

ODRŽAVANJE KOLOSIJEKA U FUNKCIJI ODRŽANJA BRZINE²

SAŽETAK

Svrha ovoga rada jest ukazati na potrebu strateškog promišljanja održavanja kolosijeka. Cilj je na taj način značajno doprinijeti produženju životnoga vijeka kolosiječne dionice, uz održavanje maksimalne brzine u kontekstu sigurnosti prometa. Cilj održavanja je vraćanje pruge, tj. kolosijeka u početni kvalitetan optimalan vijek trajanja. Analizom uvjeta u okruženju kao i potrebe održavanja kvalitete željezničke pruge potrebno je identificirati ulazne parametre strategije održavanja, kao i temeljne aktivnosti koje određuju kvalitetu održavanja.

Ključne riječi: održavanje, željeznička pruga, mjerenje, baza podataka, gornji ustroj

1. UVOD

Svakodnevno smo svjedoci postizanja sve većih brzina sve kvalitetnijim vlakovima te je stoga potrebno pravilno, naročito pravodobno i redovito održavanje gornjeg ustroja pruge. Nakon određenog vremena korištenja željeznička pruga, tj. njezini konstruktivni elementi, tračnice, kolosiječni pribor, kolosiječni pragovi i kolosiječni zastor, istroše se. Kada je istrošenost prešla granicu dozvoljenog, potrebno je zamijeniti te konstruktivne elemente gornjeg ustroja željezničke pruge. Također, usprkos redovitoj godišnjoj zamjeni potrošenog gradiva javlja se problem održavanja geometrije kolosijeka kao što su vertikalna i horizontalna zaobljenja, nadvišenja u lukovima i dr. Zbog nedostatka novčanih sredstava u nekom periodu između dva kompletna popravka pruge, do povećanja problema dolazi najviše nepravodobnim i manjim popravcima nego se predvidjelo i planiralo godišnjim planom održavanja. Taj vremenski razmak između dva popravka pruge ili remonta može se nazvati ciklus redovitog održavanja pruge (kolosijeka). Cilj takvog načina održavanja je sigurniji i udobniji prijevoz većim brzinama uz osiguranje zadovoljavajuće sigurnosti odvijanja prometa. Redovitim održavanjem, uz pravovremeno i s, ukupno gledajući, manje uloženi sredstava, produžuje se ciklus između dviju redovitih obnova pruge sa sadašnjih 16 do 20 godina na 25 do 35, pa i do 40 godina. Pravodobnim ulaganjem u obnovu pruge moguće je izbjeći potrebu za smanjenjem operativnih brzina tijekom eksploatacije zbog smanjenja kvalitete kolosiječne konstrukcije te ujedno smanjiti troškove redovitog održavanja pruge.

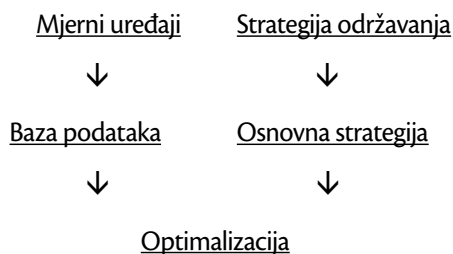
¹ Mag. ing. aedif., predavač, HŽ Infrastruktura d. o. o., Mihanovićeve 12, Rijeka, Hrvatska. E-mail: hrvoje.kostelic@hzninfra.hr

² Datum primitka rada: 15. 1. 2016.; datum prihvaćanja rada: 1. 4. 2016.

Željeznička uprava usvajanjem Osnovne strategije održavanja određuje odnos ulaganja u održavanje i provođenja radova na održavanju pruga potrebnih za sigurno odvijanje prometa određenom brzinom, čime se postiže optimizacija održavanja pruga.

Ulaganja u održavanje potrebno je pratiti i razvijati ciklički. Razvoj takve strategije podrazumijeva opće praćenje kvalitete provedenih radova na održavanju kolosijeka u vidu obnove pruge novim gradivom, temeljem praćenja stanja kolosiječne geometrije, a time i gradiva. Drugačije rečeno, strategija zahtijeva praćenje i održavanje stanja pruge s obzirom na potrebna racionalna ulaganja u cilju povećanja vremenskog razmaka između dviju obnova uz zadržavanje redovne brzine prometovanja vlakova. Pravodobnim ulaganjem u obnovu pruge u svrhu održavanja redovne brzine i osiguranja prohodnosti dovoljnom i sigurnom brzinom kasniji troškovi redovitog održavanja manji su. Također su manji termini zatvaranja pruge u kojima zbog održavanja ne voze vlakovi, tj. vremenu kojem privremeno nema protoka robe zbog redovitih popravaka. Problem gubitka ostvarivog prometa zbog zatvora pruge pri izvođenju obnove osobito je naglašen na jednokolosiječnim prugama. Takav gubitak dovodi do pitanja opravdanosti ulaganja i uopće potrebe za dotičnom prugom zbog već prije izgubljenog tereta.

Takvom, pravilnom *strategijom održavanja s pravovremenih ulaganjima*, zadržava se postojeći i osigurava novi teret, čime ne dolazi u pitanje opravdanost trase, tj. dobit svih onih koji su u bilo kojem obliku povezani sa željezničkim prometom.



2. ULAZNI PODACI ODRŽAVANJA

Cilj održavanja je približavanje stanja pruge, tj. kolosijeka početnom stanju kvalitete kako bi se osigurao optimalni vijek trajanja kvalitete kolosijeka. Pri određivanju optimuma ulaganja moraju se obaviti osnovni koraci i pridobiti ulazni podaci početnim mjerenjima. Ulazni podaci održavanja temelje se na karakterističnim kilometrima definiranim s ciljem predstavljanja situacije željezničke mreže.

Ulazni podaci o karakterističnim kilometrima temeljem kojih se određuje potreba za održavanjem kolosijeka su:

- karakteristike i parametri kolosijeka (pruge);
- specifične norme kilometara;
- glavne vrste radova koji se prate;
- radni ciklus za standardne kilometre;
- jedinični troškovi.

Tablica 1. Parametri za određivanje karakterističnim kilometara

Karakteristike	Parametri				
Teretni promet (mil. brt./god.)	> 12	8 - 12	5 - 8	3 - 5	1 - 3
Polumjeri lukova (m)	> 1000	600 - 1000	400 - 600	240 - 400	< 240
Kvaliteta terena	dobar	slab	siromašan	loš	
Nadgradnja (tračnica, prag, veza)	60E1, DT beton	60E1 DT drvo	49E1 DT beton	49E1 DT drvo	49E1 Klasično drvo
Broj kolosijeka	2	1	1	1	1

Izvor: autor

Parametri kolosijeka koji se koriste za određivanje karakterističnih kilometara su elementi gornjeg ustroja pruge kao što su vrsta pragova i tip tračnica, broj kolosijeka, način ostvarivanja veze između tračnica, stanje *temelnog tla* na kojem je smješten trup pruge te prometna opterećenost pruge u milijunima tona. To su najbitniji podaci koji određuju osnovu strategije ulaganja u održavanje pruge.

Prometno opterećenje izražava se u milijunima bruto tona po godini na jednom kolosijeku, a može se podijeliti u 6 kategorija (tablica 1). O prometnom opterećenju ovisi i broj kolosijeka koji čine prugu. Za prometno opterećenje od 8 - 12 mil. t može se još uvijek koristiti jednokolosiječna pruga, ali s pojačanim održavanjem.

Karakteristika kolosijeka je i horizontalna te vertikalna geometrija trase, tj. uzdužni nagib pruge i polumjer horizontalnih lukova.

S obzirom na utjecaj brzine te iznosa i prijenosa dinamičkog opterećenja kotača preko tračnice kao osnovnog primatelja opterećenja na ostale elemente gornjeg, pa zatim i na donji ustroj pruge, ustaljena je razdjela kolosijeka na 5 kategorija s obzirom na iznos polumjera horizontalnog luka (tablica 1). Kod malih polumjera lukova povećano je bočno trošenje tračnica, što zahtijeva i povećanje obima radova na održavanju. Lukovi polumjera od 400 do 600 m gotovo da nemaju negativan učinak na održavanje kolosijeka, a lukovi polumjera od 600 do 1000 m već pogoduju povećanom prometnom opterećenju većem od 5 mil. brt./god. Lukovi polumjera većeg od 1000 m ne pokazuju značajne razlike u potrebi održavanja ili vijeku trajanja u odnosu na dionice u pravcu.

S obzirom na uzdužni nagib pruge velika je razlika između potrebnih ulaganja u kvalitetu održavanja pruge u brdskom ili nizinskom terenu. Geometrija trase pruge s obzirom na tip terena je osnovna karakteristika pri usporedbi pruga tijekom definiranja standardnih kilometara pri odabiru strategije održavanja. Primjerice, na prugama u brdskom terenu u tunelima koji su tijekom modernizacije elektrificirani te su sada neadekvatnog poprečnog presjeka predviđenim za parnu vuču javljaju se otežavajući uvjeti održavanja.

Tlo na kojem je smještena pruga može biti dobre, slabe, siromašne i loše kvalitete. To treba optimizirati praćenjem ulaganja i strategijom održavanja različitih kvaliteta terena i odvodnje, i pratiti njihov utjecaj.

Parametri gornjeg ustroja pruge definirani su vrstama pragova, drvenim ili betonskim, te tipom tračnice, 60E1 ili 49E1.

Tračnica tipa 60E1 je veća, masivnija, teža i pogodnija pri velikom prometu, većem od 12 mil. t, s pogleda trošenja glave tračnice. Svjedoci smo modernizacije pruga u smislu ugrađivanja jačih profila tračnica, pri čemu se redom prilikom obnove pruge stare tračnice tipa 49E1 zamjenjuju tipom 60E1.

I betonski i drveni prag pri redovitom održavanju kolosijeka imaju svojih prednosti i nedostataka koji se prije ugradnje moraju definirati, te odrediti koje su prihvatljivije u daljnjem održavanju. Održavanje kolosijeka na betonskim pragovima zahtijeva veliku uporabu strojeva za održavanje pruge. Kod kolosijeka na drvenim pragovima udio strojeva može biti puno manji pri sitnijim radovima tekućeg održavanja.

Praćenje ponašanja kolosiječnih konstrukcija pokazalo je da je uporaba betonskog praga pri ekstremnim uvjetima geometrije kolosijeka nemoguća. Pri uzdužnom nagibu većem od 15 % promila ‰ i do 25 ‰, u horizontalnim krivinama zbog polumjera manjih od 300 m, zbog zahtijevanog poprečnog nagiba (nadvišenja) pruge, debljina zastorne prizme niža je od propisane. Ovaj problem uočen je nakon ugradnje betonskih pragova na brdskoj dionici između kolodvora Meja i Škrljevo na pruzi Zagreb – Rijeka. Zbog nepovoljnog položaja trase za brzinu od 70 km/h s polumjerima horizontalnih lukova manjim od 280 m, nadvišenjem kolosijeka od 110 do 130 mm, debljine zastorne prizme i do 10 mm ispod propisane i položene izravno na uglavnom tvrdu kamenu podlogu (stijena) te nedovoljne kvalitete materijala zastorne prizme uočeno je drastično usitnjavanje zrna materijala zastorne prizme tijekom eksploatacije. Usitnjavanjem se stvaraju i najsitnije kamene čestice koje s vremenom uzrokuju stvaranje kolosiječnog zastora. Navedeno se manifestira neodgovarajućom geometrijom kolosijeka, a naročito povećanjem nadvišenja kolosijeka zbog spuštanja kraja betonskog praga s unutarnje strane kolosijeka u horizontalnom luku. Redovitim mjerenjima i kontrolama izmjerena su povećanja nadvišenja i do 25 mm.

Kvalitetnim *redovitim* održavanjem produžuje se životni vijek dionice pruge, te do sljedeće obnove pruge (remonta) nije potrebno smanjivati brzinu u smislu sigurnosti.

Zbog nedovoljnog ulaganja u redovito održavanje dolazi do pojave i napredovanja nedostataka u geometriji i na elementima kolosijeka koji skraćuju radni ciklus dionice. Zbog pojavljivanja nedostataka na kolosijeku iz sigurnosnih je razloga nužno smanjiti brzinu putničkih i teretnih

vlakova. Neadekvatno saniranje nedostataka ubrzava propadanje gradiva i otežava održavanje kvalitetne geometrije kolosijeka.

Na Hrvatskim željeznicama otežavajuća okolnost je što se sve pruge koriste uglavnom za mješoviti promet. U razvijenim državama to nije slučaj. Samom podjelom pruga prema vrsti prometa, na putnički i teretni, pojednostavljuje se održavanje za one pruge koje su namijenjene samo putničkom prometu. Time se ujedno smanjuje ulaganje u kvalitetu pruge. Na prugama namijenjenim teretnom prometu ulaganje u održavanje je puno veće zbog većeg dinamičkog i statičkog opterećenja tračničkih vozila.

3. KARAKTERISTIČNI KILOMETRI

Karakteristični kilometri temelje se na kombinaciji različitih parametara prethodno navedenih karakteristika pruge. S obzirom na prometno opterećenje, koje utječe na razinu održavanja, i polumjere horizontalnih lukova, mogu se adekvatno odrediti kombinacije korištenja različitih tipova tračnica i pragova (tablica 2).

Tablica 2. Karakteristični kilometri

R > 1000m	600m < R < 1000m	400m < R < 600m	240m < R < 400m	R < 240m
Teretni promet > 12 mil.brt/god, po kolosijeku				
60E1 DT beton	60E1 DT beton	60E1 DT beton	60E1 DT beton	
Teretnim promet 8 – 12 mil.brt/god, po kolosijeku				
60E1 DT beton	60E1 DT beton	60E1 DT beton	60E1 DT beton	
60E1 DT drvo	60E1 DT drvo	60E1 DT drvo	60E1 DT drvo	
49E1 DT beton	49E1 DT beton	49E1 DT beton	49E1 DT beton	
49E1 DT drvo	49E1 DT drvo	49E1 DT drvo	49E1 DT drvo	
Teretni promet 5 – 8 mil.brt/god, po kolosijeku				
60E1 DT beton	60E1 DT beton	60E1 DT beton	60E1 DT beton	
60E1 DT drvo	60E1 DT drvo	60E1 DT drvo	60E1 DT drvo	
49E1 DT beton	49E1 DT beton	49E1 DT beton	49E1 DT beton	
49E1 DT drvo	49E1 DT drvo	49E1 DT drvo	49E1 DT drvo	
	R >600m	400m < R < 600m	240m < R < 400m	R < 240m
Teretni promet 3 – 5 mil.brt/god, po kolosijeku				
	60E1 DT beton	60E1 DT beton	60E1 DT beton	
	60E1 DT drvo	60E1 DT drvo	60E1 DT drvo	
	49E1 DT beton	49E1 DT beton	49E1 DT beton	
	49E1 DT drvo	49E1 DT drvo	49E1 DT drvo	
Teretni promet 1 – 3 mil.brt/god, po kolosijeku				
	60E1 DT beton	60E1 DT beton	60E1 DT beton	
	60E1 DT drvo	60E1 DT drvo	60E1 DT drvo	
	49E1 DT beton	49E1 DT beton	49E1 DT beton	
	49E1 DT drvo	49E1 DT drvo	49E1 DT drvo	49E1 klas. drvo
Teretni promet 1 – 3 mil.brt/god, po kolosijeku				
	49E1 DT beton	49E1 DT beton	49E1 DT beton	
	49E1 DT drvo	49E1 DT drvo	49E1 DT drvo	
	49E1 klas. drvo	49E1 klas. drvo	49E1 klas. drvo	49E1 klas. drvo

4. PROBNE DIONICE

- *probna dionica na koridoru trasa*

Kako provedba strategije ističe, učinci su veći što je veće prometno opterećenje. Za glavne željezničke pravce prema neto prometu trebalo bi se za pokusna područja osigurati novčana sredstva iz investicijskih fondova.

- *probna dionica na teško opterećenim linijama bez potrebe zaustavljanja prometovanja vlakova*

Kod određivanja probnih dionica potrebno je zbog povećanja uštede, povećano i kontinuirano, pratiti rad na određenoj dionici na dvokolosiječnoj pruzi ili na jednokolosiječnim prugama na kojima se promet može preusmjeravati u svrhu nesmetanog protoka robe.

- *podešavanje programa za ulaganja u nove linije ili dodatno ulaganje sredstava iz programa za praćenje obnove*

Daljnje uštede su ostvarive u povezivanju i praćenju velikih reinvestiranja unutar postojećih popravaka i investicijskih programa za nadogradnju trase ili izgradnju dodatnog drugog traka.

- *probne dionice za različite metode rehabilitacije terena*

Obnova kolosiječnog traka u kombinaciji s rehabilitacijom trupa pruge uvelike omogućuje smanjenje održavanja.

Logična probna dionica, s dobrim graničnim uvjetima, je na Koridoru X, tj. na širem području Zagreba. Pruga je dvokolosiječna, predviđena je za promet veći od 8 mil. brt./god., te je povoljne geometrije.

Kako bi se zadovoljili potrebe izrade strategije potrebno je prema već prije određenom karakterističnom kilometru također za probne dionice uvrstiti i ostale pruge s drugačijom geografskom položenošću, a samim tim i drugačijom geometrijom kolosijeka.

S obzirom na to da bi probne dionice trebale pokazati ulaganja u održavanje i investicijske cikluse, radne cikluse, potrebno ih je odrediti za različite uvjete prema parametrima za određivanje karakterističnih kilometara (tablica 3).

Teško je očekivati kako će svaka probna dionica biti gotovo rješenje održavanja pruge, ali može biti kao početni obrazac koji određuje radove. Treba imati na umu kako je svaka pojedina dionica različita zbog svojeg geografskog položaja i karakteristike terena na kojem je izrađena.

Znači, osim nizinskih pruga, u promatranje i praćenje mjerenjima i kontrolama treba pridodati i druge pruge karakterističnih geografskih položaja, kako bi se nakon određenog vremena praćenja mogao odrediti radni ciklus održavanja uz nizak postotak ulaganja. Već je puno puta dokazano, i toga smo svi svjesni iz jednostavnih primjera, kako je

s pravovremenim ulaganjima i trošak, u ovom slučaju u održavanje pruga, nizak. Pravovremenim ulaganjem u održavanje pruga osim manjeg financijskog ulaganja i sama je kvaliteta geometrije i svih parametara koji se uzimaju pri određivanju karakterističnog kilometra bolja, tj. dugotrajnija. Takvim pristupom se produžuje vijek trajanja pruge do nove obnove. Osim produženja vijeka trajanja, niti maksimalna brzina nije zanemarujuća. Ona za cijelog vijeka ciklusa održavanja može biti redovita, kao što je u svim razvijenim zemljama, jer uz pravovremeno ulaganje u redovito održavanje nema razloga za smanjenje brzine.

5. RADNI CIKLUS ZA STANDARDNE KILOMETRE

Definiranjem karakterističnih kilometara i vrste praćenja određuju se radni ciklusi za svaki karakteristični kilometar. Radni ciklusi odražavaju održivo održavanje tehničkih uvjeta kojima pruga mora udovoljavati za sigurno odvijanje željezničkog prometa. Temelje se na ideji ograničenog vijeka trajanja kolosijeka. Stoga radni ciklusi počinju s obnovljenim kolosijekom i završavaju sa sljedećom obnovom.

Iako su u HŽ-u održavanja smanjena u posljednjih nekoliko godina, radni ciklusi odraz su održivog režima održavanja. Manja ulaganja ograničavaju kvalitetu pruge u svrhu održanja redovne brzine vlakova na period (ciklus) od 18 – 20 g. od obnove (remonta) pruge, dok se pravodobnim ulaganjem u redovito održavanje taj period produžuje.

Pri početnom raspravljanju uzimaju se u obzir dvije pretpostavke.

Prva se temelji na ideji praćenja ograničenog trajanja konstruktivnih elemenata gornjeg ustroja pruge. Ciklus započinje obnovom, prati se kvaliteta elemenata gornjeg ustroja pregledima i mjerenjima i završava sa sljedećom obnovom. U tom vremenu prate se sve komponente, a od radova izvode se samo nužni radovi kako bi se održao određeni ciklus obnove pruge, npr. obnova (remont) s izmjenom gradiva nakon 16 – 18 g. Provođenjem nužnih radova na tekućem održavanju pruge gradivo je potrošeno, ali kolosijek nije obnovljen sve do kraja ciklusa radova na održavanju, tj. kompletne obnove. Visok standard kompletno kvalitete kolosijeka nikad se ne može održati obavljanjem nužnih radova za održavanje ciklusa pruge, jer je uvijek jedna komponenta lošija.

Druga se pretpostavka temelji na tehničkim i ekonomskim razlozima. Pravilnim i pravovremenim ulaganjem u redovito održavanje kolosijeka postiže se produženje ciklusa održavanja kvalitete pruge sukladno tipu i vrsti ugrađenog gradiva. Određuju se redoviti radovi na zamjeni istrošenog gradiva gornjeg ustroja pruge i na ispravljanju pogrešaka koje se pojavljuju tijekom eksploatacije pruge, sve to između dvije obnove. Naravno, na dužinu ciklusa jednim dijelom utječe tip i vrsta gradiva, ali u većoj mjeri utječe geografska mikrolokacija pruge (vrijednosti elemenata horizontalne i vertikalne geometrije pruge ovisne o tipu terena).

Radni ciklus sastoji se od investicijskog i tekućeg održavanja u sljedećim radovima:

- sanacija donjeg ustroja
- strojno reguliranje kolosijeka (strojno sabijanje ili dinamičko stabiliziranje tucanika s niveliranjem po smjeru i razinici kolosijeka)
- strojno planiranje zastorne prizme s dopunom tucanikom
- brušenje tračnica
- strojno pročišćavanje zastorne prizme (rešetanje)
- pojedinačna zamjena tračnica (istrošenost, puknuće, deformacije ...)
- pojedinačna zamjena pragova
- zamjena istrošenih sintetičkih podloški tračnica (SPT)
- obrada vozne površine tračnica navarivanjem (razna oštećenja zbog neprimjerene kvalitete, pokretanja lokomotive na usponu, mehaničkih udaraca ...)
- sanacija naponskog stanja kolosijeka neprekinuto zavarenog u dugi trak tračnica (DTT)
- održavanje klasičnih tračničkih sastava i dr.

Kvaliteta pruge započinje u njenom baznom dijelu, donjem ustroju, te se referira na konstruktivne elemente kolosijeka. Stoga je kvalitetan donji ustroj pruge garancija kvalitete gornjeg ustroja.

Strojno reguliranje kolosijeka je nužnost održavanja ispravne geometrije kolosijeka. Pogrešna je bila praksa potpunog tretiranja pruge. Potrebno je strojno regulirati samo one dijelove koji se mjerenjima pokazuju lošima i koji se samim tim mogu poboljšati. Dobri dijelovi se ne trebaju regulirati jer ih se može učiniti samo lošijim.

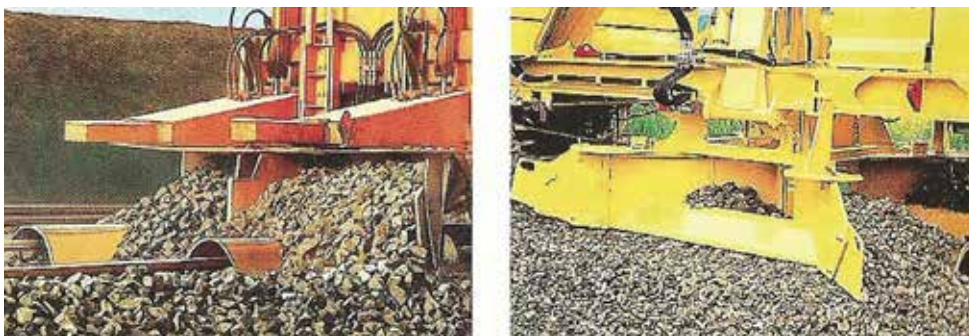
Slika 1. i 2. Stroj za strojno reguliranje (dinamičko stabiliziranje) kolosijeka



Izvor: autor

Strojno planiranje zastorne prizme s dopunom tucanikom nije stalna nužnost nego povremena potreba s obzirom na dopunu. Za ovaj rad također vrijedi ograničenje samo na potrebna mjesta s manjkom tucanika.

Slika 3 i 4. Strojno planiranje zastorne prizme



Izvor: autor

Brušenje tračnica „brusnim vlakom“ bitno je nakon prve godine eksploatacije kolosijeka. Tračnica iz čeličane ne stiže na ugradnju u idealnom stanju, bez obzira na kontrole geometrije i ravnosti koje se provode tijekom izrade i prilikom preuzimanja. Nakon prve godine dana prolaskom kotača po voznoj površini dodatno otpadaju sitni djelići na glavi tračnice, te se tako pojavljuju i sitne neispravnosti koje se osjete tijekom vožnje. Brušenjem se ispravljaju nepravilnosti i tada možemo reći kako je glava tračnice svojim oblikom vraćena u potrebno stanje.

Strojno pročišćavanje zastorne prizme (rešetanje) obavlja se zbog zablacenja prizme tijekom eksploatacije. Razni su čimbenici koji utječu na zablacenje, a kreću se od lošeg stanja donjeg ustroja, preko raznih atmosferskih utjecaja koji nanašaju nečistoću do neispravnih vagona iz kojih se prospava rastresiti teret. Nečistoća se pojavljuje i pri lošoj kvaliteti tučenca s obzirom na tvrdoću te djelovanjem ostalih konstruktivnih elemenata gornjeg ustroja ako su postali neispravni tijekom eksploatacije pruge.

Slika 5 i 6. Stroj za pročišćavanje (rešetanje) zablacene zastorne prizme



Izvor: autor

- pojedinačna zamjena tračnica (istrošenost, puknuće, deformacije...)

Pojedinačna zamjena tračnica određena je pravilnikom s obzirom na dozvoljenu istrošenost za određenu brzinu vožnje. Ako se ne izvede u pravo vrijeme smanjuje se brzina, čime se negativno djeluje na geometriju kolosijeka za projektiranu brzinu. Puknuća nisu predvidiva, ali je njihova sanacija potrebna zbog održanja maksimalne brzine i osiguranja sigurnosti željezničkog prometa. (Pravilnik o održavanju gornjeg ustroja pruge, 1989., Sl. glasnik ZJŽ br. 8/89, 2/90, 8-9/90, Sl. vjesnik HŽ br. 20/91, 5/04, 8/04)

Pravovremena pojedinačna zamjena pragova produžuje vijek trajanja pruge i osigurava ispravnu širinu kolosijeka i krutost kolosiječne rešetke. Pravilno i kvalitetno pričvršćenje tračnice za prag održava geometriju kolosijeka pravilnom, a ostale konstruktivne elemente gornjeg ustroja ispravnim. (Pravilnik o održavanju gornjeg ustroja pruge, 1989., Sl. glasnik ZJŽ br. 8/89, 2/90, 8-9/90, Sl. vjesnik HŽ br. 20/91, 5/04, 8/04)

Sintetička podloška tračnice dodatni je kolosiječni pribor koji svojom ulogom razdvaja dva čelična elementa od direktnog dodira, tračnicu i podložnu ploču i, naravno, djeluje na produženje radnog ciklusa.

Nakon brušenja glave tračnice s vremenom se pojavljuju sitna oštećenja vozne površine koja se manifestira u raznim oblicima, primjerice kroz nastanak utora na glavi tračnice, otpadanja malih dijelova glave tračnice, oštećenja zbog pokretanja vlakova na usponima i kočenja. Njih je moguće eliminirati obradom vozne površine tračnica navarivanjem.

Slika 7. Stroj za brušenje tračnica



Izvor: autor

Sanacija naponskog stanja kolosijeka neprekinuto zavarenog u dugi trak tračnica nužna je nakon pojedinačne zamjene tračnica zbog već prije spomenutih oštećenja vozne površine (istrošenost, puknuće, deformacije ...).

(Izvor: Uputa o ugrađivanju i održavanju tračnica i skretnica u dugačkim trakovima, 1969)

Sve pogreške koje se pojave tijekom eksploatacije na određenoj poziciji superponiraju, radi čega se povećava napon u tračnici te je potrebno postaviti kolosijek u bez naponsko stanje.

- održavanje klasičnih tračničkih sastava,

Održavanje klasičnih tračničkih sastava provodi se na prugama koje nemaju neprekinuto zavaren kolosijek.

Pod drugim radovima podrazumijevaju se ostali potrebni radovi malog intenziteta u cilju održanja redovite brzine i radnog ciklusa pruge. Pod time se može podrazumijevati održavanje izoliranih lijepljenih sastava, podmazivanje tračnica u lukovima s malim polumjerima,

Uzimajući u obzir iskustva iz raznih radnih ciklusa može se razvijati radni ciklus za sve uvjete i za sve vrste i tipove građiva koje se ugrađuje, a prema veličini prometnog opterećenja dotične pruge.

Tablica 3/1. Radni ciklus za karakteristični kilometar s prometom 8 - 12 mil. brt./god./trak, tračnica tip 60E1, betonski prag, polumjer luka > 1000 m

promet 8 - 12 mil brt/god./trak, tračnica 60E1 : betonski prag, R > 1000m, ciklus 40g																					
Vrsta rada	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Obrnova pruge (remont)	1	1																			
Sanacija donjeg ustroja																					
Strojno reguliranje kolosijeka po smjeru i niveli	15.00		1				0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Strojno planiranje zastome prizme s dopunom	1.60		0.2				0.2					0.2								0.2	
Brušenje tračnica	1		1																		
Strojno pročišćavanje zastome prizme (rešetanje)	0.6													0.3							
Zamjena tračnica	0.4																0.2				
Zamjena kolosječnih pragova																					
Zamjena potračničkih umetaka	0.4																				0.2
Obrada vozne površine tračnica navarivanjem	0.6			0.1								0.1									0.1
Održavanje tračničkih sastava																					

Izvor: autor

Tablica 3/2. Radni ciklus za karakteristični kilometar s prometom 8 - 12 mil. brt./god./trak, tračnica tip 60E1, betonski prag, polumjer luka > 1000 m

Vrsta rada	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
Obrnova pruge (remont)																					
Sanacija donjeg ustroja																					
Strojno reguliranje kolosijeka po smjeru i niveli	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	1	1	1	1	
Strojno planiranje zastome prizme s dopunom	0.2						0.2					0.2								0.2	
Brušenje tračnica																					
Strojno pročišćavanje zastome prizme (rešetanje)							0.3														
Zamjena tračnica											0.2										
Zamjena kolosječnih pragova																					
Zamjena potračničkih umetaka											0.2										
Obrada vozne površine tračnica navarivanjem			0.1									0.1								0.1	
Održavanje tračničkih sastava																					

Izvor: autor

Tablica 4/1. Radni ciklus za karakteristični kilometar s prometom 8 - 12 mil. brt./god./trak,
 tračnica tip 60E1, drveni prag, polumjer luka > 1000 m

promet 8 - 12 mil brt/god./trak; tračnica 60E1 ; drveni prag; R > 1000m; ciljus 40g																					
Vrsta rada	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Obnova pruge (remont)	1	1																			
Sanacija donjeg ustroja																					
Strojno reguliranje kolosijeka po smjeru i niveleti	15,00		1				0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Strojno planiranje zastome prizme s dopunom	1,60		0,2				0,2				0,2						0,2				
Brušenje tračnica	1	1																			
Strojno pročišćavanje zastome prizme (rešetanje)	0,6												0,3								
Zamjena tračnica	0,4															0,2					
Zamjena kolosječnih pragova	0,2															0,1					
Zamjena potračničkih umetaka	0,4															0,2					
Obrada vozne površine tračnica navirivanjem	0,6		0,1						0,1							0,1					
Održavanje tračničkih sastava																					

Izvor: autor

Tablica 4/2. Radni ciklus za karakteristični kilometar s prometom 8 - 12 mil. brt./god./trak,
 tračnica tip 60E1, drveni prag, polumjer luka > 1000 m

Vrsta rada	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
Obnova pruge (remont)																					
Sanacija donjeg ustroja																					
Strojno reguliranje kolosijeka po smjeru i niveleti	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1	1	1	1		
Strojno planiranje zastome prizme s dopunom	0,2					0,2					0,2					0,2					
Brušenje tračnica																					
Strojno pročišćavanje zastome prizme (rešetanje)						0,3															
Zamjena tračnica										0,2											
Zamjena kolosječnih pragova										0,1											
Zamjena potračničkih umetaka										0,2											
Obrada vozne površine tračnica navirivanjem			0,1						0,1							0,1					
Održavanje tračničkih sastava																					

Izvor: autor

Tablica 5/1. Radni ciklus za karakteristični kilometar s prometom 8 - 12 mil. brt./god./trak,
 tračnica tip 60E1, betonski prag, polumjer luka 1000 m > R > 600 m

promet 8 - 12 mil brt/god./trak; tračnica 60E1 ; betonski prag; 1000 > R > 600m; ciljus 55g																					
Vrsta rada	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Obnova pruge (remont)	1	1																			
Sanacija donjeg ustroja																					
Strojno reguliranje kolosijeka po smjeru i niveleti	14,70		1			0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Strojno planiranje zastome prizme s dopunom	1,80		0,2			0,2				0,2			0,2						0,2		
Brušenje tračnica	1	1																			
Strojno pročišćavanje zastome prizme (rešetanje)	0,8											0,4									
Zamjena tračnica	0,8															0,2					0,2
Zamjena kolosječnih pragova																					
Zamjena potračničkih umetaka	0,8															0,2					0,2
Obrada vozne površine tračnica navirivanjem	1,2		0,1						0,2					0,2					0,2		
Održavanje tračničkih sastava																					

Izvor: autor

Tablica 5/2. Radni ciklus karakteristični kilometar s prometom 8 - 12 mil. brt./god./trak,
tračnica tip 60E1, betonski prag, polumjer luka 1000 m > R > 600 m

Vrsta rada	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Obnova pruge (remont)															
Sanacija donjeg ustroja															
Strojno reguliranje kolosijeka po smjeru i niveleti	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	1	1	1	1	
Strojno planiranje zastorne prizme s dopunom	0.2				0.2				0.2				0.2		
Brušenje tračnica															
Strojno pročišćavanje zastorne prizme (rešetanje)				0.4											
Zamjena tračnica					0.2					0.2					
Zamjena kolosječnih pragova															
Zamjena potračničkih umetaka					0.2					0.2					
Obrada vozne površine tračnica navarivanjem			0.2					0.2				0.1			
Održavanje tračničkih sastava															

Izvor: autor

Tablica 6/1. Radni ciklus za karakteristični kilometar s prometom 8 - 12 mil. brt./god./trak,
tračnica tip 60E1, drveni prag, polumjer luka 1000 m > R > 600 m

promet 8 - 12 mil brt/god./trak, tračnica 60E1 , drveni prag, 1000 > R > 600m, ciklus 35g																					
Vrsta rada	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Obnova pruge (remont)	1	1																			
Sanacija donjeg ustroja																					
Strojno reguliranje kolosijeka po smjeru i niveleti	14.70	1				0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Strojno planiranje zastorne prizme s dopunom	1.60	0.2				0.2				0.2				0.2					0.2		
Brušenje tračnica	1	1																			
Strojno pročišćavanje zastorne prizme (rešetanje)	0.5											0.4									
Zamjena tračnica	0.5															0.2					0.2
Zamjena kolosječnih pragova	0.5									0.2											0.2
Zamjena potračničkih umetaka	0.5															0.2					0.2
Obrada vozne površine tračnica navarivanjem	1.2		0.1						0.2					0.2							0.2
Održavanje tračničkih sastava																					

Izvor: autor

Tablica 6/2. Radni ciklus za karakteristični kilometar s prometom 8 - 12 mil. brt./god./trak,
tračnica tip 60E1, drveni prag, polumjer luka 1000 m > R > 600 m

Vrsta rada	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Obnova pruge (remont)															
Sanacija donjeg ustroja															
Strojno reguliranje kolosijeka po smjeru i niveleti	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	1	1	1	1	
Strojno planiranje zastorne prizme s dopunom	0.2				0.2				0.2				0.2		
Brušenje tračnica															
Strojno pročišćavanje zastorne prizme (rešetanje)				0.4											
Zamjena tračnica					0.2					0.2					
Zamjena kolosječnih pragova										0.2					
Zamjena potračničkih umetaka					0.2					0.2					
Obrada vozne površine tračnica navarivanjem			0.2					0.2				0.1			
Održavanje tračničkih sastava															

Izvor: autor

Tablica 7/1. Radni ciklus za karakteristični kilometar s prometom 8 - 12 mil. brt./god./trak, tračnica tip 60E1, betonski prag, polumjer luka 600 m > R > 400 m

promet 8 - 12 mil brt/god./trak; tračnica 60E1 - betonski prag; 600 > R > 400; ciklus 30g																					
Vrsta rada	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Obnova pruge (remont)	1	1																			
Sanacija donjeg ustroja																					
Strojno reguliranje kolosijeka po smjeru i nivelet	12	1				0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
Strojno planiranje zastorne prizme s dopunom	1.8	0.2				0.2				0.2				0.2				0.2			0.2
Brušenje tračnica	1	1																			
Strojno pročišćavanje zastorne prizme (rešetanje)	0.6											0.4									
Zamjena tračnica	1										0.2			0.2						0.2	
Zamjena kolosječnih pragova																					
Zamjena potračničkih umetaka	1										0.2			0.2						0.2	
Obrada vozne površine tračnica navarivanjem	1.1		0.1							0.2				0.2						0.2	
Održavanje tračničkih sastava																					

Izvor: autor

Tablica 7/2. Radni ciklus za karakteristični kilometar s prometom 8 - 12 mil. brt./god./trak, tračnica tip 60E1, betonski prag, polumjer luka 600 m > R > 400 m

Vrsta rada	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Obnova pruge (remont)										
Sanacija donjeg ustroja										
Strojno reguliranje kolosijeka po smjeru i nivelet	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	1	1	1	
Strojno planiranje zastorne prizme s dopunom			0.2			0.2		0.2		
Brušenje tračnica										
Strojno pročišćavanje zastorne prizme (rešetanje)				0.4						
Zamjena tračnica		0.2				0.2				
Zamjena kolosječnih pragova										
Zamjena potračničkih umetaka		0.2				0.2				
Obrada vozne površine tračnica navarivanjem			0.2					0.2		
Održavanje tračničkih sastava										

Izvor: autor

Tablica 8/1. Radni ciklus za karakteristični kilometar s prometom 8 - 12 mil. brt./god./trak, tračnica tip 60E1, drveni prag, polumjer luka 600 m > R > 400 m

promet 8 - 12 mil brt/god./trak; tračnica 60E1 - drveni prag; 600 > R > 400; ciklus 30g																					
Vrsta rada	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Obnova pruge (remont)	1	1																			
Sanacija donjeg ustroja																					
Strojno reguliranje kolosijeka po smjeru i nivelet	11.6	1				0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Strojno planiranje zastorne prizme s dopunom	1.8	0.2				0.2				0.2				0.2				0.2			0.2
Brušenje tračnica	1	1																			
Strojno pročišćavanje zastorne prizme (rešetanje)	0.6								0.2											0.3	
Zamjena tračnica	1										0.2			0.2						0.2	
Zamjena kolosječnih pragova	1.10										0.2			0.2					0.1		0.2
Zamjena potračničkih umetaka	1										0.2			0.2						0.2	
Obrada vozne površine tračnica navarivanjem	1.3		0.1				0.2				0.2			0.2						0.2	
Održavanje tračničkih sastava																					

Izvor: autor

Tablica 8/2. Radni ciklus za karakteristični kilometar s prometom 8 - 12 mil. brt./god./trak,
tračnica tip 60E1, drveni prag, polumjer luka 600 m > R > 400 m

Vrsta rada	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Obnova pruge (remont)										
Sanacija donjeg ustroja										
Strojno reguliranje kolosijeka po smjeru i niveleti	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	1	1	1	
Strojno planiranje zastorne prizme s dopunom			0.2			0.2		0.2		
Brušenje tračnica										
Strojno pročišćavanje zastorne prizme (rešetanje)					0.3					
Zamjena tračnica		0.2			0.2					
Zamjena kolosiječnih pragova		0.1			0.2	0.1				
Zamjena potračničkih umetaka		0.2			0.2					
Obrada vozne površine tračnica navarivanjem		0.2				0.2				
Održavanje tračničkih sastava										

Izvor: autor

Na trošenje tračnica i kolosiječnih pragova i na vrstu i intenzitet radova tekućeg održavanja u velikoj mjeri uzajamno utječu količina prometa i polumjeri lukova na određenoj pruzi. U tablicama od 3/1 do 8/2 pokušalo se iznaći rješenje kojim bi se ciklus redovitog održavanja uz redovnu brzinu na pruzi, pravilnim i ekonomičnim novčanim ulaganjem produžio.

Promatrani karakteristični kilometar u ovom je slučaju na kvalitetnom donjem ustroju. Osnova je bazna (nulta) godina na kojoj je obavljena obnova (remont) dotične pruge, ili karakterističnog kilometra.

Nakon jedne (prve) godine eksploatacije zbog opisanih tvorničkih nepravilnosti tračnica (još uvijek u dozvoljenim granicama) pristiglih iz čeličana provodi se strojno reguliranje kolosijeka po smjeru i razinici pruge. Brušenjem se dovodi do optimalnog stanja dodirne površine tračnice i kotača željezničkog vozila.

Strojno reguliranje kolosijeka planira se i obavlja prema podacima dobivenim mjerenjima. Što je pruga starija reguliraju se učestalije i veće dužine na dionici. Veličina u tablici određena je postotkom (%) godišnjeg strojnog reguliranja na promatranoj dionici. U praksi je to oko 30 % dionice godišnje.

Strojno planiranje zastorne prizme je vrsta rada koja može pratiti strojno reguliranje. Određuje se očnim pregledom i po potrebi računanjem potrebne količine kamenog gradiva potrebnog za dopunu pri formiranju zastorne prizme. Može se svake godine planirati, a obvezno kod istovara kamena tučenca.

Strojno pročišćavanje (rešetanje) zastornog materijala potrebno je tijekom predviđenog ciklusa obaviti barem jednom na sredini ciklusa. Može se takav rad odraditi i dva puta (ravnopravno raspoređeno) tijekom ciklusa. Strojno pročišćavanje osigurava suhu podlogu (kolosiječni zastor) kolosiječnim pragovima čime se izravno produžuje njihov vijek trajanja.

Zamjena istrošenih tračnica, zamjena oštećenih i neispravnih pragova radovi su vezani uz sve radove koji se izvode na željezničkoj pruzi, što izravno što neizravno.

Zamjena podtračničkih umetaka (sintetičkih podloški tračnica), obrada vozne površine tračnica i održavanje tračničkih sastava (izolacije) također su radovi koji se ne mogu izbjeći i oni su sastavni dio održavanja željezničke pruge.

6. ZAKLJUČAK

Hrvatske željeznice moraju odrediti strategiju održavanja. Naravno, bez pomoći vlasnika infrastrukture, RH, to nije moguće.

Sve pruge ne mogu se jednako održavati. Ovdje se mogu postaviti prioriteti s obzirom na važnost i namjenu pruge, koji su opet povezani s geografskim položajem koji uglavnom određuje brzinu kojom će se prometovati na određenom željezničkom pravcu ili njegovom dijelu.

Dugi vijek trajanja ne može se postići samo visokom kvalitetom konstrukcije, on također ovisi o adekvatnim zadacima održavanja. Prema tome, praćenje izgradnje, kontinuirani pregledi i mjerenja i održavanje moraju biti sustavni.

Međutim, postoji jako mnogo načina između dvije glavne pozicije rada. Prvo je minimalno održavanje, zbog čega je rezultat nedovoljnih financijskih sredstava, a time i kratak životni vijek. Drugo je dugi vijek trajanja s pravovremenim i kvalitetnim intenzivnim održavanjem. Ove mogućnosti čine pitanje graničnih vrijednosti, koje stoga postaju velik ekonomski problem.

Analiza cijelog životnog ciklusa praćenjem nadgradnje (tračnice i pragovi) ne znači već poznatu vrijednost životnog ciklusa troška, jer ova je metoda obično statički izračun s ciljem minimiziranja ukupnih troškova po trasi koja se bavi stalnim troškovima i cijenama, bez podrazumijevanja troška financijske veze. Jedna velika prednost strategije životnog ciklusa, troška, je kako se rezultati ove metode mogu uključiti u razvoj projekata i, shodno tome, u projektiranje.

Tradicionalni izračun profitabilnosti nije samo uspoređivanje, već i gotov projekt. U stvari, to je povezanost glavnih točaka, životnog ciklusa i troška s ekonomskim ocjenjivanjem praćenja izgradnje i održavanja.

Projekt 'strategije' analizira opterećenja u tipičnim relevantnim situacijama praćena nadgradnjom. Te situacije mogu se nazvati standard kilometrom. Standard kilometri se prepoznaju po nekim parametrima, kao što su kvaliteta substrukture, veličina polumjera, veličina prometa, praćenje same nadgradnje (tračnice i pragovi).

Korisno je definirati standardne kilometre, jer strateške odluke ne mogu biti temelj na lokalnim posebnostima, ali lokalne razlike može se opisati bolje definicijom standardnih kilometara. Različiti standardni kilometri zahtijevaju različite strategije. Koliko su standardni kilometri od koristi ovisi o operateru ili upravitelju infrastrukture, ali to nije vrijedno ako se ide previše u detalje. Kao i svaka strategija i ova mora biti dizajnirana za

specifične aplikacije. Pored ovih glavnih datoteka operativnog ciklusa treba puno drugih ulaznih datoteka, kao što su definicije metoda izračuna i izračuna pojedinosti o različitim nadgradnjama, male zadatke održavanja i utvrđivanje posljedica troškova operativne zapreke. Ovaj model izračuna daje usporedbu različitih ciklusa i različite strategije.

Ulazni podaci mogu biti strukturirani u pet skupina:

- karakteristike pruga i njihovi parametri,
- specifične hrvatske norme kilometara,
- glavne vrste radova koji se prate,
- ciklusi za sve karakteristične kilometre,
- jedinični troškovi.

Razdoblje promatranja jednako je minimumu radnog vijeka i time dostiže 25 do 50 godina, pa čak i više. Male promjene u troškovima rada dovode do znatne promjene ukupnog troška životnog ciklusa.

LITERATURA

Pravilnik o održavanju gornjeg ustroja pruge, 1989., Sl. glasnik ZJŽ br. 8/89, 2/90, 8-9/90, Sl. vjesnik HŽ br. 20/91, 5/04, 8/04

Pravilnik o održavanju donjeg ustroja pruga, 1989., Sl. vjesnik HŽ br. 20/91

Uputstvo o ugrađivanju i održavanju tračnica i skretnica u dugačkim trakovima, 1969.

Uputa za provjeru za provjeru geometrijskog stanja kolosijeka tračničkim mjernim vozilom, Sl. vjesnik HŽ 4/05

Pravilnik o tehničkim uvjetima kojima moraju udovoljavati željezničke pruge, NN 128/08

Lakušić, S., Ahac, M. (2008) Osnove održavanja kolosijeka, Zagreb, Dani prometnica

Ivanović Klemen, Z. (2011) Obnova prometne infrastrukture iz sredstava EU fondova, Zagreb, Dani prometnica

Jovanović, S. (2013) Upravljanje održavanjem željezničke infrastrukture bazirano na mjerenju i analizi stanja, Zagreb, Dani prometnica

MAINTENANCE OF RAILWAY TRACKS FOR THE PURPOSE OF MAINTAINING SPEED²

ABSTRACT

The purpose of this paper is to demonstrate the need for a strategic consideration of railway tracks maintenance. It is aimed at providing a considerable contribution to railway track life cycle extension, along with maintaining maximum speed within the context of traffic safety. The purpose of maintenance is to restore a railway line, i.e. railway track to its original quality optimum life cycle. By analyzing environment conditions, as well as the need to maintain railway line quality level, it is necessary to identify ingoing parameters for the maintenance strategy and basic activities which determine maintenance quality.

Key words: railway line, permanent way, substructure of the track, ballast, rail type

¹ Mag. ing. aedif, Lecturer, HŽ Infrastruktura d.o.o., Mihanovićeve 12, Rijeka, Croatia. E-mail: hrvoje.kostelic@hzinfra.hr

² Received: 15. 1. 2016.; Accepted: 1. 4. 2016.