

## ДЕФИНИСАЊЕ КОНЦЕПТА ОДРЖАВАЊА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ПРУГА У СРБИЈИ

Доц. др Станислав Јовановић, дипл инж.грађ. <sup>1</sup>

Доц. др Драган Божовић, дипл. инж. грађ. <sup>2</sup>

Мр. Бошко Чоко, дипл. инж. грађ. <sup>3</sup>

УДК: 625.172(497.11)

DOI:10.14415/konferencijaGFS 2016.051

**Резиме:** У јеку веома амбициозних планова за изградњу/реконструкцију пруге Београд-Суботица, као и читавог главног железничког коридора кроз Србију, од суштинске важности је не заборавити да се пруге граде за вишедеценијски експлоатациони животни циклус, током којег трошкови одржавања елемената железничке инфраструктуре (ЕЖИ) представљају највећи део трошкова, чак већи од трошкова изградње, поготово ако се изградња не изведе адекватно. При томе, ова чињеница је нарочито изражена код пруга за велике брзине, какве би по плановима требало да буду будуће/реконструисане пруге кроз Србију, због низа специфичности које ове пруге имају у односу на конвенционалне пруге. Зато је јасно да је од кључне важности, због екстремно великих финансијских последица током читавог животног века ових пруга, да се током њиховог пројектовања, одмах дефинише и читав будући концепт одржавања, садржан у “Пројекту Одржавања”, који, по савременој методологији пројектовања инфраструктурних објеката у свету, већ дужи низ година представља обавезни и нераздвајиви део пројектне документације, и у коме ће се адекватно узети у обзир и предвидети сви релевантни аспекти одржавања ЕЖИ. У раду се даје опис специфичности пруга за велике брзине с аспекта одржавања, као и њихових реперкусија на будућу/реконструисану пругу кроз Србију, као и опис кључних саставних делова “Пројекта Одржавања”. У раду се такође посебан акценат ставља на чињеницу да оптималан начин разматрања концепта одржавања једне пруге, или коридора, подразумева преваходно дефинисање општег, глобалног концепта одржавања читаве мреже пруга (у овом случају Железница Србије), чији онда само саставни део представља дата пруга, односно коридор. Само овакав приступ може донети највеће дугорочне користи по читаву земљу, као главног инвеститора.

**Кључне речи:** Железница, инфраструктура, пруге за велике брзине, пројектовање, изградња и одржавање железничке инфраструктуре, пројекат одржавања, мерење стања, анализа стања, моделирање пропадања стања, планирање радова на одржавању и ремонту.

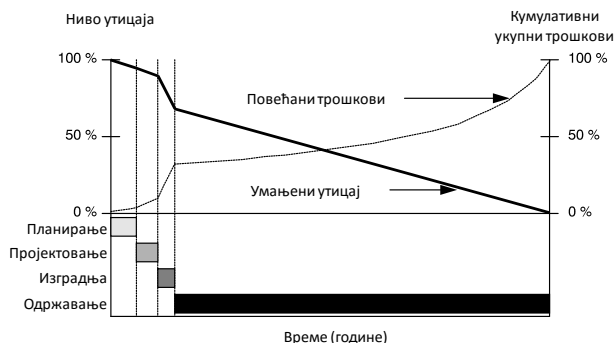
<sup>1</sup> Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Трг Доситеја Обрадовића 6, е – mail: [stasha.jovanovic@gmail.com](mailto:stasha.jovanovic@gmail.com)

<sup>2</sup> Грађевински факултет Универзитета у Београду, Булевар краља Александра 73, Београд, е – mail: [dragan.n.bozovic@gmail.com](mailto:dragan.n.bozovic@gmail.com).

<sup>3</sup> Saobraćajni institut СIP, Nemanjina 6/IV, 11000 Beograd, e-mail: [bosko.coko@gmail.com](mailto:bosko.coko@gmail.com)

## 1. ВАЖНОСТ ФАЗЕ ОДРЖАВАЊА

Трошкови одржавања елемената железничке инфраструктуре (ЕЖИ) представљају највећи део трошкова током животног века инфраструктуре [1].



Сл. 1: Опадање нивоа утицаја и пораст трошкова током фаза изградње инфраструктурних објеката

Упркос томе, код нас се већ традиционално главна, ако не и сва, пажња посвећује искључиво изградњи, уз коју се, скоро као нужно зло, невољно укључује планирање и пројектовање. Утисак је да су сви кључни актери превасходно заинтересовани за изградњу (и с њом везане инвестиције), и да би најрадије директно кренули с изградњом, и да им веома незгодно пада што израдни нужно претходе фазе планирања и пројектовања, које би они најрадије, када би могли, прескочили. И то се фактички и чини, тако што се ни планирању ни пројектовању не посвећује дужна пажња, те се већином раде у последњем тренутку, на брзину, без довољно могућности за дубљу анализу различитих проблема и изналажење оптималних решења. *Да ствар буде још гора, већином се, баш због жеље да се што пре дође у фазу изградње, често врши и додатни притисак на извођаче фаза планирања и пројектовања, где им се намећу већ готова решења и од њих, тј. првенствено од фазе планирања, очекује само да пружи потврду и потпору већ (на неки други начин) донешених одлука о изградњи, а од фазе пројектовања да то само преточи у стварност.*

Непотребно је и рећи да су последице оваквог приступа инфраструктурним пројектима катастрофалне. Ово из простог разлога што је сам ред величина цене оваквих пројеката (нпр. поменуте пруге Београд – Суботица) такав, да фактички нема преседана у Србији чак у последњих неколико деценија.

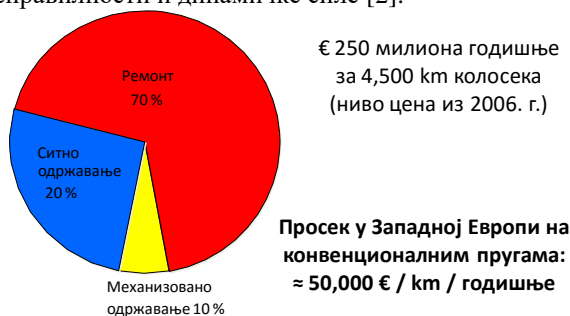
А како се из концепта нивоа утицаја, Сл., може јасно видети, управо су фазе планирања и пројектовања те током којих инвеститор има највиши ниво утицаја на укупне трошкове током читавог животног циклуса инфраструктурних пројеката (*LCC – Life Cycle Costs*), па ће и одлуке и решења донешена током ових фаза имати кључне и далекосежне ефекте на укупне *LCC* трошкове. Поред тога, током фазе планирања постоји и једна тривијална могућност, а то је да се донесе одлука да се не гради одређени инфраструктурни објекат, чиме се виртуелно „зарађује“ она

иста укупна сума *LCC*, а која се за инфраструктурне пројекте типа пруге Београд-Суботица, мери милијардама евра. Тачно је, наравно, да таква тривијална одлука такође елиминише и све „користи“ које би се изградњом датог инфраструктурног објекта постигле, али те „користи“ никад нису унапред „гарантоване“, већ се управо оне морају доказати стручним и објективним студијама оправданости, а које се упорно запостављају код нас. Такође, након планирања, које има највећи ниво утицаја на укупне *LCC* трошкове, ниво утицаја опада, тако да фаза пројектовања већ има мањи ниво утицаја од фазе планирања, али и пројектовање и даље има изузетно висок и битан утицај на укупне трошкове, поготово у релативном смислу, тј. у поређењу са наредним фазама изградње и одржавања. Овде првенствено битан утицај имају евентуалне грешке и „пречице“ које се могу направити током фазе пројектовања, а које управо настају у ситуацијама и условима под којим се пројектовање код нас обавља, а то је под притиском и у журби. Ове грешке, као и већина кратковидих „уштеда“ које се током пројектовања често покушавају постићи, а опет, најчешће баш у условима под којима се пројектовање код нас изводи, где се услед жеље да се што брже дође до фазе изградње, и да се елиминише што више потенцијалних аргумената против изградње, од којих је увек највећи цена, често покушава да се ова цена смањи неким компромисним пројектантским решењима, касније доводе до вишеструко већих трошкова током фазе одржавања од ових уштеда које су се покушале направити. Међутим, проблем је што се одржавање код нас упорно и традиционално третира као „пасторче“, које представља нечију туђу бригу, као да те трошкове неће платити, директно или индиректно, ова иста земља.

Након фазе пројектовања, ниво утицаја даље пада, тако да је у фази изградње овај утицај далеко мањи него у фазама пројектовања и планирања, али и даље постоји, и даље је веома значајан. Тако, опет, и овде највеће последице имају грешке и „уштеде“ током изградње, где се или штеди на количинама или квалитету уграђеног материјала, или се контрола квалитета не обавља објективно и довољно прецизно. Све ове грешке и „уштеде“ ће такође значајно допринети порасту будућих трошкова одржавања, који ће, услед веома дугог периода одржавања, опет вишеструко надмашити све евентуалне „уштеде“ које су се, чак и у најбољој намери, покушале направити током изградње. Током фазе изградње су зато од суштинске важности надзор и контрола квалитета. У том смислу, како је један од највећих извора трошкова током одржавања управо колосек, тј. елементи горњег строја, који су услед директне изложености саобраћајним оптерећењима, изузетно осетљиви на све недостатке квалитета материјала и неправилности у геометрији, како шине, тако и колосека, услед знатног пораста динамичких сила које ове неправилности изазивају, и недовољне носивости које недовољан квалитет ових елемената изазива, кључан аспект контроле квалитета јесте његово мерење током пријема пруге.

Колико су важни елементи горњег строја може се јасно видети са *Сл. 1*, где се види да трошкови одржавања и ремонта (О&Р) конвенционалних пруга у Холандији (а слично је и на осталим западноевропским железницама) износе око 50,000 евра по километру годишње. То значи, да за мрежу величине Железница Србије, од скоро 4,000 км, укупни годишњи трошкови само О&Р горњег строја (дакле, без трошкова електроенергетских, електровучних и сигнално-сигурносних уређаја, као и без свих елемената доњег строја) би износили око 200 милиона евра. За пруге за

велике брзине ова цифра се још значајно пење услед неопходности одржавања стриктних толеранција ради осигурања безбедности саобраћаја великих брзина, и значајних динамичких ефеката који настају управо услед великих брзина кретања, и који брзо и знатно могу да погоршају све аспекте геометрије и квалитета свих елемената горњег строја, а који су очигледно међусобно супротстављени. Због тога, годишње цифре О&Р по километру пруга за велике брзине досежу и до 100,000 евра, а ако се контрола над геометријом и стањем елемената горњег строја и мало испусти, макар само привремено, трошкови његовог враћања у захтевано стање били би и далеко већи, због узајамно убрзавајућег дејства које имају геометријске неправилности и динамичке силе [2].



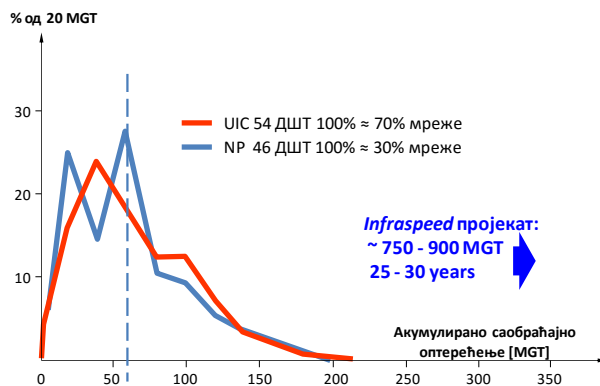
Сл. 1: Укупни трошкови одржавања и ремонта горњег строја на мрежи Холандских Железница (ProRail) 2006. године

Зато је, у јеку веома амбициозних планова за изградњу/реконструкцију пруге Београд-Суботица, као и читавог главног железничког коридора кроз Србију, од суштинке важности не заборавити да се пруге граде за вишедеценијски експлоатациони животни циклус, током којег трошкови одржавања елемената железничке инфраструктуре (ЕЖИ) представљају највећи део трошкова, чак већи од трошкова изградње, поготово ако се изградња не изведе адекватно.

Међутим, како је већ раније поменуто, на жалост, сви кључни актери везани за изградњу инфраструктурних објеката у Србији, скоро искључиву пажњу посвећују само изградњи, из простог разлога што изградња траје релативно кратко (поготово у поређењу са периодом експлоатације и одржавања, који трају и више деценија, а за неке пруге у свету ускоро достижу и невероватних 200 година), тако да се њен најважнији део – инвестиција – може комплетирати током боравка датих актера на својим респективним функцијама, што је њима очигледно од превасходног интереса. А то, ко ће се касније борити са одржавањем датих инфраструктурних објеката, поготово ако су они неадекватно планирани, пројектовани и изграђени, услед наметнуте журбе, и ко ће читаву инвестицију отплаћивати наредних неколико деценија, је потпуно маргинализовано.

Колики додатни трошкови могу да се створе проблемима изазваним неадекватним планирањем, пројектовањем и изградњом, али и самим одржавањем, може се видети такође из примера Холандских Железница (данас ProRail) из 1988. године, Сл. 2. Оно што се са Сл. 2 може запазити, јесте да су практично све шине на мрежи имале акумулирано саобраћајно оптерећење мање од 200 MGT (милиона бруто

тона). То другим речима значи да су шине, из ових или оних разлога, замењиване пре него што су накупиле 200 MGT, што је и генерално, а поготово за једну веома ефикасну железницу, као Холандску, веома мало. Као доказ за то може послужити и планирани животни век на прузи за велике брзине недавно пуштене такође у Холандији, између Амстердама и белгијске границе (пројекат *Infraspeed*), који је износио 750-900 MGT, а поготово остали примери који долазе из железничке праксе, нпр. са пруга за тешку вучу (*Heavy Haul*), где уз годишња саобраћајна оптерећења од нпр. 220 MGT (*Rio Tinto Pilbara Iron* железница), или 155 MGT (*FMG - Fortescue Metal Group* железница) шине достижу и 2,000 MGT, а стандардно издрже преко 1,000 MGT, Сл. 3.



Сл. 2: Распореда акумулираног саобраћајног оптерећења од стране шина на мрежи Холандских Железница 1988. године



Сл. 3: Екстремне похабаности шина на пругама за тешку вучу

При томе се, при достизању оваквих екстремних саобраћајних оптерећења за све елементе ЕЖИ, пругама за тешку вучу никако не може пребацити да то постижу само зато што могу себи да дозволе већи ризик по безбедност саобраћаја, јер не обављају путнички саобраћај, већ само теретни, јер то за њих сигурно не важи, пошто они једнаку пажњу посвећују безбедности возног особља, као да је у питању путнички воз. И чак управо супротно, они постижу овако велика акумулирана саобраћајна оптерећења управо зато што посвећују изузетну пажњу квалитету свих ЕЖИ, и перманентно мере и прате њихово стање, а све управо због изузетног акцента којег стављају на безбедност саобраћаја. Наравно, у њиховом

случају безбедност саобраћаја има и додатни аспект, а то је и изузетно висока цена не само евентуалних инцидената, као нпр. исклизнућа из шина, због изузетно дугачких и тешких композиција са огромним количинама терета (нпр. стандардна композиција *Rio Tinto iron ore* железнице се састоји од 236 вагона тежине 106 тона сваки (26.5 тона осовинско оптерећење), укупна дужина композиције износи до 2.4 км, а укупна тежина око 29,500 тона), већ и због изузетно високе цене нерасположивости пруге. Наиме, читав систем, који се грубо састоји од рудника, пруге и луке, је димензионисан према производном капациту рудника, као најтежем и најскупљем за повећање. Према томе, ако би пруга, услед неког инцидента, морала бити затворена, не би било резерве простора где би се ископана руда могла одлагати док се пруга поново не оспособи, већ би се ископ морао обуставити, а заустављање и поновно успостављање ископа има енормну цену. Ова цена је толико велика да само један дан застоја саобраћаја на прузи не може да се надокнади читавих 6 месеци, јер је читав систем до те мере оптимизован, да не постоји скоро никаква резерва која се може искористити за повећање ископа и транспорта, нпр. услед жеље за надокнађивањем изгубљеног.

Према томе, Холандске Железнице су веома добро знале да би њихове шине требало да издрже далеко већа акумулирана саобраћајна оптерећења од 200 MGT, али су ипак из неких разлога морали заменити шине пре него што достигну чак и овај ниски лимит. И наравно да Холандске Железнице нису вршиле замену шина без разлога, већ је она вршена управо зато што су шине развиле или превелик број оштећења, или оштећења превелике озбиљности, што површинска, што унутрашња, а што је изискивало њихову замену, услед реперкусија на безбедност саобраћаја. Али главни проблем је управо био у томе што је шинама допуштено да развију таква оштећења, а за то је превасходно криво неадекватно одржавање.

Колики су трошкови таквог неадекватног одржавања може се лако израчунати: чак и ако се одбаце максималне могуће вредности акумулираног саобраћајног оптерећења за шине са пруга тешке вуче, као екстремне и неприменљиве за европске конвенционалне пруге за мешовити саобраћај, већ ако се само узму средње планиране вредности акумулираног саобраћајног оптерећења за поменути пругу за велике брзине у Холандији од нпр. 800 MGT, то значи да је требало да шине трају 4 пута дуже, тј. да је замена шина вршена 4 пута чешће него што је било потребно, или, другим речима, да су 3 од те 4 замене шина биле непотребне. Ако се, даље, ради лакшег прорачуна, узме да је укупна дужина колосека на мрежи 5,000 км (у стварности је 4,500 км), добија се да је укупна дужина непотребно замењених шина:  $3 * 5,000 * 2 = 30,000$  км. Ако се коначно узме цена шина, са уградњом и осталим трошковима, од 100 евра/метру, добија се укупна цифра од  $30,000 * 100 * 1,000 = 3$  милијарде евра. Дакле, упрошћено речено, неадекватним одржавањем, и то само шина, током периода од 25-30 година (колико би требало да су шине трајале да су могле да издрже 800 MGT), направљена је штета од 3 милијарде евра, што представља, нпр. цену нове пруге за велике брзине од пар стотина км, тј. управо онакве какву Србија намерава да изгради између Београда и Суботице. Наравно да је ово веома упрошћено разматрање и рачуница, и да ту има много додатних аспеката који нису узети у обзир, али је ово разматрање овде изложено искључиво само ради схватања принципа и демонстрације важности одржавања, чак и у поређењу са почетним инвестицијама за изградњу, и то у релативно кратком периоду (25-30 година).

### 2. АДЕКВАТНО ТРЕТИРАЊЕ ФАЗЕ ОДРЖАВАЊА

Због важности одржавања објашњеном у претходном поглављу, и чињенице да је важност одржавања нарочито изражена код пруга за велике брзине, какве би по плановима требало да буду будуће/реконструисане пруге кроз Србију, због низа специфичности које ове пруге имају у односу на конвенционалне пруге [2], јасно је да је од кључне важности, због екстремно великих финансијских последица током читавог животног века ових пруга, да се током њиховог пројектовања, одмах, унапред, дефинише и читав будући концепт одржавања, садржан у “Пројекту Одржавања”. Пројекат Одржавања, такође, по модерној методологији пројектовања инфраструктурних објеката у свету, већ дужи низ година представља обавезни и нераздвојиви део пројектне документације, у коме се морају адекватно узети у обзир и предвидети сви релевантни аспекти одржавања елемената железничке инфраструктуре (ЕЖИ).

У даљем тексту буће дат опис специфичности пруга за велике брзине с аспекта одржавања, као и њихових реперкусија на будућу/реконструисану пругу кроз Србију, као и опис кључних саставних делова “Пројекта Одржавања”. Биће такође дат и посебан акценат на чињеницу да оптималан начин разматрања концепта одржавања једне пруге, или коридора, подразумева превасходно дефинисање општег, глобалног концепта одржавања читаве мреже пруга (у овом случају Железница Србије), чији онда само саставни део представља дата пруга, односно коридор. Само овакав приступ може донети највеће дугорочне користи по читаву земљу, као главног инвеститора.

#### 2.1. Специфичности одржавања пруга за велике брзине

Пруге за велике брзине имају читав низ специфичности у погледу експлоатације и одржавања у односу на конвенционалне пруге [2]. Ове специфичности, скоро без изузетка, захтевају повећану пажњу која се мора посветити перманентном мерењу и праћењу стања ЕЖИ (где се ова мерења драстично разликује од конвенционалних пруга по броју и типу мерних система који се морају применити) и предиктивном и правовременом извођењу радова на одржавању и ремонту (О&Р), како би се стање ЕЖИ одржало у стриктно захтеваним оквирима. Поред ових аспеката који су већ описани у ранијем раду аутора овог текста [2], овде ћемо се само подсетити да оперативни трошкови инфраструктуре садрже трошкове радне снаге, енергије и других материјала који се троше током одржавања и свих других дневних активности у склопу система пруга за велике брзине, као што су станице, терминали, системи снабдевања енергијом, сигнално-сигурносни и безбедносни системи, као и системи за управљање железничким саобраћајем, итд. Неки од ових трошкова су фиксни и зависе од операција које се рутински и редовно изводе у складу са техничким и безбедносним стандардима, док други, као нпр. трошкови одржавања колосека, зависе од интензитета саобраћаја, карактеристика возних средстава и редовности и квалитета извођења самих радова. Слично, трошкови одржавања електровучних инсталација и контактне мреже зависе од броја возова који саобраћају инфраструктуром и њихових

карактеристика, а у случају контактне мреже, и карактеристика контакта пантографа и контактне воде.

Поред тога, према статистикама Међународне Железничке Уније (UIC) [4], релативан однос трошкова радне снаге у свим поменутих видовима трошкова одржавања износе респективно:

- 55% код одржавања електровучних инсталација,
- 45% код одржавања колосека и
- 50% код одржавања остале опреме.

На основу статистика УИЦ-а изведених за неколико репрезентативних постојећих пруга за велике брзине, трошкови одржавања различитих аспеката инфраструктуре могу се разбити у пет категорија (Табела 1).

Табела 1: *Годишњи трошкови одржавања инфраструктуре по километру колосека за неколико репрезентативних железница*

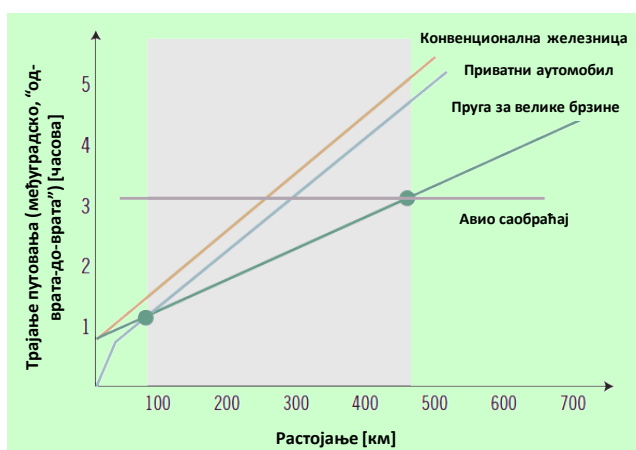
	Белгија		Француска		Италија		Шпанија	
	Износ	Процент	Износ	Процент	Износ	Процент	Износ	Процент
1. Одржавање колосека	13,481	43.7%	19,140	67.3%	5,941	46.0%	13,531	40.4%
2. Електровучне инсталације	2,576	8.1%	4,210	14.8%	2,455	19.0%	2,986	8.9%
3. Сигнално-сигурносни системи	3,248	10.3%	5,070	17.8%	4,522	35.0%	8,654	25.9%
4. Телекомуникациони системи	1,197	3.8%	0	0	0	0	5,637	16.8%
5. Остали трошкови	10,821	34.2%	0	0	0	0	2,650	7.9%
<b>Укупни трошкови одржавања</b>	<b>31,683</b>	<b>100%</b>	<b>28,420</b>	<b>100%</b>	<b>12,919</b>	<b>100%</b>	<b>33,457</b>	<b>100%</b>

На основу статистике УИЦ-а се може закључити да генерално трошкови одржавања колосека, тј. горњег строја, представљају од 40-67% укупних трошкова одржавања, како код пруга за велике брзине, тако и код конвенционалних пруга, док трошкови одржавања сигнално-сигурносних средстава варирају између 10 и 35% код пруга за велике брзине, или између 15 и 45% код конвенционалних пруга, док је релативни удео трошкова одржавања електровучних средстава приближно једнак код обе врсте пруга.

Како наводи Табела 1, укупни трошкови одржавања се могу узети да варирају између 28,000 и 33,000 евра (из 2000. године) по километру колосека, а како се пруге за велике брзине практично искључиво граде као двоколосечне, то се вредности укупних трошкова одржавања морају дуплирати када се траже укупни трошкови одржавања по једном километру читаве пруге за велике брзине. Тако, нпр. за стандардну репрезентативну пругу за велике брзине дужине 500км (која се сматра идеалном за пруге за велике брзине, у односу на друмски саобраћај, који је атрактивнији на краћим растојањима, и ваздушни на дужим растојањима, Сл. 4, сива зона), укупни годишњи трошкови одржавања инфраструктурних капацитета износе  $500 \times 2 \times 30,000 = 30,000,000$  евра, што значи, да би за наш део евентуалне пруге за велике брзине од Београда до Суботице од око 180км ови трошкови износили  $180 \times 2 \times 30,000 = 10,800,000$  евра годишње. Међутим, ову цифру би још даље требало модификовати, јер калкулација приказана у УИЦ-овом документу такође подразумева резидуалну вредност



инфраструктуре (након пројектованог периода од 40 година) од 30%, што је нереално ниско, јер би то фактички значило да је 70% капацитета пропало испод нивоа одржавања и захтева хитан ремонт<sup>4</sup>. Како се овакво стање никада не сме дозволити из разлога безбедности саобраћаја, а које је од посебне важности у случају пруга за велике брзине, ова вредност се дефинитивно мора значајно повећати, вероватно до нивоа од 60-70%. То с друге стране значи, да се већ значајно пре истека програмског периода од 40 година мора почети са систематским заменама материјала већих размера, тј. ремонтима, највероватније већ од око 20. године, где би се годишњи обим ремонта (број ремонтованих километара) постепено повећавао са старењем инфраструктуре.



Сл. 4: Конкурентне предности пруга за велике брзине у односу на остале видове саобраћаја

То коначно значи да се и ови трошкови такође морају расподелити на све године посматраног периода, а како су ремонти изузетно скупи, и обично износе око 60-70% укупних годишњих трошкова одржавања и ремонта (О&Р) инфраструктуре, додуше, овај однос важи за конвенционалне пруге, које су генерално старије од пруга за велике брзине, то би се могла узети ублажена претпостављена вредност релативног односа, нпр. од 50%, што фактички значи дуплирање трошкова одржавања услед додавања једнаке вредности трошкова ремонта. Тако укупни годишњи трошкови О&Р инфраструктуре за пругу од 500км могу износити око 60 мил. евра, а наше пруге од 180 км око 21.6 мил. евра (ово се такође поклапа са проценама направљеним детаљнијим разматрањем аспекта О&Р пруга за велике брзине датим у [3] где се укупни трошкови О&Р процењују и до 100,000 евра по километру годишње, што за пругу од 180 км износи 18 мил. евра).

<sup>4</sup> Одређивање резидуалне вредности укупне инфраструктуре је реално веома тешко, због постојања различитих објеката (нпр. шине, прагови, застор, инжењерски објекти, мостови, тунели, али и станични капацитети, зграде и терминали, итсл.), а који сви имају различите векове трајања, различите брзине пропадања и различите стопе амортизације.

## 2.2. Концепт одржавања железничких пруга у Србији

Да би концепт одржавања био функционалан, он мора обухватити читаву железничку мрежу у Србији, а не само један њен део, или коридор, или још горе само једну пругу, нпр. нову пругу за велике брзине која се планира између Београда и Суботице.

Како је садашње стање пруга изузетно лоше, до те мере (а и из разлога) да се одржавање фактички ни не изводи (нпр. стање ЕЖИ се није мерило већ неколико година, што доказује да никакве анализе нису ни могле бити прављене), а што се искључиво решава драстичним смањењем брзине кретања возова, јасно је да нема никаквог смисла уопште дискутовати о одржавању ако се ово стање не поправи, и то значајно. С тога, овај концепт, подразумева да је изнађен начин (и средства) да се опште стање пруга поправи (ремонтима и реконструкцијама) до стања које је „одрживо“, тј. могуће и смислено даље одржавати.

У том смислу, овај концепт би садржао следеће кључне кораке и активности:

- Иницијално мерење стања читаве постојеће мреже пруга
- Анализа измереног стања
- Дефинисање дугорочне стратегије саобраћаја у Србији, на основу:
  - познатих и прогнозираних токова робе и путника,
  - прогнозиране привредне, геополитичке и саобраћајне ситуације у окружењу с реперкусијама на саобраћај у Србији,
  - очекиваних и планираних друштвено-политичких социјално-економских користи
- Дефинисање дурогочне стратегије железничког саобраћаја у Србији, на основу опште стратегије саобраћаја
- Дефинисање потребних карактеристика (капацитет, перформансе, итд.) свих делова железничке мреже у Србији
- Дефинисање потребе изградње нових пруга у Србији и њихових карактеристика
- Коначно дефинисање оптималног концепта власништва над инфраструктуром и надлежности у погледу управљања радовима на О&Р и извођења ових радова. Ово превасходно подразумева доношење јасних одлука о томе:
  - Ко и на који начин обавља анализу стања ЕЖИ и возних средстава
  - Ко и на који начин користи резултате анализе стања ЕЖИ и возних средстава у сврхе планирања потребних радова на О&Р
  - Ко и на који начин извршава планиране радове на О&Р (нпр. да ли се планира да ЖС (тј. Инфраструктура ЖС а.д.) наставе да обављају ове радове, или се планира оснивање професионалних контракторских/предузимачких фирми, које ће обављати ове радове и под којим условима (да ли ће бити везане тзв. „*performance-based*“ уговорима за управљача инфраструктуре, где управљач инфраструктуре само прописује „стандард“ инфраструктуре, тј. квалитет, преко стриктно дефинисаних *KPI* (*Key Performance Indicators* - кључних индикатора перформанси),

који се затим надгледају, или управљач инфраструктуре намерава да сам одређује потребне радове на О&Р, док их контрактори само изводе, по налогу управљача инфраструктуре, итд.)

- Ко и на који начин извршава контролу изведених радова на О&Р
- Организовање Дијагностичког Центра у оквиру ЖС, који би се бавио мерењем и анализом стања свих пруга на мрежи ЖС и управљао свим мерним колима и осталом мерном техником, као и системом инспекција инфраструктуре и анализе стања. У оквиру овог центра, као минимум, требало би да постоје следећи мерни уређаји и системи:
  - Мерна кола за пругу за велике брзине (постојећа *EM80L* кола су осовинска кола, дакле без обртног постоља, и намењена су брзинама до 80км/ч, тако да се не могу користити за пругу за велике брзине; поред тога, она су опремљена контактном мерном техником за геометрију колосека, која је већ деценијама застарела, а поред тога је још и често ван функције) (*овде је битно напоменути да возило EM-SAT фирме Plasser & Theurer које већ годинама стоји неискоришћено у Батајници не представља мерна кола, како многи на ЖС мисле и тврде. То је возило чија је основна функција да изврши детаљно, али веома споро мерење пруге, и то искључиво за припрему извођења радова на подбијању и равнању колосека, дакле његовом регулисању по правцу и нивелети; ова кола нису у стању да се користе као мерна кола за читаву мрежу, јер је за такво мерење потребна далеко већа брзина мерења, блиска оперативним брзинама на датим пругама, што ово возило није у стању да изведе, нити је икад било намењено тој сврси*).
  - Мерна кола за остатак мреже ЖС (овде би се могла користити или ремонтвана постојећа кола *EM80L*, или би се користила, у оној мери у којој је то могуће, и кола за пругу за велике брзине, када су слободна)(*и овде је важно напоменути, да горепоменута EM-SAT кола ни у ком случају не би могла да се користе за ове сврхе, чак ни као помоћно средство*).
  - Важно је напоменути, да се проблем и једних и других мерних кола може решити не само набавком, дакле куповином нових и ремонтвањем постојећих мерних кола, већ и изнајмљивањем адекватних мерних кола, тј. набавком „услуге“ мерења, као и монтажом портабилних мерних система, или чак употребном аутоматизованих мерних система, без посаде, који се инсталирају на комерцијална возила (нпр. путничке и теретне вагоне).
  - Систем за формализовану инспекцију пруге (информациони систем који би аутоматски примао и анализирао информације прикупљене од стране инспектора пруге, који обављају инспекцију пруге опходњом и бележе резултате инспекције на лицу места коришћењем портабилних уређаја са унапред припремљеним формуларима за унос података). Овде такође треба водити рачуна да је модерни тренд у свету да се већина инспекција пруге опходњом замењује аутоматским инспекцијама

путем видео и тзв. „*automated-vision*“ система, где се снимљене инспекције касније обрађују аутоматски или полуаутоматски у канцеларијама коришћењем специјализованих софтвера за виртуелну опходњу (*Virtual Track Walk*), а све у циљу повећања безбедности инспектора на прузи и повећања ефикасности и поузданости инспекција

- Детаљна анализа све важеће регулативе, правилника и стандарда на ЖС, и њихово унапређење и довођење у склад са модерним сазнањима из области железничке инфраструктуре и возних средстава. Овде је важно напоменути да је потребно не само ажурирати постојећу регулативу, која се односи на конвенционалне пруге, дакле пруге за брзине до 120 или евентуално 160км/ч, већ и оформити и нову адекватну регулативу, која би одговарала новој, реконструисаној прузи за велике брзине, а која је потпуно другачија од оне за конвенционалне брзине. Ова регулатива би се, као што је то био случај и на свим другим сличним пругама у свету, дефинисала посебно за дату пругу за велике брзине, поштујући њене карактеристике и специфичности, на основу чега би се дефинисале и толеранције и граничне вредности, а на основу њих и фреквенције и режим инспекција, као и врсте и учесталост извођења радова на О&Р.
- У завности од усвојеног концепта извођења радова на О&Р (да ли их изводе ЖС, или посебна предузимачка предузећа), дефинисале би се и потребе у механизацији за извођење радова на О&Р, нпр. подбијачице, решетаљке, машине за брушење шина, опрема за заваривање шина, итд.
- Дефинисање оптималног броја и распореда мерних места на мрежи ЖС, на којима би се инсталирали уређаји за мерење интеракције возила и колосека, као и карактеристика возила, а све у циљу контроле динамичких сила којима су подвргнуте пруге ЖС, а које потичу од квалитета возних средстава и брзине кретања (нпр. уређаји за мерење динамичких сила од точка, профила точка, закошених осовина, прегрејаних лежишта осовина, итд.)
- Аквизиција, имплементација и примена Интегрисаног система за управљање одржавањем железничке инфраструктуре (*RI-AMS – Railway Infrastructure Asset Management System*), који би поседовао адекватну базу података ЕЖИ и користио све прикупљене информације о стању, моделирао и прогнозирао промену овог стања кроз време и одређивао моменте и локације на прузи на којима је потребно изводити радове на О&Р

### 2.3. Одељење за дијагностику железничке инфраструктуре (Дијагностички Центар)

На основу уобичајене праксе у европским железницама било би изузетно препоручљиво формирати „Одељење за дијагностику железничке инфраструктуре“ („Дијагностички Центар“ - ДЦ) у оквиру ЖС, тј. у оквиру предузећа „Инфраструктура ЖС ад - ИЖС“. За разлику од тренутне ситуације, где два постојећа мерна возила (за геометрију колосека и контактни вод) припадају

двама одвојеним секторима (за грађевинске послове и за електротехничке послове, респективно), ДЦ би обухватио сва мерна кола, односно два постојећа возила, као и све друге мерне системе и алате који би једног дана могли постојати или бити коришћени од стране ИЖС, нпр. ултразвучни преглед шина, георадар, визуелне системе за преглед колосека и површине шина, тунела и грађевинских конструкција, као и разну ручну мерну опрему, нпр. за скретнице и прелазе, заварене шинске спојеве, итд.

Такав ДЦ омогућио би концентрацију дијагностичких вештина и искуства, укључујући обраду сигнала, обраду података, валидацију и анализу, што би обезбедило много већи квалитет и поузданост података за све касније примене података, као што је примена у планирању активности О&Р путем *RI-AMS* система. ДЦ би обухватио експерте различитих профила/домена (нпр, колосек, контактни вод, грађевински радови, сигнализација и телекомуникација, бука, ултразвучни преглед шина и заварених шинских спојева и слично), у вези са свим елементима инфраструктуре и њиховим прегледом, праћењем и мерењем и проценом стања. Поред тога, ДЦ би такође у свом саставу имао и потребне *IT* експерте из различитих домена, јер би све активности ДЦ умногоме зависиле од рачунарских система, база података, датотека различитих структура и формата итд. Ови *IT* експерти би тако директно помагали свим експертима инжењерских домена у различитим обрадама података и анализама (уз помоћ компјутера) које они обављају. Ово за резултат има једну далеко ефикаснију ситуацију у вези са коришћењем услуга *IT* експерата у поређењу са садашњом ситуацијом, јер у садашњој ситуацији различити сектори имају своје сопствене, одвојене мерне системе и возила (тренутно само 2), сваки од њих мора да има своју сопствену *IT* подршку, што ствара непотребно дуплирање/вишак.

Уз то, постојање ДЦ би унапредило заједничке анализе свих аспеката стања инфраструктуре, за разлику од постојећих одвојених анализа и приступа. Такве заједничке анализе би омогућиле непроцењиво вредне унакрсне анализе и корелације између понашања различитих објеката инфраструктуре (нпр. колосек и контактни вод, или колосек и површина шина, или колосек и доњи строј итд.), што би омогућило утврђивање међузависности и главних узрока инфраструктурних проблема.

Унутар ДЦ, *RI-AMS* систем би такође био од непроцењиве користи, јер он управо унапређује и омогућује истовремене анализе неограниченог броја фактора и параметара стања. Из тог разлога ДЦ би дефинитивно био потребан великом броју корисника *RI-AMS* система, а њихов тачан број би зависио од броја домена за које се редовно спроводи праћење и мерење стања и броја експерата и лица која раде на обради података у ДЦ.

При таквој подели улога, примарни задатак ДЦ био би пријем свих нових резултата мерења, чим се она обаве, како би се она истражила, преваходно са аспекта њихове ваљаности и прецизности, а уколико се процене као валидна, она би била означена као “доступна” за даље анализе, попут оних у сврху планирања активности на О&Р, типично у одговарајућим секторима, али и све до нивоа секција. Тек након што експерти ДЦ анализирају долазне мерне податке и означе их као валидне, они постају видљиви за све *RI-AMS* кориснике у систему и тиме доступни за све будуће анализе.

ДЦ би такође имао своју улогу у техничком пријему новоизграђених или реконструисаних пруга, јер би спроводио сва потребна мерења којима се утврђује да ли су радови (изградња или реконструкција и обнова) изведени на адекватан начин.

#### 2.4. Пројекат одржавања

Модеран приступ изградњи и/или реконструкцији пруга у свету обавезно подразумева да се паралелно са пројектовањем одмах дефинише и концепт одржавања будуће пруге и да се све потребне институције оформе и сва потребна опрема (нпр. мерна) набави далеко пре почетка пуштања пруге у експлоатацију, да би биле спремне пре почетка изградње пруге, како би се нпр. база подака о инфраструктури могла пунити паралелно са изградњом пруге, уместо да се ослања на пројекат изведеног стања, као и да се пријем пруге, након изградње, обави на основу мерења стања пруге новонабављеном мерном опремом, где би ово мерење истовремено служило као „нулто“ мерење за потребе *RI-AMS* система, итд.

Пројекат Одржавања, с друге стране, представља у великој мери новину у Србији, тако да ће се овде, у смислу покретања иницијативе за увођење Пројекта Одржавања као обавезног дела пројектне документације, само укратко дати његов уобичајени састав:

- Карактеристике пруге од значаја по режим О&Р
- Предлог врста мерења стања које је потребно редовно извршавати
  - Листа мерних система и уређаја које је потребно набавити и инсталирати
    - Мерни системи на мерним колима
    - Портабл мерни системи
  - Прорачун учесталости извођења одређених мерења у односу на захтевани квалитет, прихватљиве ризике и поузданост мерних система у откривању дефеката
- Предлог оптималног концепта анализе мерења стања
- Прорачун оптималног квалитета геометрије колосека и шине коју је потребно одржавати, с аспекта динамичких сила и последичног пропадања геометрије колосека и шине и скраћења животног века ЕЖИ
- Прорачун оптималног режима подбијања колосека (уређења по правцу и нивелети)
- Прорачун оптималног режима брушења шина
- Прорачун оптималног режима ремоната ЕЖИ, у односу на одабрани режим одржавања
- Програм одржавања скретница и укрштаја
- Дефинисање оптималних граничних вредности кључних параметара стања ЕЖИ (нпр. параметри геометрије колосека, хабања шине, набораности шине, унутрашњих неправилности шине, геометрије контактне мреже и контактне вода, итд.)

- Израда одговарајућег Правилника одржавања
- Програм рутинског ситног одржавања

### 3. ЗАКЉУЧАК

У јеку веома амбициозних планова за изградњу/реконструкцију пруге Београд-Суботица, као и читавог главног железничког коридора кроз Србију, од суштинске важности је не заборавити да се пруге граде за вишедеценијски експлоатациони животни циклус, током којег трошкови одржавања елемената железничке инфраструктуре (ЕЖИ) представљају највећи део трошкова, чак већи од трошкова изградње, поготово ако се изградња не изведе адекватно.

Зато је јасно да је од кључне важности, због екстремно великих финансијских последица током читавог животног века ових пруга, да се током њиховог пројектовања, одмах, унапред дефинише и читав будући концепт одржавања, садржан у “Пројекту Одржавања”, који, по модерној методологији пројектовања инфраструктурних објеката у свету, већ дужи низ година представља обавезни и нераздвојиви део пројектне документације, и у којем ће се адекватно узети у обзир и предвидети сви релевантни аспекти одржавања ЕЖИ.

Пруге за велике брзине имају низ специфичности у односу на конвенционалне пруге. Ове специфичности, скоро без изузетка, захтевају повећану пажњу која се мора посветити перманентном мерењу и праћењу стања свих ЕЖИ, и предиктивном и правовременом извођењу радова на одржавању и ремонту, како би се стање ЕЖИ одржало у стриктно захтеваним оквирима. Ако се то не уради, пруга за велике брзине ће рапидно пропасти и због обавезних рестриција брзина које се у том случају морају применити, претворити у обичну конвенционалну пругу, што би представљало недопустиво траћење изузетно високих инвестиционих трошкова.

Оптimalан начин разматрања концепта одржавања једне пруге, или коридора, подразумева преваходно дефинисање општег, глобалног концепта одржавања читаве мреже пруга (у овом случају Железница Србије), чији онда само саставни део представља дата пруга, односно коридор. Само овакав приступ може донети највеће дугорочне користи по читаву земљу, као главног инвеститора.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] С. Јовановић, Д. Божовић (2014): Предлог концепта формирања система за управљање одржавањем железничке инфраструктуре у Републици Србији у оквирима процеса планиране изградње, реконструкције и модернизације”, Међународна конференција Савремена достигнућа у грађевинарству, Суботица, Србија, 24.-25. април 2014.
- [2] С. Јовановић, Д. Божовић, Б. Чоко (2015): Одржавање као кључ дуговечности успешног функционисања пруга за велике брзине у Србији, Међународна конференција Савремена достигнућа у грађевинарству, Суботица, Србија, 24. – 25. Април 2015.

- [3] С. Јовановић (2015): Аспекти инвестиција у изградњу евентуалних пруга за велике брзине кроз Србију, Пут Плус Магазине, Регионални алманах нискоградње, Издање 2015-2016, Београд, Србија
- [4] UIC, 2005, Estimation des ressources et des activités économiques liées a la grande vitesse, prepared by CENIT (Center for Innovation in Transport, Universitat Politecnica de Catalunya), Paris, 2005b
- [5] S. Jovanovic (2011), Ph.D. Thesis: Contribution to the optimization of the Railway Track Maintenance Management System, Belgrade, November 11, 2011
- [6] S. Jovanovic (2013): Measuring and the Analysis of the Railway Infrastructure Elements, Days of Transportation Infrastructure (Dani prometnica) 2013, Zagreb, Croatia, 25-26 March 2013
- [7] S. Jovanović, D. Božovic, M. Tomičić-Torlaković, Railway infrastructure condition-monitoring and analysis as a basis for maintenance management, Gradjevinar Volume 66, 2014, Issue: 4
- [8] Jovanovic S., Zaalberg H.: ECOTRACK: Two years of experience, *Rail International - Schienen der Welt*, April 2000, ISSN 00208442
- [9] Pace P., Jovanovic S.: Using measurement data for decision support, *International Railway Journal*, July 2011 issue, Volume 51, Issue 7, p. 37-39, ISSN 0744-5326

## DEFINING THE RAILWAY TRACKS MAINTENANCE CONCEPT IN SERBIA

**Summary:** *In the hype of very ambitious plans for (re)construction of the Belgrade-Subotica railway line, as well as of the entire key railway corridor through Serbia (former Corridor X), it is of essential importance not to forget that the railway lines are built of very long service lives (the oldest railway lines in the world are approaching the age of 200 years), during which the maintenance and renewal (M&R) costs of railway infrastructure elements (RIE) represent by far the largest part of expenditures, significantly larger than the initial investments, which may especially be true if all the phases of construction, from planning, via design, to construction and subsequent M&R are performed inadequately. Moreover, this fact is especially pronounced in case of high speed lines (HSL), which is exactly what, according to the current plans, the future Belgrade-Subotica line is supposed to be, due to several key characteristics that the HSL have in comparison to the conventional lines. It is therefore more than clear that it is of key importance, due to extremely large financial consequences during the entire service lives of such railway lines, that the Maintenance Concept, embodied by a Maintenance Design be immediately created together with the creation of all other Technical Design Documentation. Maintenance Designs already represent for a number of years an inseparable constitutive part of the Technical Design Documentation elsewhere in the world, and serves to take into account and foresee all relevant M&R aspects of all RIE. This article also puts an emphasis on the fact that the optimal manner of consideration of the Maintenance Concept for one particular railway line presupposes the definition of the general, global Maintenance Concept for the entire railway network in question (in this case of Serbian Railways), which this one line would represent but one constitutive*



*part, or a corridor. Only this approach can yield largest absolute benefits for the entire country, as the main investor that stands behind both the line to be constructed, as well as the entire railway network in question.*

**Keywords:** *Railway, infrastructure, high speed lines, planning, design, construction, Maintenance Design, condition monitoring, condition analysis, maintenance & renewal planning.*