



Саобраћајно-грађевински изазови у зонама радова у тунелима

Александра Обрадовић^а, Јована Обрадовић^б, Далибор Пешић^а

^а Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду

^б Институт за водопривреду 'Јарослав Черни' ДОО

ПОДАЦИ О РАДУ

DOI: 10.31075/PIS.72.02.07

Стручни рад

Примљен: 18.03.2026.

Прихваћен: 19.04.2026.

Коресподент аутор:

a.obradovic.sf@gmail.com

ORCID ID

Александра Обрадовић: 0009-0005-1180-7605

Јована Обрадовић: N.A.

Далибор Пешић: 0000-0001-8357-1746

Кључне речи:

тунел

зона радова

безбедност

извођење радова

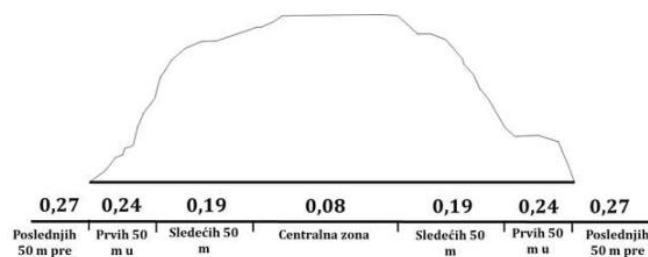
РЕЗИМЕ

У раду је приказана комплексност извођења радова у тунелима кроз саобраћајне и грађевинске аспекте. Саобраћајни део рада анализира неопходну сигнализацију, правилно постављање привремених саобраћајних знакова и мере за повећање безбедности радника и учесника у саобраћају. Посебан акценат стављен је на организацију саобраћаја у ограниченим условима тунела, с циљем смањења ризика од незгода и застоја. Грађевински део рада фокусира се на утицај извођења радова на конструкцију тунела, са пажњом на оптерећење од саобраћаја и специфичности рада у затвореним просторима. Разматра се и интеракција грађевинских машина и конструкције, као и утицај тунелске инфраструктуре на ефикасност радова. Циљ рада је да пружи свеобухватан преглед изазова и решења везаних за извођење радова у тунелима, уз нагласак на унапређење безбедности, оптимизацију саобраћаја и заштиту грађевинске инфраструктуре. Резултати истраживања могу допринети развоју стандарда и процедура за рад у овако специфичним условима.

1. Увод

Тунел обухвата грађевинску конструкцију тунела (порталне грађевине, примарна и секундарна тунелска облога, попречне везе и коловозна конструкција) и инфраструктуру тунела (одвођење воде, опрема тунела, саобраћајна сигнализација и опрема и остале инсталације у тунелу). Како би тунел испунио захтеве саобраћајног и грађевинског аспекта, неопходно је да постоји детаљна анализа ризика. Детаљна анализа ризика бави се проценом ризика тунела, планом хитних интервенција којим се дефинишу процедуре и начини поступања лица у случају опасности у тунелу. Такође, у детаљну анализу ризика треба укључити саобраћајно оптерећење, дужину тунела, хитне службе, везу са сервисном тунелском цеви (попречна веза у тунелу), која представља помоћну тунелску цев која служи за евакуацију корисника у случају опасности, као и бржи пролазак возилима хитне помоћи до главне тунелске цеви (Службени гласник РС, 2012). Због безбедности саобраћаја ограничава се брзина у тунелима, као и забрана претицања и промене возне траке, нарочито у дужим аутопутним тунелима. Растојање између суседних возила мора да се одржава, посебно када су у питању теретна возила и у складу са тим прилагоди брзина вожње.

У многим земљама (Швајцарска, Аустрија, Јапан) врло ригорозно кажњавају се они возачи који не поштују ограничења брзине и друга саобраћајна правила приликом проласка кроз тунеле. Анализом безбедности саобраћаја у тунелима у просеку се догоди око 20 саобраћајних незгода сваке године, док је 2024. године евидентиран број од 17 саобраћајних незгода. Уколико се догоди саобраћајна незгода у тунелу неопходно је брзо реаговати због самог просторног ограничења као и могућности експлозије возила или испуштања опасних материја у тунелу што може довести до знатно веће катастрофе и броја повређених лица. (Агенција за безбедност саобраћаја, .) На слици 1. приказана је стопа незгода у тунелима. У централној зони стопа незгода је најнижа, док је већа у прелазним зонама између тунела и надземних путева, тј. остатка деонице. Овакав податак се може објаснити чињеницом да се вид није прилагодио промени услова видљивости приликом уласка, односно изласка из тунела. Како сама зона радова представља специфично место које представља прелазак са нормалног у измењени режим саобраћаја, тако је и њен утицај на безбедност саобраћаја специфичан.



Слика 1. Број незгода са повређенима по милион возила km за различите зоне у тунелима
Извор: Elvic et al., 2009.

Због своје природе и начина обележавања и вођења саобраћаја, неопходно је спроводити детаљне анализе нивоа безбедности у зони радова. У већини случајева приликом извођења радова на одређеним деоницама пута не постоји алтернативни правац на који се могу преусмерити саобраћајни токови, па у том случају зона радова постаје потенцијално опасно место. Део зоне радова који је најризичнији за настанак саобраћајних незгода, нарочито са смртним последицама, представља само градилиште. Када је у питању спровођење радова у тунелу, свако извођење радова може утицати и на стабилност конструкције, као и на саму безбедност учесника у саобраћају. Овим радом приказане се поглед на зону радова са саобраћајног и грађевинског аспекта.

2. Саобраћајни аспект радова у тунелима

Са саобраћајног аспекта, основни услови који тунел на територији Републике Србије мора да поседује односи се на мере безбедности – инфраструктурне мере (структурне мере, услови за расвету, вентилацију, станице за случај опасности, одвођење воде, контролни центар, систем надзора, опрему за затварање тунела, комуникационе системе, снабдевање електричном енергијом у случају опасности и отпорност опреме на пожар) и мере које се односе на коришћење тунела (Службени гласник РС, 2023).

На ове мере утичу параметри које се односе на дужину тунела, број тунелских цеви, број саобраћајних трака, геометрија попречног пресека, саобраћајна сигнализација и опрема, врста конструкције, једносмерни или двосмерни саобраћај, саобраћајно оптерећење у тунелској цеви, ризик од загушења саобраћаја, време одзива хитних служби, проценат тешких теретних возила у укупном саобраћају у тунелу, процентуално учешће возила која превозе опасан терет и грађевинске и саобраћајне карактеристике приступних путева. Када је у питању саобраћајна сигнализација у тунелима, саобраћајним знаковима означавају се зауставне површине, излази за случај опасности, зауставне нише и пунктови за случај опасности. У тунелу са двосмерним саобраћајем, видљивост средишње линије која раздваја саобраћајне траке

мора бити појачана техничким средствима за побољшање видљивости (маркери, призме и сл.). Предлог постављања додатног осветљења разделне линије односи се на недостатак амбијенталне – природне светлости при којој би возач могао да увиди друго возило, као и уколико нестане струје или дође до квара расвете. Такође, на бочним зидовима тунела постављају се катадиоптери ради бољег уочавања саме конструкције уколико возач претходно није видео знак који указује на наилазак тунела и његов назив. Неопходно је испунити све услове за адекватну употребу тунела, јер уколико настане инцидентна ситуација (саобраћајна незгода, пожар и сл.) може доћи до повреде знатно већег броја лица него самих учесника инцидента. Највећа опасност по учеснике у саобраћају прети од пожара. Сударом два теретна возила (камиона) дошло је до пожара. У поменутој саобраћајној незгоди погинуло је 11 људи, а сам тунел је био затворен два месеца. Овај догађај иницирао је драматичне промене у начину приступа контроли брзине проласка кроз тунеле, као и озбиљну ревизију постојећих прописа за пројектовања тунела у европским земљама, пре свега у Аустрији, Немачкој и Швајцарској.

Због просторне ограничености, у тунелу је прилагођена брзина нешто мања него на остатку деонице. Смањена брзина омогућава заустављање у тренутку наилазак на инцидентну ситуацију. О свим информацијама које су од значаја за кретање у тунелу, потребно је едуковати учеснике у саобраћају. Посебно је неопходно говорити о моделима понашања учесника уколико дође до инцидентне ситуације у тунелу, које су процедуре за безбедно обавештавање хитних служби, као и који су начини за напуштање тунела у оваквим ситуацијама.

Време, односно дужина трајања радова на путу је један од фактора од којег зависи ниво обезбеђивања саме зоне. Због специфичности места извођења радова, безбедност самих радника и учесника у саобраћају који пролазе кроз зону радова мора бити на високом нивоу. Безбедност радника и грађевинских машина који се налазе на самом коловозу у зони радова, а посматрајући извођење радова са саобраћајног аспекта, огледа се у придавању пажње да не дође до обрушавања конструкције. Безбедност учесника у саобраћају је у виду упозорења које мора бити благовремено, јер није могуће избећи зоне радова због ограничености простора самог тунела. Највиши ниво безбедности радника, грађевинских машина, као и учесника у саобраћају јесте тотална обустава саобраћаја током извођења радова. Међутим, због позиције тунела, његове повезаности са остатком инфраструктуре, као и немогућности преусмеравања саобраћаја на алтернативне путеве, ситуација која пружа највиши ниво безбедности некада није могућа.

3. Интеграција саобраћајних и грађевинских аспеката радова у тунелима

При пројектовању саобраћајних тунела врло је важно сагледати све аспекте извођења радова. Неопходно је укључити саобраћајну струку која би обезбедила градилиште сваке деонице тунела. Такође, саобраћајни инжењери би се бавили регулисањем саобраћаја, тачније усмеравањем саобраћаја на обилазни пут, као и обавештавањем о алтернативним рутама за пролазак тешких теретних возила одређеним деоницама у близини зоне радова. Такође, ако су у питању радови на постојећем тунелу који могу бити у виду санације, реконструкције или доградње, интеграција саобраћајне и грађевинске струке је веома битна. Као што је већ претходно описано у раду, саобраћајни аспект има важну улогу у регулисању безбедности радника и учесника у саобраћају, док грађевински аспект има задатак да води рачуна о стабилности конструкције тунела. У даљем раду биће приказане карактеристичне ситуације радова који се могу јавити у саобраћајном тунелу и које јасно показују интеграцију између саобраћајне и грађевинске струке.

3.1. Радови на коловозу у тунелу

Са саобраћајног аспекта, најчешћи и једини радови су радови на коловозу тунела. Они се односе на обележавање хоризонталне и вертикалне сигнализације. Када је у питању сама зона радова, односи се на адекватно обавештавање и вођење свих учесника у саобраћају кроз саму зону радова и градилиште у тунелу. Када је у питању грађевински аспект, под радовима на коловозу сматра се уклањање асфалтних слојева и замена доњих носећих слојева, најчешће од невезаног агрегата. Овакав вид радова може променити расподелу оптерећења на темељ тунела. Такође, вибрације од тешке механизације могу изазвати микропукотине у бетонској облози. Што се тиче дренажних система који се налазе у виду механизма за одводњавање испод коловоза, приликом радова на самом коловозу, може доћи до оштећења што повећава ризик од накупљања подземних вода (Јавно предузеће Путеви Србије, 2012; Bickel et al., 2012).

Неопходно је пре ове врсте радова снимити постојеће стање пукотина и деформација. При коришћењу тешке механизације користити методе које смањују вибрације (на пример не користити класично разбијање, већ методе које не изазивају велике вибрације). За потпуну сигурност извођења радова, без утицаја на дренажање постојеће тунелске конструкције, потребно је обезбедити алтернативни дренажни систем уколико се након додатних анализа покаже да постоји ризик од оштећења постојећег система (SRPS EN, 1997-1:2019).

3.2. Радови на облози тунела

Са саобраћајног аспекта, радови на облози тунела односе се на постављање неопходне саобраћајне опреме у тунелу. Опрема коју сваки тунел треба да садржи, а поставља се на зидове тунела, односи се на освету, вентилацију, вертикалну сигнализацију, као и врата за излазак из тунела и телефонске говорнице за хитну помоћ. Уколико се врше радови у већ постојећем тунелу, сваки инцидент је веома ризичан због просторних ограничења. Фундаментално се разликују поступци и технологија извођења за плитко и дубоко положене тунелске цеви. Код плитко положених тунела висина надслоја обично је мања до 6.0 м, па се ископ за полагање тунелске цеви најчешће ради стандардном грађевинском механизацијом за извођење земљаних радова. Најпознатији тунели тог типа су тзв. "CUT and COVER" тунели. Код дугачких дубоко положених тунела најчешће се примењују специјалне машине (на engl. Tunnel Boring Machines - TBM) за ископ стенског материјала уз истовремену уградњу примарне тунелске подграде и других префабрикованих елемената тунелске конструкције.

Када је у питању грађевински аспект, сви радови на самој облози тунела потенцијално смањују носивост конструкције. У ту групу спадају и радови као што су скидање и замена бетонских сегмената. Овим радовима је носивост конструкције привремено смањена у тренутку када на конструкцији недостаје део сегмента, што треба посебно анализирати и спровести низ прорачуна којим се показује на који начин и кроз које фазно извођење је најбезбедније извести овакву врсту радова (Bickel et al., 2012; Bai Yun et al., 2018). Уколико је потребно извршити замену хидроизолације због оштећења, овакви радови могу изазвати продирање подземне воде, уколико она допире до анализираних подручја тунела, што може дугорочно ослабити структуру конструкције тунела. Прскани бетон, који се често користи као материјал за брзе поправке и попуњавање било каквих шупљина бетоном, повећава тежину облоге. Повећавањем тежине облоге јавља се додатно оптерећење на исту које утиче на конструкцију тунела (Bickel et al., 2012). Мере које треба применити у овој групи радова су, пре свега, детаљна анализа саме структуре тунела. Уколико одређени радови смањују носивост конструкције, треба се одредити за постављање привременог потпорног ојачања (анкери, челични лукови – ременате) пре самог слабљења конструкције на угроженом подручју. Овакве мере треба исконтролисати и статичким прорачунима у којима се проверава носивост самих потпорних елемената и који су оптимални услови за њихово коришћење.

Такође треба извршити и геотехничку анализу којом се проверава како ће промене, односно радови, утицати на притисак тла око тунела (на пример продирање воде у великим количинама може изазвати промену нивоа подземних вода што може довести до промене притиска на конструкцију тунела). Након било какве поправке на самој бетонској облози требало би одмах користити хидроизолационе премазе како би се спречило продирање влаге (SRPS EN, 1997-1:2019; Bickel et al., 2012; *Jornal of Infrastructure Systems*, 2019).

3.3. Радови на електро-инсталацијама и вентилацији

Опрема која се односи на електроинсталације и вентилацију представљају један од најважнијих делова опреме тунела, баш због просторне ограничености саме конструкције. Највећу опасност у тунелима представља пожар, при коме обично долази до ослобађања велике количине дима који у тунелу постаје јако густ и врло опасан за све учеснике у саобраћају. Такође, врло је важно водити рачуна о исправној и функционалној вентилацији тунела како би услед било каквог инцидента била од користи. Када је у питању зона радова, неопходно је одржавање вентилације, електроинсталације и расвете у тунелу која захтева одређено задржавање у тунелу. Са саобраћајног аспекта неопходно је радницима обезбедити несметан рад, као и адекватно обележавање машина, а самим тим и учесницима у саобраћају безбедан пролазак кроз зону радова и сам тунел. Један од честих проблема са којим се сусрећу учесници у саобраћају у тунелима односи се на недостатак природне светлости, па може доћи до заслепљивања возача приликом уласка/изласка из тунела (Гошић А. et al., 2023). Са грађевинског аспекта, уколико се радови на електроинсталацијама и вентилацији раде контролисано и унапред дефинисано, утицај на саму конструкцију тунела може бити сведен на минимум. Неки од утицаја који се могу јавити су приликом постављања нових каблова и носача у тунелске зидове. Тада може доћи до локалног ослабљивања бетона приликом бушења рупа. А што се тиче вентилације, када је потребна замена вентилатора, она може привремено променити циркулацију ваздуха, што може утицати на исушивање или кондензацију влаге унутар конструкције. Контроле које би требало спровести за случај радова са електроинсталацијама подразумевају да приликом бушења треба користити минимално инвазивне методе и да додатно треба заштити арматуру од корозије. За нови систем вентилације потребно је посебно анализирати утицај на влажност бетона, као и да треба размотрити опцију инсталирања привремених вентилационих канала како би се избегло накупљање кондензације током радова (Bickel et al., 2012; *Jornal of Infrastructure Systems*, 2019; *ITA-AITES*).

3.4. Радови на систему одводњавања

Сматра се једним од кључних елемената у пројектовању и експлоатацији тунелских конструкција, јер има директан утицај на дуготрајност конструкције, стабилност тла и безбедност саобраћаја. Ефикасна дренажа спречава накупљање воде које може изазвати оштећење конструктивних елемената, повећан хидростатички притисак, као и појаву ерозије или клизишта у зони тунела. Из тог разлога, овакви системи морају бити пажљиво пројектовани, редовно контролисани и благовремено одржавани (Јавно предузеће Путеви Србије, 2012). У модерним тунелима обично постоје три одвојена система одводњавања, систем одводњавања и сталожене воде уз примарну облогу, затим систем одводњавања инфилтриране воде уз секундарну облогу и систем одводњавања коловозних површина у тунелу. Уколико долази до задржавања воде на коловозу, повећава се ризик од настанка саобраћајне незгоде (проклизавање возила, излетање итд.), као и уколико је дозвољен транспорт опасних материја кроз тунел. Обзиром да се елементи система за одводњавање налазе у нивоу коловоза, током редовног одржавања неопходно је адекватно обележити задржавање радника и машина на коловозу у тунелу, како би се избегло налетање на саму зону радова. Овај пример је детаљније објашњен у поглављу Радови на коловозу у тунелу. (Гошић А. et al., 2023). Такође, ако се мења или поправља дренажа, може доћи до преусмерења подземних вода, што може изазвати слегање тла испод тунела. Уколико дође до блокирања одводних канала, може се изазвати накупљање воде иза бетонске облоге, што ствара додатни хидростатички притисак на конструкцију тунела. (SRPS EN, 1997-1:2019; Bickel et al., 2012) Сваки вид поремећаја нивоа подземних вода треба испратити детаљном геотехничком анализом, посебно у случају дренажног система и пре него што се преусмери у било који водоток. Као што је већ наведено раније, једна од превентивних мера јесте обезбеђење привремених одводних канала, ако се стари затварају или поправљају. Спречавање продирања воде у унутрашњост тунела може се постићи коришћењем водонепропусних мембрана на местима где постоји ризик од цурења. (Јавно предузеће Путеви Србије, 2012; SRPS EN, 1997-1:2019; Bickel et al., 2012)

3.5. Додавање нових саобраћајних трака

Када је у питању додавање нових саобраћајних трака у већ постојећем тунелу, са саобраћајног аспекта неопходно је поштовати правило по коме исти број саобраћајних трака мора остати у тунелу и ван тунела. Ова врста радова представља најкомплексније радове и са саобраћајног и са грађевинског аспекта (Службени гласник РС, 2023).

Са грађевинског аспекта, оваква врста радова захтева уклањање делова зида или свода да би се направио простор за проширење које може проузроковати редистрибуцију оптерећења, што даље може довести до пукотина и деформација. Уколико је тунел старији и није предвиђен за ширење, може доћи до прелома у спојевима сегмената. Ако се користе експлозивни или тешка механизација, вибрације могу угрозити темеље и ослонце тунела. Како је ово један од најкомплекснијих радова, потребно је извршити врло детаљне анализе, а након тога и све потребне статичке прорачуне пре уклањања било ког дела конструкције. Један од битнијих корака у анализирању овог проблема јесте усвојити адекватно фазно извођење радова. Потребно је стенски материјал ископавати у сегментима (кампадама) и постављати привремене носеће елементе током радова, а све у складу са прорачунима који доказују носивост постојеће конструкције током извођења радова. Ако тунел има префабриковане сегменте, у том случају је потребно додати ојачања на спојевима, а све у складу са статичким прорачунима фазног извођења радова. (SRPS EN, 1997-1:2019; Bickel et al., 2012; Bai Yun et al., 2018; Journal of Infrastructure Systems, 2019)

4. Закључак

Са саобраћајног аспекта, важно је извести радове у складу са прописима и стандардима, јер тунел представља специфично место ограниченог простора. Приликом извођења било каквих радова – обележавање коловоза, одржавање опреме тунела, реконструкција самог тунела (конструкције), неопходно је адекватно обезбедити зону радова и благовремено обавестити све учеснике у саобраћају. Уколико су краткотрајни радови у тунелу (замена сијалица, хоризонтално обележавање), врло брзо ће се режим саобраћаја вратити у нормалне токове. Уколико су у питању дуготрајни радови, ситуација неће бити таква, већ ће бити присутан и већи број машина и радника који се крећу коловозом, па је препорука да се саобраћај обустави. Међутим, често се догађа да је то немогуће због повезаности инфраструктуре, па се предлаже постављање светлосне саобраћајне сигнализације (семафори) који би наизменично пропуштали саобраћај у одређеним временским интервалима. Применом семафора омогућило би се повећање нивоа безбедности самих радника у извођењу и свих учесника у саобраћају (Антић Б et. al., 2021). Са грађевинског аспекта, врло је битно која врста радова се изводи у постојећем тунелу. Сваком од проблема треба приступити врло детаљно и са што више анализираних варијантних решења пре самог извођења.

Пре почетка радова потребно је успоставити систем за континуирани мониторинг конструкције и кључни параметри које треба пратити су: померања и деформације бетонске облоге (користе се екстензометри, инклинометри и ласерска мерења), напони и вибрације (применом сензора напрезања у критичним зонама као што су свод тунела, спојеви сегмената, ослонци и слично), праћење пукотина и притисак подземних вода (помоћу пијезометара који се користе за мерење хидролошких промена које могу утицати на стабилност тунела). Такође, пре радова је потребно урадити рачунарску симулацију засновану на концепту методе коначних елемената (на енгл. Finite Elements Method - FEM) како би се предвидело понашање конструкције. Треба урадити статичке анализе саме конструкције, као и све нумеричке анализе међусобне интеракције конструкције тунела и тла, јер је тунел у интеракцији са тлом и сваки поремећај има узрочно-последичну реакцију на обе компоненте. Важно је обратити пажњу на геотехнику и када је год неопходно треба извршити додатна испитивања околног терена и подземне воде за анализирани случај. Данас се користе софтвери у којима се креирају модели конструкције помоћу методе коначних елемената - МКЕ. У питању су нумерички модели који са уносом довољно података о конструкцији и тлу могу дати релевантне резултате, а који се касније могу користити за фазно анализирање свих радова који се могу јавити у тунелу. Правилним инжењерским планирањем и мониторингом, могуће је избећи проблеме и осигурати дугорочну стабилност тунела. Најважнија мера којој се највише треба посветити односи се на безбедност самих радника, како њих самих током кретања кроз градилиште, тако и у раду са машинама. Тунел представља врло специфично место и у зависности од врсте радова, различите су и потребе за извођење истих. Када је у питању постојећи тунел, најбезбеднији услови за извођење радова подразумевају да је саобраћај возила заустављен док се на заврше радови, док су најризичнији услови када се радови изводе под саобраћајем. (Службени гласник РС, 2023) Неопходно је адекватно обавестити све учеснике у саобраћају, у зависности од типа радова, применити сву неопходну саобраћајну опрему и сигнализацију и уједно обавити све неопходне грађевинске анализе за стабилност конструкције тунела.

Литература

- [1] Bai Yun и др. (2018). *TBM Tunneling in difficult ground conditions*.
- [2] Bickel и др. (2012). *Tunnel Engineering Handbook*.
- [3] ITA-AITES. (n.d.). *International tunnelling and Underground space association*. Preuzeto sa <https://www.ita-aites.org/>
- [4] Journal of Infrastructure Systems. (2019). *Finite element modeling of tunnel structural integrity during repair works*.
- [5] SRPS EN. (1997-1:2019). *Еврокод 7 - Геотехничко пројектовање*.
- [6] Агенција за безбедност саобраћаја. (2025). Преузето са <https://www.abs.gov.rs/>
- [7] Антић Б., Пешић Д., Смаиловић Е., Бороња С. (2021). Специфичности провере безбедности саобраћаја у тунелима. *Пут и саобраћај*, 33 - 38. <https://doi.org/10.31075/PIS.67.03.06>
- [8] Гошић А., Сремац С., Смиљанић Д. (2023). Мере безбедности саобраћаја у транспорту опасне робе кроз тунеле. *Ecologica*, 298 - 306. <https://doi.org/10.18485/ecologica.2023.30.110.18>
- [9] Јавно предузеће Путеви Србије. (2012). *Приручник за пројектовање путева у Републици Србији*.
- [10] Ковачевић Ј. (2014). *Савремено грађење у подземљу*.
- [11] Службени гласник РС. (2012). *Правилник о основним условима које тунел на јавном путу мора да испуњава са гледишта безбедности саобраћаја и погодности пута за одвијање саобраћаја*. 121.
- [12] Службени гласник РС. (2023). *Закон о безбедности саобраћаја на путевима*. 76.
- [13] Smailovic, E., Antić, B., Pešić, D., & Beronja, S. (2021). Specifics of road safety inspection in tunnels. *Journal of Road and Traffic Engineering*, 67(3), 33-38. <https://doi.org/10.31075/PIS.67.03.06>
- [14] Zečević, L., & Glavic, D. (2019). *Intelligent transport systems in road tunnels*. *Journal of Road and Traffic Engineering*, 65(1), 37-42. <https://doi.org/10.31075/PIS.65.01.06>

Traffic and Civil Engineering Challenges in Tunnel Work Zones

Aleksandra Obradović

Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu

Jovana Obradović

Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ DOO

Dalibor Pešić

Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu

Abstract: The paper examines the multifaceted challenges associated with executing construction works within tunnel environments, addressing both traffic engineering and civil engineering dimensions. The traffic engineering section provides an analysis of mandatory signage, proper placement of temporary traffic control devices, and measures aimed at enhancing the safety of construction personnel and road users. Particular attention is given to traffic management strategies under the spatially constrained conditions characteristic of tunnels, with the objective of mitigating the risk of accidents and minimizing traffic disruptions. The civil engineering section investigates the influence of construction activities on the structural behavior of tunnels, with emphasis on traffic-induced loading and the specific requirements of operating within enclosed, confined spaces. The analysis further considers the interaction between construction machinery and the tunnel structure, as well as the role of existing tunnel infrastructure in determining the overall efficiency of construction processes. The aim of the paper is to provide a comprehensive overview of the challenges and corresponding solutions related to tunnel construction work zones, highlighting the importance of improving safety performance, optimizing traffic flow, and ensuring the protection and durability of structural infrastructure. The findings are intended to support the development of enhanced standards, guidelines, and operational procedures for work conducted in these highly specialized environments.

Keywords: tunnel, work zone, safety, execution of construction works