

ЕКОЛОШКИ АСПЕКТ КОНКУРЕНТНОСТИ ЖЕЛЕЗНИЧКОГ ТРАНСПОРТА

RAILWAY TRANSPORT COMPETITIVENESS – ECOLOGICAL ASPECT



UDK: 502.17:656.2

Прегледни рад

Асистент Милица ВИЛОТИЈЕВИЋ, Мастер грађ.инж.

РЕЗИМЕ

Европска саобраћајна политика дефинише оквир за развој јединственог саобраћајног простора са конкурентним и ефикасним транспортним системом. Железнички систем, као систем са најмањим штетним утицајем на животну средину и здравље људи, може бити конкурентан осталим видовима саобраћаја. У раду су анализирани предности железнице са еколошког аспекта – емисије гасова са ефектом стаклене баште, буке и електромагнетног зрачења.

Кључне речи: европска саобраћајна политика, заштита животне средине, карбонски отисак, бука, електромагнетно поље

SUMMARY

European transport policy defines a framework for the development of a single transport area with a competitive and efficient transport system. The railway system, as a system with minimal adverse impact on the environment and human health, can be competitive to other modes of transport. The paper analyzes the advantages of railways from the ecological aspect – greenhouse gas emissions, noise and electromagnetic radiation.

Key words: European transport policy, environmental protection, carbon footprint, noise, electromagnetic field

1. УВОД

Саобраћајном политиком Европске уније, дефинисан је оквир за развој европског транспортног система. Европска унија дефинише саобраћајну политику у документу под називом Бела књига Европске уније. Основне тежње су засноване на регулисаној конкуренцији, мулти-модалном транспорту, редуковању уских грла у саобраћајним системима (растерећење главних праваца и повећање капацитета), постављању корисника у средиште саобраћајне политике, заштити животне средине и енергетској ефикасности [1, 2].

Европска комисија је 2001. године објавила „Европску саобраћајну политику за 2010: Време за одлуку“. Као основни задатак овог документа истиче се смањење негативних утицаја саобраћаја на животну средину, на основу повећања ефикасности саобраћајних система. Друмски и ваздушни саобраћај, који имају најинтензивнији раст истовремено угрожавају животну средину. Раст друмског и ваздушног саобраћаја се мора контролисати, а предност се мора дати железничком и другим видовима саобраћаја који најмање угрожавају животну средину. Преба-

цавање теретног саобраћаја на железнички и водни транспорт, поставља се као циљ многих европских земаља, који је мотивисан повећањем еколошке свести, али и повећањем цене горива [3].

Ваздушни саобраћај има велики утицај на животну средину и доприноси ефекту стаклене баште, као и губитку обрадивих површина. Конкурентност возова за велике брзине може довести до пада у коришћењу авионског превоза путника, нарочито на кратким дужинама летова (до 1500 km) на којима је емисија угљен-диоксида (CO₂) посебно неповољна услед великих трошкова енергије и лоше искоришћености капацитета, што доводи до драстичног раста трошкова за једно седиште у авиону [4].

Као последице изузетног развоја друмског саобраћаја, истичу се смањење безбедности на путевима, загушења на путној мрежи и неповољан утицај на животну средину. Друмски саобраћај је значајан извор гасова који проузрокују ефекат стаклене баште.

Растом еколошке свести и спровођењем закона за заштиту животне средине, железнички систем, као систем са високим капацитетом, најмањим загађењем ваздуха и воде, решењем проблема емисије буке и вибрација, најмањим коришћењем простора, истиче се као систем конкурентан осталим видовима

Адреса аутора: Грађевински факултет Универзитета у Београду,
11000 Београд, Булевар краља Александра 73
E-mail: mvlotijevic@grf.bg.ac.rs

саобраћаја. Од железнице се на простору Европске уније, до 2020. године очекује [3]:

- пораст учешћа у путничком превозу са садашњих 6% на 10% и теретном са 8% на 15%,
- утростручење продуктивности по запосленом на железници,
- уштеда енергије на основу повећања енергетске ефикасности за 50%,
- смањење загађења ваздуха за 50%,
- повећање капацитета инфраструктуре у сразмери са саобраћајним потребама.

Саобраћајном политиком за период до 2050. године, Европска унија је 2011. године истакла низ циљева за успостављање конкурентног и ефикасног транспортног система. Један од циљева је смањење емисије гасова од саобраћаја, који доводе до ефекта стаклене баште. Захтева се развој и примена нових и одрживих горива и погонских система. До 2030. године треба смањити на половину број путничких возила са конвенционалним типовима горива у градском саобраћају и искључити такве врсте возила у градовима до 2050. године. Потребно је успоставити градску логистику без емисије CO_2 у већим градским центрима до 2030. године. Један од начина да се смањи учешће друмских возила на већим дужинама путовања је оптимизација капацитета мултимодалних ланаца транспорта и већа примена енергетски ефикасних видова саобраћаја. Европска саобраћајна политика има за циљ успостављање интероперабилности између мрежа и система, повећање безбедности као и наплату трошкова животне средине. У циљу заштите и унапређења животне средине, предлаже се принцип „корисник плаћа“ и „загађивач плаћа“, што значи да корисницима саобраћаја треба доплатити коришћење инфраструктуре, у мери довољној да се покрију сви екстерни трошкови, укључујући и трошкове везане за загађења и загушења [3].

До 2050. године потребно је 50 % путничког и теретног саобраћаја на превозним даљинама преко 300 km пребацити са путева на железнички и водни саобраћај. Европски аеродроми на магистралним правцима треба да се повежу са железничком мрежом, а дужина пруга за велике брзине треба да се утростручи. У стратегијама развоја саобраћаја развијених земаља, пруге за велике брзине, као алтернатива ваздушном саобраћају, треба да преузму део ваздушног саобраћаја на растојањима до 800 km у циљу еколошке и економске добити [4].

У раду је представљена анализа утицаја железнице на животну средину са аспекта карбонског отиска, буке и вибрација, ангажовања простора, као и утицаја електромагнетног поља на здравље и безбедност људи.

2. КАРБОНСКИ ОТИСАК ЖЕЛЕЗНИЧКОГ САОБРАЋАЈА

Ефекат стаклене баште који води глобалном порасту температуре и климатским променама постао је главно питање заштите животне средине.

Протокол из Кјотоа потписан је 11. децембра 1997. године у јапанском граду Кјоту у организацији Конвенције Уједињених нација за климатске промене (UNFCCC), са циљем смањивања емисије CO_2 и других гасова који изазивају ефекат стаклене баште (GHG, eng. greenhouse gases). У последњих неколико деценија повећале су се концентрације ових гасова у атмосфери због коришћења фосилних горива у индустрији, саобраћају итд, што је допринело глобалном загревању и климатским променама. Владе највећег броја земаља су прихватиле ту теорију и потписале Протокол из Кјотоа, чији је циљ смањење емисије поменутих гасова. Република Србија је, такође, потписала и прихватила Протокол 24. септембра 2007. године [4, 5].

У циљу смањења емисије штетних гасова, потребно је смањити утицај саобраћаја на животну средину и успоставити равнотежу међу различитим видовима саобраћаја. Европска унија је у Белој књизи за саобраћај за 2050. годину поставила низ циљева, који подразумевају контролу раста ваздушног саобраћаја и поновно оживљавање железнице, као еколошки прихватљивијег вида саобраћаја, обзиром да као основно погонско средство користи електричну енергију. Емисију CO_2 у сектору саобраћаја потребно је редуковати за 60 % [4].

Услед емисије CO_2 , азотних оксида, аеросола и водене паре у виду кондензних трагова и цирус облака, изузетно негативан утицај на загађење има ваздушни саобраћај. Европска комисија очекује да ће до 2020. године, услед великог раста ваздушног саобраћаја, доћи до повећања емисије CO_2 од ваздушног саобраћаја за 84 % у односу на 2005. годину. Иза издувног испуста млазног мотора авиона јављају се кондензацијски трагови као видљиви трагови кондензоване водене паре и чест су предмет расправе узнемирене јавности због сумње да садрже хемијске материје, које се намерно испуштају из авиона [4].

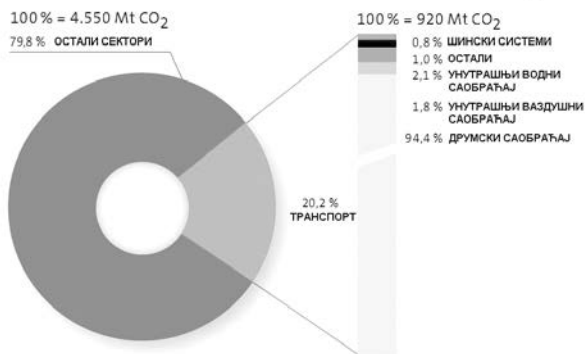
Према подацима Међународне асоцијације за ваздушни превоз (IATA – International Air Transport Association), у 2011. години је од ваздушног саобраћаја емитовано 650 милиона тона CO_2 . Услед брзог развоја ваздушног саобраћаја, IATA очекује да ће у периоду до 2016. године годишњи раст потражње износити 5,3 %, што ће и поред повећања ефикасности горива довести до повећања емисије CO_2 за 3,5 % годишње [4].

У оквиру сектора саобраћаја највећи извор емисије CO_2 су друмска возила (слика 1). Како за погон користе фосилна горива, доприносе значајном загађењу животне средине [4].

Спроведена истаживања су показала да би до 2020. године, преусмеравање 25 % ваздушног и друмског саобраћаја на железнички саобраћај довело до 21 % смањења у емисији CO_2 . На тај начин би се до 2020. године избегло стварање 1900 милиона тона CO_2 , а пруге за велике брзине омогућиле би одржив развој саобраћаја [4].

Да би произвео утицај на климу, који одговара једној тони CO_2 по путнику, авион треба да прелети

УДЕО САОБРАЋАЈНОГ СЕКТОРА У ЕМИСИЈИ ГАСОВА КОЈИ ИЗАЗИВАЈУ ЕФЕКАТ СТАКЛЕНЕ БАШТЕ У ЕВРОПИ 2011. ГОДИНЕ



Слика 1. Подаци извештаја [6] Немачке индустрије о емисији CO₂ еквивалента у Европи

3000 km, аутомобил да пређе 7000 km, док се возом за исту количину гаса по путнику може прећи 17000 km (слика 2). На тај начин авион је превозно средство које у односу на путнички километар производи највећу количину CO₂ [4].



Слика 2. Утицај саобраћаја на климу према [4, 7]

Карбонски отисак као величина која се користи за исказивање утицаја човека на животну средину и климатске промене, изражава се у тонама или килограмима еквивалента CO₂. Карбонски отисак је сума свих емисија CO₂ и његових еквивалената, које су изазване свим активностима везаним за функционисање возила у одређеном временском периоду. Свако превозно средство има сопствени карбонски отисак. На слици 3 приказани су карбонски отисци различитих возила за превоз путника [4].

Према истраживању [9], које је спровела Међународна железничка унија (UIC – Union internationale des chemins de fer) 2011. године, структуру карбонског отиска железничког система за велике брзине чине извори емисије CO₂ који се могу поделити у 6 категорија [4]:

- пројектовање пруга за велике брзине,
- земљани радови при грађењу пруге,
- грађење инжењерских објеката (тунели, галерије, вијадукти, мостови итд.),
- радови на полагању и уређењу смера и нивелете колосека,

Карбонски отисак свих видава превоза путника у САД у 2005. години према подацима DEFRA: 6,5 t CO₂ по путнику



Карбонски отисак у грамама CO₂ еквивалента по путничком километру



Слика 3. Карбонски отисак различитих врста возила за превоз путника (састављен према подацима DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs [8]) [4]

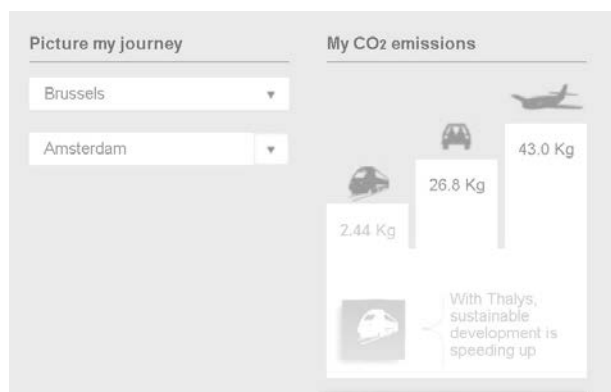
- постављање опреме и уређаја за пренос енергије и телекомуникације,
- грађење железничких станица и инфраструктурних садржаја за путнике.

Емисија CO₂ по путничком километру, у фазама пројектовања, грађења и експлоатације пруга за велике брзине, вишеструко је мања у односу на ваздушни саобраћај [4]. Политика развоја савремене железнице подразумева контролу могућих штетних утицаја на животну средину у наведеним фазама.

У зависности од топографије терена, грађење једног километра пруге за велике брзине има за последицу различите емисије CO₂, услед утицаја топографије на трошкове грађења, експлоатације и одржавања. Пруге у равничарским областима са малим бројем тунела и мостова имају у просеку годишњу емисију CO₂ око 60 тона по километру пруге, док пруге у планинским областима имају годишњу емисију CO₂ од око 140 тона до 180 тона по једном километру. Већи број тунела, вијадуката и мостова утиче на већу укупну емисију CO₂ [4].

На сајту железничке компаније Thalys постоји могућност аутоматског рачунања карбонског отиска

авиона, аутомобила и воза на основу изабране дестинације (слика 4), као и приказ структуре карбонског отиска воза (слика 5) [4]. На основу добијених резултата могуће је упоредити утицај различитих врста возила на животну средину. Према подацима железничке компаније Thalys, вредност емисије CO₂ за железнички саобраћај, у просеку је 10 пута мања у односу на друмски саобраћај, а 20 пута мања у односу на ваздушни саобраћај.



Слика 4. Прорачун емисије CO₂ на сајту железничке компаније Thalys [10]



Слика 5. Структура карбонског отиска на сајту железничке компаније Thalys [4, 10]

Прорачун карбонског отиска пруге представља детаљну анализу, приликом које је врло важно узети у обзир и специфичности које утичу на емисију CO₂.

У оквиру студије [11], коју су спровели француска железничка управа RFF (Réseau Ferré de France) и француска државна железница SNCF (Société nationale de chemins de fer Français) на прузи LGV Rhin – Rhone, развијен је поступак за прорачун карбонског отиска пруге за велике брзине. Прорачуном емисије CO₂ за временски период од 30 година, у фазама планирања и пројектовања, грађења пруга и службених места, експлоатације и одржавања, утврђено је да ће пруга произвести 2 милиона тона CO₂. Фаза пројектовања чини 1 % наведеног износа, грађење пруге 22 %, грађење железничких постројења и зграда 20 %, вуча возова 53 % а саобраћај возова и радови на одржавању пруге 4 % наведеног износа. Како је на основу добијених резултата утврђено да највећи део емисије CO₂ потиче од вуче возова, неопходно је смањити удео фосилних горива у производњи електричне енергије за вучу возова, што се истиче као један од циљева Европске уније. Студија је показала

да ће пребацивање путника са друмског и ваздушног саобраћаја на железнички саобраћај, у посматраном периоду, довести до уштеде од 3,9 милиона тона CO₂ као и да ће се након 12 година рада амортизовати емисија CO₂ настала током пројектовања, грађења и експлоатације пруге [4].

3. БУКА ОД ЖЕЛЕЗНИЧКОГ САОБРАЋАЈА

Кроз доношење Закона о заштити од буке у животnoj средини 2009. године, хармонизована је Директива 2002/49/ЕС (of the European Parliament and of the Council relating to the assessment and management of environmental noise) која даје смернице за израду стратешких карата буке, акционих планова и информисање јавности. Субјекти који спровode заштиту од буке у животnoj средини дужни су да обезбеде приступ јавности информацијама и подацима о стратешким картама буке, акционим плановима и резултатима мониторинга [12].

Бука коју генерише саобраћај постаје у новије време све већи проблем као облик загађивања животне средине, односно угрожавања и деградације квалитета живота. Дуготрајна изложеност јачини буке преко 65 dB може бити штетна по здравље човека.

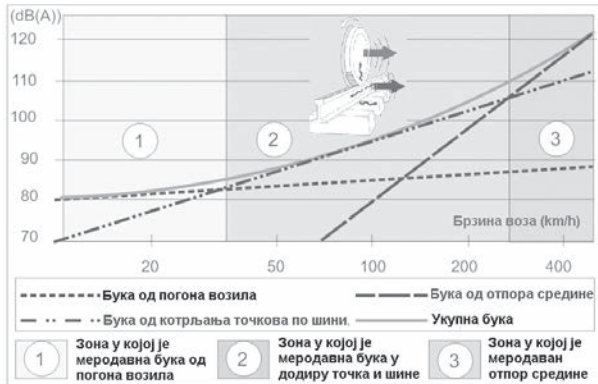
Бука се генерално сматра највећим еколошким проблемом железничког саобраћаја. Контрола буке од железничког саобраћаја заузима значајно место у саобраћајној политици Европске уније која планира утростручење обима теретног саобраћаја на железници до 2020. године, како би се смањило загађење ваздуха и повећала безбедност на путевима. Повећање обима теретног железничког саобраћаја подразумева повећање саобраћајног оптерећења и осовинског оптерећења, прогресивно пропадање геометрије колосека и повећање загађења животне средине. То захтева одговарајуће инфраструктурне капацитете, адекватну организацију железничког саобраћаја (на пример, превоз робе по ноћи), координацију одржавања возила и инфраструктуре, и решење за повећано загађење животне средине [3, 13].

С обзиром на политику организације железничког саобраћаја у Европи која подразумева велики обим теретних возова у току ноћи, главни узрок буке од железничког саобраћаја ноћу је саобраћај теретних возова, док је дању ниво буке од железничког саобраћаја одређен саобраћајем возова за велике брзине, конвенционалним железничким саобраћајем и шинским системима у урбаном окружењу [13].

Као последица овакве политике и утростручења обима теретног саобраћаја до 2020. године, процењује се повећање буке од железничког саобраћаја за 5 dB(A). Овакво повећање буке битно смањује квалитет живота грађана, који су већ сада у градовима Европске уније често изложени буци преко 60 dB(A). Због тога се од железнице очекује планско предузимање мера за смањење буке од железничког саобраћаја, сарадња и заједничка стратегија власника возила и власника железничке инфраструктуре и јасно дефинисана законска регулативу и технички

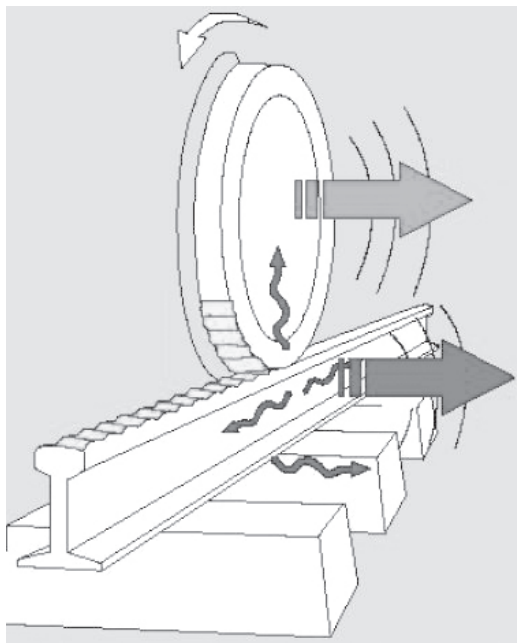
стандарди у области контроле буке од железничког саобраћаја у Европској унији [13].

Главни извори буке од железничког саобраћаја су погон возила у области малих брзина, котрљање точка по шини и отпор средине односно аеродинамичност возила у области великих брзина (слика 6).



Слика 6. Ниво и извори буке од железничког саобраћаја у зависности од брзине возила [13]

У области конвенционалних брзина највећи проблем представља бука која се ствара у додиру точка и шине. То значи да у фази експлоатације колосека ниво буке од железничког саобраћаја примарно зависи од стања површина у додиру точка и шине (слика 7), односно узроци појаве буке су неравност додирних површина точка и/или шине, нерегуларност геометријског облика точка и/или шине у зони њиховог додира, затим неуједначена крутост дуж колосека са дискретним ослањањем шине, шински састави (механички са везицама, изоловани, заварени), као и колосек у кривини [13]. На тај начин се потврђује значај одржавања возила и колосека.



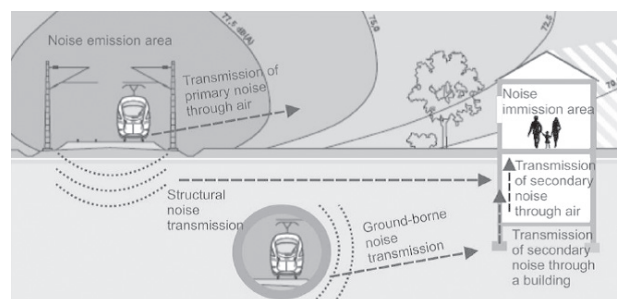
Слика 7. Принцип настајања буке у додиру точка и шине [14, 15]

Контрола емисије буке и вибрација од железничког саобраћаја, са аспекта железничке инфраструктуре, остварује се у области планирања, пројектовања, грађења и одржавања железничких пруга (слика 8).



Слика 8. Праћење нивоа буке и вибрација током експлоатационог века колосека [15]

Еколошки утицај шинских система на окружење дефинише се већ у фази трасирања избором положаја трасе у односу на терен (слика 9), просторним геометријским обликовањем и раздвајањем путничког и теретног подсистема на подручју железничког чвора. Како развој саобраћаја има значајан утицај на ангажовање простора и квалитет животне средине, предност железнице огледа се у просечном ангажовању површине земљишта. Тако је на пример за двоколосечну пругу, која превози 80000 тона робе на сат потребно 25 m, у односу на 75 – 80 m за аутопут истог капацитета [16]. Са аспекта еколошких утицаја на окружење, најповољнији су колосеци у дубоко или плитко положеном тунелу, мање повољно је површинско вођење колосека, а најнеповољнији су колосеци на мостовској конструкцији [15].



Слика 9. Принцип преношења буке од железничког саобраћаја на околне објекте [3]

Због недостатка простора, у централним зонама великих градова, потребно је размотрити могућ-

ност вертикалног повезивања различитих видова саобраћаја. Овакав концепт омогућава континуитет урбане матрице, једноставан прелазак са једног вида саобраћаја на други, одвојене површине намењене различитим саобраћајним системима, мање заузеће градског земљишта, као и бољу приступачност за све кориснике [17].

У раду [18], спроведена је анализа предности вертикалне организације функционалних садржаја на примеру железничке станице Београд Центар (слика 10). Предности оваквог концепта су:

- приступ станици са више страна и нивоа, односно постојање више станичних тргова, што расте ређује приступне саобраћајнице
- брз и лак прелаз са једног на други вид превоза,
- релативно мала површина градског земљишта,
- јединство целине у појавном и функционалном смислу.



Слика 10. Попречни профил комплекса нове железничке станице Београд Центар са претпостављеном диспозицијом основних намена и потенцијалом средишта мулти-модалног саобраћаја [18]

У циљу минимизирања еколошких утицаја од железничког саобраћаја, у свету се интензивно ради на развоју и унапређењу конструкције горњег строја која мора у што већој мери да задовољи захтев да је емисија буке и вибрација током грађења, експлоатације и одржавања прихватљива за околину (у складу са прописаним максималним нивоом буке и вибрација дању и ноћу, са или без додатних мера заштите) [19].

Конвенционална решења горњег строја са туцаничком засторном призмом имају боље акустичне особине у односу на решење без застора од туцаника. Лоше стране овог решења, које доводе до повећане емисије буке и вибрација као и утицаја на животну средину, су [15]:

- пропадање геометрије колосека (нивелета и смер) током експлоатације,
- неопходност кориговања геометрије колосека применом механизације, или мануелног људског рада (подбијање, уређење нивелете и смера),
- прљање засторне призме дробљењем зрна туцаника, наношењем песка, прашине и семена биљака ветром, што захтева редовну контролу вегетације и чишћење засторне призме (решетање уз допуну новим материјалом),
- наношење чврстих и течних отпадака на засторну призму, што ствара хигијенски и естетски проблем, који се решава ангажовањем уређаја за механи-

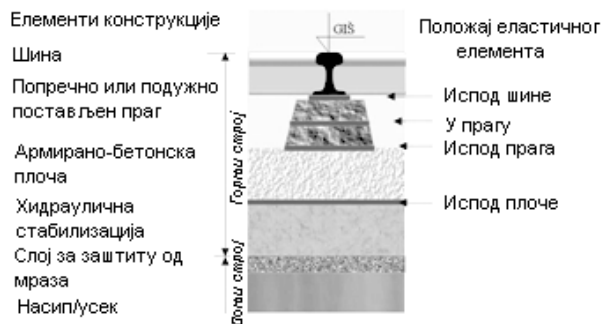
зовано усисавање отпадака са засторне призме, или мануелним радом,

– засторна призма од туцаника представља повољно станиште за глодаре, нарочито у тунелима.

Употреба механизације за одржавање колосека у застору од туцаника, у циљу отклањања наведених недостатака, изузетно је неповољна са становишта емисије буке. Како су радови на редовном одржавању колосека посебан проблем у условима густог дневног саобраћаја, активности одржавања се углавном спроводе у току ноћи, што опет често ствара проблем недовољног времена за спровођење редовне неге колосека и проблем одржавања нивоа буке током рада у законским оквирима [15].

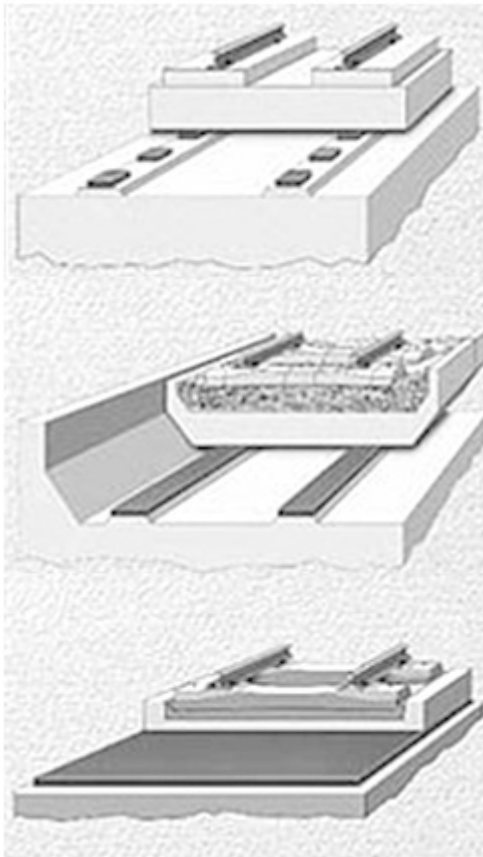
Колосек на чврстој подлози (без додатних мера заштите од буке), при пролазу возила емитује ниво буке за 5 dB(A) већи у односу на колосек са дрвеним праговима у застору од туцаника, због чега се у урбаном окружењу обавезно примењују додатне мере у конструкцији колосека, које имају за циљ да смање ниво буке и вибрација. Међутим, предности овог решења, под условом квалитетно изведене геометрије колосека, су дуг век трајања и постојана геометрија колосека уз минималне активности и трошкове одржавања, који су сведени на инспекцију и негу [15].

Корекције геометрије колосека на чврстој подлози, ограничене су на интервенције у оквиру еластичног шинског причвршћења. Заменом засторне призме од туцаника вишеслојном чврстом подлогом, постиже се постојаност геометрије колосека у оквирима строгих прописаних толеранција. Конструкција горњег строја без туцаника захтева употребу димензионисаних еластичних елемената у конструкцији колосека на чврстој подлози, који се најчешће налазе у оквиру шинског причвршћења, а могу се наћи унутар или испод прага и испод бетонске плоче (слика 11) [15, 19].



Слика 11. Могући положај еластичних елемената у конструкцији колосека на чврстој подлози [15, 19]

Позната су и решења са затвореним колосеком, решења колосека на огибљеним плочама (слика 12) итд. Затварањем колосека (примена тзв. „зеленог колосека“) добија се ефикасно решење заштите околине од буке и вибрација, као и естетски ефектно решење у урбаном окружењу [19].



Слика 12. Дискретно, тракасто и површинско еластично огибљење бетонске плоче [20]

Основна мера контроле буке је контрола на самом извору. Уколико није изводљиво применити мере за контролу буке на месту извора, примењују се мере контроле на путевима преношења звука од извора до пријемника. Ниски зидови у непосредној близини извора буке, акустички панели, плочасти монтажни елементи за апсорпцију буке уграђени у колосек итд, представљају низ додатних мера за заштиту од буке железничког саобраћаја.

Током експлоатације колосека, потребно је праћење нивоа буке који се емитује у окружење у односу на пројектоване вредности, као и спровођење одговарајућих мера у конструкцији и одржавању возила и колосека. Мере у конструкцији возила и колосека, које утичу на смањење емисије примарне буке у додиру точка и шине, приказане су на слици 13.

Савремено одржавање обавезно укључује негу шине, редовно и корективно одржавање елемената и геометрије колосека.

Под негом шине подразумева се подмазивање и брушење. Брушење шина је најефикаснији поступак за контролу набораности главе шине, која је један од основних узрока буке у додиру точка и шине. Сматра се да је потенцијал за смањење нивоа буке на основу неге шина од 15 до 20 dB(A) у односу на стање колосека у коме се неге шина не спроводи [13, 15].



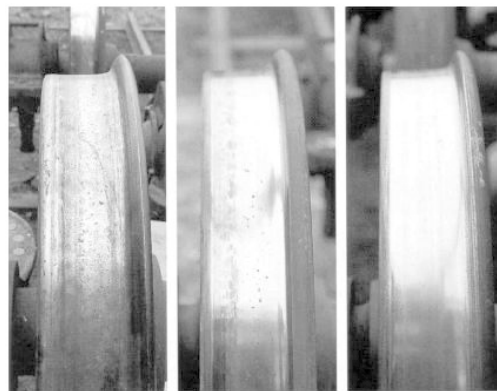
Слика 13. Мере у конструкцији возила и колосека за смањење буке у додиру точка и шине [13]

Циљ брушења је продужење века трајања шине у колосеку, смањење укупних трошкова одржавања колосека и возила, контрола нивоа буке и вибрација од железничког саобраћаја. Стратегија брушења обухвата: превентивне, корективне и цикличне активности [13].

Превентивним активностима, које се предузимају након полагања нових шина у колосек, може се одложити појава набораности чиме се остварује низак ниво динамичких сила, контрола шинских дефеката услед замора материјала (head checking, squat) и контрола буке. Корективне активности, које се планирају и спроводе када се прекорачи прописани праг толеранције за одговарајући дефект, имају за циљ поновно успостављање правилног подужног профила шине уклањањем набораности површине главе. Како се дефекти настали услед замора материјала понављају током експлоатације шине, цикличне активности је потребно спроводити током целокупног века трајања шине [13, 15].

Чест узрок неравнина на бандажу точка су оштећења која настају деловањем кочнице на точак

(слика 14). Ниво оштећења је у директној вези са конструкцијом кочнице. Диск кочнице не оштећује бандаж точка, те на тај начин доприноси смањењу нивоа буке до 11 dB(A) у односу на кочницу са папучама од сивог лива [13].



Слика 14. Карактеристично стање површине бандажа у случају примене кочне папуче од сивог лива (лево), папуче са облогом од композитног материјала (средина) и диск кочнице (десно) [13, 21]

Стратегијом и мерама у конструкцији и одржавању точка и шине за контролу буке, омогућава се правовремено интервенисање на елементу који емитује виши ниво буке, а у циљу смањења укупне буке. Ово је тешко оствариво у условима раздвајања власништва и управљања стањем возила и инфраструктуре. Проблем се делимично решава увођењем јединствене законске и техничке регулативе на територији Европске уније [13].

4. ЕЛЕКТРОМАГНЕТНО ПОЉЕ

У овом раду се анализира електрично и магнетно поље електроинсталационог система 25 kV, 50 Hz чији се елементи (електровучне подстанце, контактна мрежа, постројења за секционисање, железничке шине као повратни вод контактне мреже) посматрају као извори нискофреквентног електромагнетног поља.

Како би се избегла евентуална штетна дејства електромагнетног зрачења на здравствено стање људи и њихову сигурност, на међународном нивоу дате су смернице од стране Међународне Комисије за заштиту од нејонизујућег зрачења (ICNIRP, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) са дефинисаним граничним вредностима електричних и магнетних поља. Донето је и неколико директива Европске уније, а од посебног значаја је препорука Савета Европске уније 1999/519/ЕС од 12. јула 1999. године [22, 23]. Такође, од великог значаја су и препоруке Светске здравствене организације у вези са коришћењем извора нејонизујућег зрачења, у којима се саветује опрезан приступ као превентивна мера.

На основу Закона о заштити од нејонизујућег зрачења [24], Министарство животне средине и просторног планирања Републике Србије донело је, крајем 2009. године, шест нових подзаконских аката – правилника, који детаљније регулишу ову област. Усвајањем ових Правилника заокружена је постојећа регулатива у области заштите од нејонизујућег зрачења, при чему су јасно дефинисана права и обавезе корисника извора нејонизујућег зрачења од посебног интереса, дефинисани гранични нивои, разрађене процедуре, успостављене методе испитивања и систематског испитивања. Закон о заштити од нејонизујућег зрачења базиран је на досадашњим сазнањима из области заштите од нејонизујућег зрачења и на подацима земаља Европске уније и других земаља о регулативи и њеном садржају из ове области.

Како би се избегли евентуални негативни ефекти при излагању живих бића пољима у електроинсталационој систему, препоруком Европске уније 1999/519/ЕС дефинисане су граничне вредности електромагнетног поља (0 Hz – 300 Hz) по фреквенцијским опсезима. У табели 1 приказан је извод из препорука за фреквенције до 0.8 kHz. На основу табеле, препоручене граничне вредности за погонску фреквенцију $f = 50$ Hz износе: $E = 5$ kV/m, $H = 80$ A/m и $B = 100$ μ T [25].

Табела 1. Извод из таблице граничних вредности [25]

Фреквенцијски опсег	Електрично поље [kV/m]	Јачина магнетног поља [A/m]	Магнетна индукција [μ T]
0-1 Hz	-	$3,2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$
1-8 Hz	10000	$3,2 \cdot 10^4 / f^2$	
8-25 Hz	10000		
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$

Основе за међународну регулативу на подручју заштите људи од електромагнетних поља дала је Међународна комисија за заштиту од нејонизујућег зрачења ICNIRP. Најзначајнији документ који је 1998. године објавио ICNIRP је «Препорука за ограничавање излагања временски променљивим електричним, магнетним и електромагнетним пољима (до 300 GHz)». У њему се дефинишу две категорије изложености људи електромагнетним пољима. То су изложеност опште популације (24 сата/дан) и професионална изложеност пољима погонске фреквенције од 50 Hz (до 8 сати/дан). За сваку од ових категорија посебно се одређују границе излагања (референтни гранични нивои), при чему су за изложеност опште популације препоручене строже границе излагања. Препоруком Савета Европе из 1999. године, границе излагања за општу популацију, које је дефинисао ICNIRP, узимају се као минимални захтев за ограничавање изложености становништва електромагнетним пољима. Земљама чланицама се препоручује да границе излагања у националним законодавствима не смеју бити блаже од граница ICNIRP-а, а допушта се да национална законодавства (у складу са принципом предострожности) пропишу строже границе излагања [26].

Према ICNIRP-у, граничне вредности за подручје професионалне изложености пољима погонске фреквенције од 50 Hz износе: $E = 5$ kV/m, $H = 80$ A/m, $B = 100$ μ T, односно $E = 2$ kV/m, $H = 32$ A/m, $B = 40$ μ T за подручје повећане осетљивости [25], као што је приказано у табели 2.

Табела 2. Граничне вредности за подручја изложености електромагнетним пољима

Подручја изложености електромагнетним пољима	Електрично поље [kV/m]	Јачина магнетног поља [A/m]	Магнетна индукција [μ T]
Подручје професионалне изложености	5	80	100
Подручје повећане осетљивости	2	32	40

Законом о заштити од нејонизујућег зрачења Републике Србије започето је правно регулисање

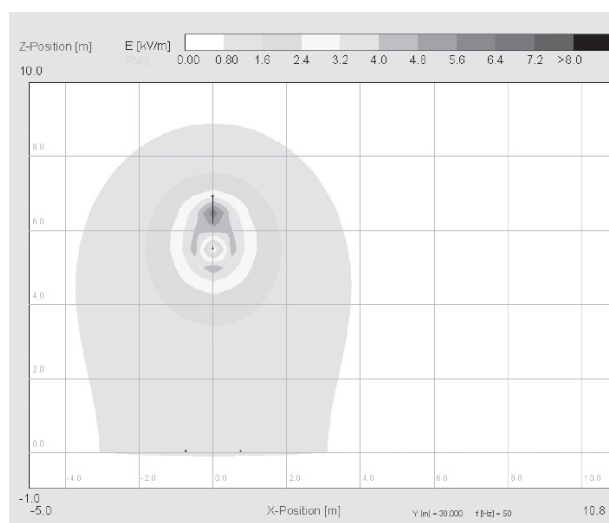
заштите здравља становништва од утицаја електромагнетних поља. Законом су прописани референтни гранични нивои у посебном правилнику. Овај Правилник за општу популацију и за индустријску фреквенцију 50 Hz, дефинише референтни гранични ниво од 40 μT , односно 2,5 пута нижу вредност границе излагања. У табели 3 дате су границе излагања људи (референтни гранични нивои) временски променљивом магнетном пољу према међународним препорукама и Правилнику Републике Србије, и то оне које се односе на општу популацију и за фреквенцију поља 50 Hz [26].

Табела 3. Упоредни преглед граница излагања према релевантним документима, за поља фреквенције 50 Hz [26]

Документ:	B [μT]
ICNIRP	100
Препоруке Савета Европе 1999/519/ЕС	100
Правилник о границама излагања нејонизујућим зрачењима	40

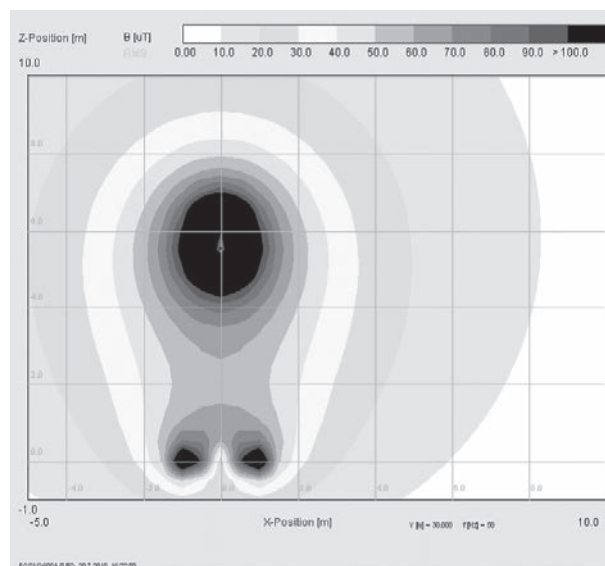
Да би се проценило да ли јачине електромагнетног поља задовољавају прописане границе, потребно је израчунати вредност поља. У раду [25] представљена је анализа резултата о јачини електричног и магнетног поља у простору око возних водова контактне мреже и простору у непосредној близини постројења за секционисање контактне мреже 25 kV, 50 Hz. Применом програмског пакета EFC-400 Release V5.3 приказане су расподеле електричног и магнетног поља и закључено је да добијене вредности јачине наведених поља не прелазе прописане граничне вредности и да нема штетног утицаја на живе организме [25].

Према прорачуну датом у [25], највиша вредност електричног поља у близини возног вода не прелази вредност од 2 kV/m. На висини 1.5 m изнад равни горње ивице шина електрично поље не прела-



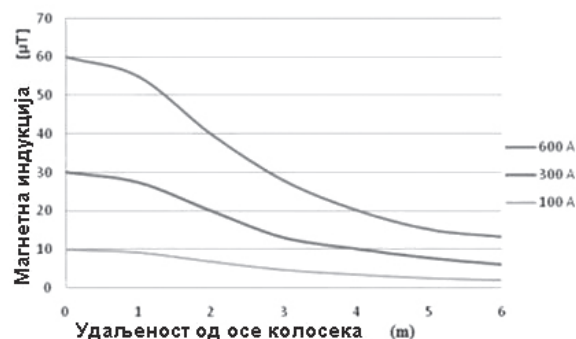
Слика 15. Расподела електричног поља око возног вода на једноколосечној прузи [25]

зи вредност од 1.5 kV/m, а критичну вредност од 2 kV/m достиже на висини 4.35 m (слика 15). На висини 1.5 m изнад равни горње ивице шина у осе колосека вредност магнетне индукције на основу прорачуна износи 59.96 μT . На слици 16 приказана је расподела магнетне индукције у околини контактне мреже на отвореној једноколосечној прузи за струју вуче од 600 A, која је изабрана као максимално дозвољена вредност струје у возном воду.



Слика 16. Расподела магнетне индукције око возног вода контактне мреже на једноколосечној прузи при струји вуче од 600 A [25]

Промена магнетне индукција за различите вредности струја вуче на висини 1.5 m изнад равни горње ивице шина у пружном појасу до 6 m од осе колосека графички је приказана на слици 17. Вредност магнетне индукције директно је пропорционална јачини струје вуче и опада са удаљеношћу од осе колосека. Када возним водом тече струја од 600 A на удаљености мањој од 2 m од осе колосека, постиже се вредност магнетне индукције од 40 μT [25].

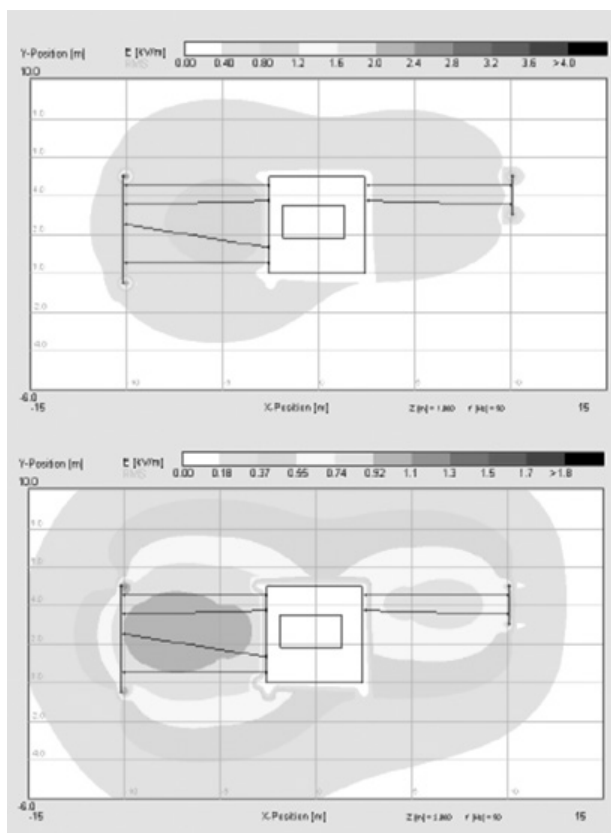


Слика 17. Промена магнетне индукције на висини 1.5 m изнад равни горње ивице шина у пружном појасу до 6 m од осе колосека [25]

Прорачун електричног и магнетног поља у простору око постројења за секционисање дат је у [25]

за висине 1 m и 2 m iznad ravni gorње ivice šina (slike 18 i 19). Prva visina je ođabrana kao standardna za proračune ovog tipa, dok je druga ođabrana kao pređpostavka najveće visine gde bi mogli boraviti ljuđi.

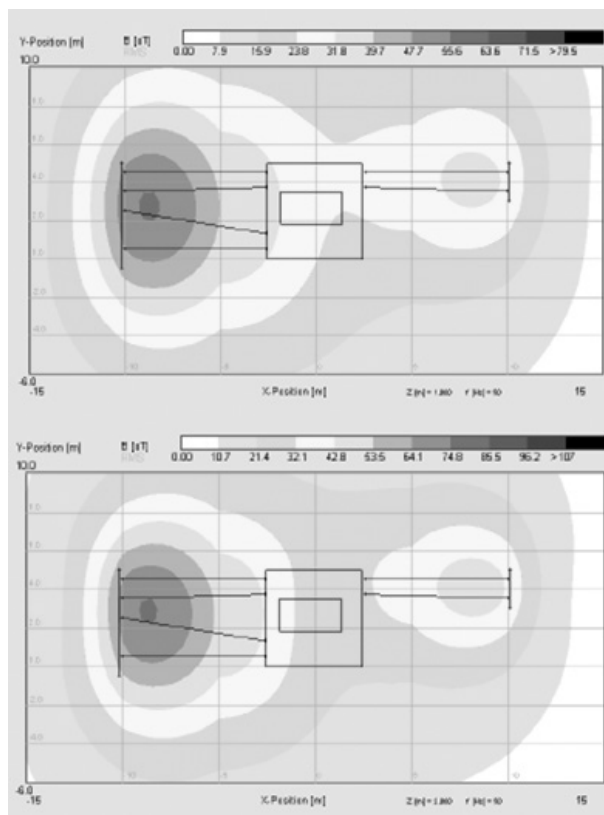
Prema proračunu datom u [25], u prostoru na krajevima konzole i nosača konzole, postiže se najveća proračunata vrednost električnog polja od 0,9 kV/m, na 1 m iznad ravni gorње ivice šina. Međutim ovo područje je prostorno veoma ograničeno i nalazi se uz same železničke šine. Vrednost jačine električnog polja od 1,2 kV/m na visini od 2 m, javlja se na uskom prostoru oko nosećeg stuba preko čijih konzola su kontaktni vodovi povezani sa postrojeњem za sekcionisanje (slika 18).



Slika 18. Jačina električnog polja u prostoru oko postrojeња za sekcionisanje na visini 1 m i 2 m iznad ravni gorње ivice šina [25]

U radu [25] se zaključuje da je magnetno polje na visini 1.5 m iznad ravni gorње ivice šina u prужnom pojasu do 6 m od ose koloseka maње od 75 μT , i ova vrednost se kreće u vrlo uskom području u коме ne borave ljuđi. Vrednosti magnetne indukcije od 100 μT na 2 m iznad ravni gorње ivice šina postižu se za struje od 800 A u svim spoјnim vodovima. Ovaکو велика struja se po pravilu ne pojavljuje, pogotovo ne u svim spoјnim vodovima (slika 19).

Na osnovu rezultata pretходne analize, jačine električnog i magnetnog polja u prostoru oko vaznih vodova kontaktne mreže i prostoru u neposrednoj



Slika 19. Jačina magnetnog polja u prostoru oko postrojeња za sekcionisanje na visini 1 m i 2 m iznad ravni gorње ivice šina [25]

blizini postrojeња za sekcionisanje kontaktne mreže daleko su maње od dozvoljenih vrednosti. Kako u svetu još uvek nisu u potpunosti ispitani biološki mehanizmi uticaja elektroagnetnog polja na zdravlje ljuđi, vrše se istraživanja u laboratorijama i na terenu u cilju dołazeња do saznaња da li postoje i koji efekti na organizam usled izloženosti elektroagnetnom polju. Potrebno je ispitati i dužinu vremena izloženosti elektroagnetnom polju i zakonски je propisati u cilju sprečavanja nastanka oboljeња i negativnih zdravstvenih problema [25].

5. ZAKLJUČAK

Osnovni ciljevi saobraćajne politike Evropske unije su povećanje ukupne transportne efikasnosti, smanjeње troškova, smanjeње ekoloških produkata загађења životne i radne sredine, planско ureђење infrastrukture, uvoђење slobodnog pristupa svim potencijalnim učesnicima, uvoђење načela plaћања свих troškova za sve učesnike, unifikacija opreme i sredstava i standardizacija kvaliteta usluga.

U borbi protiv klimatskih promena, neopходne su drastične i brze redukcije emisije CO_2 u svim sektorima, uključujući i saobraćaj koji zavisi od fosilnih goriva i koji je odgovoran za preko 20 % emisije CO_2 nastale sagorevaњem energenata. Svako prevozno sredstvo ima сопствени karbonski otisak,

као величину која се користи за исказивање утицаја човека на животну средину и климатске промене, изражену у тонама или килограмима еквивалентна CO_2 . Неке железничке компаније на својим комерцијалним сајтовима дају могућност рачунања карбонског отиска авиона, аутомобила и воза за одабране дестинације, као и структуру отиска за воз, апелујући на јавност да се определи за воз, као еколошки најповољније средство путовања.

Бука коју генерише саобраћај постаје све већи проблем као облик загађивања животне средине, односно угрожавања и деградације квалитета живота. Контрола емисије буке и вибрација од железничког саобраћаја, са аспекта железничке инфраструктуре, остварује се у области планирања, пројектовања, грађења и одржавања железничких пруга. Процењује се да ће утростручење обима теретног саобраћаја на железници до 2020. године, као циљ Европске саобраћајне политике, имати за последицу повећање нивоа буке од железничког саобраћаја за око 5 dB(A). Повећање негативних утицаја на животну средину захтева строжије мере у конструкцији и одржавању возила и колосека.

У раду је анализиран и утицај електромагнетног поља електроинсталационих система 25 kV, 50 Hz на здравствено стање и безбедност људи. Иако су прорачуном добијене вредности интензитета електричног поља и магнетне индукције, у простору око возних водова контактне мреже и простору у непосредној близини постројења за секционисање контактне мреже, ниже од прописаних граничних вредности, потребно је испитати биолошке механизме утицаја електромагнетног поља на здравље железничких радника и дефинисати и законски прописати дужину времена изложености радника одређеном интензитету електромагнетног поља, која би представљала опасност по њихово здравље.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] European Commission: White Paper – European Transportation Policy for 2010: time to decide, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2001.
- [2] European Commission: White paper, Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system, Brussels, 2011.
- [3] Popović Z., Lazarević L.: The role of railway in the European transport policy, *Izgradnja*, 2013, vol. 67, iss. 7-8, pp. 285-291.
- [4] Popović, Z., Lazarević, L.: Javni putnički saobraćaj na razdaljinama do 800 km, *Put i saobraćaj*, 2014; 60(3): 49-59.
- [5] Закон о потврђивању Кјото протокола уз оквирну конвенцију Уједињених нација о промени климе, Службени гласник Републике Србије – Међународни уговори, бр. 88/07
- [6] Die Bahnindustrie in Deutschland: Zahlen und Fakten zum Bahnmarkt und –verkehr, 2014.
- [7] Germanwatch: Fakten, die Sie nicht überfliegen sollten
- [8] <http://shrinkthatfootprint.com/shrink-your-travel-footprint> (приступ фебруар 2015.)
- [9] UIC International Union of Railways: Carbon Footprint of High Speed Rail, Report, Paris, 2011, www.uic.org/IMG/pdf/hsr_sustainability_carbon_footprint_final.pdf (приступ фебруар 2015.)
- [10] www.thalys.com/de/en/sustainable-development/carbon-footprint (приступ фебруар 2015.)
- [11] RFF et SNCF: Bilan Carbone® ferroviaire global – La Ligne à Grande Vitesse Rhin-Rhône au service d'une Europe durable,
- [12] www.rff.fr/IMG/Bilan-Carbone-LGV-RR.pdf (приступ фебруар 2015.)
- [13] Закон о заштити од буке у животној средини 2009. године, Службени гласник Републике Србије, бр. 36/2009 и 88/2010
- [14] Popović Z., Puzavac L., Lazarević L.: Kontrola buke u dodiru točka i šine, Међународна научна конференција “Održivi razvoj u funkciji zaštite životne sredine”, Beograd, 2011, str. 184-185.
- [15] Buchman, A., Feste Fahrbahn und Lärm – Gibt es hier Lösungen?, Vortrag, Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen, Universität Karlsruhe (TH), S. 56, 2006.
- [16] Popović Z., Puzavac L., Lazarević L.: Šinski sistemi i zaštita urbanog okruženja od buke, Међународна научна конференција “Održivi razvoj u funkciji zaštite životne sredine”, Beograd, 2011, str. 173-174.
- [17] Popović Z.: Osnove projektovanja železničkih pruga, Beograd, 2004.
- [18] Stevanović K., Popović Z., Pajkić M.: Modern railroad terminals as related to urban matrix development, The III International Scientific and Professional Conference „CORRIDOR 10 – A sustainable way of integrations“, Niš, 2012, pp. 165-172.
- [19] Stevanović K., Stevanović M.: Nove smjernice koncipiranja željezničkih kolodvora, *Градевинар 66* (2014) 8, 739-747,
- [20] www.hrca.hr/file/187050 (приступ фебруар 2015.)
- [21] Popović Z.: Konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi, monografija, Градевински факултет, Beograd, 2010.
- [22] Getzner, Elasticity for Railway Superstructures,
- [23] www.getzner.com/en/downloads/brochures (приступ фебруар 2015.)
- [24] Hecht, M.: Lärmbelastung durch Schienengüterverkehr, Vortrag, TU Berlin, S. 31, 2003.
- [25] ICNIRP Guidelines, Guidelines for limiting exposure to timevarying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), 1998.
- [26] 1999/519/EC, Council recommendation on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz), *Official Journal of the European Union*, 1999.
- [27] Закон о заштити од нејонизујућих зрачења, Службени гласник Републике Србије, бр. 36/09, 2009.
- [28] Gavrilovic B., Popović Z., Bundalo Z.: Electromagnetic field under the electric overhead system 25 KV, 50 HZ of Serbian Railways, The III International Scientific and Professional Conference „CORRIDOR 10 – A sustainable way of integrations“, Beograd, 2012, pp. 265-280.
- [29] Ispitivanje magnetske indukcije u zonama povećane osetljivosti u blizini TC 10/0.4 KV i 20/0.4 KV, Електротехнички институт Никола Тесла, 2010, www.ieent.org/prototip/datoteke/20115/2405110107008673.pdf (приступ фебруар 2015.)