

HARMONIZACIJA PARAMETARA TRASE ŽELEZNIČKE PRUGE

HARMONIZATION OF TRACK ALIGNMENT DESIGN PARAMETERS

UDK: 625.11
Pregledni rad

V. prof. dr Zdenka POPOVIĆ, dipl. građ. inž.,¹⁾
Asistent. Luka LAZAREVIĆ, dipl. građ. inž.,²⁾
Filip TRPČEVSKI, dipl. građ. inž.³⁾

REZIME

U radu je predstavljen proces harmonizacije tehničke regulative u oblasti Primene na železnici u Republici Srbiji. Prikazan je i analiziran sadržaj standarda SRPS EN 13803-1:2010: Primene na železnici – Kolosek – Parametri za geometrijsko oblikovanje trase – Širina koloseka 1435 mm i veća – Deo 1: Otvorena pruga i glavni prolazni koloseci. Na osnovu uporedne analize date su konkretne sugestije za harmonizaciju domaće tehničke regulative.

Ključne reči: železnica, interoperabilnost, harmonizacija, tehnička regulativa, projektovanje, parametri trase

SUMMARY

This paper presents a process of harmonization of technical regulations in the Railway applications field in the Republic of Serbia. The content of standard SRPS EN 13803-1:2010 Railway applications – Track – Track alignment design parameters – Track gauges 1435 mm and wider – Part 1: Plain line is presented and analyzed. Concrete suggestions on the harmonization of national technical regulations based on the comparative analysis are given.

Key words: railway, interoperability, harmonization, technical regulations, design, parameters of alignment

1. UVOD

Različiti stepen razvoja železnice u okvirima pojedinih zemalja, kao i razlike u železničkoj infrastrukturi, vozilima i uslugama, nacionalnim regulativama, internim propisima i tehničkim uslovima, predstavljaju veliki problem za formiranje jedinstvenog tržišta u okvirima Evropske unije i šire. U tabeli 1 prikazano je jednostavno poređenje mreže železničkih pruga u Srbiji sa mrežom u Austriji i Slovačkoj, sa aspekta dužine, broja koloseka i mogućnosti korišćenja električne energije za vuču vozova. Pri tome, korišćena je sličnost Austrije i Srbije po površini (površina Austrije 84 000 km², površina Srbije 88 480 km²), kao i sličnost Slovačke i Srbije po dužini železničke mreže. Nažalost, očigledan je niži stepen razvoja železničke mreže Srbije.

Politika razvoja saobraćaja na nivou EU usmerena je ka usklađivanju saobraćajnih kapaciteta. Cilj takve politike je slobodno kretanje ljudi, robe i usluga. Zato je neophodno obezbediti kontinuitet razvoja železničke mreže na području EU i šire. Potrebno je obezbediti povećanje ukupne transportne efikasnosti, smanjenje ukupnih transportnih troškova, smanjenje negativnih ekoloških

Tabela 1. Poređenje stanja železničke mreže Austrije, Slovačke i Srbije [1]

	Parametar	Jed. mere	Austrija	Slovačka	Srbija
1	Dužina mreže	(km)	4985	3593	3809
2	Pruge sa dva i više koloseka	(km)	2035	1017	282
		(%)	40.82	28.31	7.40
3	Elektrificirane pruge	(km)	3468	1578	1279
		(%)	69.57	43.92	33.58

uticaja na okruženje, plansko uređenje infrastrukture, uvođenje slobodnog pristupa za sve potencijalne učesnike u saobraćaju, uvođenje načela plaćanja svih troškova za sve učesnike, unifikacija opreme i sredstava, standardizacija kvaliteta usluga. U skladu sa tim, neophodna je harmonizacija nacionalnih pravnih okvira unutrašnjeg saobraćajnog tržišta sa regulativom EU. U sklopu nastojanja Republike Srbije da se integriše u Evropsku uniju, u toku je proces usaglašavanja nacionalnog sa evropskim zakonodavstvom, koji se vrši putem preuzimanja direktiva EU. Najznačajnija direktiva Evropske Komisije u oblasti železnice je Direktiva za interoperabilnost železnice u okviru Zajednice [2], kojom su zamenjene Direktiva za interoperabilnost transevropske konvencionalne železnice [3] i Direktiva za interoperabilnost transevropske mreže za velike brzine [4].

Adresa autora: Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, 11000 Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73

E-mail: ¹⁾ zdenka@grf.bg.ac.rs

²⁾ llazarevic@grf.bg.ac.rs

³⁾ ftrpcevski@grf.bg.ac.rs

U procesu harmonizacije tehničke regulative za železnicu u Republici Srbiji sa regulativom EU usvojen je veliki broj tehničkih standarda iz oblasti "Primene na železnici" od strane Komisije KS P 256 Instituta za standardizaciju Srbije [5]. Februara 2011. godine, rešenjem direktora Instituta, obrazovana je komisija KS P 256 Primene na železnici. Komisija prati rad tehničkih komiteta CEN/TC 256 i CEN/CLC/WG FPR Evropskog komiteta za standardizaciju (CEN). Komisija je od 2011. godine usvojila veliki broj standarda iz oblasti železničkog mašinstva i železničke infrastrukture. Nažalost, sadržaj usvojenih SRPS EN standarda nije preveden sa službenog engleskog jezika na srpski jezik, tako da se realno javlja problem njihove praktične primene. Proces usvajanja EN standarda nije praćen stručnim seminarima na kojima bi se zainteresovana stručna javnost edukovala za konkretnu primenu standarda. Takođe, proces usvajanja standarda nije praćen procesom harmonizacije podzakonskih akata u oblasti železnice. To znači da važeći (nažalost zastareli) Pravilnici i Uputstva nisu usklađivani sa usvojenim SRPS EN standardima. Sa pravnog aspekta, to bi značilo da je primena usvojenih standarda fakultativna, jer ovi standardi još uvek nisu uključeni u podzakonska akta za železničku infrastrukturu u Srbiji. Međutim, sve novogradnje i rekonstrukcije na evropskom saobraćajnom koridoru 10 treba da budu u saglasnosti sa evropskim tehničkim uslovima interoperabilnosti za železničku infrastrukturu [6, 7]. Takođe, jasne su dugoročne prednosti razvoja interoperabilnosti železničke infrastrukture u Srbiji [6, 8].

S obziroma na važnost i izostanak pažnje domaće stručne javnosti, u tekstu koji sledi se ukratko prikazuje i analizira sadržaj standarda SRPS EN 13803-1:2010: Primene na železnici – Kolosek – Parametri za geometrijsko oblikovanje trase – Širina koloseka 1435 mm i veća – Deo 1: Otvorena pruga i glavni prolazni koloseci (Railway applications – Track – Track alignment design parameters – Track gauges 1435 mm and wider – Part 1: Plain line [9]).

2. OBLAST VAŽENJA STANDARDA SRPS EN 13803-1:2010

Na osnovu rada Komisije KS P256, Institut za standardizaciju Srbije je 30. septembra 2011. godine usvojio standard SRPS EN 13803-1:2010. Usvojeni standard je identičan sa evropskim standardom EN 13803-1:2010 [9]. Komisija je na srpskom jeziku u skladu sa [8] definisala oblast važenja standarda, što se na sajtu Instituta [5] može pronaći kao "Apstrakt na srpskom jeziku": "Ovaj standard utvrđuje pravila i ograničenja za određivanje dopuštene brzine za datu trasu. Alternativno, za određenu dopuštenu brzinu standardom se definišu granične vrednosti parametara za geometrijsko oblikovanje trase železničke pruge. Primenjivaće se stroži tehnički uslovi dati u TSI– Infrastruktura za pruge za velike brzine i konvencionalne pruge ili drugim propisima (nacionalni, interna pravila privrednog društva i sl.). Standard se primenjuje na glavnim kolosecima (otvorena pruga i glavni prolazni koloseci) širine 1435 mm i veće, sa dopušte-

nom brzinom između 80 i 300 km/h. Vrednosti i pravila utvrđeni za pomenuto područje brzina, uz odgovarajuću korekciju mogu se primenjivati i na prugama sa dopuštenim brzinama manjim od 80 km/h, što se mora definisati ugovorom. Standard se ne primenjuje za gradske i prigradske šinske sisteme. Standard se odnosi i na vozila koja su odobrena za veća nedostajuća nadvišenja spoljne šine u kružnoj krivini. Utvrđeni su specifični uslovi za saobraćaj vozila sa tehnikom naginjanja sanduka u krivini".

S obzirom na obuhvaćenu oblast dopuštenih brzina, ovaj standard zajedno sa [7] morao bi da čini osnovu Pravilnika za projektovanje rekonstrukcije pruga koje pripadaju koridoru 10 [10] (E70: Beograd – Stara Pazova – Šid – državna granica – (Tovarnik); E70/ E85: Beograd– Mladenovac – Lapovo – Niš – Preševo – državna granica – (Tabanovci); E85: (Beograd) – Stara Pazova – Novi Sad – Subotica – državna granica (Kelebija); E70: Niš – Dimitrovgrad – državna granica – (Dragoman)).

Pretpostavka za primenu standarda SRPS EN 13803-1 na železnicama u Srbiji je ispunjenje tehničkih uslova za vozila, konstrukciju železničke pruge i održavanje u skladu sa evropskim standardima. Svaka železnička uprava mora da nađe dobar kompromis između stvarnih dinamičkih karakteristika voznog parka, politike održavanja vozila i infrastrukture koju sprovodi, kao i troškova građenja na mreži kojom upravlja. Pri tome, investitor može zahtevati i strože uslove za infrastrukturu ukoliko za to postoji specifičan opravdan interes i ukoliko se analizom datih okolnosti dokaže da nije ugrožena bezbednost saobraćaja. Takvi uslovi se moraju definisati u projektnom zadatku za izgradnju infrastrukture.

Takođe, nepotrebno korišćenje izuzetnih graničnih vrednosti navedenih u SRPS EN 13803-1 treba izbegavati, a kombinovanje izuzetnih graničnih vrednosti za različite parametre na istoj deonici pruge ne treba dozvoliti. Potrebno je obezbediti širok opseg graničnih vrednosti koje su u skladu sa normalnim graničnim vrednostima, ili graničnim vrednostima koje su prilagođene dozvoljenoj brzini na pruži. Kod usvajanja opsega graničnih vrednosti parametara na prvom mestu treba voditi računa o bezbednosti saobraćaja, a nakon obaveznog ispunjenja tog uslova, treba voditi računa o prihvatljivoj udobnosti vožnje za putnički saobraćaj. Savremeni putnik je naviknut na komfor putničkog automobila i neće prihvatiti niže uslove komfora ukoliko ima mogućnost slobodnog izbora.

Vrednosti projektnih elemenata se moraju kretati u granicama koje su definisane u SRPS EN 13803-1.

Napred navedeno ukazuje da je za primenu evropskih standarda važno stručno sagledavanje globalne politike upravljanja na nivou železničke mreže i nivou železničke pruge, uz sagledavanje postojećih i planiranih karakteristika voznog parka i infrastrukture, kao i planiranih sredstava za održavanje vozila i infrastrukture.

3. HARMONIZACIJA POJMOVA I OZNAKA

Jedan od zahteva harmonizacije tehničke regulative je usaglašavanje oznaka i značenja pojmova u nacional-

noj tehničkoj regulativi sa evropskim oznakama i pojmovima. U Republici Srbiji ovaj proces nije sproveden u oblasti Primene na železnici. Za sada, evropski standardi primenjuju pojmove i oznake, koji se najčešće ne podudaraju sa pojmovima i oznakama u nacionalnoj tehničkoj regulativi (pogledati [10]). Radi lakšeg korišćenja standarda SRPS EN 13803-1, koji još uvek nije zvanično preveden na srpski jezik, prikazuju se u tabeli 2 oznake korišćene u standardu i njihovo značenje, kao i odgovarajuće oznake u domaćoj regulativi. Navedene oznake se sa istim značenjem koriste u svim EN standardima za oblast Primene na železnici. Očigledno je neslaganje evropskih i domaćih oznaka, kao i nedostatak odgovarajućih pojmova u nacionalnoj regulativi na srpskom jeziku. Ovo nameće potrebu za strogim definicijama pojmova koji se uvode u nacionalnu regulativu.

Od izuzetne važnosti je da se koriste samo zvanično odobreni prevodi standarda, jer bi u protivnom moglo da dođe do zabuna sa neželjenim posledicama u praksi. Kao ilustracija mogućih nesporazuma navodi se jedan primer, koji nažalost nije usamljen: Na prvi pogled, moglo bi se pogrešno zaključiti da u EN standardima postoji nedoslednost, jer se naizgled koriste dve oznake za nadvišenje: "D" i "u". Naime, u standardu EN 13803-1 se za nadvišenje (cant) koristi oznaka "D", dok se u seriji od šest delova standarda EN 13848 za oblast geometrije koloseka za nadvišenje koristi oznaka "u" (cross level [11]). Prilikom prevođenja mora se ukazati na suštinsku razliku, jer se oznaka "D" odnosi na projektovano nadvišenje spoljne šine u krivini, dok se oznaka "u" odnosi na izmerno nadvišenje u koloseku u eksploataciji.

Dakle, prevođenje standarda se ne sme poveriti samo prevodiocima, zbog neophodnosti stručnog razumevanja standarda prilikom prevođenja. Ovo je posao od nacionalnog interesa koji se mora poveriti Komisijama sastavljenim od stručnjaka za strani jezik i inženjera iz oblasti železnice.

4. PARAMETRI TRASE I NJIHOVA KVANTIFIKACIJA

Prema standardu [9] definišu se sledeći parametri trase železničke pruge: brzina V , radijus horizontalne krivine R , radijus vertikalne krivine R_V , nadvišenje D , nedostajuće nadvišenje I , višak nadvišenja E , dužina rampe za nadvišenje L_D , dužina prelazne krivine L_K , dužina elementa trase između dve prelazne krivine L_i , gradijent nadvišenja dD/ds , brzina promene nadvišenja dD/dt , brzina promene nedostajućeg nadvišenja dI/dt .

Navedeni parametri su istaknuti sivom bojom u tabeli 2. Parametri koji utiču na bezbednost saobraćaja, označeni su zvezdicom uz redni broj u tabeli 2.

Za većinu parametara u standardu [9] definisana su dva različita tipa ograničenja:

- normalna granična vrednost parametra i
- izuzetna granična vrednost parametra.

Izuzetna granična vrednost može imati dva različita značenja:

- Za parametre koji utiču na bezbednost izuzetna granična vrednost će u isto vreme biti apsolutna granič-

na vrednost odnosnog parametra; Ova granična vrednost može da zavisi od stanja konstrukcije i geometrije koloseka;

– Za parametre koji nisu povezani sa bezbednošću, granice treba da se razmatraju kao granice čijim preko-raćenjem može da se utiče na smanjenje komfora za putnike i povećanje obima održavanja koloseka, ali to neće dovesti u pitanje bezbednost.

S obzirom na značaj upozorenja, ponoviće se još jednom da upotreba graničnih vrednosti treba da se izbegava, a naročito treba izbegavati upotrebu više izuzetnih ograničenja na istoj deonici trase bez analize mogućih uticaja tako obikovane infrastrukture na bezbednost vožnje i troškove održavanja.

U standardu se napominje da izuzetne granične vrednosti parametara koji utiču na bezbednost mogu da smanje nivo komfora. Ove granične vrednosti su ekstremne i njih treba koristiti samo u izuzetnim okolnostima, ili nakon sprovedenih analiza bezbednosti u datim okolnostima. Treba obratiti pažnju da su izuzetne granične vrednosti parametara koji utiču na bezbednost definisane za normalne uslove odvijanja saobraćaja. O ovome treba posebno voditi računa kada se donose odluke o promeni uslova odvijanja saobraćaja (npr. donošenje odluke o uvođenju spore vožnje na deonici i slično).

4.1. Radijus horizontalne krivine

U standardu [9] se ističe opšte poznati stav da u datim okolnostima treba primeniti najveći mogući radijus horizontalne krivine. Pored toga granične vrednosti radijusa R se postavljaju za nivo brzina manji od 80 km/h: normalna donja granica je 190 m i izuzetna 150 m. Za brzine ≥ 80 km/h minimalna vrednost radijusa se određuje na osnovu sledećih parametara: maksimalna i minimalna brzina, primenjeno nadvišenje, granične vrednosti za manjak i višak nadvišenja.

Za svaku kombinaciju maksimalne brzine V_{\max} i maksimalnog nedostajućeg nadvišenja I_{\lim} minimilani radijus krivine R_{\min} se izračunava pomoću jednačine (1).

$$R_{\min} = \frac{C}{D + I_{\lim}} \cdot V_{\max}^2 \quad [\text{m}] \quad (1)$$

Gde je $C=11,8 \text{ mm} \cdot \text{m} \cdot \text{h}^2/\text{km}^2$.

Minimalni dozvoljeni radijus za minimalnu brzinu izračunava se pomoću jednačine (2).

$$R_{\min} = \frac{C}{D - E_{\lim}} \cdot V_{\min}^2 \quad [\text{m}] \quad (2)$$

Kao minimalni radijus horizontalne krivine usvaja je veća vrednost sračunata pomoću jednačina (1) i (2).

Ipak, standard daje preporuku da se uz perone kao normalna donja granica primenjuje radijus $R_{\min} \geq 500$ m, kako bi se smanjio zazor između ivice perona i ivice poda (ili najbližeg stepenika) voza, odnosno kako bi se olakšao bezbedan ulazak i izlazak putnika iz voza. U konkretnom slučaju minimalni dozvoljeni radijus koloseka uz peron

Tabela 2. Primenjene oznake i njihovo značenje u [9] i [10]

	Oznaka u [9]	Značenje	Jedinica	Domaća oznaka
1	a_i	Kvazi statičko bočno ubrzanje u nivou ravni koloseka, paralelno sa ravni poda vozila (quasi-static lateral acceleration, at track level, but parallel to the vehicle floor)	m/s^2	p
2	a_q	Neponišteno bočno ubrzanje u ravni koja spaja dodirne tačke točka i šine u poprečnom preseku koloseka (non-compensated lateral acceleration in the running plane)	m/s^2	-
3	C	Faktor za proračun idealnog nadvišenja (factor for calculation of equilibrium cant)	$mm \cdot m \cdot h^2 / km^2$	-
4	da_i/d_t	Brzina promene kvazi statičkog bočnog ubrzanja u ravni koloseka, paralelno sa podom vozila (rate of change of quasi-static lateral acceleration, at track level, but parallel to the vehicle floor)	m/s^3	-
5	da_q/dt	Brzina promene neponištenog bočnog ubrzanja (rate of change of non-compensated lateral acceleration)	m/s^3	-
6*	dD/ds	Gradijent nadvišenja ili podužni nagib rampe za nadvišenje (cantgradient)	mm/m	-
7	dD/dt	Brzina promene nadvišenja (rate of change of cant)	mm/m	-
8	dI/dt	Brzina promene nedostajućeg nadvišenja (rate of change of cant deficiency)	mm/m	-
9*	D	Nadvišenje (cant)	mm	h
10	D_{EQ}	Idealno nadvišenje (equilibrium cant)	mm	h_o
11	e	Rastojanje između centara dodirnih površina točkova osovinskog sklopa i šina (npr. oko 1500 mm za širinu koloseka 1435 mm) (distance between the nominal centre points of the two contact patches of a wheelset (e.g. about 1500 mm for track gauge 1435 mm))	mm	s
12*	I	Nedostajuće nadvišenje (cant deficiency)	mm	h_n
13	g	Ubrzanje zemljine teže (acceleration due to gravity): 9,81 m/s^2	m/s^2	g
14	E	Višak nadvišenja (cant excess)	mm	h_v
15	h_g	Visina težišta (height of the centre of gravity)	mm	-
16*	L_D	Dužina rampe za nadvišenje (length of cant transition)	m	-
17	L_K	Dužina prelazne krivine (length of transition curve)	m	L
18	L_i	Dužina elemenata (kružne krivine ili pravci) između dve prelazne krivine (length of alignment elements (circular curves and straights) between two transition curves)	m	l
19	q_D	Faktor za proračun dužine rampe za nadvišenje (factor for calculation of length of cant transition)	$m \cdot h / (km \cdot mm)$	-
20	q_l	Faktor za proračun dužine prelazne krivine (factor for calculation of length of transition curve)	$m \cdot h / (km \cdot mm)$	-
21	q_N	Faktor za proračun dužine rampe za nadvišenje ili prelazne krivine sa nelinearnom promenom nadvišenja i zakrivljenosti (factor for calculation of length of cant transition or transition curve with non-constant gradient of cant and curvature, respectively)	-	-
22	q_R	Faktor za proračun radijusa vertikalne krivine (factor for calculation of vertical radius)	$m \cdot h^2 / km^2$	-
23	q_V	Faktor za konverziju jedinica za brzinu vozila (factor for conversion of the units for vehicle speed): 3,6 $km \cdot s / (h \cdot m)$	$km \cdot s / (h \cdot m)$	-
24*	R	Poluprečnik horizontalne krivine (radius of horizontal curve)	m	R
25	R_V	Poluprečnik vertikalne krivine (radius of vertical curve)	m	R_V
26	s	Podužno rastojanje (longitudinal distance)	m	-
27	s_r	Koeficijent fleksibilnosti kotrljanja, ekvivalent koeficijentu fleksibilnosti s iz EN 15273-1 (roll flexibility coefficient, equivalent to flexibility coefficient s in EN 15273-1)	-	-
28	s_t	Faktor kompenzacije nagnjanja u sistemu sa nagnjanjem sanduka vozila (tilt compensation factor of a tilt system)	-	-
29	t	Vreme (time)	s	t
30*	V	Brzina (speed)	km/h	V
31	V_{max}	Maksimalna brzina najbržeg voza (maximum speed of fast trains)	km/h	V_{max}
32	V_{min}	Minimalna brzina najsporijeg voza (minimum speed of slow trains)	km/h	V_{min}
33	Δa_q	Ukupna promena neponištenog bočnog ubrzanja (overall variation of non-compensated lateral acceleration)	m/s^2	-
34	ΔD	Ukupna promena nadvišenja duž rampe za nadvišenje (overall variation of cant along a cant transition)	mm	-
35	ΔI	Ukupna promena nedostajućeg nadvišenja (overall variation of cant deficiency)	mm	-

mora se definisati u skladu sa stvarnim karakteristikama voznog parka.

Prilikom usvajanja minimalnog radijusa na pruži, Upravljač infrastrukture mora da proveri mogućnost prolaza svih vozila iz postojećeg i planiranog voznog parka kroz krivine minimalnog radijusa bez neophodnog proširenja koloseka. Kao ilustracija može se koristiti uslov za prolazak lokomotive JŽ 461 kroz krivinu, koji je analiziran u [12] na osnovu Studije sličaja "Utvrđivanje uzroka i mehanizma pojave proširenja koloseka na deonicama remontovane pruge Trebaljevo – Kolašin i Mijatovo kolo – Mojkovac", gde je kao zaključak sprovedene analize preporučeno minimalni radijus $R=500$ m za kolosek bez proširenja za projektnu brzinu 80 km/h. Ovo ukazuje na ozbiljnost analize uticaja karakteristika voznog parka na usvajanje parametara trase.

Dakle, prilikom usvajanja normalnih graničnih vrednosti za poluprečnik horizontalne krivine, Upravljač mora da uzme u obzir udobnost i troškove održavanja.

4.2. Nadvišenje

Prema [9] nadvišenje se utvrđuje na osnovu sledećeg razmatranja:

- Velika vrednost nadvišenja u krivinama malog radijusa povećava rizik iskliznuća sporih teretnih kola;
- Nadvišenje koje prekoračuje 160 mm može izazvati bočno pomeranje korisnog tereta unutar kola, može narušiti udobnost putnika kada se voz zaustavi ili kreće sporije u odnosu na računsku brzinu (velika vrednost viška nadvišenja), a radna vozila i specijalni tereti sa visoko postavljenim težištem mogu postati nestabilni;
- Velika vrednost nadvišenja povećava vrednosti viška nadvišenja u krivinama gde postoje velike razlike između brzine brzih i sporih vozova.

Normalna granična vrednost za nadvišenje koja je propisana u [9] iznosi 160 mm, dok izuzetna granična vrednost za nadvišenje iznosi 180 mm.

Prema [9] preporučuje se da nadvišenje treba da bude ograničeno na 110 mm za koloseke uz perone. Na određenim deonicama kao što su putni prelazi u nivou koloseka, mostovi i tuneli preporučuju se ograničenja nadvišenja.

Da bi se izbegao rizik od iskliznuća teretnih vagona sa torziono krutom konstrukcijom pri prolazu kroz krivinu malog radijusa $R < 320$ m, nadvišenje treba da bude ograničeno prema formuli (3). Formula je rezultat poznatog evropskog istraživanja uticaja vitopernosti koloseka na iskliznuće vozila (ERRI B55 Rp8: Geometric track design and maintenance to prevent derailment due to track twist). Nije jasno zašto naši standardi ne razmatraju uslov (3).

$$D_{\text{lim}} = \frac{R - 50}{1.5 \text{ m/mm}} \quad [\text{mm}] \quad (3)$$

Prema našem pravilniku [10] nadvišenje se ograničava na 150 mm bez obzira na primenjeni tip konstrukcije gornjeg stroja i bez posebne analize za $R < 320$ m. Ostaje pitanje racionalnosti takve odluke na prugama putničkog

podсистema, naročito u uslovima primene konstrukcije koloseka na čvrstoj podlozi. Sa druge strane, u pravilniku [10] se ne analizira uticaj vitopernosti koloseka na bezbednost sporih lakih teretnih kola koja prolaze kroz krivine malih radijusa, što direktno ugrožava bezbednost železničkog saobraćaja (slika 1). Za vrednosti radijusa horizontalne krivine 150 m, 200 m, 250 m, prema formuli (3) dobijaju se granične vrednosti nadvišenja 65 mm, 100 mm, 130 mm, respektivno. Primena ovih graničnih vrednosti podrazumeva visok standard održavanja koloseka u smislu vitopernosti. Standard [10] ne sme da se primeni na radijuse manje od 300 m, jer ugrožava bezbednost teretnog saobraćaja.

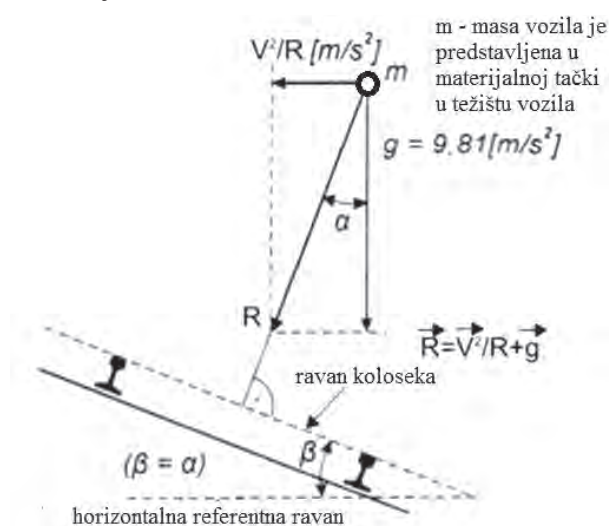


Slika 1. Primer vitoperenja koloseka pod vozilom

4.3. Manjak i višak nadvišenja

Na slici 2 je prikazano idealno nadvišenje sa rezultantom ubrzanja R koja je upravna na ravan koloseka, što znači da je komponenta bočnog ubrzanja u ravni koloseka jednaka nuli. Odstupanje nadvišenja u odnosu na idealno vodi pojavi viška, odnosno manjka nadvišenja.

Slika 3 prikazuje neophodnost kompromisnog definisanja viška i manjka nadvišenja na pruži sa mešovitim saobraćajem.



Slika 2. Idealno nadvišenje

Normalna granična vrednost viška nadvišenja prema [9] ograničena je na 110 mm. Granične vrednosti manjka nadvišenja su parametar koji utiče na bezbednost saobraćaja. One prema [9] moraju biti usklađene sa brzinom i konstrukcijom vozila, kao i sa konstrukcijom koloseka (koloseka u zastoru od tucanika, ili na višeslojnoj čvrstoj podlozi).

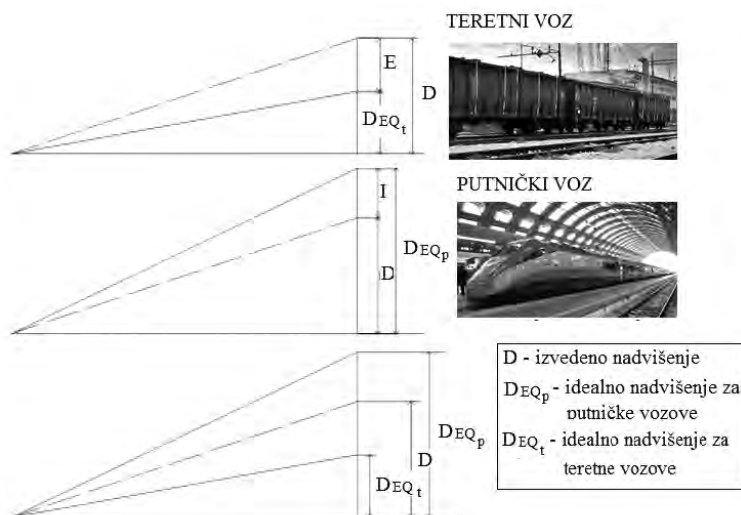
4.4. Gradijent nadvišenja

Prema [9], normalna granična vrednost gradijenta nadvišenja dD/ds iznosi 2,25 mm/m, dok izuzetna vrednost iznosi 2,50 mm/m. Standard ne definiše nagib rampe već gradijent nadvišenja zato što standard predviđa mogućnost primene šest oblika prelaznih krivina (klotoida, kubna parabola (prosta ili popravljena), Blosova kriva, kosinusoida, Šramova kriva i Klajnova kriva (sinusoida)) i pet oblika rampi za nadvišenje. Prelazna krivina i rampa za nadvišenje čine jedinstveni prostorni element trase sa istim zakonom promene zakrivljenosti u situacionom planu i nadvišenja u uzdužnom profilu [13]. Kod krivolinijskih oblika rampe dD/ds je promenljiva vrednost duž rampe za nadvišenje (slika 4).

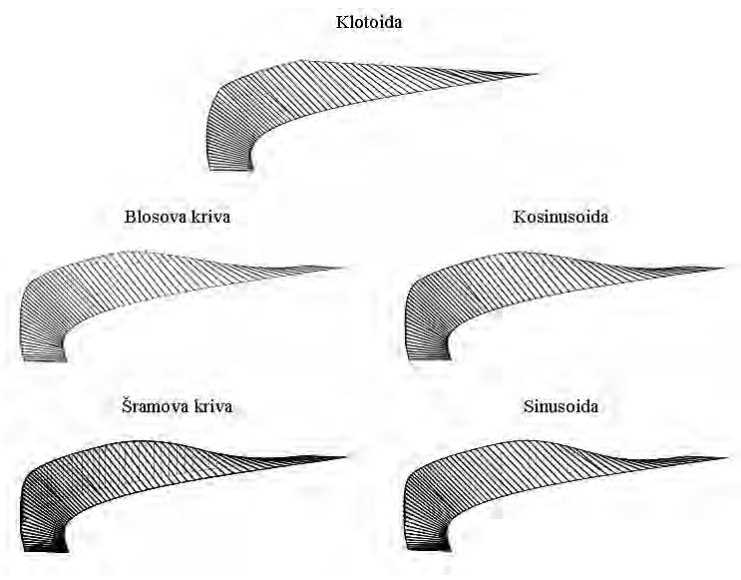
Iako se parametar trase dD/ds u našoj regulativi ne ističe eksplicitno, o njegovoj graničnoj vrednosti (koja ne sme da ugrozi bezbednost saobraćaja) vodi se računa posredno definisanjem minimalne dužine prelazne krivine u funkciji od sračunatog nadvišenja. Prema [10] primenjuje se poznata formula (4) za određivanje minimalne dužine prelazne krivine (formula je prikazana uz korišćenje oznaka prema [9]).

$$L_K = \frac{10 \cdot V \cdot D}{1000} \quad [m] \quad (4)$$

Prema našim propisima, a naročito u inženjerskoj praksi, se još uvek podrazumeva linearna promena zakrivljenosti i nadvišenja na dužini prelazne krivine (mada se prema [10] pominje mogućnost primene krivolinijskih oblika prelaznih rampi). Normalna granična vrednost gradijenta za rampu sa konstantnim priraštajem nadvišenja prema [10] je $dD/ds_{lim} = 1000/10V_{max}$, dok je izuzetna granična vrednost $dD/ds_{lim} = 1000/8V_{max}$. Za brzinu 80 km/h, maksimalno nadvišenje je 150 mm i za normalnu minimalnu dužinu rampe za nadvišenje 120 m dobija se normalna granična vrednost gradijenta nadvišenja $dD/ds_{lim} = 1,25 \text{ ‰}$, što je 56% vrednosti propisane u [9]. Za brzinu 220 km/h, prema [10] (pravilnik važi za $V \leq 220 \text{ km/h}$) se dobija $dD/ds_{lim} = 1000/2200 = 0,45 \text{ ‰}$, što govori o pogrešno definisanim graničnim vrednostima u domaćoj regulativi i nepremostivim problemima za primenu ovako relaksiranih graničnih vrednosti u praksi prilikom rekonstrukcija na koridoru 10.



Slika 3. Višak nadvišenja za teretne, odnosno manjak za putničke vozove



Slika 4. Prostorni prikaz ravni koloseka za pet različitih oblika prelazne krivine i rampe za nadvišenje [14]

4.5. Brzina promene nadvišenja

Parametar dD/dt nije obuhvaćen domaćom tehničkom regulativom. Standard [9] definiše normalnu i izuzetnu vrednost ovog parametra odvojeno za rampe sa linearnom i krivolinijskom promenom nadvišenja. Kod pravolinijske rampe je $dD/dt = \text{const}$, dok ostali oblici rampe nemaju konstantan priraštaj nadvišenja tokom vremena.

Prilikom određivanja dužine rampe za nadvišenje treba voditi računa o potrebi postepenog izdizanja spoljne šine na dužini rampe za nadvišenje, jer se na taj način sprečava uspon venca točka vozila na unutrašnju šinu, i ograničava se vertikalna komponenta brzine i brzina priraštaja neponištenog bočnog ubrzanja.

Za prelazne krivine čija dužina odgovara dužini rampe za nadvišenje $L_K = L_D$, sa konstantnim gradijentom zakrivljenosti i nadvišenjem, minimalna dužina treba da

Tabela 3. Granične vrednosti parametara prelazne krivine prema [9] (vrednosti parametara dD/dt i dI/dt se odnose na vozove bez sistema naginjanja sanduka kola)

	dD/ds [mm/m]	dD/dt [mm/s]			dI/dt [mm/s]		
		$V \leq 200$ km/h		$200 < V \leq 300$ km/h	$V \leq 200$ km/h		$200 < V \leq 300$ km/h
		$I \leq 168$ mm	$168 < I \leq 183$ mm		$I \leq 168$ mm	$168 < I \leq 183$ mm	
Normalne vrednosti	2,25	50	50	50	55	55	55
Izuzetne vrednosti	2,50	70*)	50	60	100	90	75

*)gde je $I < 153$ mm i $dI/dt < 70$ mm/s, izuzetne vrednosti za dD/dt mogu biti povećane do 85 mm/s

se odredi korišćenjem sledećih parametara prema [9]: priraštaj nadvišenja dD/ds , brzina promene nadvišenja dD/dt , brzina promene manjka nadvišenja, prema formuli (5).

$$L_D \geq \Delta D \cdot \left(\frac{dD}{ds} \right)^{-1} \lim \quad [\text{m}]$$

$$L_D \geq \frac{V}{q_v} \Delta D \cdot \left(\frac{dD}{dt} \right)^{-1} \lim \quad [\text{m}]$$

$$L_D \geq \frac{V}{q_v} \Delta I \cdot \left(\frac{dI}{dt} \right)^{-1} \lim \quad [\text{m}] \quad (5)$$

q_v – faktor kojim se jedinice brzine pretvaraju iz km/h u m/s i iznosi $q_v = 3,6 \text{ km} \cdot \text{s} / (\text{h} \cdot \text{m})$;

U tabeli 3 su date normalne i izuzetne granične vrednosti parametara kojima se određuje minimalna dužina prelazne krivine u horizontalnoj ravni za slučaj konstantne promene zakrivljenosti prema [9].

4.6. Parametri uzdužnog profila

Prema [9] zaobljenje preloma nivelete se predviđa ukoliko je razlika između susednih nagiba nivelete veća od:

- 2 mm/m za brzinu do 230 km/h,
- 1 mm/m za brzinu preko 230 km/h.

Naš pravilnik [10] predviđa zaobljenje nivelete ako je razlika između susednih nagiba veća od 1 mm/m, bez obzira na dozvoljenu brzinu. Ovako strogi uslovi ne doprinose udobnosti, ali znatno otežavaju posao projektanta rekonstrukcija na Koridoru 10 i neopravdano povećavaju troškove održavanja.

Izbor radijusa zaobljenja utiče na zamor putnika, naročito na daljinskim putovanjima. Standard [9] propisuje granične vrednosti sa stanovišta udobnosti putnika i zato pravi razliku da li putnici sede ili stoje u vozilu.

Normalna granična vrednost za radijus vertikalne krivine je:

$$R_{V_{\text{lim}}} = 0.35 \cdot V^2 \geq 2000 \quad [\text{m}] \quad (6)$$

Na delu trase gde većina putnika stoji, standard [9] preporučuje:

$$R_{V_{\text{lim}}} = 0.77 \cdot V^2 \geq 2000 \quad [\text{m}] \quad (7)$$

Izuzetna granična vrednost za radijus vertikalne krivine je:

– za konveksnu krivinu:

$$R_{V_{\text{lim}}} = 0.13 \cdot V^2 \geq 2000 \quad [\text{m}] \quad (8)$$

– za konkavnu krivinu:

$$R_{V_{\text{lim}}} = 0.16 \cdot V^2 \geq 2000 \quad [\text{m}] \quad (9)$$

Naš pravilnik [10] propisuje raskošnije radijuse vertikalnog zaobljenja, što je teško primenljivo u uslovima rekonstrukcije.

Na deonicama sa skretnicama i ukrštajima postavljenim u vertikalnim krivinama treba da se poštuju ograničenja definisana u EN 13803-2.

5. ZAKLJUČAK

Nakon usvajanja standarda [9] od strane ISS, neophodno je stvoriti uslove za njegovu praktičnu primenu. Uputna analiza pravilnika [10] i standarda [9] ukazuje na njihovu neusaglašenost.

S jedne strane pravilnik [10] definiše raskošne parametre trase. U tom smislu se kao primer može navesti zaobljavanje preloma nivelete za razlike nagiba veće od 1‰, što je po evropskim kriterijuma zahtev na prugama sa brzinama preko 230 km/h. Takođe, normalna granica za nedostajuće nadvišenje prema [9] iznosi 130 mm za brzine od 80km/h do 230 km/h, dok je prema [10] nedostajuće nadvišenje za brzine do 220 km/h ograničeno na samo 70 mm. Ovako raskošni parametri otežavaju projektovanje rekonstrukcije, a ne utiču na povećanje udobnosti putnika u savremenim vozovima koji moraju da zadovolje uslove nedostajućeg nadvišenja prema evropskim standardima za vozila (EN 14363, EN 15686 i/ili EN 15687).

S druge strane, pravilnik [10] ne ograničava najmanji radijus koji sme da se primeni na pruži, niti daje donju granicu brzine na koju se pravilnik odnosi, tako da ne definiše kriterijume protiv iskliznuća vozila koja se kreću malim brzinama.

Pravilnik [10] ne pravi razliku parametara trase u zavisnosti od rešenja konstrukcije gornjeg stroja, čime se poništavaju prednosti konstrukcije koloseka na višeslojnoj čvrstoj podlozi. Takođe, nije jasno zbog čega se favorizuje primena prelaznih krivina sa linearnom promenom zakrivljenosti. Ovakav pristup je loš, naročito u uslovima rešavanja problema rekonstrukcije.

Činjenica da evropski standard [9], koji se bavi samo parametrizacijom trase, ima 74 strane, dok pravilnik [10], koji obuhvata parametre trase, elemente službenih mesta, slobodni profil, standardne poprečne profile, konstrukciju gornjeg i donjeg stroja i prateća postrojenja, sadrži 35 strana, govori sama za sebe. Pravilnik se ne poziva ni na jedan SRPS EN standard!

Nažalost, proces harmonizacije, koji se sprovodi na nivou Instituta za standardizaciju, nema suštinsko povezivanje sa tehničkim propisima u oblasti Primene na železnici u Republici Srbiji. Time se remeti osnova za sprovođenje interoperabilnosti železničke infrastrukture u Srbiji.

Zahvalnica

Ovaj rad je rezultat istraživanja u okviru Tehnološkog projekta 36012 „Istraživanje tehničko-tehnološke, kadrovske i organizacione osposobljenosti Železnica Srbije sa aspekta sadašnjih i budućih zahteva Evropske unije“ finansiranog od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] <http://www.uic.org> (juli 2014)
- [2] EC: 2008/57/EC Interoperability of the rail system within the Community
- [3] EC: 2001/16/EC Interoperability of the trans-European conventional rail system
- [4] EC: 96/48/EC Interoperability of the trans-European high-speed rail system
- [5] <http://www.iss.rs> (juli 2014)

- [6] Popovic, Z.: Interoperability and standardization of railway infrastructure: Integration of Serbian railways, Railway technical review 47.4 (2007).
- [7] EC: TSI – Technical specification for interoperability relating to the ‘infrastructure’ subsystem of the trans-European conventional rail system, Official Journal of the European Union, L 126/53, 2011.
- [8] Popović, Z., Lazarević, L.: The role of railway in the European transport policy. Izgradnja, 2013, 67.7-8, pp. 285-291.
- [9] CEN 13803-1:2010: Railway applications – Track – Track alignment design parameters – Track gauges 1435 mm and wider – Part 1: Plain line
- [10] Ministarstvo saobraćaja: Pravilnik o projektovanju rekonstrukcije i izgradnje određenih elemenata železničke infrastrukture pojedinih magistralnih železničkih pruga, Službeni glasnik Republike Srbije br. 100, 2012.
- [11] Popović, Z., Trpčevski, F., Pančić, I., Lazarević, L.: Harmonization of European track quality, Građevinski materijali i konstrukcije 57.1 (2014): 29-44.
- [12] Popovic, Z., Lazarević, L.: Analiza prolaska troosovinskog obrtnog postolja locomotive JŽ 461 kroz krivinu, Peti internacionalni naučno-stručni skup građevinarstvo – nauka i praksa, Žabljak, 2014., 839-846
- [13] Popović Z., Lazarević L., Puzavac L.: Superelevation ramp design, Izgradnja, 2010, vol. 64, iss. 11-12, pp. 621-636
- [14] Lazarevic L., Popovic Z., Puzavac L.: Oblici prostornih prelaznih krivina sa nelinearnom promenom zakrivljenosti i nadvišenja, Drugi međunarodni naučni skup: Stanje i pravci razvoja građevinarstva – GTZ 2012 i Drugo savetovanje GEO-EXPO 2012. 1105-1112.