

Hrvoje Kostelić, mag. ing. aedif.

PRAĆENJE ISPRAVNOSTI KONSTRUKTIVNIH ELEMENATA GORNJEGA PRUŽNOG USTROJA

1. Uvod

Prometni sustav u kojemu su vozila na kotačima prisilno vođena po točno određenome putu zove se željeznica. Prisilno vođenje vozila postiže se ispustom vijenca na obodu kotača koji sprečava skretanje vozila s točno određenoga puta.

Prema načinu prijenosa vučne sile željeznice se dijele na adhezijske, zupčaste i žične.

Adhezijskoj željeznici za vuču vlakova dovoljna je sila trenja između kotača i tračnica.

Zupčasta željeznica primjenjuje se na strminama gdje trenje između kotača i tračnica nije dovoljno za svladavanje uspona te se po sredini kolosijeka ugrađuje treća tračnica koju zahvaćaju zupčanci lokomotive za svladavanje strmih pružnih dionica.

2. Obveze upravitelja infrastrukture

2.1. Temeljne obveze

Upravitelj infrastrukture mora redovito i trajno nadzirati stanje željezničkih pruga u uporabi i željezničkih infrastrukturnih podsustava i održavati ih u tehničkome stanju za siguran tijek prometa.

Upravitelj infrastrukture mora pratiti i analizirati tehničko stanje željezničkih pruga u uporabi odnosno željezničkih infrastrukturnih podsustava i njihovu usklađenost s uvjetima propisanim za siguran tijek prometa, obujam željezničkoga prometa i prometne zahtjeve u odnosu na raspoloživi prometni kapacitet željezničkih pruga te na temelju

provedene analize planirati prioritete u izgradnji, nadogradnji, rekonstrukciji, obnovi i održavanju.

Upravitelj infrastrukture provodi aktivnosti i postupke u planiranju, projektiranju, građenju, rekonstrukciji, obnovi i održavanju željezničkih pruga u skladu s Nacionalnim programom željezničke infrastrukture.

Upravitelj infrastrukture provodi aktivnosti i postupke koji se odnose na ispunjavanje uvjeta interoperabilnosti i ocjenu sukladnosti u skladu s tehničkim specifikacijama za interoperabilnost željezničkih infrastrukturnih podsustava i drugim propisima koji reguliraju to područje. [1]

2.2. Evidencije i izvješćivanje

Upravitelj infrastrukture mora voditi registar infrastrukture i druge propisane i određene evidencije i baze podataka o željezničkim prugama odnosno željezničkim infrastrukturnim podsustavima u skladu sa Zakonom o sigurnosti u željezničkom prometu, tehničkim specifikacijama za interoperabilnost koje se odnose na željezničke infrastrukturne podsustave, posebnim propisima kojima se uređuju željeznički infrastrukturni podsustavi i ugovorom o upravljanju željezničkom infrastrukturom.

Upravitelj infrastrukture mora redovito objavljivati izvješće o mreži i izvješćivati nadležne institucije o ispunjavanju uvjeta za siguran tijek prometa, uporabi, tehničkome stanju i problemima željezničke infrastrukture, planovima, radovima, statističkim pokazateljima i drugim zahtjevima koji se odnose na željezničke pruge i željezničke infrastrukturne podsustave u skladu sa Zakonom

o sigurnosti u željezničkom prometu, posebnim propisima kojima se uređuju željeznički infrastrukturni podsustavi, drugim propisima i ugovorom o upravljanju željezničkom infrastrukturom.

3. Konstruktivni elementi gornjega pružnog ustroja

Nosivost željezničke pruge jest njezina sposobnost da svojom konstrukcijom prihvati te na temeljno tlo sigurno i ravnomjerno prenese dinamičko opterećenje nastalo međudjelovanjem osovinske mase i ostvarene brzine željezničkoga vozila.

Konstruktivni elementi gornjega ustroja osnovno služe za prenošenje opterećenja preko tračnica, pragova, kolosiječnoga pribora i zastornoga materijala na planum. Također, pojedinačno služe za neposredan kontakt vozila s podlogom (tračnica), za očuvanje potrebne i dopuštene širine kolosijeka (kolosiječni pragovi), pričvršćenje tračnice za pragove i održavanje širine kolosijeka i tvorenje kolosiječne rešetke (kolosiječni pribor) i amortiziranje vibracija izazvanih prolaskom raznih prometnih sredstava.

Gornji pružni ustroj čine konstrukcije, sklopovi i elementi gornjega pružnog ustroja. Konstrukcije gornjega pružnog ustroja jesu:

- kolosijeci sa zastorom (neprekinuto zavareni i s klasičnim sastavima)
- kolosijeci na čvrstoj podlozi
- skretnice i križišta
- dilatacijske kolosiječne konstrukcije.

Sklopovi gornjega pružnog ustroja jesu funkcionalni dijelovi konstrukcija

gornjega pružnog ustroja sastavljeni od pojedinih elemenata gornjega pružnog ustroja.

Elementi gornjega pružnog ustroja jesu:

- vozne tračnice, vodilice, zaštitne tračnice, skretničke tračnice
- zavareni tračnički spojevi, klasični tračnički sastavi, izolacijski sastavi (lijepljeni i klasični)
- pragovi i betonski nosivi elementi
- kolosiječni i skretnički pričvrtni i spojni pribor
- naprave za povećanje poprečnoga otpora kolosijeka i naprave protiv klizanja tračnica
- naprave za podmazivanje tračnica
- elementi za popođenje željezničko-cestovnih prijelaza
- elementi za prigušivanje buke i vibracija
- kolosiječni zastor
- tamponski sloj te slojevi i materijali za stabilizaciju podloge
- signalne i pružne oznake
- drugi elementi gornjega pružnog ustroja. [2]

Ona preuzima horizontalne i vertikalne sile te ih prenosi na podlogu. Ta se opterećenja prenose na gornji ustroj preko vrlo male dodirne površine (kotača i tračnice) pa ih zato treba rasporediti kako ne bi prelazile dopuštene granice naprezanja pojedinih elemenata gornjega ustroja. Tračnice su kontinuirani nosači, oslonjeni na mnogo oslonaca, tj. na drvenim, betonskim ili čeličnim pragovima.

Kod ugrađenih tračnica osnovna je vizualna kontrola površinskoga stanja odnosno mogućih mehaničkih oštećenja. Prvom takvom kontrolom još u čeličani ispituju se makrostruktura, makrografski Baumannov otisak, tvrdoća po Brinelu i slično. Vanjskim pregledom (očni) kontrolira se prisutnost:

- lunkera (ostaci plinskih mjehura)
- utruska šljake
- ljustaka valjanja
- pukotina
- nepravilnih dimenzija glave, vrata i nožice.

Druga kontrola provodi se prilikom preuzimanja novih tračnica, tj. prije otpreme.

Tijekom eksploatacije pruge, i to najmanje jednom na godinu, a prema

potrebi i češće, mjeri se istrošenost tračnica. Mjere se bočna istrošenost, na unutarnjoj strani vanjske tračnice zbog utjecaja centrifugalne sile, te visinska istrošenost voznoga dijela glave unutarnje tračnice zbog okomitoga opterećenja uzrokovano masom vlaka i tereta koji se prevozi (slika 1.). Obje vrste istrošenosti pojavljuju se zbog neposrednoga kontakta tračnice s bandažom i vijencem bandaža.

Kako bi se smanjilo bočno trošenje, na tračnice se ugrađuju mazalice. Specifične deformacije kao posljedica trošenja tračnica jesu valovitost i naboranost. Zanimljiva je naboranost koja se uglavnom javlja na unutarnjoj tračnici u lukovima malenoga polumjera jer je osovina kruto povezana s kotačima i zbog toga unutarnji kotač u luku ima kraći vozni put od vanjskoga uz jednak obrt bandaža te „struže“ po voznjoj površini. Naboranost i valovitost uklanjaju se brušenjem vozne površine specijalnim vlakovima.

Za mjerenje istrošenosti tračnice osim ručnoga mjerila (slika 4.) koriste se laserski i elektronski uređaji.

Za nerazarajuću kontrolu zavara koristi se ručni ultrazvučni uređaj za ispitivanje tračnica (USK-002).

4. Praćenje ispravnosti konstruktivnih elemenata

Dugi vijek trajanja ne može se postići samo visokom kvalitetom konstrukcije, već ovisi i o odgovarajućim zadacima održavanja. Prema tome, praćenje izgradnje, kontinuirani pregledi i mjerenja te provođenje mjera mora biti sustavno. [1]

4.1. Tračnice

Tračnica je osnovni konstruktivni element gornjega pružnog ustroja.



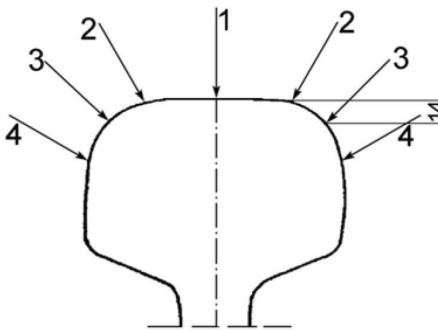
Slika 1. Visinska istrošenost tračnica

Izvor: 3

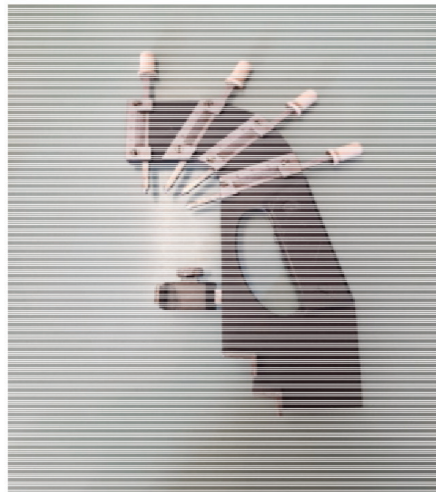


Slika 2. Bočna istrošenost tračnica

Izvor: 3

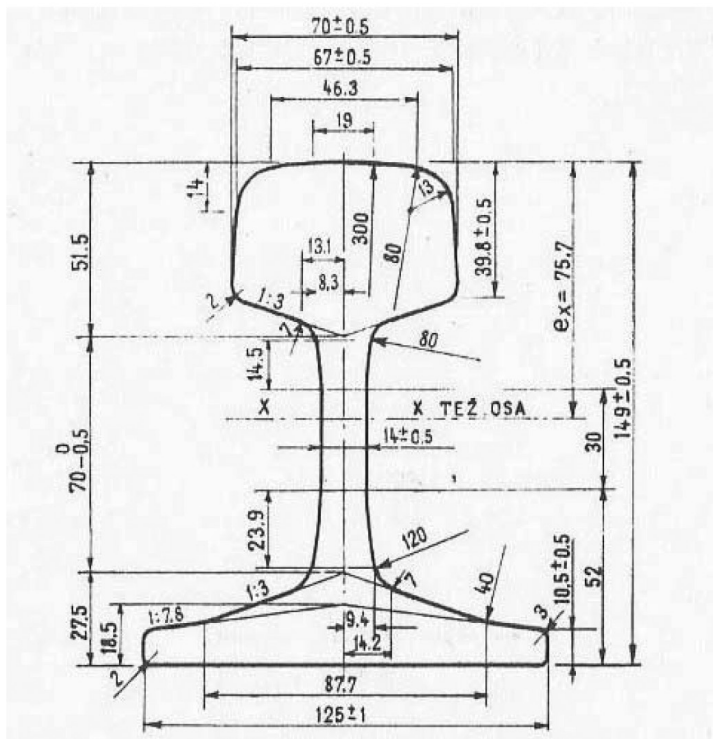


Slika 3. Pozicije mjernih točaka
Izvor: autor



Slika 4. Mjerilo za mjerenje istrošenosti
Izvor: autor

Mjere u mm



Slika 5. Poprečni profil tračnice 49 E 1

Izvor: 4

4.2. Pragovi

Najčešće su u uporabi drveni pragovi, a koriste se i betonski, čelični i neoprensni.

Trajnost drvenoga praga ovisi o vrsti drveta iz kojega je izrađen, o postupku s

drvom nakon sječe, otpremi na obradu, produljenju trajanja impregnacijom i sredstvu impregnacije, načinu pričvršćenja tračnice za prag i materijalu kolosiječnoga zastora (čist zastor – dobra odvodnja – 50 posto dulja trajnost). Kako bi se izbjegao i smanjio postotak

propadanja, nakon izrade pragovi se moraju uskladištiti na čistoj podlozi. Moraju biti posloženi u tzv. zračne vitlove kako bi strujao zrak jer se tako ne zadržava vlaga te se sprječava isušivanje.

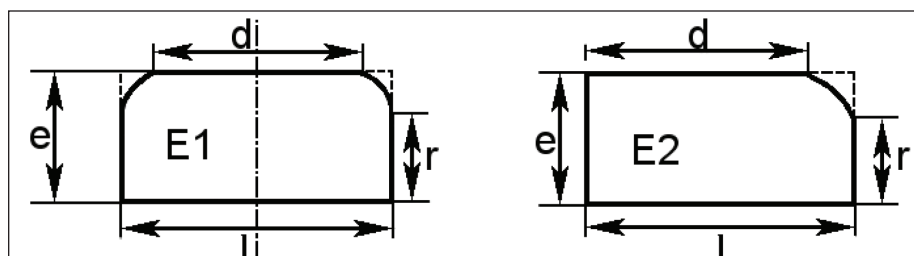
Prednosti drvenih pragova u odnosu na betonske i čelične jest obradivost, raznovrsno i pouzdano pričvršćenje tračnica, elastičnost i lako podnošenje i ublažavanje dinamičkih (pokretnih) opterećenja (udara vozila), mogućnost prilagođavanja i lošijim uvjetima na kolosijeku i drugo.

Zbog mnogih dobrih svojstava (ekonomičnost, jednostavna izvedba, lagano održavanje, jednoličan prijenos opterećenja, lagana izmjena i drugo) većina kolosijeka u svijetu ima poprečne nosače i oni se nazivaju pragovima. Uobičajena dimenzija za prag 1. klase jest 260 x 26 x 16 cm. Međusobni razmak pragova određuje se na temelju statičkoga proračuna i ovisi o osovinskome opterećenju, brzini na pruzi ($V_{max} = V_{dop}$), dimenziji praga i kvaliteti podloge te iznosi 60 – 75 cm.

Kolosiječni bukovi i hrastovi impregni-rani pragovi moraju u svemu udovoljiti niže navedenim tehničkim uvjetima, koji su u skladu s navedenim pripadajućim normama, kao i dopunskim zahtjevima naručitelja:

- HRN EN 13145:2001+A1:2011, Oprema za željeznice – željeznički gornji ustroj – drveni pragovi i nosači (u daljnjemu tekstu: HRN EN 13145)
- HRN EN 13391:2003, Derivati dobiveni pirolizom ugljena – ulja bazirana na katranu kamenog ugljena: kreozotno ulje - specifikacije i metode ispitivanja
- DIN 68811 najnovijeg izdanja, Impregniranje željezničkih drvenih pragova kreozotom
- HRN EN 351-1:2007, Trajnost drva i proizvoda na osnovi drva – masivno drvo tretirano sredstvima za zaštitu drva – klasifikacija penetracije i retencije zaštitnog sredstva

- HRN 1014-3:2010, Sredstva za zaštitu drva – kreozotno ulje i drvo zaštićeno kreozotnim uljem – metode uzorkovanja i analize – utvrđivanje udjela benzo(a)pirena u kreozotnom ulju
- HRN EN 1014-4 najnovijeg izdanja, Sredstva za zaštitu drva – kreozotno ulje i drvo zaštićeno kreozotnim uljem – metode uzorkovanja i analize – utvrđivanje udjela vodotopivih fenola u kreozotnom ulju
- HRN EN 12490 najnovijeg izdanja, Trajnost drva i proizvoda od drva – zaštićeno cjelovito drvo – određivanje penetracije i retencije kreozotnog ulja u tretiranom drvu.



Slika 6. Mjere poprečnoga presjeka

Izvor: HRN EN 13145

sti okovi moraju biti postavljeni na čelu praga u skladu sa slikom 7.

Mrežasti okovi mogu biti:

- mrežice dimenzija 2 x 1,25 x 198 x 35, koje moraju imati 600 g po pragu (svaka strana praga 300 g)
- mrežice dimenzija 1,25 x 218 x 71, koje moraju imati 600 g po pragu (svaka strana praga 300 g)
- čeone ploče dimenzija 1,25 x 170 x 100 mm, koje moraju imati 350 g po pragu (svaka strana praga po 175 g).

Čelo praga mora biti prerezano tako da čini okomitu ravnu površinu. Na krajevima pragovi se okivaju čeličnim trakama kako bi se spriječilo njihovo pucanje. U svaki prag zabija se oznaka (numerator) koja označava godinu proizvodnje. Pragovi moraju biti ravni, s međusobno okomitim stranicama i pravilnim pravokutnim poprečnim presjekom, uz dopuštena odstupanja od pravokutnoga oblika samo na gornjoj plohi. Duljina pragova u prosušenome stanju iznosi 2600 mm. [5,6]

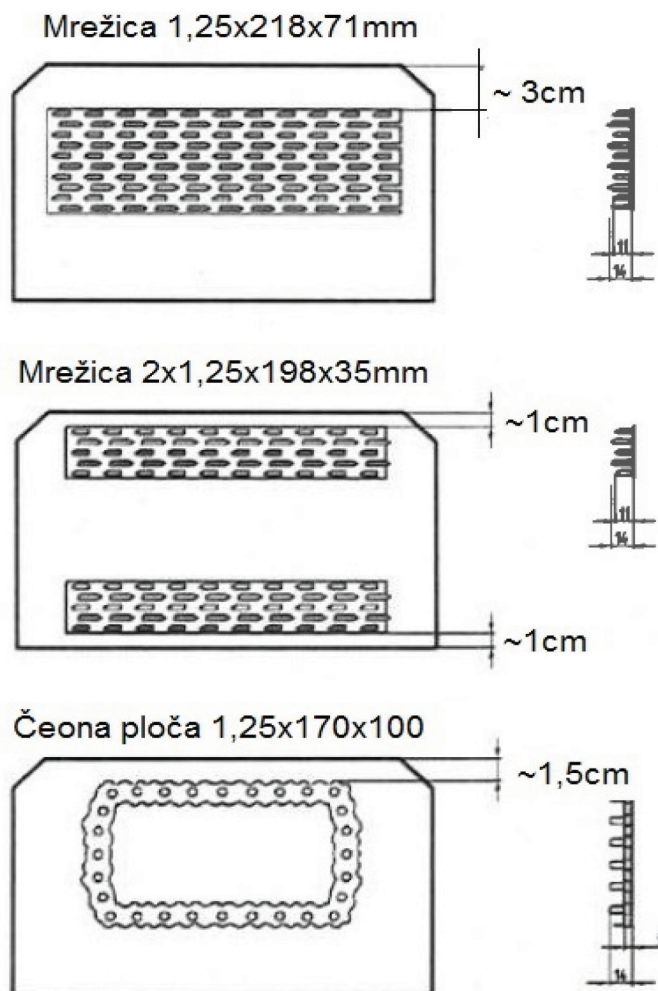
Poprečni presjek pragova mora odgovarati obliku E1 ili E2 (Form E1, Form E2) iz norme HRN EN 13145.

Mjere poprečnoga presjeka oblika E1/E2 u prosušenome stanju moraju iznositi:

- $l = 260 \text{ mm} / 260 \text{ mm}$
- $e = 160 \text{ mm} / 160 \text{ mm}$
- $d = \text{min. } 180 \text{ mm} / \text{min. } 200 \text{ mm}$
- $r = \text{min. } 110 \text{ mm} / \text{min. } 110 \text{ mm}$

Dopuštena odstupanja od propisanih mjera u prosušenome stanju moraju biti u skladu s normom HRN EN 13145, točkom 5.3.

Pragovi moraju biti zaštićeni od pucanja na odgovarajući način. Zaštitu od pucanja pragova treba izvesti pocinčanim mrežastim okovima koji se zabijaju na čela pragova prije impregnacije. Mreža-



Slika 7. Vrste mrežastih okova

Izvor: HRN EN 13145

Pragovi se moraju strojno zaravnati na području gdje se ugrađuju podložne ploče. Površina koja se zaravnava na pragu mora imati dubinu od najmanje 3 mm, a debljina praga na dijelu zaravnavanja ne smije biti tanja od 15 cm te se na donjoj plohi mora izbušiti osam difuznih rupa promjera 16 mm, dubine 130 mm, na međusobnome razmaku od 100 mm prema normi DIN 68811.

Impregnirani pragovi moraju zadovoljavati sljedeće uvjete:

- Dopušteno odstupanje u vertikalnoj ravnini od osi praga po visini (progib) smije biti najviše 15 mm, mjereno po cijeloj duljini praga (bow; slika 4. iz HRN EN 13145).
- Dopušteno odstupanje u horizontalnoj ravnini od osi praga po širini smije biti najviše 50 mm, mjereno po cijeloj duljini praga (spring; slika 3. iz HRN EN 13145).
- Zakrivljenost (uvijenost) praga po dužini može biti najviše 10 mm (twist; slika 6. iz HRN EN 13145). [5,6]

Tehnički pregled neimpregniranih pragova, neposredno prije impregnacije, obavljaju ovlaštene stručne osobe naručitelja.

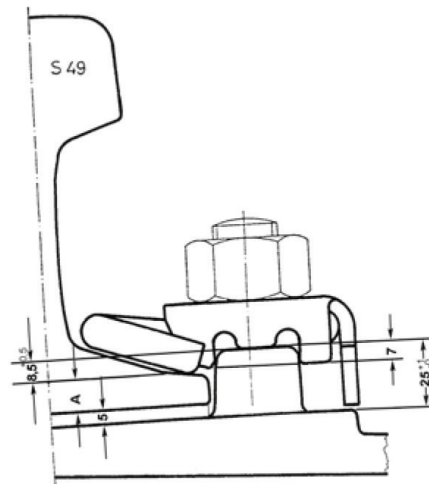
4.3. Kolosiječni pribor

Kolosiječni pribor jest skup dijelova i opreme koji moraju omogućiti sigurno pričvršćenje tračnice za pragove, povezati kruto ili elastično pojedine dijelove gornjega ustroja, povezati dvije tračnice (uzdužno i poprečno na os kolosijeka), povećati poprečni otpor kolosijeka, po potrebi ostvariti električnu izolaciju i ravnomjernije raspodijeliti opterećenje na podlogu. Kolosiječni pribor također mora osigurati propisanu širinu kolosijeka i time krutost kolosiječne rešetke. Ispunjavanjem navedenih uvjeta kolosijek poprima kontinuitet jedinstvene i čvrste cjeline.

O kvalitetno izrađenome kolosiječnom priboru, njegovoj pravilnoj ugradnji,

dobrome održavanju i njezi (pravilan položaj, propisna pritegnutost itd.) ovise i dobar sastav tračnica, propisana nagib tračnica, propisana širina kolosijeka, ugodna vožnja, dulje trajanje ugrađenoga kolosiječnog materijala i ekonomično poslovanje.

Zbog kretanja i dinamičkih udara vozila izazivaju oscilacije u tračnicama, čije vibracije dostižu frekvenciju 800 – 1200 Hz, s vrlo malim amplitudama od samo desetine milimetra. Te oscilacije visokih frekvencija osnovni su uzročnici razaranja krutoga sustava veza tračnica za pragove, zbog čega se sve više uvode elastična pričvršćenja na kolosijecima. Zbog toga je za korištenje, pogotovo na



Slika 8. Pritiskalica Ski-2

Izvor: autor



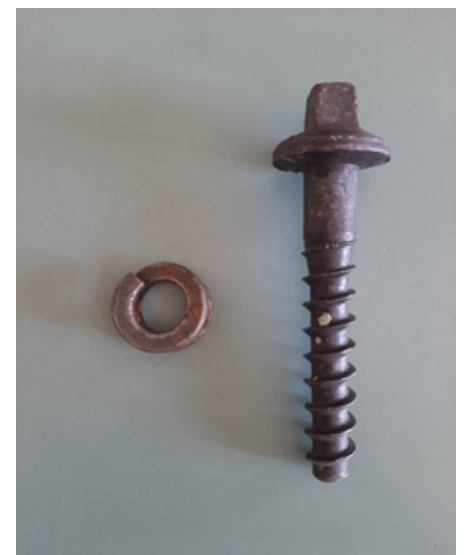
prugama velikih brzina, najpogodniji tzv. elastični kolosiječni pribor.

Tračnica se za prag pričvršćuje preko posebne podložne ploče, koja se zbog svojega izgleda naziva rebrastom podložnom pločom (na drvenome pragu) ili posebnom neoprenskom pločom (na betonskome pragu). Ona prima i prenosi teret na veću površinu praga. Njezinom upotrebom povećava se otpor protiv bočnoga pomaka kolosijeka. Zaštićuje pragove od utiskivanja nožice tračnice u prag, a time i od brzoga propadanja. Ploča je vijcima učvršćena za prag, a nožica tračnice upada između rebra ploče.

4.4. Kolosiječni zastor

Kolosiječni zastor jest elastični nosivi sloj u konstrukcijama željezničkoga gornjega ustroja. Izrađuje se od prirodnih agregata mineralnoga porijekla koji udovoljavaju postavljenim tehničkim zahtjevima i normama. Materijal za kolosiječni zastor proizvodi se drobljenjem prirodnih agregata mineralnoga porijekla i naziva se tučencom (tucanikom).

Kao konstrukcijski dio gornjega ustroja, kolosiječni zastor treba elastično i što ravnomjernije prenijeti opterećenje vozila koje prima preko tračnice i praga na ravninu pružnih građevina ko-



Slika 9. Vijak za drveni prag (VPD) i dvostruka elastična podloška

Izvor: autor

kolosijeka, spriječiti pomicanje kolosiječne rešetke i omogućiti pravilan položaj kolosijeka po smjeru i niveleti (visini), omogućiti brzo i lagano dotjerivanje kolosijeka u pravilan položaj te brzo odvesti vodu iz kolosijeka. Kolosiječni zastor preuzima oko 60 posto ukupne elastičnosti kolosiječne konstrukcije.

Kako bi ispunio svoj zadatak, zastor mora imati:

- dovoljnu debljinu i širinu
- mora biti iz dobrog materijala
- mora ležati na planumu 3 – 5 posto prema krajevima.

Kamen mora potjecati od kompaktnih dubinskih slojeva otvorenih kameno-loma. Mora biti jedar i žilav, čist od zemlje, gline, ilovače, organskih primjesa, prašine i svih ostalih manje vrijednih i škodljivih primjesa. Kolosiječni zastor može se izrađivati od eruptivnih (bazalt, porfir, diabaz, gabro, sijenit, kvarcit i granit) i sedimentnih stijena (razni žilavi krečnjaci i silikatni sivi pješčari). Zrno tučenca za izradu kolosiječnoga zastora mora biti oštrobrižno, većim dijelom približno kockastoga oblika, a po dimenzijama što ujednačenije veličine. Zastor mora biti od kvalitetnoga materijala i odgovarajućega granulometrijskog sastava (širina zrna 31,5 – 63 mm). Mora biti otporan na mraz kao i na druge atmosferske utjecaje. Čvrstoća zastora mora biti takva kako se ne bi drobio ispod pragova zbog opterećenja vozila i od udaraca pri ručnoj i strojnoj obradi geometrije kolosijeka. Kroz različite zastorne materijale pritisak kolosiječne rešetke različito se prenosi na planum. Kut rasprostiranja pritiska kroz tučenac iznosi 30 – 45°.

Funkcije kolosiječnoga zastora jesu:

- preuzimanje dinamičkoga prometnog opterećenja od kolosiječne rešetke i njegovo ravnomjerno i elastično prenošenje na podlogu
- osiguravanje projektiranoga položaja kolosiječne geometrije na kolosijeku sa zastorom

- osiguravanje dovoljnog otpora poprečnome i uzdužnome pomicanju pragova, tj. stabilnosti kolosiječne rešetke. Dobro dimenzioniran i propisan oblik zastorne prizme omogućuje stabilnost kolosiječne rešetke i otpornost kolosiječne rešetke protiv okomite i vodoravne deformacije smjera kolosijeka.

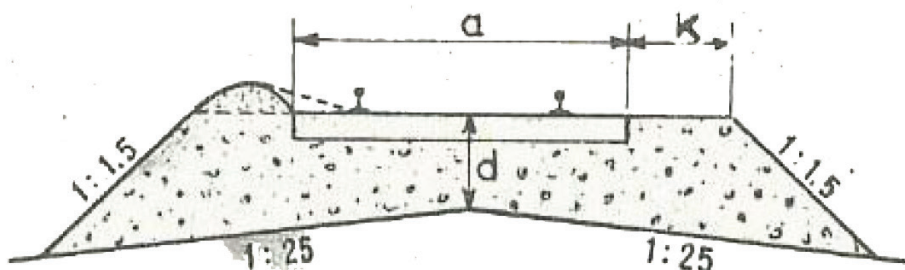
Za ispunjavanje svoje funkcije kolosiječni zastor (zastorna prizma) mora imati sljedeća svojstva:

- sposobnost preuzimanja i prenošenja dinamičkoga prometnog opterećenja od kolosiječne rešetke na veću širinu, čime smanjuje specifični pritisak na zemljani trup prilagođen granicama nosivosti tla
- sposobnost prigušivanja dinamičkih utjecaja od prometnoga opterećenja, što se ostvaruje međusobnim trenjem zrna
- sposobnost osiguravanja geometrijskih mjera koje omogućuju ravnomjernu raspodjelu pri prenošenju preuzetoga opterećenja na podlogu
- sposobnost osiguravanja dostatnog otpora za sprječavanje poprečnih i uzdužnih pomaka kolosiječne rešetke
- sposobnost reguliranja i jednostavne obnove projektiranoga položaja kolosiječne geometrije
- strukturu koja omogućuje dobru odvodnju oborinskih voda iz zastorne prizme.

Ako je zastor dobro zbijen ili vibriran, širina zastorne prizme („k“) iza ruba praga (slika 10) treba iznositi minimalno 40 cm, a ako to nije slučaj, treba iznositi 45 – 50 cm. Ako nije moguće postići širinu „k“ od 45 – 50 cm, treba izvesti nabačaj tučenca visine oko 13 cm za pojačanja zastorne prizme. Taj nabačaj ni u kojemu slučaju ne smije ležati na pragovima. [4]

Osnovni uvjeti za proizvodnju, ispitivanje i preuzimanje agregata za kolosiječni zastor propisanih normom sadržavaju:

- uvjete za uzorkovanje materijala za ispitivanje
- osnovne geometrijske zahtjeve za agregat za kolosiječni zastor
- osnovne fizikalne zahtjeve za agregat za kolosiječni zastor
- uvjete za štetne sastojke
- uvjete za vrednovanje usklađenosti postupka proizvodnje agregata za kolosiječni zastor
- podatke o svojstvima proizvedenoga agregata za kolosiječni zastor koje proizvođač odnosno isporučitelj mora navesti u pratećoj dokumentaciji
- način označavanja agregata za kolosiječni zastor pri isporuci
- uvjete za provedbu propisanih postupaka ispitivanja agregata za kolosiječni zastor
- uvjete propisane za proizvodnju i kontrolu postupka proizvodnje agregata za kolosiječni zastor.



Slika 10. Poprečni presjek zastorne prizme u dugome traku u luku

Izvor: 4

Novi tučenac koji se primjenjuje za kolosiječni zastor mora biti proizveden odgovarajućom tehnologijom, a svojstva moraju biti ispitana i deklarirana u skladu s pripadajućom normom HRN EN 13450 i dopunskim zahtjevima za kvalitetu koje odredi kupac.

Prije početka proizvodnje tučenca za kolosiječni zastor proizvođač mora zatražiti ispitivanje kvaliteta stijenske mase namijenjene za proizvodnju tučenca i ishoditi potvrdu da je stijenska masa podobna za takvu proizvodnju. Ispitivanje kvalitete stijenske mase i dostavljanje potrebnih certifikata može obavljati samo laboratorij koji posjeduje akreditaciju Hrvatske akreditacijske agencije (HAA).

Kvaliteta stijenske mase za proizvodnju tučenca za kolosiječni zastor za drvene pragove mora udovoljiti zahtjevima iz pojedinih normi prikazanih u tablici 1.

Tehnički uvjeti za željeznički tučenac moraju udovoljavati sljedećim uvjetima:

- granulometrijski sastav ($d = 31,5 - 63,0$ mm) HRN EN 9331-1
- prisutnost sitnih zrna ispod 0,5 mm HRN EN 9331-1
- sadržaj finih čestica ispod 0,063 mm HRN EN 9331-1
- oblik zrna izražen indeksom plosnatosti HRN EN 9331-3

- indeks oblika zrna HRN EN 9331-4
- duljina zrna HRN EN 13450
- otpornost na drobljenje koef. „Los Angelos“ na M prugama HRN EN 1097-2
- otpornost na drobljenje koef. „Los Angelos“ na R prugama HRN EN 1097-2
- otpornost na drobljenje koef. „Los Angelos“ na L prugama HRN EN 1097-2
- otpornost na habanje metodom „micro-Deval“, koef. M_{DE} HRN EN 1097-1
- upijanje vode prilog B HRN EN 1097-6
- otpornost na smrzavanje HRN EN 1367-1
- postojanost na magnezijev sulfat HRN EN 1367-2
- nasipna gustoća HRN EN 1097-3

Izviješće o ispitivanju stijenske mase ne smije biti starije od 12 mjeseci od datuma raspisivanja natječaja i mora sadržavati rezultate ispitivanja sljedećih fizičko-mehaničkih svojstava [7]:

1. tlačne čvrstoće
2. upijanja vode
3. gustoće kamena
4. prostorne mase kamena

5. poroznosti
6. postojanosti na mrazu
7. mineraloško-petrografske analize.

Proizvođač željezničkoga tučenca mora biti sposoban sam provesti sustav kontrole granulometrijskoga sastava, i to tijekom čitavog ciklusa proizvodnje. Naručitelju mora dati na uvid izvješće koje nije starije od deset dana od dana zahtjeva na uvid.

Tučenac za kolosiječni zastor mora biti proizveden u kamenolomima od stijenske mase istoga geološkog izvora. Nije dopuštena proizvodnja tučenca miješanjem materijala iz različitih stijenskih masa i različitih geoloških izvora. [7]

Kontrolno ispitivanje služi za nadzor kvalitete isporučenoga željezničkog tučenca i provodi ga naručitelj. U slučaju odstupanja od uvjeta (ITS) sastavlja se zapisnik u kojemu se navode sporna odstupanja od kvalitete.

Naručitelj ima pravo provjere kvalitete željezničkoga tučenca na mjestu proizvodnje u laboratoriju prema vlastitome izboru, bez dodatnoga troška.

Kontrolno ispitivanje isporučenoga gradiva iz željezničkih vagona ili iz kolosijeka provodi se u skladu s Prilogom A normi HRN EN 13450 i mora odgovarati zahtjevima kvalitete ITS G2.017, ITS G2.018, ITS G2.019 i ITS G2.020.

Za kontrolno ispitivanje na gradilištu uzimaju se tri uzorka po 25 kg. [7]

Tablica 1. Kriterij kvalitete stijenske mase iz koje se proizvodi željeznički tučenac [izvor: 7]

Ispitno svojstvo	Norma ispitivanja	Zahtjev koji je potrebno ispuniti
Mineraloško-petrografska analiza	HRN EN 12407	Mineraloško-petrografski sastav stijenske mase
Gustoća kamena	HRN EN 1936	Najmanja srednja vrijednost 2,70 t/m ³
Prostorna masa kamena	HRN EN 1936	Najmanja srednja vrijednost 2,65 t/m ³
Tlačna čvrstoća u suhom stanju	HRN EN 1926	Najmanja srednja vrijednost 140 MPa
Upijanje vode	HRN EN 13755	Najveća srednja vrijednost 0,75 %
Postojanost na mrazu (min. 25 ciklusa mraza)	HRN EN 12371	Postojan
Poroznost	HRN EN 1936	Najveća srednja vrijednost 2,5 %

5. Geometrijski parametri uporabnoga stanja kolosijeka i način mjerenja

Praćenje i kontrola provode se vizualno i mjerenjem. Mjerenje se može obavljati ručno ili mehanički mjernim vozilom.

Mjerno vozilo za posebne namjene s ugrađenom mjernom opremom za snimanje propisanih geometrijskih parametara kolosijeka te elektroničkom i računalnom opremom za pohranu, prikaz i analizu snimljenih mjernih podataka vožnjom prugom redovitim brzinom prikuplja potrebne podatke i pohranjuje ih grafički mjernim dijagramom i brojčano uređajem za ispis numeričkoga mjernog izvješća. Prikupljeni podaci pokazuju trenutačno stanje pruge, tj. njezinu trenutačnu kvalitetu.

Na temelju mjernoga dijagrama i numeričkih mjernih izvješća dobivaju se podaci o lokalnim pogreškama pojedinačnih geometrijskih parametara uporabnoga stanja kolosijeka koji služe za određivanje prioriteta interventnih radova na otklanjanju pojedinačnih pogrešaka na pruzi ili za poduzimanje drugih mjera propisanih za očuvanje sigurnoga tijeka prometa.

Tračničkim mjernim vozilom provjeravaju se sljedeći geometrijski parametri uporabnoga stanja kolosijeka:

- uzdužni profil voznih površina tračnica u kolosijeku (stabilnost kolosijeka)
- iskrivljenost ravnine kolosijeka
- širina kolosijeka
- visinski odnos tračnica i nadvišenje vanjske tračnice kolosijeka u luku
- smjer (zakrivljenost) tračnica u kolosijeku.

Ocjena geometrijskoga uporabnoga stanja kolosijeka prikazuje se uz pomoć indeksa kakvoće kolosijeka TQI (Track Quality Index). Na temelju proračuna indeksa kakvoće kolosijeka (TQI) dobivaju

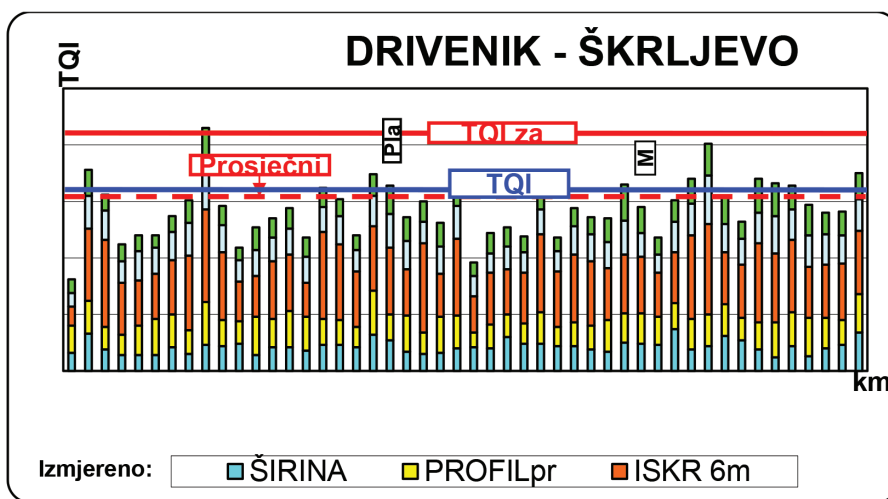
se podaci o prosječnome geometrijskom uporabnom stanju kolosijeka na duljini mjernoga polja, odnosno za cijelu prugu ili pružnu dionicu ili za dio pružne dionice. Podaci služe za određivanje prioriteta interventnih radova na poboljšanju ukupnoga geometrijskoga uporabnoga stanja kolosijeka ili za poduzimanje drugih mjera propisanih za očuvanje sigurnoga tijeka prometa.

Usporedbom pojedinačnih indeksa kakvoće kolosijeka za različite geometrijske parametre u istome mjernom polju može se utvrditi koji geometrijski parametar najviše pridonosi lošemu geometrijskom uporabnom stanju kolosijeka.

ravnost zavara aparatom USK – 002. Geometrija zavara mjeri se uređajem - SEC ravnalo, te se koristi i uređaj za mjerenje neutralne temperature tračnica. Kolosiječnim razmjernikom mjerimo širinu i nadvišenje na kolosijecima i na skretnicama.

Jednom na tjedan stanje pruge pregledava se s vučnoga vozila, a podaci se s obzirom na razinicu pruge upisuju vodoravno i okomito.

Vizualni pregled pruge pješice kojim se pregledava općenito stanje pruge obavlja se tjedno i mjesečno. Osim toga pregledavaju se i mjere prijelazni lukovi, prijelazne rampe nadvišenja,



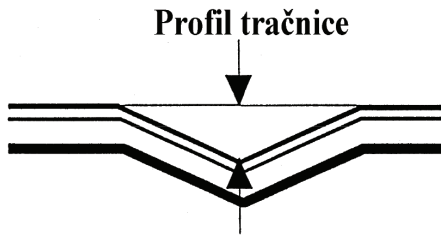
Slika 11. TQI – indeks kakvoće kolosijeka

Izvor: autor

- - - - - TQI za $V_{max} = 70\text{km/h}$
- prosječni TQI
- TQI održavanja

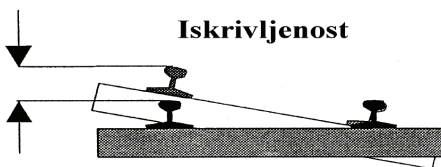
Mjerenje geometrije i ostalih elemenata kolosijeka obavlja se i ručno, kolosiječnim razmjernikom, napravom za mjerenje istrošenosti tračnica (visinska i bočna istrošenost tračnica), instrumentom Tracscan kojim se mjeri geometrija kolosijeka, provjerava se kvaliteta zavara u DT (dugi trak tračnica), iskazuje se vodoravni i poprečni manjak materijala u tračnici (glava, vrat) i pregledava se

kružni lukovi, nagib pruge, prijelom razinice i istrošenost tračnica u lukovima, popisuje se stanje kolosiječnih pragova i određuje se zamjena s obzirom na stupanj trošnosti, prikupljaju se podaci o potrebnoj temperaturi dugog traka i drugo. Na temelju dobivenih podataka o stanju pruge priprema se baza podataka na temelju koje se određuje strategija održavanja.



Slika 12. Profil tračnice

Izvor: 8



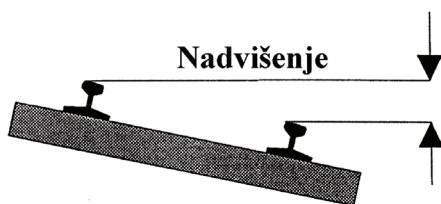
Slika 13. Iskrivljenost

Izvor: 8



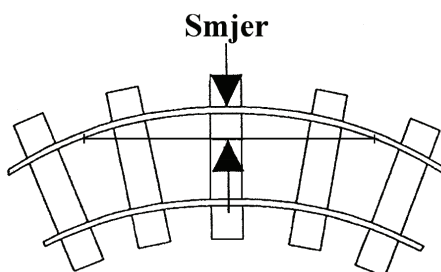
Slika 14. Širina kolosijeka

Izvor: 8



Slika 15. Nadvišenje kolosijeka

Izvor: 8



Slika 16. Širina kolosijeka

Izvor: 8

Širina kolosijeka određuje se kao projektirana, uporabna i temeljna. Projektirana širina kolosijeka jest udaljenost unutarnjih voznih rubova glava tračnica u kolosijeku mjerena na visini $14 (\pm 1)$ mm ispod gornjega ruba glave tračnice i okomito na os kolosijeka. Uporabna širina kolosijeka najmanja je udaljenost između unutarnjih voznih rubova glava tračnica u kolosijeku u uporabi izmjerena na visini od 0 do $14 (\pm 1)$ mm ispod gornjega ruba glave tračnice i okomito na os kolosijeka. Temeljna širina kolosijeka projektirana je širina kolosijeka ovisno o razvrstavanju željezničkih pruga s obzirom na širinu kolosijeka. [2]

Tračničkim mjernim vozilom tehničko-mjernih karakteristika EM-120 provjeravaju se sljedeći geometrijski parametri uporabnoga stanja kolosijeka:

- smjer kolosijeka (u pravcu i luku)
- uzdužni profil voznih površina tračnica u kolosijeku (stabilnost kolosijeka)
- iskrivljenost ravnine kolosijeka
- širina kolosijeka (u pravcu, luku i u kolosijeku klasičnim tračničkim sastavima)
- visinski odnos tračnica (u pravcu, luku i skretnicama)
- smjer (zakrivljenost) tračnica u kolosijeku.

Ručno mjerenje kolosijeka obavlja se instrumentom TrackScan te se provjeravaju smjer kolosijeka, širina kolosijeka i visinski odnos tračnica.

6. Glavne vrste radova za potrebe održavanja kvalitete kolosijeka

Glavne vrste radova za održavanje kvalitete kolosijeka jesu:

- strojno reguliranje kolosijeka (strojno sabijanje tučenca s niveliranjem kolosijeka po smjeru i razinici)
- strojno planiranje zastorne prizme s dopunom tučenca
- strojno pročišćavanje zastorne prizme (rešetanje)
- pojedinačna zamjena tračnica (istrošenost, puknuće, deformacije...)
- pojedinačna zamjena pragova
- zamjena podtračničkih umetaka (SPT)
- održavanje vozne površine tračnica brušenjem, obradom vozne površine navarivanjem (razna oštećenja zbog kvalitete, zbog pokretanja lokomotive na usponu, mehanički udarci...)
- sanacija naponskoga stanja neprekinuto zavarenog kolosijeka (DTT)
- održavanje klasičnih tračničkih sastava
- mjerna vožnja (dijagram mjerne vožnje, parametri s podacima o stanju kolosijeka)



Slike 17. i 18. Instrument Trackscan

Izvor: autor

- strojno održavanje kolosijeka
- održavanje konstruktivnih elemenata gornjega ustroja (mjerenje istrošenosti tračnica, popisivanje stanja – trulosti pragova, stanje zablacenosti zastorne prizme).

Redovitim provjerama stanja, vizualno općega stanje te mjerenjem trošenja i kvalitete gradiva gornjega ustroja prikupljaju se temeljni podaci o optimalnome održavanju kvalitete (kondicije) kolosijeka. Prije nego se odredi optimum ulaganja, moraju se poduzeti osnovni koraci, odnosno moraju biti provedena početna mjerenja mjernim vozilom, raznim priručnim aparatima i mjerilima za koja je osposobljena svaka organizacijska jedinica na održavanju pruge. Tako dobivenim podacima o stanju pruge priprema se baza podataka na temelju koje se određuje strategija održavanja, a na temelju nje i osnovna strategija održavanja, što rezultira optimizacijom održavanja pruga.

Optimizacija određuje odnos ulaganja i održavanja potrebnih za siguran promet određenom brzinom.

Kontrolom prema već unaprijed određenim pravilnicima, uputama i normama od proizvodnje do ugradnje omogućuje se ugradnja gradiva i izvođenje radova već unaprijed određene kvalitete.

6. Zaključak

Prvi korak ka višoj kvaliteti i smanjenju troškova životnoga ciklusa pruge jest pronalaženje odgovarajućega rješenja za zaštitu trupa pruge od djelovanja vode i održavanje njegova stanja u cjelini. Praćenja radova na održavanju i trajanja radova glavni su utjecajni parametri u formiranju optimalnih jediničnih troškova rada kao preduvjeta modernog tračničkog snimanja prometnim sredstvima te analiziranja i izvješćivanja sustava.

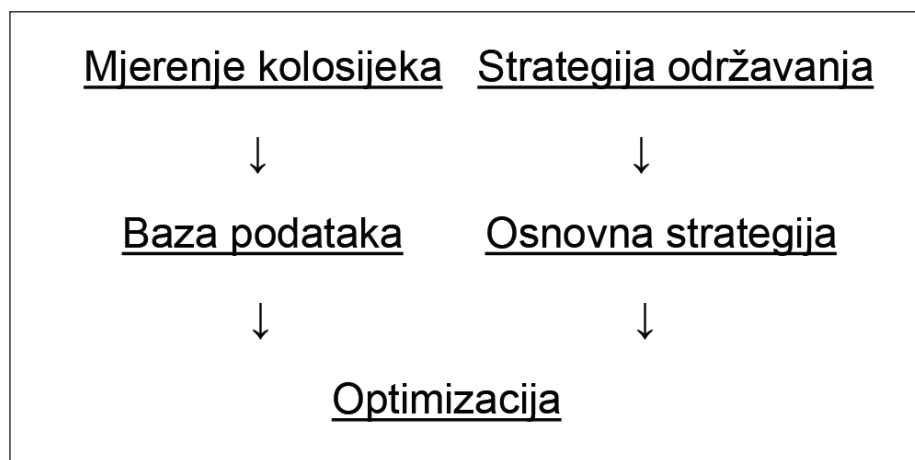
Prije nego se odredi optimum ulaganja, potrebno je provesti početna mjerenja te na temelju dobivenih podataka o stanju pruge pripremiti bazu podataka koja je temelj za određivanje strategije održavanja kolosijeka. Definiranje stra-

u kontekstu znanstveno-tehnološkoga napretka, što rezultira postizanjem sve većih brzina kvalitetnijim vlakovima.

Kako bi se znatno doprinijelo produljenju životnoga vijeka kolosijeka, potrebno je strateško promišljati održavanje kolosijeka korištenjem elemenata kontrole kvalitete gradiva.

Literatura:

- [1] Pravilnik o tehničkim uvjetima za sigurnost željezničkog prometa kojima moraju udovoljavati željezničke pruge, NN 128/08
- [2] Pravilnik o željezničkoj infrastrukturi NN 125/05
- [3] Stipetić, A.: Gornji ustroj željezničkog kolosijeka, Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu, 2008.
- [4] 314 Pravilnik o održavanju gornjeg ustroja pruga, Sl. glasnik ZJŽ br. 8/89, 2/90, 8-9/90, Sl. vjesnik HŽ br. 20/91, 5/04, 8/04
- [5] Tehnički uvjet za isporuku kolosiječni prag bukovi impregnirani
- [6] Tehnički uvjet za isporuku kolosiječni prag hrastovi impregnirani
- [7] Tehnički uvjeti za izradu i isporuku željezničkog tucanika 31,5 (32) do 63 mm za drvene pragove, ITS G2.019, HŽI d.o.o., Sl. vjesnik 2/17
- [8] Uputa 339a za provjeru geometrijskoga uporabnog stanja kolosijeka tračničkim mjernim vozilom tehničko – mjernih karakteristika EM-120 na mreži HŽ – Hrvatskih željeznica, HŽI Sl. vjesnik
- [9] Uputa 339c za provjeru geometrijskoga uporabnog stanja kolosijeka vizualnim pregledom i ručnim mjerilima, HŽI Sl. vjesnik
- [10] Kostelić, H.: Strategija održavanja kolosijeka u funkciji povećanja sigurnosti i održanja brzine Hrvatskih željeznica, Željeznice 21 3/14



Ulazni podaci na temelju kojih se određuje strategija održavanja kolosijeka jesu [10]:

- karakteristike i parametri
- specifične norme kilometara
- glavne vrste radova koje se prate
- radni ciklus za standardne kilometre
- jedinični troškovi.

tegije ulaganja i održavanja temelj je optimizacije održavanja pruge.

Tijekom čitavoga vijeka postojanja željeznice održavanje se kontinuirano unapređuje u cilju sigurnijega i udobnijega prijevoza. U skladu s time tehnika održavanja pruge unapređuje se već gotovo dva stoljeća, što podrazumijeva kontinuirani, neprekidni proces, posebno

UDK broj: 625.1

Adresa autora :

Hrvoje Kostelić, mag. ing. aedif.
HŽ Infrastruktura d.o.o.
e-pošta: hrvoje.kostelic@hzinfra.hr

SAŽETAK :**PRAĆENJE ISPRAVNOSTI KONSTRUKTIVNIH ELEMENATA GORNJEGA PRUŽNOG USTROJA**

Cilj održavanja pruge jest vraćanje u početni, kao takav kvalitetan i optimalan vijek trajanja pruge, odnosno kolosijeka. Za kvalitetu kolosijeka ugrađivanje kvalitetnoga gradiva određeno je važećim pravilnicima u HŽ Infrastrukturi d.o.o. Određenim sustavom kontrole kvalitete od izrade preko obrade i isporuke do ugradnje eliminira se uporaba nekvalitetnoga gradiva. Kvaliteta gradiva ne može omogućiti dugotrajnu kvalitetu kolosijeka ako je održavanje nekvalitetno. Analizirajući uvjete u okružju i potrebe održavanja kvalitete željezničke pruge potrebno je identificirati ulazne parametre strategije održavanja te temeljne aktivnosti koje određuju kvalitetu održavanja.

Ključne riječi: željeznička pruga, gornji pružni ustroj, elementi gornjeg ustroja, kontrola ispravnosti elemenata gornjeg ustroja, geometrija kolosijeka

Kategorizacija: stručni rad

SUMMARY:**MONITORING THE PROPER FUNCTIONING OF SUPERSTRUCTURE STRUCTURAL ELEMENTS**

The goal of railway line maintenance is to return it to the initial, which is as such a quality and optimal service life duration of the railway line, i.e., the track. Track quality and installation of quality material are determined by valid Regulations at HŽI. A certain quality control system, starting from manufacturing, through processing and delivery to installation, eliminates the use of substandard material. The quality of the material cannot ensure a long-term quality of the track if the maintenance is of poor quality. While analysing the conditions in the environment, as well as the needs of maintaining the quality of the railway, it is necessary to identify the input parameters of the maintenance strategy, as well as the basic activities that determine the quality of maintenance.

Key words: railway line, superstructure, superstructure elements, control of the proper functioning of superstructure elements, track geometry

Categorization: professional paper