (J/funkcionalnoj jedinici),

A_j – faktor ponderisanja za dostupnost resursa,

D_j – faktor ponderisanja za kompleksnost obrade materijala,

E_j – faktor ponderisanja za mogućnost primene recikliranih materijala,

S_j – faktor ponderisanja za specifične okolnosti,

i – element puta (kolovozna konstrukcija, objekat, oprema puta),

j – tip materijala (asfalt, beton, aluminijum, itd.), i

f – funkcionalni element:

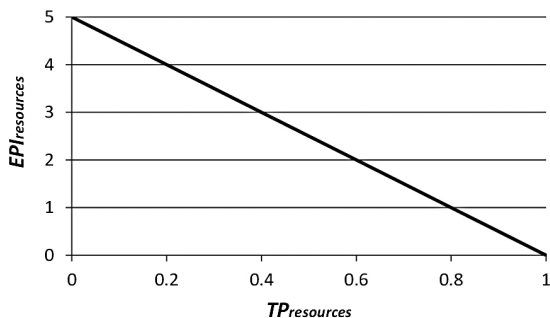
- za kolovoznu konstrukciju: zastor, gornja podloga, donja podloga, posteljica
- za objekte: fundamenti, krilni zidovi, stubovi, grede, kolovozne ploče, ležišta, dilatacione spojnice, kolovoz, ograda, pešačka staza, sistem za odvodnjavanje itd.
- za opremu puta: elastična ograda, osvetljenje, putokazna signalizacija itd.

Teoretski, ukoliko bi se koristio samo reciklirani materijal i dostupnost prirodnog materijala bi bila mala, kompleksnost procesa recikliranja visoka i dostupnost recikliranog materijala mala, vrednost parametra $TP_{resources,i}$ bi bila jednaka jedinici. U suprotnom slučaju, ukoliko se ne bi primenjivao reciklirani materijal, vrednost parametra bi bila jednaka nuli.

Transformacija parametra $TP_{resources}$ u bezdimenzionalni indeks je data izrazom:

$$EPI_{Re\ sources} = 5 - 5 \times TP_{Re\ sources} \quad (29)$$

i prikazana na slici 9.



Slika 9. Funkcija transformacije za $TP_{resources}$

U slučaju kada nije dostupno dovoljno podataka za proračun tehničkog indikatora za primenu prirodnih resursa, moguće je koristiti i jedan od sledeća dva izraza:

$$TP_{Resources,i} = \frac{1}{n_f} \cdot \sum_f A_j \cdot D_j \cdot E_j \cdot S_j \cdot \frac{R_j}{T_j} \quad (30)$$

gde je:

n_f – ukupan broj funkcionalnih elemenata koji su uzeti u obzir,

a sve ostale oznake su identične kao i u prethodnoj jednačini, ili

$$TP_{Resources,i} = \frac{1}{\sum_f T_j} \cdot \sum_f A_j \cdot D_j \cdot E_j \cdot S_j \cdot R_j \quad (31)$$

Prvi izraz favorizuje želju i mogućnost primene recikliranog materijala, dok drugi favorizuje količinu primenjenog recikliranog materijala.

6.4.2 *Indikator smanjenja emisije CO₂*

Emisija CO₂ se dešava tokom svih faza u životnom ciklusu građevinskog objekta, pa je potrebno da indikator E-KPI za emisiju CO₂ uzme u obzir:

- dobijanje prirodnih materijala,
- preradu prirodnih materijala,

- proizvodnju mešavina i drugih građevinskih proizvoda,
- fazu izgradnje,
- fazu održavanja puta, i
- fazu deponovanja ili ponovne upotrebe na kraju životnog ciklusa.

Tehnički parametar za emisiju CO₂ usled aktivnosti održavanja ideonice puta dat je izrazom:

$$TP_{ECR,i} = \frac{ECD_{MAX} - ECD_i}{ECD_{MAX}} \quad (32)$$

gde je:

ECD_i – ukupna količina emitovanog CO₂ za strategiju održavanja i [kg CO₂ po funkcionalnoj jedinici], i

ECD_{MAX} – ukupna količina emitovanog CO₂ za strategiju sa maksimalnom potrošnjom energije [kg CO₂ po funkcionalnoj jedinici].

Strategija održavanja koja daje ECD_{MAX} će dati vrednost parametra TP_{ECR} jednaku nuli. Od svih drugih strategija, ona sa minimalnom vrednošću ECD će dati vrednost parametra koja je najbliža jedinici.

Transformacija tehničkog parametra u bezdimenzionalni indeks je data izrazom:

$$EPI_{ECD} = 5 - 5 \times TP_{ECR,i} \quad (33)$$

Na osnovu ovog metoda se može odrediti najpogodnija strategija održavanja sa aspekta emisije CO₂.

Drugi parametar koji se koristi za vrednovanje strategija održavanja u pogledu emisije emisije CO₂ je zarobljeni potencijal za ponovnu upotrebu CO₂ (embodied carbon dioxide reuse potential - CaRP) koji je dat izrazom:

$$TP_{ECR} = \left[\frac{(Z-Y)}{X} \right] \% \quad (34)$$

gde je:

- X – količina CO₂ za proizvod A [kg CO₂ po funkcionalnoj jedinici],
- Y – količina CO₂ za proizvod B, spravljen od recikliranog materijala [kg CO₂ po funkcionalnoj jedinici],
- i
- Z – količina CO₂ za proizvod B, spravljen od novog materijala [kg CO₂ po funkcionalnoj jedinici].

CaRP je dobar indikator da prikazuje potencijal za ponovnu upotrebu materijala.

U dosadašnjem razmatranju korišćen je samo CO₂, kao najznačajniji gas koji izaziva efekat staklene bašte.

Međutim, ukoliko su dostupni podaci, mogu se uzeti u obzir i drugi gasovi preko ekvivalenta CO₂ (CO₂e). To je univerzalna mera koja pokazuje koliki deo globalnog zagrevanja može biti prouzrokovan određenim gasom.

7. ZAKLJUČAK

Upravljanje održavanjem putne infrastrukture se još uvek dominantno zasniva naekonomskim kriterijuma u svetlu ograničenih budžeta za ulaganje u građenje i održavanje infrastrukture i željom da se zadovolje zahtevi korisnika u pogledu vremena i troškova putovanja i bezbednosti.

U okviru projekta EVITA razvijen je set indikatora uticaja na životnu sredinu koji obuhvataju četiri osnovna parametra: buku, zagađenje vazduha i emisija CO₂ od vozila, zagađenje vode i potrošnju prirodnih resursa uključujući i energiju.

U radu je prikazan razvoj pojedinačnih indikatora, kao i bezdimenzionalnih indeksa koji su pogodni za uključivanje u sisteme za upravljanje održavanjem puteva.

Moguće primene ovog seta indikatora su za:

- praćenje stanja mreže i uticaja građenja, održavanja i eksploatacije na okolinu,

- identifikacija „crnih tačkaka“ gde je potrebno intervenisati kako bi se rešili određeni problemi vezani za zagađenje okoline, i
- vrednovanje različitih alternativa izgradnje i održavanja saobraćajnica i sa aspekta njihovog uticaja na životnu sredinu.

8. LITERATURA

- [1] LEPERT P., MLADENOVIC G., A. WENINGER-VYCUDIL A., VAJDIC N.: *Stakeholder's categories and sub-categories – Expectations - Necessary and Existing KPIs*, EVITA – Deliverable D 2.1, (2011).
- [2] MLADENOVIC G., VAJDIC N.: *Assessment and Evaluation of Existing KPIs*, EVITA – Deliverable D 2.2, (2011).
- [3] LEPERT P., JAMNIK J., KOKOT D., MARECOS V.: *Framework for implementation of Environment Key Performance Indicators*, EVITA – Deliverable D 4.1, (2011).
- [4] LITZKA J., LEBEN B., LA TORRE F., A. WENINGER-VYCUDIL, M. DE LURDES ANTUNES, D. KOKOT, G. MLADENOVIC, S. BRITAIN, H. VINER.: *The Way Forward for Pavement Performance Indicators Across Europe*,

COST Action 354 Performance Indicators for Road Pavements Final Report, COST Office, Brussels and FSV – Austrian Transportation Research Association, Vienna, (2008).

- [5] BRADBURY T., CESBRON J., HARRIS B., KOKOT D., LESTER A., THOMAS C., VINER H., WENINGER-VYCUDIL A.: *Report on Recommended E-KPIs*, EVITA – Deliverable 3.1, (2012).
- [6] EUROPEAN UNION: *Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise*, vol. L. 2002, p. 12-26.
- [7] KEPHALOPOULOS S., ANFOSSO-LÉDÉE F.: *Common Noise ASSESSMENT MethOdS in EU (CNOSSOS-EU) -To be used by the EU Member States for strategic noise mapping after adoption as specified in the Directive 2002/49/EC*, JRC-IHCP, Draft JRC Reference Report, 2010.
- [8] WHO, *Night noise guidelines for Europe*. World Health Organization - Regional Office for Europe, 2009.
- [9] MIEDEMA H.M.E., OUDSHOORN C.G.M.: *Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their*

- confidence intervals*, Environmental Health Perspectives, vol. 109, no. 4, p. 409-416, 2001.
- [10] EUROPEAN COMMISSION WORKING GROUP ON HEALTH AND SOCIO-ECONOMIC ASPECTS: *Position paper on dose-effect relationships for night time noise*. 2004.
- [11] EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY: *Good practice guide on noise exposure and potential health effects*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Union, 2010.
- [12] <http://www.emisia.com/copert/>, pristupljeno u decembru 2011. godine
- [13] EIONET MDS Air Quality Models website http://pandora.meng.auth.gr/mds/strquery.php?wholedb&MTG_Session=3e72b2e081fb02fc8ce890d33de341d3, pristupljeno u decembru 2011. godine