

Upravljanje kvalitetom geometrije koloseka

ZDENKA J. POPOVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Građevinski fakultet, Beograd

LUKA M. LAZAREVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Građevinski fakultet, Beograd,

Pregledni rad

UDC: 625.1.041

DOI: 10.5937/tehnika2304403P

Brzina propadanja stanja železničke infrastrukture i geometrije koloseka raste tokom njihovog životnog veka, a učinak aktivnosti održavanja opada kroz vreme. Prosečna starost koloseka u Srbiji je preko 50 godina, što od Upravljača infrastrukture zahteva izuzetno stručno znanje i veštinu da strategiju održavanja prilagodi stanju infrastrukture i postigne uslove da saobraćaj bude bezbedan. Svako naredno iskliznuće vozila na prugama u Srbiji ukazuje na potrebu da se tehnička regulativa i strategija održavanja prilagodi stanju železničke infrastrukture. U radu su prikazane odredbe harmonizovanih evropskih standarda za upravljanje stanjem kvaliteta geometrije koloseka i ukazano je na potrebu da se propisane i preporučene granične vrednosti prilagode stanju železničke infrastrukture.

Ključne reči: železnica, održavanje, kolosek, parametri, nivoi kvaliteta geometrije koloseka

1. UVOD

Održavanje je izuzetno važan podsistem neophodan za održivost složenog železničkog sistema. S obzirom na to da je železnička mreža u Republici Srbiji neraskidivi deo evropske mreže, osnovni uslov za njeno efikasno održavanje je razvoj zakonskog okvira, koji je zasnovan na harmonizaciji sa zakonskom i tehničkom regulativom Evropske unije u oblasti železničkog sistema.

Zakon o železnici [1] definiše obavezu donošenja Nacionalnog programa javne železničke infrastrukture koji sadrži postojeće karakteristike i stanje železničke infrastrukture Republike Srbije, kao i razvojne komponente u izgradnji novih kapaciteta infrastrukture od posebnog značaja za Republiku Srbiju. Pored toga, u Nacionalnom programu javne železničke infrastrukture Vlada Republike Srbije donosi planove izgradnje, rekonstrukcije i održavanja železničke infrastrukture sa definisanjem strukture, dinamike realizacije i prioriteta, visine i izvora finansijskih sredstava potrebnih za izvršenje aktivnosti iz Nacionalnog programa.

Održavanje železničke infrastrukture predstavlja osnovu za održivost savremenog železničkog transpo-

rta, koja pruža neophodne uslove za bezbednost transporta i dostupnost železničke infrastrukture i prateće opreme neophodne za realizaciju transporta.

Pored toga, odredbama Zakona o interoperabilnosti železničkog sistema [2] uređeni su uslovi koje treba da ispuni sistem železnice u Republici Srbiji da bi se obezbedila interoperabilnost, u cilju nesmetanog odvijanja železničkog saobraćaja. Interoperabilnost železnice, podrazumeva sposobnost železničkog sistema da omogući bezbedno i nesmetano kretanje vozova koji ostvaruju zahtevane nivoe performansi. Zahtevi za obezbeđenje interoperabilnosti primenjuju se na projektovanje, gradnju, unapređenje, obnovu, puštanje u rad, eksploataciju i održavanje železničkog sistema. Posebno treba napomenuti da se prema Zakonu [2], tehničke specifikacije interoperabilnosti (TSI) primenjuju na novoizgrađene, unapređene ili obnovljene železničke pruge obuhvaćene proširenom evropskom transportnom mrežom za jugoistočnu Evropu (Trans-European Transport Network - TEN-T). Cilj je da se oblast primene TSI postepeno proširi na celu mrežu pruga Republike Srbije. Zbog toga TSI treba shvatiti i primenjivati kao zakon u oblasti projektovanja, građenja, unapređenja, obnove, puštanja u rad, eksploatacije i održavanja železničke infrastrukture.

Ne postoji poseban TSI koji se odnosi samo na podsistem za održavanje železničkog sistema. Tehničke specifikacije interoperabilnosti za podsistem „infrastruktura” (INF TSI) [3] odnose se i na deo pod sistema za održavanje železničkog sistema. INF TSI

Adresa autora: Zdenka Popović, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73

e-mail: zdenka@grf.bg.ac.rs

Rad primljen: 15.05.2023.

Rad prihvaćen: 07.06.2023.

definiše granice hitne intervencije za odstupanje geometrije koloseka čije prekoračenje stvara rizik za narušavanje bezbednosti saobraćaja.

INF TSI kao referentne standarde (sledi obaveznost njihove primene na interoperabilnoj železničkoj mreži) u oblasti geometrije koloseka navodi deo 1 [4] i deo 5 [8] harmonizovane serije standarda SRPS EN 13848 [4-9].

Serija standarda SRPS EN 13848 razmatra proces degradacije koloseka, pod uticajem vozila, okruženja i vremenskih uslova, samo sa aspekta promene prostorne geometrije relativnog položaja vozničkih šina u koloseku.

Deo 1 [4] definiše glavne parametre za karakterizaciju relativne geometrije koloseka. Osnovna svrha ovakvog pristupa je da se na osnovu iskustva, do kojih su nezavisno došle različite evropske železničke uprave, definiše minimum kvaliteta koji treba da ispune parametri geometrije koloseka kako bi se omogućio bezbedan saobraćaj vozova na interoperabilnoj železničkoj mreži.

2. GRANIČNE VREDNOSTI NIVOVA KVALITETA GEOMETRIJE KOLOSEKA

Pre puštanja koloseka u saobraćaj uspostavlja se početni kvalitet geometrije koloseka (tzv. inherentni kvalitet), koji označava njegovo neraskidivo svojstvo nastalo prevashodno na osnovu kvaliteta ugrađenih komponenta i kvaliteta njihove ugradnje, uz superponiranje uticaja pojedinačnih dozvoljenih tolerancija.

Tokom vremena, pod uticajem saobraćaja i okruženja, inherentni kvalitet koloseka propada sve do preduzimanja aktivnosti redovnog ili korektivnog održavanja.

Ukoliko je preduzeta aktivnost održavanja efikasna, nivo kvaliteta se popravља, s tim što kvalitet geometrije koloseka neminovno propada tokom životnog veka u odnosu na inherentni. Kada stanje koloseka dostigne nivo propadanja pri kome primenjena održavanja više nije isplativa i efikasna, potrebno je izvršiti rekonstrukciju.

Dužnost Upravljača infrastrukture (UI) je da obezbedi kvalitet geometrije koloseka za realizaciju bezbednog železničkog saobraćaja tokom celokupnog životnog veka koloseka, uz optimalno ulaganje finansijskih sredstava za potrebe održavanja.

Deo 5 [8] harmonizovane serije standarda SRPS EN 13848 uvodi pojam nivoa kvaliteta geometrije koloseka i u tom smislu definiše tri nivoa propadanja geometrije koloseka koji su povezani sa preduzimanjem određenih aktivnosti održavanja geometrije

koloseka u cilju bezbednog odvijanja železničkog saobraćaja (tabela 1):

- granica upozorenja (AL),
- granica intervencije (IL),
- granica neodložne intervencije (IAL).

Nabrojani nivoi kvaliteta geometrije koloseka AL, IL i IAL su poređani hronološki, u skladu sa vremenskim tokom očekivanog propadanja nivoa kvaliteta geometrije koloseka. U tabeli 1 je objašnjeno značenje navedenih nivoa kvaliteta geometrije koloseka na osnovu kojih se formiraju aktivnosti redovnog (AL) i korektivnog održavanja (IL) i preduzimaju neodložne mere, kako bi se rizik od iskliznuća vozila sveo na najmanju moguću meru (IAL).

Granične vrednosti nivoa kvaliteta geometrije koloseka primarno zavise od dozvoljene maksimalne brzine kretanja vozila (projektana brzina, ili redukovana brzina koju određuje UI), koja je značajan faktor za ocenu kvaliteta geometrije koloseka. Takođe, granične vrednosti predstavljene u [8] odnose se na odstupanja pojedinačnih parametara geometrije koloseka (koji su definisani prema [4]), bez uzimanja u obzir kako superponiranje pojedinačnih odstupanja utiče na bezbednost železničkog saobraćaja i brzinu daljeg propadanja kvaliteta geometrije koloseka.

Treba imati u vidu da evropski standardi propisuju mogućnost uvođenja redukovanih brzina samo kao privremeno rešenje, dok se ne stvore uslovi za ponovno odvijanje saobraćaja projektovanom brzinom. To znači da analiza kvaliteta geometrije koloseka u uslovima redukovane brzine mora da uključi i uticaj viška nadvišenja spoljne šine na brzinu propadanja geometrije koloseka (dodatno opterećenje unutrašnje šine zbog smanjenja brzine).

Vrednosti parametara geometrije koloseka, koje odgovaraju graničnim vrednostima kvaliteta geometrije koloseka, mere se u koloseku pod opterećenjem [8]. Ukoliko UI obavlja kontrolna merenja na koloseku bez opterećenja, neophodno je da uzme u obzir razlike u izmerenim vrednostima koje se mogu javiti.

2.1 Propisane IAL granične vrednosti

U normativnom delu standarda SRPS EN 13848-5 [8] propisane su vrednosti IAL za izolovane (pojedinačne) greške (tabela 2) i za srednju vrednost širine koloseka (eng. track gauge), koje su predstavljene u tabelama 2 i 3.

Nominalna širina koloseka za železničku mrežu u Srbiji iznosi 1435 mm. S obzirom na to da se radi o referentnom standardu [8], na koji se poziva INF TSI [3], postoji obaveznost primene propisanih vrednosti IAL na interoperabilnoj železničkoj mreži.

Tabela 1. Hronološki poređani nivoi propadanja kvaliteta geometrije koloseka




Nivo kvaliteta	Vrednost izmerenih parametara	Aktivnost održavanja
 Nivo br. 1: Granica upozorenja (AL)	Uočava se izmerena vrednost parametra geometrije koloseka, koja ukoliko se prekorači, zahteva da stanje geometrijskih parametara koloseka bude pažljivo analizirano i razmotreno kako bi se sprovele adekvatne mere u okviru redovnog održavanja (redovnih planiranih aktivnosti održavanja).	Stanje se prati. Ukoliko se granična vrednost parametra prekorači, analizira se uzrok i propisuje se mera za održavanje koja će se primeniti u redovnom planu održavanja. Nije potrebna nikakva aktivnost sve do termina prema redovnom održavanju.
 Nivo br. 2: Granica intervencije (IL)	Odnosi se na izmerenu vrednost parametra geometrije koloseka koja, ukoliko se prekorači, zahteva obavezno sprovođenje aktivnosti korektivnog održavanja kako ne bi došlo do prekoračenja granice neodložne intervencije (IAL) do naredne inspekcije.	Stanje koloseka se analizira i određuje se adekvatna aktivnost korektivnog održavanja koja će se preduzeti čim to uslovi odvijanja saobraćaja dozvole. Ukoliko se aktivnost ne bi preduzela, postoji rizik da do sledeće inspekcije vrednost parametra napreduje toliko da ugrozi bezbednost saobraćaja.
 Nivo br. 3: Granica neodložne intervencije (IAL)	Odnosi se na izmerenu vrednost parametra geometrije koloseka koja, ukoliko se prekorači, zahteva preduzimanje neodložnih mera, kako bi se rizik od isključuća vozila sveo na najmanju moguću meru.	Postupci koji se sprovode u ovu svrhu mogu da uključe sledeće mere: zatvor pruge, privremeno smanjenje brzine, ili hitno korigovanje geometrije koloseka. Propadanje kvaliteta geometrije koloseka do nivoa IAL treba izbegavati.

Tabela 2. IAL za izolovana odstupanja širine koloseka u odnosu na nominalnu širinu koloseka [8]

Brzina (km/h)	IAL - Ekstremne vrednosti proširenja odnosno suženja koloseka u odnosu na nominalnu širinu koloseka (mm)	
	Ekstremno suženje koloseka	Ekstremno proširenje koloseka
$V \leq 80$	-11 (-9 prema INF TSI)	+35
$80 < V \leq 120$		
$120 < V \leq 160$		
$160 < V \leq 230$	-7	+28
$230 < V \leq 300$	-5	
$300 < V \leq 360$	-5	

Napomena 1 – Izuzev za brzine veće od 300 km/h, IAL vrednosti su normativne (obavezujuće)
 Napomena 2 – Ove vrednosti se zamenjuju strožim vrednostima koje su definisane u INF TSI tamo gde je to moguće (strože vrednosti za suženja prema INF TSI upisane su u zagradi)

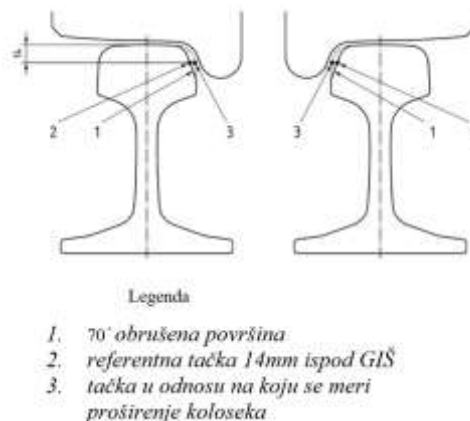
Tabela 3. IAL za odstupanje srednje širine u odnosu na nominalnu širinu koloseka na dužini 100 m [8]

Brzina (km/h)	Propisane granične vrednosti suženja koloseka
$V \leq 40$	ne primenjuje se
$40 < V \leq 80$	-8
$80 < V \leq 120$	-7
$120 < V \leq 230$	-5
$230 < V \leq 300$	-3
$300 < V \leq 360$	-2

Napomena 1 – Izuzev za brzine veće od 300 km/h, IAL vrednosti su normativne (obavezujuće).
 Napomena 2 – Sporo napredovanje degradacije srednje širine koloseka daje vremena da se planira aktivnost održavanja kada se dostigne granica intervencije IL, tako da se u normalnim uslovima ne dostižu vrednosti IAL.
 Napomena 3 – Suženje može da bude veće po apsolutnoj vrednosti za 1 mm, ako šine u poprečnom preseku imaju inklinaciju 1:20.

Treba imati na umu da SRPS EN 13848-5 [8] propisuje granične vrednosti parametara geometrije koloseka koje odgovaraju nivou kvaliteta IAL pri regularnom stanju konstrukcije gornjeg i donjeg stroja, kao i regularnom stanju železničkih vozila. Zato UI može da redukuje vrednosti nivoa kvaliteta IAL, u skladu sa znanjima i iskustvom kojima raspolaže, ako postoje uslovi neregularnog stanja konstrukcije gornjeg i donjeg stroja (npr. raskvašen planum, neregularno oslanjanje pragova, neregularno stanje šinskog pričvršćenja i sl.), specifične karakteristike voznog parka ili redukovana brzina na deonici. Ovakav problem je izražen na železničkoj mreži u Republici Srbiji zbog starosti i stanja infrastrukture i vozila. Preko polovine svih pruga u Srbiji zgrađeno je u 19. veku, a prosečna starost koloseka je oko 50 godina, što govori o potrebi da se izvrši rekonstrukcija, remont ili glavna opravka na velikom delu železničke mreže. U takvim uslovima, odluke o prioritetima se donose prema značaju pruga na mreži (magistralne pruge čine 42% cele mreže, regionalne pruge su 38%, a lokalne 20% cele železničke mreže u Republici Srbiji), a UI bi trebalo da prilagodi preporučene (AL, IL) i propisane granične vrednosti (IAL) nivoa kvaliteta geometrije koloseka starosti i stanju infrastrukture zato što je brzina propadanja stare infrastrukture u Srbiji neminovno veća u odnosu na očekivanu brzinu propadanja na kojoj se zasniva harmonizovani standard [8]. Sa druge strane, relaksiranjem vrednosti AL, IL i IAL mogu se očekivati veći troškovi održavanja. U nedostatku tehničkih propisa u Republici Srbiji, koji propisuju vrednosti AL, IL i IAL za širinu koloseka, u zavisnosti od značaja pruge na mreži (odnosno od brzine) i starosti (odnosno stanja) infrastrukture, navode se neki primeri korigovanja graničnih vrednosti nivoa kvaliteta. U literaturi [10] navodi se sledeći relaksirani uslov da ne dođe do isključiva: „maksimalno proširenje koloseka 31,5 mm (uključujući bočno habanje šine, mereno u neopterećenom stanju) u odnosu na standardnu širinu koloseka dozvoljeno je za teretno vozilo koje se kreće u opsegu brzina od 40 do 60 km/h, ako je maksimalno dozvoljeno habanje venca točka 15 mm“. Takođe, u radu [11] predstavljeni su rezultati analize uticaja lokomotive JŽ 461 (specifična konstrukcija obrtnog postolja i velika dužina krute baze) na proširenje koloseka u krivinama radijusa od $R=300$ m do $R=500$ m i date su preporuke za korigovanje tehničkih propisa u vezi uređenja širine koloseka u krivinama sa analiziranim radijusima, kako bi se rešio problem prijema radova prema harmonizovanim standardima SRPS EN 13231-1 [12] i održavanja prema [8]. SRPS EN 13231-1 definiše poseban nivo kvaliteta geometrije koloseka koji se koristi za prijem radova na koloseku [12, 13]. Takođe, u harmonizovanom standardu SRPS EN 13231-5 [14]

prikazano je rešenje za proširenje koloseka brušenjem unutrašnjih bokova glava voznih šina (slika 1), kada ne postoje mogućnosti horizontalne regulacije u okviru raspoloživog kapaciteta ugrađenog sistema šinskog pričvršćenja.



Slika 1 - Povećanje širine koloseka [14]

IAL granice neodložne intervencije za izolovana odstupanja nivelete šine (eng. longitudinal level) u koloseku predstavljene su u tabeli 4.

IAL granice neodložne intervencije za odstupanjaje smeru šine u koloseku (eng. alignment) predstavljene su u tabeli 5.

Granične vrednosti IAL vitopernosti koloseka (eng. twist) zavise od dužine osnove za merenje vitopernosti (l) i određuju se očitavanjem na dijagramu predstavljenom na slici 2.

Kriva A (slika 2) se odnosi na vrednosti nadvišenja h spoljne šine u krivini, koje zadovoljavaju uslov $h < (R-100)/2$, gde je R radijus krivine. Maksimalna vrednost vitopernosti iznosi: 7 mm/m na prugama sa projektom brzinom $V \leq 200$ km/h, odnosno 5 mm/m za pruge projektne brzine $V > 200$ km/h.

Kriva B se odnosi na vrednosti nadvišenja spoljne šine u krivini h izražene u milimetrima koje zadovoljavaju uslov $(R-100)/2 < D < (R-50)/1,5$. Granične vrednosti vitopernosti koje zahtevaju neodložnu intervenciju prema krivoj B određuju se na osnovu slike 2, sa maksimalnom vrednošću 6 mm/m i minimalnom vrednošću 3 mm/m.

Za obe krive l baza za merenje vitopernosti treba da zadovolji uslov: $1,3 \text{ m} \leq l \leq 20 \text{ m}$.

Granične vrednosti nadvišenja h navedene u prethodnom tekstu, mogu se premašiti, samo ukoliko su za potrebe očuvanja bezbednosti sprovedene i neke druge mere (ugradnja šina vođica ili sistema za podmazivanje šina).

2.2 Preporučene AL i IL granične vrednosti

Granične vrednosti AL i IL zavise od strategije redovnog i korektivnog održavanja koju primenjuje UI, učestalosti inspekcije i brzine rasta defekata. One

nisu propisane tehničkom regulativom [15] i harmonizovanim evropskim standardima. U informativnom delu standarda SRPS EN 13848-5 [8] date su preporučene vrednosti IL i AL za izolovane greške i za srednju vrednost širine koloseka, kao i vrednost AL za standardna odstupanja, koje su rezultat iskustva evropskih UI.

Pravilnikom o tehničkim uslovima i održavanju gornjeg stroja železničkih pruga [15] (član 75)

navedeni su vremenski intervali redovnog ispitivanja stanja geometrije koloseka, u zavisnosti kom rangu pruga pripada (tabela 6).

Poređenja radi, u tabeli 7 su prikazani vremenski intervali za inspekciju geometrije koloseka koji se primenjuju na železničkoj mreži u Austriji [16], a koji su definisani prema rangu pruge i koloseka u službenim mestima, kao i prema brzini ili dnevnom saobraćajnom opterećenju.

Tabela 4. IAL za izolovane greške odstupanje nivelete od nule do ekstremne vrednosti [8]

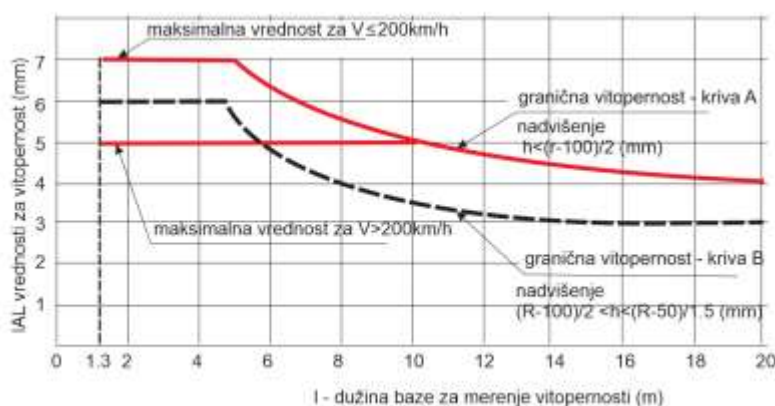
Brzina (km/h)	Opseg talasnih dužina ≤ 25 m	Opseg talasnih dužina od 25 m do 70 m
$V \leq 80$	28	Ne primenjuje se
$80 < V \leq 120$	26	
$120 < V \leq 160$	23	
$160 < V \leq 230$	20	24
$230 < V \leq 300$	16	18
$300 < V \leq 360$	14	16

Napomena 1 – Izuzev za brzine veće od 300 km/h, IAL vrednosti su normatine (obavezujuće).

Tabela 5. IAL za izolovane greške odstupanja smeru od nule do ekstremne vrednosti [8]

Brzina (km/h)	Opseg talasnih dužina ≤ 25 m	Opseg talasnih dužina od 25 m do 70 m
$V \leq 80$	22	Ne primenjuje se
$80 < V \leq 120$	17	
$120 < V \leq 160$	14	
$160 < V \leq 230$	12	18
$230 < V \leq 300$	10	14
$230 < V \leq 300$	8	12

Napomena 1 – Izuzev za brzine veće od 300 km/h, IAL vrednosti su normatine (obavezujuće).
 Napomena 2 – Za specifična razmatranja (udobnost vožnje, kolosek na mostu, ukrštaji) domen D2 se može koristiti do brzine $V=160$ km/h.



Slika 2 - IAL za izolovane greške vitopernosti od nule do ekstremne vrednosti

Tabela 6. Intervali inspekcije geometrije koloseka u Republici Srbiji [15]

Kategorija pruge	Vremenski interval	Minimalni razmak pregleda
Magistralne pruge, ≥ 120 km/h	Četiri puta godišnje	Od dva i po do tri i po meseca
Magistralne pruge, < 120 km/h	Dva puta godišnje	Minimum 4 meseca razmaka
Lokalne pruge	Jednom godišnje	/

Tabela 7. Intervali inspekcije geometrije koloseka u Austriji [16]

Rang železničke pruge / rang koloseka	Intervali	Način kontrole
Sve pruge gde se vozovi kreću brzinom ≥ 200 km/h	Na svaka 3 meseca	Inspekcijским kolima
Putnički i/ili teretni saobraćaj, $\geq 30\ 000$ t/dan	Na svakih 6 meseci	Inspekcijским kolima
Putnički i/ili teretni saobraćaj, 10 000 – 30 000 t/dan		
Putnički i/ili teretni saobraćaj, 3 000 – 10 000 t/dan	Jednom godišnje	Inspekcijским kolima
Putnički i/ili teretni saobraćaj, $\leq 3\ 000$ t/dan, > 4 voza dnevno		
Samo teretni saobraćaj ili turističko-muzejski, $\leq 3\ 000$ t/dan i manje od 4 voza dnevno		
Svi rangovi pruga/prećajni koloseci, $V \geq 80$ km/h	Jednom godišnje	Inspekcijским kolima, u zoni skretnica i mernim kolicima
Svi rangovi pruga / prećajni koloseci, $V < 80$ km/h	Jednom u 2 godine	Inspekcijским kolima, u zoni skretnica i mernim kolicima
Svi rangovi pruga / sporedni koloseci	Jednom u 2 godine	Mernim kolicima ili razmernikom

Za razliku od IAL granice, koja u obzir uzima međusobnu interakciju kolosek-vozilo, kao i rizik od neočekivanog događaja, ostali nivoi kvaliteta geometrije koloseka se odnose na politiku održavanja. Politika održavanja može biti direktno usmerena samo na poboljšanje bezbednosti, ali i na postizanje dobre

mirnoće vožnje, niže troškove životnog veka i obezbeđivanje usluga koje su privlačne za korisnike (veća brzina) uz obaveznu bezbednost. Vrednosti AL i IL granica, definisane su tako da u svakom slučaju pružaju bezbednost saobraćaja, a mogu se utvrditi i tako da dodatno pruže i određeni nivo udobnosti vožnje (tabele 8 – 12).

Tabela 8. AL i IL za izolovana odstupanja ekstremne izmerene vrednosti širine od nominalne širine koloseka [8]

Brzina (km/h)	AL (mm)		IL (mm)	
	Granično suženje	Granično proširenje	Granično suženje	Granično proširenje
$V \leq 80$	-7	+25	-9	+30
$80 < V \leq 120$	-7	+25	-9	+30
$120 < V \leq 160$	-6	+25	-8	+30
$160 < V \leq 230$	-4	+20	-5	+23
$230 < V \leq 300$	-3	+20	-4	+23
$300 < V \leq 360$	-3	+20	-4	+23

Tabela 9. AL i IL za odstupanja srednje vrednosti širine koloseka na dužini 100 od nominalne širine koloseka [8]

Brzina (km/h)	AL		IL	
	suženje (mm)	proširenje (mm)	suženje (mm)	proširenje (mm)
$V \leq 40$	nije od značaja	+25	nije od značaja	nije od značaja
$40 < V \leq 80$	-6	+25	-7	
$80 < V \leq 120$	-5	+16	-6	+20
$120 < V \leq 160$	-3	+16	-4	+20
$160 < V \leq 230$	-3	+16	-4	+20
$230 < V \leq 300$	-1	+16	-2	+20
$300 < V \leq 360$	nije od značaja	+16	-1	+20

Tabela 10. AL i IL izolovani defekti za odstupanje od nulte do ekstremne vrednosti [8]

Brzina (km/h)	AL (mm)		IL (mm)	
	Opseg talasnih dužina ≤ 25 m	Opseg talasnih dužina od 25 m do 70 m	Opseg talasnih dužina ≤ 25 m	Opseg talasnih dužina od 25 m do 70 m
$V \leq 80$	12 do 18	nije od značaja	17 do 21	nije od značaja
$80 < V \leq 120$	10 do 16		13 do 19	
$120 < V \leq 160$	8 do 15		10 do 17	
$160 < V \leq 230$	7 do 12	12 do 16	9 do 14	14 do 20
$230 < V \leq 300$	6 do 10	8 do 12	8 do 12	10 do 14
$300 < V \leq 360$	6 do 8	8 do 10	7 do 10	8 do 12

Tabela 11. AL i IL za odstupanje smera izraženo kao razlika maksimalne i nulte vrednosti [8]

Brzina (km/h)	AL (mm)		IL (mm)	
	Opseg talasnih dužina ≤ 25 m	Opseg talasnih dužina od 25 m do 70 m	Opseg talasnih dužina ≤ 25 m	Opseg talasnih dužina od 25 m do 70 m
$V \leq 80$	12 do 15	nije od značaja	15 do 17	nije od značaja
$80 < V \leq 120$	8 do 11		11 do 13	
$120 < V \leq 160$	6 do 9		8 do 10	
$160 < V \leq 230$	5 do 8	10 do 14	7 do 9	16 do 16
$230 < V \leq 300$	4 do 7	8 do 10	6 do 8	10 do 12
$300 < V \leq 360$	3 do 6	6 do 8	5 do 7	8 do 10

Tabela 12. AL i IL za izolovane greške kao razlika maksimalne i nulte vrednosti vitopernosti (dužina baze $l=3m$) [8]

Brzina (km/h)	AL (mm/m)	IL (mm/m)
$V \leq 80$	4	5
$80 < V \leq 120$	4	5
$120 < V \leq 160$	4	5
$160 < V \leq 230$	4	5
$230 < V \leq 300$	3	4
$300 < V \leq 360$	3	4

3. ZAKLJUČAK

Veština upravljanja svakog UI se sastoji u definisanju vrednosti nivoa kvaliteta AL, IL i IAL u skladu sa stanjem infrastukture (koja je predmet upravljanja) i karakteristikama voznog parka, uz poštovanje raspoloživog finansijskog okvira i ispunjenje osnovnog cilja da železnički saobraćaj bude bezbedan.

Cilj svake strategije održavanja je kolosek koji pruža uslove za bezbedan železnički saobraćaj. Zahtev može da se podigne i do zahtevanog nivoa udobnosti vožnje, posebno ukoliko se radi o kolosecima za putnički saobraćaj.

UI može da smanji vrednosti IAL za izolovane greške i za srednju vrednost širine koloseka za mrežu

kojom upravlja, ili za neku deonicu zbog specifičnosti stanja i/ili konstrukcije infrastrukture i/ili vozila. U svakom slučaju, eksploatacija koloseka u uslovima proširenja bliskog graničnoj vrednosti IAL dovodi do neželjenog sinusoidnog kretanja vozila na pravcu, što za posledicu ima habanje unutrašnjih bokova glava voznih šina i točkova vozila.

Kada je reč o većim dužinama na kojima se javlja vitoperenje, kao što je slučaj sa nekim krivinama malog radijusa, posebnu pažnju trebalo bi obratiti na održavanje imajući u vidu malu razliku između vrednosti IAL i projektovanih vrednosti vitopernosti u oblasti prelaznih krivina.

Poseban oprez je potreban u uslovima raskvašenog planuma, zaprljanog zastora, lošeg oslanjanja pragova

i slično. Granice AL i IL mora da definiše UI koristeći sopstvena iskustva i stručna znanja, kao i preporuke ponuđene u harmonizovanom standardu [8].

4. ZAHVALNICA

Rad je rezultat istraživanja br. 200092, koje je finansirano od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Republika Srbija, Zakon o železnici, *Sl. glasnik RS*, br. 41/2018.
- [2] Republika Srbija, Zakon o interoperabilnosti železničkog sistema, *Sl. glasnik RS*, broj 41/2018.
- [3] Evropska komisija, Uredba o tehničkim specifikacijama interoperabilnosti podsistema „infrastruktura” železničkog sistema u Evropskoj uniji, 2014.
- [4] CEN: EN 13848-1 - Railway applications - Track - Track geometry quality - Part1: Characterization of track geometry, 2003.
- [5] CEN: EN 13848-2 - Railway applications - Track - Track geometry quality – Measuring systems - Track recording vehicles, 2006.
- [6] CEN: EN 13848-3 - Railway applications - Track - Track geometry quality - Part 3: Measuring systems - Track construction and maintenance machines, 2009.
- [7] CEN: EN 13848-4 - Railway applications - Track - Track geometry quality - Part 4: Measuring systems - Manual and lightweight devices, 2010.
- [8] CEN: EN 13848-5 - Railway applications - Track - Track geometry quality - Part 5: Geometric quality levels, 2008
- [9] CEN: EN 13848-6 - Railway applications - Track - Track geometry quality - Part 6: Characterisation of track geometry quality, 2012.
- [10] Iwnicki S, Handbook of Railway Vehicle Dynamics Taylor & Francis Group, 2006.
- [11] Popović Z, Lazarevic L, Vatin N, Railway gauge expansion in small radius curvature. *Procedia engineering*, 117, pp.841-848, 2015.
- [12] CEN: EN 13231-1 - Railway applications - Track - Acceptance of works Part 1: Works on ballasted track - Plainline, switches and crossings, 2013,
- [13] Popović Z. J, Lazarević L .M, Mičić M. S. and Mirković N. B, Technical requirements for acceptance of works on track. *Tehnika*, 75(4), pp.437-444, 2020.
- [14] CEN: EN 13231-5:2018, Railway applications - Track - Acceptance of works - Part 5: Procedures for rail reprofiling in plain line, switches, crossings and expansion devices, 2018.
- [15] Direkcija za železnice: Pravilnik o tehničkim uslovima i održavanju gornjeg stroja železničkih pruga, *Službeni glasnik RS*, broj 74/2016, pp. 14–26, 2016.
- [16] Regelwerk 06.01.01: Instandhaltung, Instandhaltungsplan Oberbauanlagen; ÖBB INFRA, 2019.

SUMMARY

TRACK GEOMETRY QUALITY MANAGEMENT

The deterioration rate of railway infrastructure and track geometry increases during their life cycle, and the performance of maintenance activities decreases over time. The average age of tracks in Serbia is over 50 years old, which requires exceptional knowledge and skill of the Infrastructure Manager to adapt the maintenance strategy to the infrastructure condition and achieve safe traffic. Every subsequent derailment on the railway network in Serbia indicates the need to adapt the technical regulation and maintenance strategy to the condition of the infrastructure. The paper presents the requirements and suggestions of the harmonized European standards for managing track geometry quality. It points out the need to adapt the prescribed and recommended limit values to the state of the railway infrastructure.

Key Words: railway, maintenance, track, parameters, track geometry quality