

HARMONIZACIJA EVROPSKOG KVALITETA KOLOSEKA

HARMONIZATION OF EUROPEAN TRACK QUALITY

Zdenka POPOVIĆ
Filip TRPČEVSKI
Isidora PANČIĆ
Luka LAZAREVIĆ

STRUČNI RAD
PROFESSIONAL PAPER
UDK: 625.1.04

1 UVOD

Geometrija koloseka može da se opiše kao projektovana (nominalna) geometrija i neregularnosti (odstupanja) aktuelne geometrije koloseka. Projektovana geometrija koloseka je trodimenzionalna geometrija izražena kao horizontalna i vertikalna projekcija. Horizontalna projekcija je projekcija koloseka na horizontalnu ravan i sastoji se od pravaca, kružnih krivina i prelaznih krivina. Vertikalna projekcija je projekcija koloseka na vertikalnu ravan i sastoji se od uniformnih gornjih površi glave šine u vertikalnoj ravni duž koloseka. To znači da se vertikalna projekcija sastoji od vertikalne krivine, podužnog nagiba koloseka i nadvišenja šine u koloseku.

Projektovana geometrija koloseka pruža tačne, prostorne podatke u globalnom koordinatnom sistemu koji su neophodni za polaganje koloseka, obnovu ili održavanje. Tokom eksploatacije koloseka degradacija geometrije koloseka se manifestuje kao razvoj neregularnosti geometrije koloseka. Ovaj proces je normalni deo životnog ciklusa koloseka. S obzirom na to da stvarna geometrija koloseka direktno utiče na kvalitet vožnje šinskih vozila, precizno merenje geometrije koloseka je odlučujuće za procenu bezbednosti saobraćaja. Geometrija koloseka treba da se meri i snima periodično na osnovu očekivanog propadanja geometrije koloseka. Svako geometrijsko odstupanje prostornog položaja koloseka mora biti procenjeno i korigovano na

1 INTRODUCTION

The track geometry can be described by the designed (nominal) geometry and irregularities (deviation) of the actual track geometry.

The designed track geometry is three-dimensional geometry, which is usually expressed in two separate layouts - horizontal and vertical. The horizontal layout is the track layout in the horizontal plane and it involves straight lines, curves, and track transition curves. The vertical layout is the track layout in the vertical plane and it involves the rail surface uniformities in the vertical plane along the track. So, the vertical layout consists of vertical curvature, gradient (i.e. slope) of track and cant.

The designed track geometry provides accurate spatial data in global coordinate system that is necessary for track laying, track renewal or maintenance works.

During the track exploitation, the deterioration of the track geometry is manifested as development of track geometry irregularities. This process is a common part of track life cycle. Since the actual track geometry directly influences the ride quality of a rail vehicle, an accurate measurement of track geometry is decisive for the evaluation of operating safety. The track geometry shall be measured and recorded periodically according to the expected deterioration of track geometry. Each defect of the track geometry should be assessed and corrected according to its size and wavelength. The objective is to

V. prof. dr Zdenka Popović, dipl.inž.građ., Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd, Srbija
zdenka@grf.bg.ac.rs
Asist. Luka Lazarević, master inž.građ., Građevinski fakultet, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd, Srbija
Isidora Pančić, dipl.inž.građ.
Filip Trpčevski, master inž.građ.

Assoc. professor Zdenka Popović, BCE, University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Bulevar kralja Aleksandra 73, Belgrade, Serbia, zdenka@grf.bg.ac.rs
Asist. Luka Lazarević, MSc. University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Bulevar kralja Aleksandra 73, Belgrade, Serbia
Isidora Pančić, BCE
Filip Trpčevski, master BCE

osnovu njegove vrednosti i talasne dužine. Cilj je da se obezbedi udobnost vožnje sa prihvatljivim troškovima održavanja i da se spreči propadanje koloseka u uslovima koji mogu da dovedu do iskliznuća, ugroženosti slobodnog profila, povreda zbog neravnomerne vožnje i sl.

Za definisanje kvaliteta geometrije koloseka neophodno je odabrati i kombinovati značajne geometrijske parametre koloseka. Nakon toga neophodno je odrediti prag bezbednosti uzimajući u obzir aspekt interakcije koloseka i vozila.

Ovaj rad razmatra parametre i metodologiju za procenu kvaliteta geometrije koloseka u skladu sa evropskim standardima.

2 PRAVNI OKVIR ZA DEFINISANJE GEOMETRIJE KOLOSEKA U REPUBLICI SRBIJI

Železnička uprava u Republici Srbiji ima interes da podigne svoje kapacitete na viši tehnički i tehnološki nivo i da obezbedi pouzdano korišćenje infrastrukture od strane svih evropskih saobraćajnih operatera [10,11]. Uzimajući u obzir da je teritorija Republike Srbije značajan deo železničkog Koridora X (30.89%), neophodna je harmonizacija parametara magistralnih železničkih pravaca u Srbiji sa parametrima evropske železničke mreže, korišćenjem savremene tehničke regulative za projektovanje i održavanje infrastrukture. Slika 1 prikazuje aktuelno stanje harmonizacije podzakonskih akata za održavanje železničke infrastrukture u Srbiji.

Tehnički uslovi interoperabilnosti (TSI) za trans-evropski konvencionalni železnički sistem – Podsystem "Infrastruktura" obuhvata održavanje sistema konvencionalne železnice sa aspekta bezbednosti, pouzdanosti, dostupnosti, zdravlja, zaštite životne sredine i tehničke kompatibilnosti opreme za održavanje konvencionalnog voznog parka [7]. Tehnička oprema i procedure koje se koriste tokom održavanja moraju da obezbede bezbedno funkcionisanje podsistema "Infrastruktura" i da ne prouzrokuju opasnost po zdravlje i bezbednost. Takođe, uticaj tehničke opreme i procedura ne sme da prekorači nivo negativnih uticaja na životnu sredinu. U skladu sa [7, 12] Upravljač infrastrukture mora da definiše plan održavanja za svaku konvencionalnu železničku prugu, koji se zasniva na ograničenjima koja zavise od brzine. Osnova za izradu plana održavanja su izmereni podaci sa železničke mreže. U tom smislu podaci sakupljeni na mreži dobijeni korišćenjem mernih vozila imaju veliki značaj. Tokom merenja se registruju podaci koji prekoračuju propisane granične vrednosti tako da je moguće, ukoliko je to potrebno, preduzeti odgovarajuće mere za osiguranje bezbednog saobraćaja. Nacionalne granične vrednosti (pragove) mora da definiše Upravljač infrastrukture. One su osnova tehničke regulative u oblasti održavanja koloseka.

Slično kao TSI, evropski standardi serije EN 13848 (delovi 1-6) [1-6] su međunarodna direktiva. Za sada, evropski standard [6] postoji samo kao nacrt.

Evropski standardi EN 13848 (delovi 1-5) [1-5] su publikovani od strane Instituta za standardizaciju Srbije kao SRPS EN (delovi 1-5) [10, 13] (slika 1). Stručni rad Instituta za standardizaciju Srbije u oblasti standardizacije "Primene na železnici" se spovodi u okviru tehničke komisije P256. Uzimajući u obzir

provide ride comfort with acceptable maintenance costs and to prevent the track deterioration into a condition which may cause derailments, unacceptable clearances, a risk of injuries due uneven rides, etc.

To define track geometry quality, it is necessary to choose and combine significant geometrical parameters of the track. Thereafter, it is necessary to determine thresholds for safety, taking into account the track/vehicle interaction aspects. This paper discusses the parameters and methodology for assessing the quality of track geometry according to European standards.

2 THE LEGAL FRAMEWORK FOR OF TRACK GEOMETRY IN THE REPUBLIC OF SERBIA

The railway administration in the Republic of Serbia is interested in developing its capacity to a higher technical and technological level and thus, ensures reliable operation of infrastructure facilities by all European operators [10,11]. Given the fact that the territory of the Republic of Serbia is an important part of the railway Corridor X (30.89%), it is necessary to harmonize the parameters of the main rail lines in Serbia with parameters of European railway network, using modern technical regulations for the design and maintenance of infrastructure. Figure 1 shows the current status of harmonization of subordinate acts for maintenance of railway infrastructure in Serbia.

The Technical Specification of Interoperability (TSI) relating to the trans-European conventional rail system - Subsystem "Infrastructure", covers the conventional railway system maintenance from the aspect of safety, reliability and availability, health, environmental protection and technical compatibility of the maintenance installations for conventional rolling stock [7]. Technical installations and procedures used during maintenance activities should ensure the safe operation of the subsystem "Infrastructure" and exclude health and safety hazards. Also, the influence of technical installations and procedures should remain in the permissible levels of nuisance regarding the local environment. According to [7] and [12], the Infrastructure Manager has to define, for each conventional rail line, a maintenance plan based on speed-related limits. The basis for creation of the maintenance plan is data measured on the railway network. In that way, the data collected from the network using track recording vehicles have great importance. During measurements, exceeding of the regulated limit values is registered and, if necessary, appropriate measures for traffic safety insurance can be taken. National limit values (thresholds) have to be defined by the Infrastructure Manager. They are the basis for technical regulations in the field of track maintenance.

Similar to the TSI, European standard EN 13848 Series (Parts 1-6) [1-6] are international directives. For now, European standard [6] exists only as a draft version.

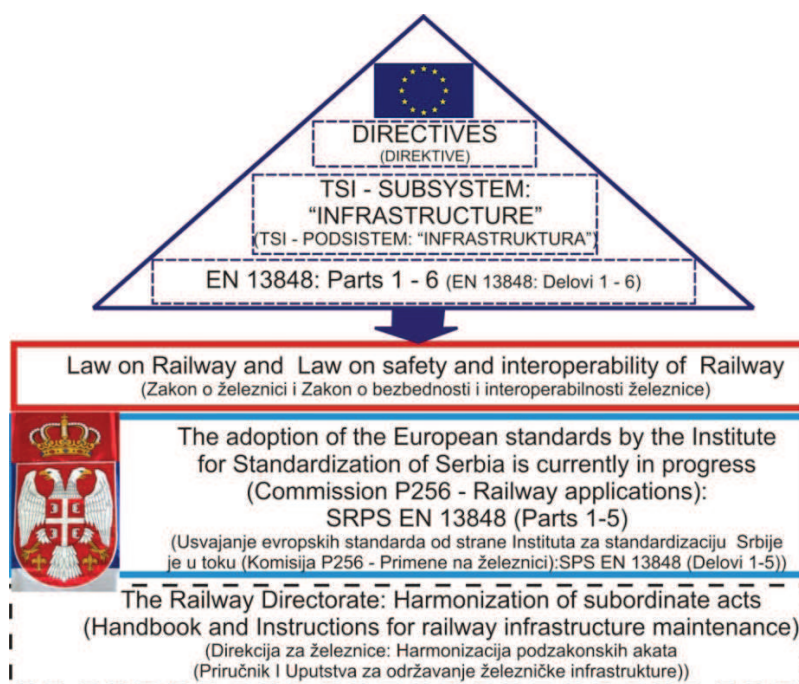
European standard EN 13848 Series (Parts 1-5) [1-5] are published by Institute for Standardization of Serbia as SRPS EN 13848 (Parts 1-5) [10,13] (Figure 1). Professional work of the Institute for Standardization of Serbia in the field "Railway Applications" is conducted within the Technical Committee P256. Considering the

kompleksnost oblasti "Primene na železnici", tehnička komisija ima dve potkomisije: za građevinski i mašinski deo. Tehnička komisija P256 okuplja predstavnike univerziteta (Građevinski i Mašinski fakultet u Beogradu), Direkcije za železnice, projektante, izvođače i predstavnike proizvođača u oblasti železnice. Ovakva struktura odgovara strukturi tehničke komisije za oblast "Primena na železnici" prema iskustvima Evropske Unije. Ipak, praktična primena usvojenih standarda SRPS EN 13848 (delovi 1-5) biće moguća na Železnicama Srbije tek nakon njihovog povezivanja sa tehničkom regulativom.

Direkcija za železnice je formirana u skladu sa Zakonom o Železnici 2005. godine da pruži profesionalne usluge u oblasti železničkog saobraćaja, propise i druge poslove utvrđene ovim zakonom. Jedan od zadataka Direkcije je da donosi tehničku regulativu u oblasti železničkog saobraćaja, kao i da predlaže mere za harmoizaciju i podizanje nivoa interoperabilnosti i modernizacije železnice u Republici Srbiji (slika 1).

complexity of the field "Railway Applications", the Technical Committee has two subcommittees: one for civil engineering and another for mechanical engineering. The Technical Committee P256 brings together representatives of the University (the Faculty of Civil Engineering and the Faculty of Mechanical Engineering in Belgrade), the Railway Directorate, designers, contractors and industry in the field "Railway Applications". According to the experience of the European Union, this structure of the Committee corresponds to the structure of Standardization committee in the field "Railway Applications". However, practical application of adopted standard SRPS EN 13848 Series (Parts 1-5) on Serbian railways will be possible only after complying with technical regulations.

The Railway Directorate was established by the Railway Act in 2005, in order to provide professional services in the field of railway transport, regulations and other tasks determined by this act. One of the tasks of the Directorate is drafting technical regulations in the field of railway transport, as well as suggesting the measures to harmonize and increase the level of interoperability and modernization of the railway in the Republic of Serbia (Figure 1).



Slika 1. Procedura za harmonizaciju tehničke regulative za održavanje železničke infrastrukture u Republici Srbiji
Figure 1. The procedure of harmonization of technical regulations for railway infrastructure maintenance in the Republic of Serbia

Stoga, TSI "Tehnički uslovi interoperabilnosti", Plan održavanja i evropski EN 13848 (delovi 1-6) obezbeđuju pravni okvir za snimanje geometrije koloseka kao dela modernog održavanja.

Evropski standard [1] određuje "uslove za homologaciju parametara kvaliteta geometrije koloseka merenih uređajima koji su instalirani u mernim kolima". Ovaj evropski standard definiše glavne parametre geometrije koloseka. On određuje uslove za merenje,

Therefore, TSI "Technical Specifications for Interoperability", Maintenance Plan and European standard EN 13848 Series (Parts 1-6) provide the legal framework for track geometry recording as a part of modern maintenance.

European standard [1] specifies "the requirements for the homologation of track geometry quality parameters as measured by measuring devices fitted on track recording vehicles". This European standard

metode analize i predstavljanje rezultata.

Evropski standard [2] određuje "minimalne uslove za principe i sisteme merenja sa ciljem da se ostvare uporedivi rezultati i definiše uslove za merenja".

Evropski standard [3] određuje "minimalne uslove koje treba da ispune merni sistemi postavljeni u mašine za građenje i održavanje koloseka kako bi se izvršila procena kvaliteta geometrije koloseka merenjem jednog ili više parametara koji su opisani EN 13848-1".

Evropski standard [4] određuje "minimalne uslove koje treba da ispune merni sistemi postavljeni u kolica za merenje geometrije koloseka i ručni merni uređaji kako bi se izvršila procena kvaliteta geometrije koloseka merenjem jednog ili više parametara koji su opisani u EN 13848-1". Treba imati na umu da korišćenjem manuelnih metoda merenja nije moguće meriti geometriju koloseka pod opterećenjem.

Evropski standard [5] definiše "minimum uslova za nivoa kvaliteta geometrije koloseka i određuje granične vrednosti sa aspekta bezbednosti za svaki parametar definisan u EN 13848-1". Ovaj standard uključuje: opis nivoa kvaliteta, relativni značaj parametara, granicu preduzimanja hitnih aktivnosti i razmatranje drugih nivoa kvaliteta.

Nacrt evropskog standarda [6] pokriva sledeće teme: opis kvaliteta geometrije koloseka (postojeće stanje), klasifikaciju kvaliteta koloseka u skladu sa parametrima geometrije koloseka [1] i razmatranje na koji način ova klasifikacija može da se primeni.

3 GLAVNI PARAMETRI GEOMETRIJE KOLOSEKA

U skladu sa [1], glavni parametri geometrije koloseka su:

- širina koloseka,
- vertikalno odstupanje,
- odstupanje smeru,
- nadvišenje i
- vitopernost.

Standard [1] definiše svaki od pomenutih parametara i daje uslove za merenje, metode analize i prezentaciju rezultata.

Takođe, standard [1] definiše kvalitet geometrije koloseka kao ocenu odstupanja od prosečnih ili projektovanih karakteristika propisanih parametara u vertikalnoj i poprečnoj ravni, koji utiču na bezbednost ili su u korelaciji sa kvalitetom vožnje.

Kvalitet geometrije koloseka se opisuje korišćenjem relativnog pravouglog koordinatnog sistema koji je centriran u koloseku i orjentisan u smeru kazaljke na satu. Slika 2 prikazuje odnos osa u koordinatnom sistemu XYZ u skladu sa [1]:

- X - osa je produžetak ose koloseka u smeru vožnje,
- Y - osa je paralelna ravni dodira točkova osovin-skog sklopa i šina u koloseku (u daljem tekstu ravan dodira),
- Z - osa je upravna na ravan dodira i usmerena na dole.

Dalje, slika 2 prikazuje princip rada sistema za

definiše principal track geometric parameters. It specifies the requirements for measurement, the analysis methodology and presentation of obtained results.

European standard [2] specifies "the minimum requirements for measuring principles and systems in order to produce comparable results and it defines the requirements for measurement".

European standard [3] specifies "the minimum requirements that shall be met by measuring systems fitted on track construction and maintenance machines to give an evaluation of track geometry quality when measuring one or more of the parameters described in EN 13848-1".

European standard [4] specifies "the minimum requirements that shall be met by measuring systems fitted on track geometry measuring trolleys and manually operated devices to give an evaluation of track geometry quality when measuring one or more of the parameters described in EN 13848-1". It should also be born in mind that by using the manual measuring method it is impossible to measure the track geometry under load.

European standard [5] defines "the minimum requirements for the quality levels of track geometry, and specifies the safety related limits for each parameter defined in EN 13848-1". This standard includes: description of quality levels, relative importance of parameters, immediate action limit and considerations on other quality levels.

Draft version of European standard [6] covers the following topics: description of track geometry quality (state of the art), classification of track quality according to track geometric parameters [1], and considerations on how this classification can be used.

3 PRINCIPAL TRACK GEOMETRIC PARAMETERS

According to [1], principal track geometric parameters are:

- track gauge,
- longitudinal level,
- alignment,
- cross level, and
- twist.

Standard [1] defines each mentioned parameter and specifies the requirements for measurement, the analysis methodology and presentation of obtained results.

In addition, standard [1] defines the track geometry quality "as an assessment of excursions from the mean or designed geometrical characteristics of specified parameters in the vertical and lateral planes which give rise to safety concerns or have a correlation with ride quality".

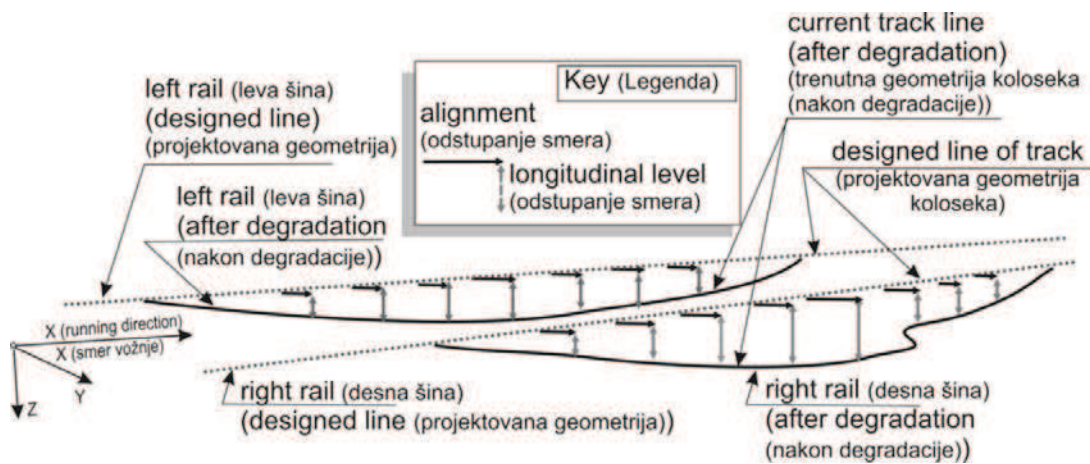
The track geometry quality is described by using a relative rectangular coordinate system centred to the track with clockwise rotation. Figure 2 shows relationship between the axes of the track co-ordinate system XYZ in accordance to [1]:

- X - axis is an extension of the track axis towards the direction of running,
- Y - axis is parallel to the running surface, and
- Z - axis is perpendicular to the running surface and it points downwards.

Furthermore, Figure 2 shows a working principle of

merenje geometrije koloseka u skladu sa serijom evropskih standarda EN 13848 [9].

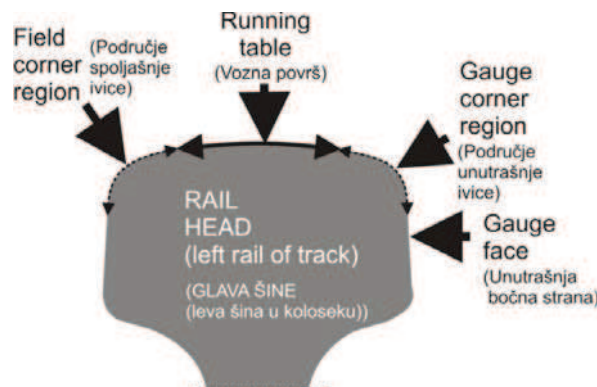
track geometry measuring system corresponding to the European standard EN 13848 Series [9].



Slika 2. Princip rada sistema za merenje geometrije koloseka i koordinatni sistem u koloseku
Figure 2. Working principle of track geometry measuring system and track coordinate system

Dodirna površ je definisana u [1] kao zakrivljena površ koja se generiše podužnim pomeranjem prave upravne na osu koloseka i tangira vozne površi obe glave šine. Vozna površ je gornja površ glave šine, kao što prikazuje slika 3.

The running surface is defined in [1] as a curved surface generated by the longitudinal displacement of a straight line perpendicular to the centre-line of the track and tangential to both running tables. Running table is upper surface of the rail head, as shown in Figure 3.



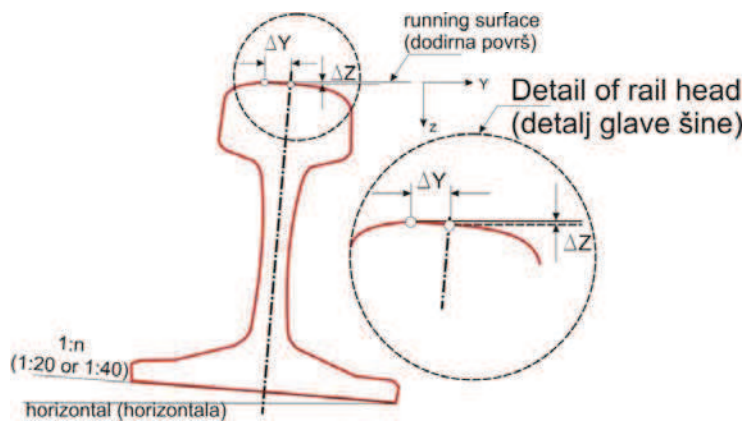
Slika 3. Gornja površ glave šine
Figure 3. Upper surface of the rail head

Koordinate ΔY i ΔZ (slika 4) određuju položaj dodirne tačke vozne površi i dodirne ravni. Ove koordinate zavise od tipa i nagiba šine u poprečnoj ravni (inklinacija) (tabela 1).

The coordinates ΔY and ΔZ (Figure 4) determine the position of the contact point between the running surface and running table. These coordinates depend on the type and inclination of rail (Table 1).

Tabela 1. Koordinate ΔY i ΔZ dodirne tačke vozne površi na glavi šine
Table 1. Coordinates ΔY and ΔZ of the contact point on running table of rail head

Inclination (inklinacija)	Coordinates ΔY and ΔZ (koordinate ΔY i ΔZ)	Rail type 60 E1 (tip šine 60 E1)	Rail type 49 E1 (tip šine 49 E1)
1:20	ΔY [mm]	11.6874	14.9812
	ΔZ [mm]	0.3496	0.3743
1:40	ΔY [mm]	7.4977	7.4977
	ΔZ [mm]	0.0937	0.0937



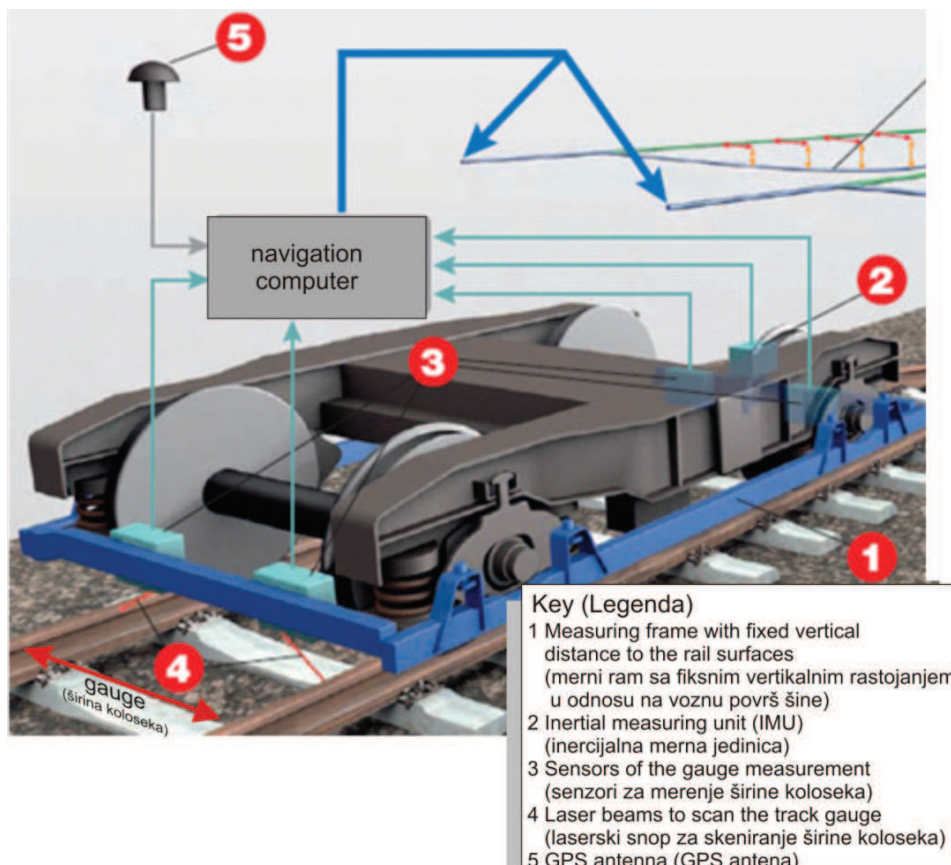
Slika 4. Položaj dodirne tačke između dodirne površi i vozne površi na glavi šine
Figure 4. Position of the contact point between the running surface and running table

3.1 Širina koloseka

U skladu sa [1], "širina koloseka G je najmanje rastojanje između pravih koje su upravne na dodirnu površ i dodiruju obe glave šine u tački P , koja se nalazi na unutrašnjoj bočnoj površi glave, u zoni 0 do $z_p=14$ mm ispod dodirne površi" (slika 5). Širina koloseka je određena primenom formule (1).

3.1 Trak gauge

According to [1], "track gauge G is the smallest distance between lines perpendicular to the running surface intersecting each rail head profile at gauge face point P in a range from 0 to $z_p=14$ mm below the running surface" (Figure 5). Track gauge is determined using Equation (1).



Slika 5. Širina koloseka za nove šine i sistem merenja bez dodira [1, 8]
Figure 5. Track gauge for new rails and non contact measuring system [1, 8]

$$G = G(x) = y_{p_2}(x) - y_{p_1}(x), \quad (1)$$

gde je:

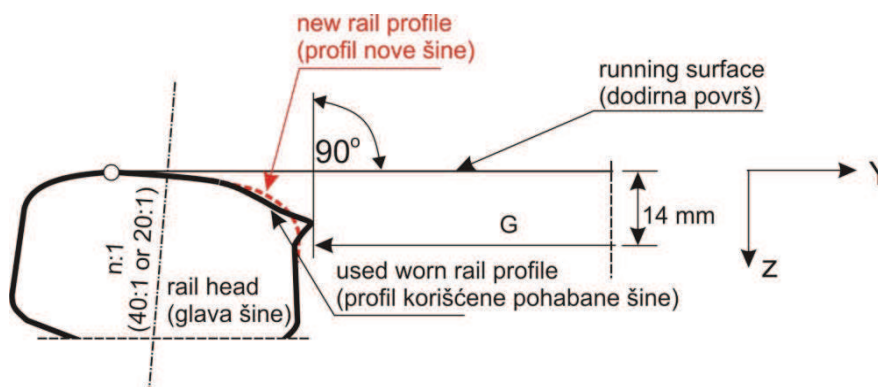
P_1, P_2 – dodirne tačke (slika 5) na unutrašnjoj bočnoj površi glave šine (slika 3).

Isti princip se primenjuje za širinu koloseka u krivini sa projektovanim nadvišenjem. Slika 6 prikazuje postupak za određivanje širine koloseka kada se koristi pohabana šina.

where:

P_1, P_2 – gauge face (inside face of the rail head, Figure 3) contact points (Figure 5).

The same principle applies to the track gauge in a curve with the cant. Figure 6 shows the procedure for determining the gauge in the situation of used worn rail.



Slika 6. Širina koloseka sa šinama koje nisu nove
Figure 6. Gauge in track with used worn rail

3.2 Vertikalno odstupanje

U skladu sa [1], "vertikalno odstupanje je odstupanje $z_{p'}$ nivoa gornje površi glave bilo koje šine u z-pravcu, izraženo kao pomeranje u odnosu na srednji vertikalni položaj (referentna linija), koje pokriva talasne dužine navedene u tekstu koji sledi i koje se sračunava na osnovu uzastopnih merenja (duž koloseka)" (slika 7). Na taj način se vertikalno odstupanje može razmatrati kao odstupanje smera koloseka u vertikalnoj podužnoj ravni.

Potrebno je razmatrati tri opsega talasnih dužina:

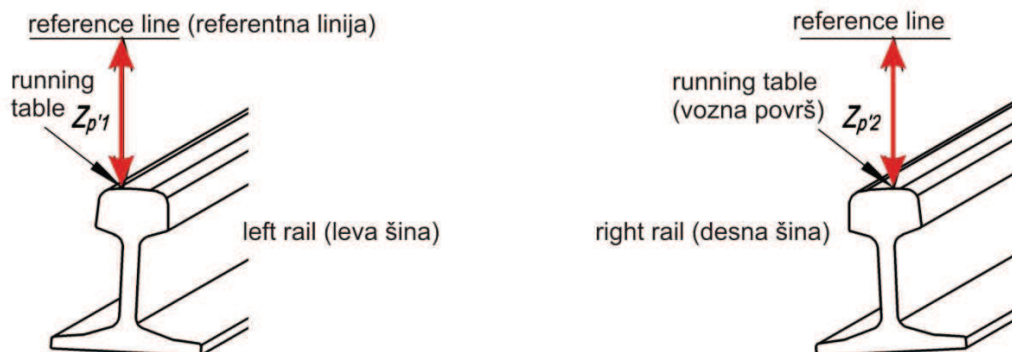
- interval talasnih dužina D1: $3 \text{ m} < \lambda \leq 25 \text{ m}$ (donju granicu za D1 treba spustiti na 1 m kako bi se detektovali defekti kratkih talasnih dužina: $1 \text{ m} < \lambda \leq 25 \text{ m}$),
- interval talasnih dužina D2: $25 \text{ m} < \lambda \leq 70 \text{ m}$, i
- interval talasnih dužina D3: $70 \text{ m} < \lambda \leq 150 \text{ m}$ (za defekte dugih talasnih dužina, brzina $> 250 \text{ km/h}$).

3.2 Longitudinal level

According to [1], "longitudinal level is deviation $z_{p'}$ in z-direction of consecutive running table levels on any rail, expressed as an excursion from the mean vertical position (reference line), covering the wavelength ranges stipulated below and is calculated from successive measurements" (Figure 7). So, longitudinal level can be considered as a vertical alignment.

Three wavelength ranges of longitudinal level shall be considered:

- wavelength range D1: $3 \text{ m} < \lambda \leq 25 \text{ m}$ (the lower limit of D1 should be reduced to 1 m in order to detect short wavelength defects: $1 \text{ m} < \lambda \leq 25 \text{ m}$),
- wavelength range D2: $25 \text{ m} < \lambda \leq 70 \text{ m}$, and
- wavelength range D3: $70 \text{ m} < \lambda \leq 150 \text{ m}$ (for long wavelength defects, speeds $> 250 \text{ km/h}$).

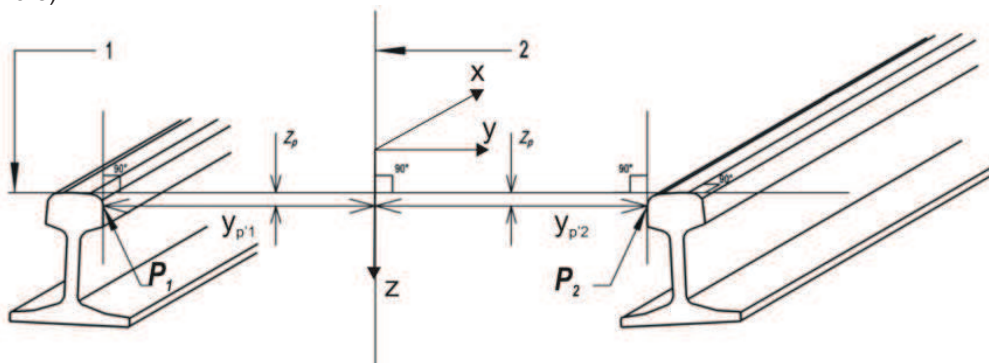


Slika 7. Merenje vertikalnog odstupanja
Figure 7. Measurement of longitudinal level

Interval talasnih dužina D1 u najvećoj meri utiče na kvalitet geometrije koloseka i ponašanje vozila. Uticaj dugačkih talasnih dužina D2 na propadanje geometrije koloseka obično nije veliki. Interval veoma dugačkih talasnih dužina D3 obuhvata greške geometrije koloseka koje su nastale usled grešaka projekta, polaganja ili održavanja koloseka.

3.3 Odstupanje smera koloseka

Odstupanje smera koloseka (bočni smer) je poprečno odstupanje obe šine mereno u tački koja se nalazi od 0 do 14 mm ispod dodirne površi. Standard [1] definiše "odstupanje smera kao odstupanje y_p uzastopne pozicije tačke P u smeru y - ose za bilo koju šinu, izraženo kao odstupanje u odnosu na srednji horizontalni položaj (referentna linija), koje pokriva talasne dužine navedene u tekstu koji sledi i koje se sračunava na osnovu uzastopnih merenja (duž koloseka)" (slika 8).

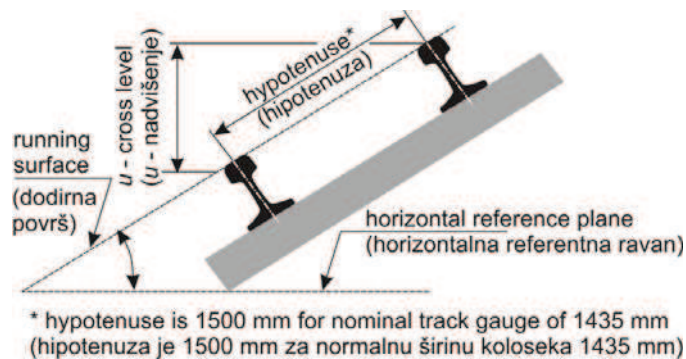


Slika 8. Odstupanje smera koloseka u skladu sa [1] (1- dodirna površ, 2- referentna linija)
Figure 8. Alignment according to [1] (1- running surface, 2- reference line)

Za odstupanje smera potrebno je razmatranje intervala talasnih dužina D1, D2 i D3.

3.4 Nadvišenje

Nadvišenje je definisano u [1] kao razlika visina naspramnih vozni površi glava šina i računa se na osnovu ugla dodirne površi i horizontalne referentne ravni (slika 9).



Slika 9. Nadvišenje
Figure 9. Cross level

Wavelength range D1 mostly affects the quality of track geometry and vehicles behaviour. Influence of the long wavelength range D2 on the deterioration of track geometry is usually small. Very long wavelength range D3 contains track geometry irregularities due to improper track design, track laying, or maintenance activities.

3.3 Alignment

Alignment (lateral alignment) is lateral deviation of both rails measured from a point between 0 to 14 mm below the running surface. Standard [1] defines "alignment as deviation y_p in y-direction of consecutive positions of point P on any rail, expressed as an excursion from the mean horizontal position (reference line) covering the wavelength ranges stipulated below and calculated from successive measurements" (Figure 8).

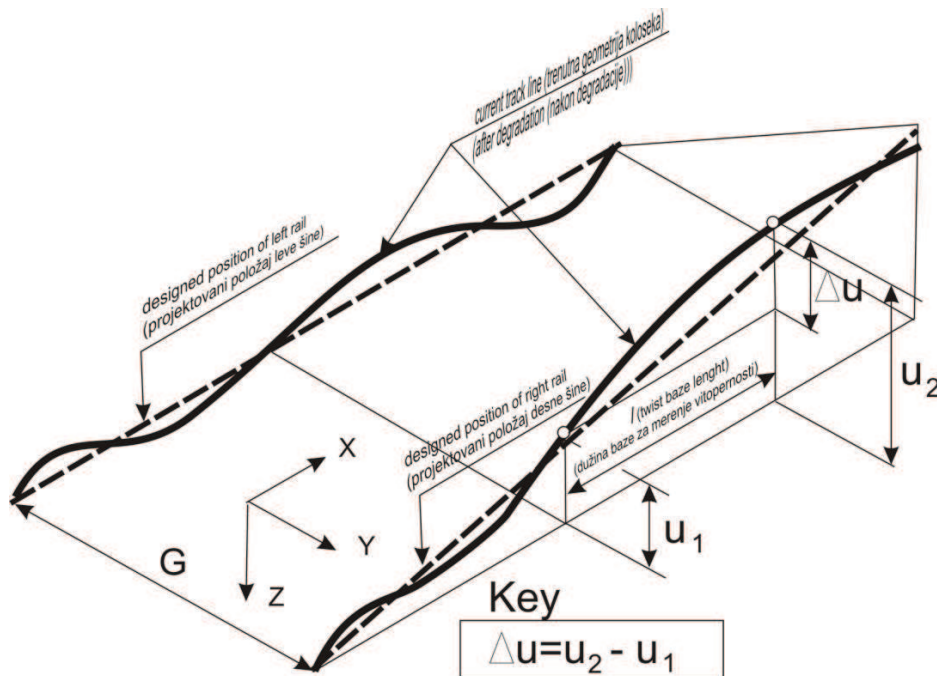
Wavelength ranges D1, D2 and D3 of alignment shall be considered.

3.4 Cross level

Cross level was defined in [1] as the difference in height of the adjacent running tables calculated from the angle between the running surface and a horizontal reference plane (Figure 9).

3.5 Vitopernost

Vitopernost je promena nadvišenja na datom rastojanju duž koloseka [1]. U skladu sa [1], vitopernost se definiše “kao algebarska razlika dva nadvišenja Δu na datom rastojanju l ”. Vitopernost je kritičan problem u prelaznim krivinama (slika 10).



Slika 10. Vitopernost u prelaznoj krivini
Figure 10. Twist in transition curve

3.5 Twist

Twist is the variation in cross level over a given distance along the track [1]. According to [1], twist was defined “as the algebraic difference between two cross levels Δu taken a given distance l ”. Twist is a critical issue in transition curves (Figure 10).

4 KVALITET GEOMETRIJE KOLOSEKA

Praktična i teorijska razmatranja su pokazala da svi parametri geometrije koloseka imaju uticaj na odziv vozila. Drugim rečima, da bi se definisao kvalitet geometrije koloseka, neophodno je izabrati i kombinovati značajne geometrijske parametre za kolosek i odrediti pragove za bezbednost uzimajući u obzir aspekt interakcije koloseka i vozila. Posledica toga je da bi neke kombinacije parametara geometrije koloseka mogle imati jak uticaj na odziv vozila.

4.1 Nivoi kvaliteta geometrije koloseka

EN standard [5] razmatra uticaje individualnih parametara geometrije koloseka (odstupanje visine, odstupanje smera, vitopernost i širina koloseka) koji su definisani u [1] na odziv vozila i definiše tri glavna nivoa kvaliteta geometrije koloseka kao funkciju brzine, kao što sledi: granica hitne intervencije (IAL), granica intervencije (IL) i granica upozorenja (AL). Prekoračenje propisane IAL – vrednosti zahteva preduzimanje mera za redukovanje rizika od iskliznuća na prihvatljiv nivo. Ove mere uključuju zatvor pruge, redukovanje brzine ili korigovanje geometrije koloseka.

4 TRACK GEOMETRY QUALITY

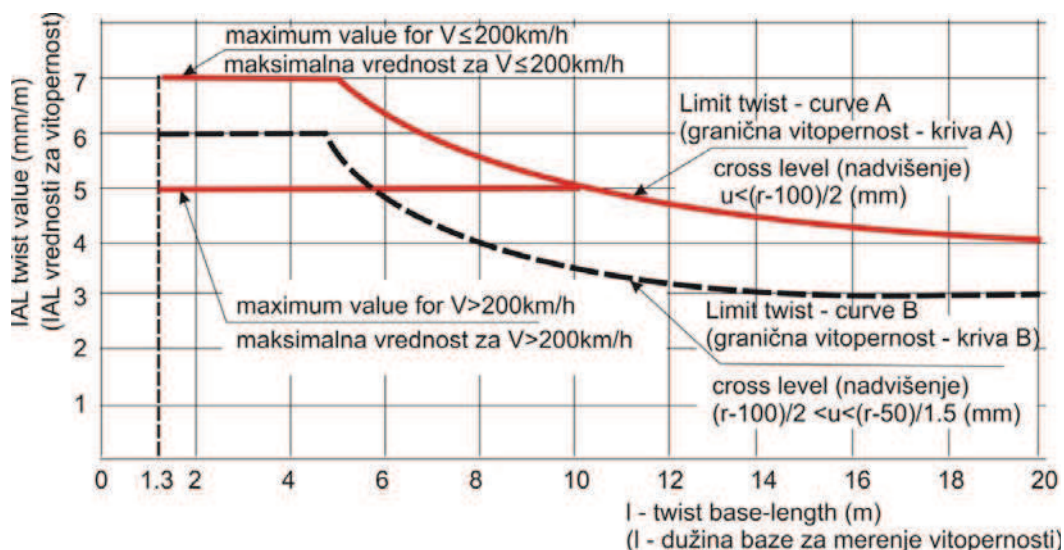
Experience and theoretical considerations have shown that all track geometry parameters have an influence on the vehicle response. In other words, to define track geometry quality, it is necessary to choose and combine significant geometrical parameters of the track and determine thresholds for safety taking into account the track/vehicle interaction aspects. Consequently, certain combinations of track geometry parameters may have a strong influence on the vehicle response.

4.1 Track geometric quality levels

EN standard [5] considers the influences of individual track geometry parameters (longitudinal level, alignment, twist and track gauge) which are defined in [1] on vehicle response and defines three main levels of the track geometric quality as a function of speed, as follows: Immediate Action Limit (IAL), Intervention Limit (IL) and Alert Limit (AL). Exceeding of normative IAL – values requires taking measures to reduce the risk of derailment to an acceptable level. These measures include closing the line, reducing speed or correction of track geometry.

Standard [5] ne daje IAL vrednosti za nadvišenje zato što je rizik u vezi nadvišenja tesno povezan sa vitopernošću i nedostatkom nadvišenja (slika 11).

Standard [5] fails to provide IAL values for cross level because the risk associated with a cross level defect is closely tied to twist and cant deficiency (Figure 11).



Slika 11. Vitopernost – IAL – izolovane greške [5]
Figure 11. Twist – IAL – Isolated defects [5]

Informativni aneks A standarda [5] razmatra uticaj parametara geometrije koloseka na odziv vozila i bezbednost (Tabela 2).

An informative Annex A of standard [5] considers the influence of track geometry parameters on vehicle response and safety (Table 2).

Tabela 2. Odnos odziva vozila i parametara geometrije koloseka [5]
Table 2. Relationship between vehicle response and track geometry parameters [5]

Vehicle response Odziv vozila (forces and accelerations) (sile i ubrzanja)	Track parameters according to EN 13848-1 [1] Parametri koloseka u skladu sa EN 13848-1 [1]			
	Track gauge Širina koloseka	Longitudinal level Vertikalno odstupanje	Twist/cross level Vitopernost/nadvišenje	Alignment Odstupanje smera koloseka
Lateral forces Y Bočne sile Y	●		●	●
Vertical forces Q Vertikalne sile Q		●	●	●
Lateral accelerations Bočna ubrzanja			●	●
Vertical accelerations Vertikalna ubrzanja		●		
Y/Q	●	●	●	●

Odnos Y/Q (Tabela 2) utiče na rizik iskliznuća u vezi sa penjanjem venca točka na glavu šine. Tabela 2 pokazuje da odnos bočne i vertikalne sile zavisi od svih parametara koloseka prema [1].

Treba napomenuti da Tehnički uslovi interoperabilnosti za podsistem "Infrastruktura" trans-evropskog konvencionalnog železničkog sistema [8] definiše, takođe, IAL-vrednosti za vitopernost, širinu koloseka, nadvišenje, ali ne i za odstupanje visine i

The ratio Y/Q (Table 2) influences the risk of derailment, corresponding to wheel flange climbing onto the rail head. Table 2 shows that relationship between lateral and vertical forces depends on all the track parameters according to [1].

It should be noted that Technical specification for interoperability relating to the subsystem "Infrastructure" of the trans-European conventional rail system [8] also sets IAL-values for twist, track gauge, cant, but not for

odstupanje smera. Dalje, TSI [8] definiše IAL-vrednosti za srednju širinu koloseka na dužini od 100 m za kontrolu ekvivalentne koničnosti.

Tabela koja sledi (Tabela 3) upoređuje granične vrednosti za širinu koloseka definisane u [5] i [8]. Tabela 3 prikazuje sledeći paradoks: TSI - vrednosti su strožije od EN - vrednost za IALmin. To je zato što su EN 13848-5: IAL vrednosti zasnovane na evropskoj anketi praktičnih iskustava o granicama bezbednosti.

longitudinal level and alignment. Further, TSI [8] sets IAL-values for mean track gauge over 100 m of track for controlling equivalent conicity.

The following table (Table 3) compares limit values of gauge defined in [5] and [8]. Table 3 shows the following paradox: TSI – values are stricter than EN-values for IALmin. It is because EN 13848-5 IAL values are based on a European survey of the practice in terms of safety limits.

Tabela 3. Poređenje IAL vrednosti za širinu koloseka u skladu sa EN 13848-5 [5] sa graničnim vrednostima prema TSI [8]

Table 3. Comparison of track gauge – IAL according to EN 13848-5 [5] with limit values according to TSI [8]

Speed Brzina [km/h]	Track gauge – IAL IAL za širinu koloseka Nominal to peak value of isolated defects according to EN 13848-5 [5] Vrednosti od nominalne do vršne vrednosti izolovane greške prema EN 13848-5 [5]		Track gauge – IAL IAL za širinu koloseka Nominal to peak value of isolated defects according to TSI [8] Vrednosti od nominalne do vršne vrednosti izolovane greške prema TSI [8]	
	Minimum [mm]	Maximum [mm]	Minimum [mm]	Maximum [mm]
V≤80	-11	+35	-9	+35
80<V≤120	-11	+35	-9	+35
120<V≤160	-10	+35	-8	+35
160<V≤200	-7	+28	-7	+28
200<V≤230				
230<V≤300	-5	+28		

EN 13848-5 utvrđuje informativne IL i AL - vrednosti koje su date u intervalu (min-max) za sve glavne parametre geometrije koloseka koji su definisani u [1]. Informativne IL i AL-vrednosti koje su definisane u [5] odražavaju uobičajenu praksu većine evropskih uprava infrastrukture. Ipak, svaki Upravljač infrastrukture treba da definiše sopstvene granične vrednosti za parametre koloseka na mreži uzimajući u obzir karakteristike gometrijskog oblika projektovane trase i način građenja, kao i karakteristike saobraćaja. Upravljač infrastrukture definiše politiku održavanja za svoju mrežu. Ta politika može biti usmerena:

- samo na osiguranje bezbednosti saobraćaja,
- na dostizanje dobrog kvaliteta vožnje i/ili manje troškove životnog ciklusa i/ili atraktivne usluge uz obavezno osiguranje bezbednosti u svakoj od pomenutih opcija.

Usvojena politika održavanja utiče na kvalitet vožnje vozila i dinamičko opterećenje koloseka, radove i troškove održavanja, kao i troškove održavanja vozila.

Glavni problem je što standard [5] razmatra izolovane greške bez razmatranja njihovog oblika, brzine promene, njihovog rasporeda (redosled i položaj), kombinacije defekata različitih tipova, projektovanu geometriju koloseka (horizontalna zakrivljenost, manjak ili višak nadvišenja), uticaj opterećenja od vetra, geometriju dodira točka i šine (uključujući ekvivalentnu koničnost), tip i konstrukciju vozila i strategiju održavanja. Nabrojani uticaji bi mogli da pogoršaju reakciju vozila na lokalne greške geometrije koloseka.

EN 13848-5 sets informative IL- and AL-values that are given as a range (min-max) for all principal track geometric parameters defined in [1]. Informative IL- and AL-values that were given in [5] reflect the common practice of the most European infrastructure managers. However, each infrastructure manager should set his own limit values of track parameters for network taking into account characteristics of alignment design and construction rules, as well as the characteristics of the traffic. The infrastructure manager establishes maintenance policy for his own network. This policy can be directed at:

- ensuring traffic safety alone, or
- achieving good ride quality, and/or lower life cycle costs, and/or more attractive services, all in addition to safety.

Established maintenance policy influences vehicle ride quality and dynamic loading of the track, track geometry maintenance works and costs, as well as vehicle maintenance cost.

The main issue is that standard [5] considers isolated defects without considering their shape, rate of change, sequence (order and location), combinations of defects of different type, designed track geometry (horizontal curvature, cant deficiency or cant excess), influence of wind loads, wheel-rail contact geometry (including equivalent conicity), type and condition of vehicles, and maintenance strategy. Listed influences may worsen the reaction of the vehicle on a local defect of track geometry.

4.2 Ocena kvaliteta geometrije koloseka

Neophodno je da se standardizuje procedura za ocenu kvaliteta geometrije koloseka širom evropske železničke mreže. Sve standardizovane procedure za ocenu moraju biti zasnovane na parametrima u skladu sa EN 13848-1 [1], zato što su izlazni rezultati merenja pomoću vozila za snimanje geometrije koloseka zasnovani na tim parametrima.

Nacrt standarda prEN 13848-6 [6] je u razvoju i definiše indeks kvaliteta (TQI) kao vrednost koja određuje kvalitet koloseka na deonici koloseka u skladu sa parametrima i metodama merenja u skladu sa serijom standarda EN 13848 [1-5]. Indeksi kvaliteta koloseka i brzina na deonici koloseka su osnova za definisanje klase kvaliteta koloseka (TQC).

Standardna devijacija je jedan od najrasprostranjenijih TQI koji se koristi na železničkoj mreži. Ona pokazuje raspodelu signala na deonici koloseka u odnosu na srednju vrednost signala na posmatranoj deonici. Standardna devijacija je mera rasipanja skupa izmerenih podataka (vrednosti signala) u odnosu na njihovu srednju vrednost. Ovaj indeks kvaliteta je definisan poznatom formulom (2).

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \quad (2)$$

gde je:

SD – standardna devijacija,
 x_i – trenutna vrednost mernog signala,

\bar{x} – srednje vrednost signala,
 N – broj vrednosti.

Standardna devijacija se normalno koristi kao indeks kvaliteta za vertikalno odstupanje (interval talasnih dužina D1: $3 \text{ m} < \lambda \leq 25 \text{ m}$) i odstupanje smera (interval talasnih dužina D1). Pored toga, može da se koristi za vitopernost, širinu koloseka, nadvišenje, vertikalno odstupanje (interval talasnih dužina D2: $25 \text{ m} < \lambda \leq 70 \text{ m}$), i odstupanje smera (interval talasnih dužina D2).

Standardna devijacija za vertikalno odstupanje ili odstupanje smera se računa odvojeno za svaku šinu. To je preporučeni postupak. Pored toga, može se računati drugačije: srednja vrednost za obe šine, bolja ili gora šina, ili spoljna šina u krivini.

Takođe, broj grešaka po jedinici dužine koloseka se obično koristi kao indeks kvaliteta za sledeće parametre: odstupanje visine (interval talasnih dužina D1), odstupanje smera (interval talasnih dužina D1), vitopernost, širina koloseka i nadvišenje. Pored toga, može se koristiti za odstupanje visine (interval talasnih dužina D2) i odstupanje smera (interval talasnih dužina D2).

Jedan od indeksa kvaliteta TQI železničke mreže se može računati kao kombinacija standardnih devijacija individualnih geometrijskih parametara pomnoženih težinskim koeficijentima. Ovaj indeks kvaliteta se definiše formulom (3).

$$CoSD = \sqrt{w_{AL} \cdot SD_{AL}^2 + w_G \cdot SD_G^2 + w_{CL} \cdot SD_{CL}^2 + w_{LL} \cdot SD_{LL}^2} \quad (3)$$

4.2 Evaluation of track geometry quality

It is necessary to standardize the procedure for evaluation of track geometry quality across the European rail network. All standardized evaluation procedures should be based on the parameters according to EN 13848-1 [1], because the outputs of the track geometry recording vehicles are based on these parameters.

Draft version of standard prEN 13848-6 [6] is under development and defines a track quality index (TQI) as a value that characterizes the track quality of a track section according to parameters and measurement methods according to EN 13848 Series [1-5]. Track quality indices and speed on the track section are a basis for defining the track quality class (TQC).

The standard deviation is one of the most widely used TQIs of railway networks. It shows the distribution of the signal on the track section, in relation to the average value of the signal over the observed section. Standard deviation is the measure of dispersion of a set of measured data (values of the signal) from its mean value. This quality index is defined by well-known Equation (2).

where:

SD - standard deviation,
 x_i - the current value of the measured signal,

\bar{x} - the average value of the signal,
 N - number of measured values.

Standard deviation as track quality index is commonly used for longitudinal level (wavelength range D1: $3 \text{ m} < \lambda \leq 25 \text{ m}$) and alignment (wavelength range D1). Further, it can be used for twist, track gauge, cross level, longitudinal level (wavelength range D2: $25 \text{ m} < \lambda \leq 70 \text{ m}$), and alignment (wavelength range D2).

Standard deviation of longitudinal level or alignment is calculated separately for each rail. This is the recommended procedure. Furthermore, it can be calculated differently: by mean value of two rails, best or worst of the rails, or outer rail in curves.

In addition, the number of defects per unit of track length as track quality index is usually used for the following parameters: longitudinal level (wavelength range D1), alignment (wavelength range D1), twist, track gauge, and cross level. In addition, it can be used for longitudinal level (wavelength range D2) and alignment (wavelength range D2).

One of TQI values for railway network can be calculated as combination of weighted standard deviations of individual geometric parameters. This quality index is defined by Equation (3).

gde je:

CoSD – kombinacija standardnih devijacija pomnoženih težinskim koeficijentima za svaki individualni geometrijski parametar (srednja vrednost odstupanja smera (AL) za obe šine, širina koloseka (G), nadvišenje (CR) i srednja vrednost odstupanja visine (LL) za obe šine),

w – težinski koeficijent za individualni geometrijski parametar.

Slično, standardna devijacija kombinacije parametara geometrije koloseka može da se koristi za ocenu kvaliteta geometrije koloseka. Ovo je zasnovano na opažanju da bi vrednost kombinovanog signala mogla bolje da odražava ponašanje vozila u odnosu na individualni signal.

Postupak ubrzanja materijalne tačke (PMA), analiza odziva vozila (VRA), direktno merenje odziva vozila i analiza gustina spektra snage (PSD) se takođe koriste kao TQI za železničku mrežu.

prEN 13848-6 definiše klase kvaliteta koloseka (TQC) kao standardnu devijaciju za odstupanje visine i odstupanje smera za pet intervala brzina: $V \leq 80$ km/h, 80 km/h < $V \leq 120$ km/h, 120 km/h < $V \leq 160$ km/h, 160 km/h < $V \leq 230$ km/h, 230 km/h < $V \leq 300$ km/h.

Za svaki interval brzina daje se pet klasa rangiranih A (dobar) do E (loš) za odstupanje visina i odstupanje smera.

U ovom standardu [6], definicije TQC-a su zasnovane na kumulativnoj raspodeli frekvencije prosečnih vrednosti pomnoženih težinskim koeficijentima za svaku od 13 mreža koje su učestvovala u evropskoj anketi kvaliteta. U evropskoj anketi kvaliteta koloseka učestvovala su sledeće mreže: Austrija (ÖBB-Infrastruktur), Belgija (Infrabel), Republika Češka (SŽDC), Danska (Rail Net Denmark), Finska (FTA), Francuska (SNCF / RFF), Nemačka (DB Netz), Italija (RFI), Holandija (ProRail), Portugalija (REFER), Švajcarska (SBB), Švedska (Trafikverket) i Velika Britanija (NetworkRail).

Pet TQC-a je definisano, kao što sledi:

- klasa A – najboljih 10% raspodele evropskog kvaliteta koloseka,
- klasa B - između 10% i 30% raspodele evropskog kvaliteta koloseka,
- klasa C - između 30% i 70% raspodele evropskog kvaliteta koloseka,
- klasa D - između 70% i 90% raspodele evropskog kvaliteta koloseka,
- klasa E – predstavlja najgorih 10% raspodele.

Slika 12 ilustruje metod za određivanje klase kvaliteta koloseka TQC, koji je zasnovan na TQI, u opštem slučaju. Referentni TQI se mogu odnositi na standardnu devijaciju za odstupanje smera ili standardnu devijaciju za odstupanje visine (slika 13).

Na slici 13 su takođe predstavljeni nivoi kvaliteta geometrije koloseka QN1 i QN2 koji su zasnovani na kriterijumima održavanja koloseka. U skladu sa [7], nivo kvaliteta QN1 zahteva osmatranje deonice koloseka ili preduzimanje mera održavanja u okviru normalnog plana rada, dok nivo kvaliteta QN2 zahteva primenu kratkoročnih mera održavanja. Propisane vrednosti za nivo kvaliteta geometrije koloseka QN2 su definisane u [7].

where:

CoSD - combination of weighted standard deviations of individual geometric parameters (average value of alignment (AL) of both rails, gauge (G), cross level (CR) and average value of longitudinal level (LL) of both rails),
w - weighted factor of the individual geometrical parameter.

Similarly, the standard deviation of the combination of track geometry parameters can be used for evaluation of track geometry quality. This is based on the observation that the size size of the combined signals may better reflect the vehicle behaviour than the individual signals.

Point mass acceleration process (PMA), vehicle response analysis (VRA), direct measurements of the vehicle response, and power spectral density (PSD) analysis are also used for TQIs of railway networks.

prEN 13848-6 defines Track Quality Classes (TQC) as standard deviation for both longitudinal level and alignment according to five speed ranges: $V \leq 80$ km/h, 80 km/h < $V \leq 120$ km/h, 120 km/h < $V \leq 160$ km/h, 160 km/h < $V \leq 230$ km/h, 230 km/h < $V \leq 300$ km/h.

For each speed range five classes are given, ranging from A (good) to E (poor) for both, longitudinal level and alignment.

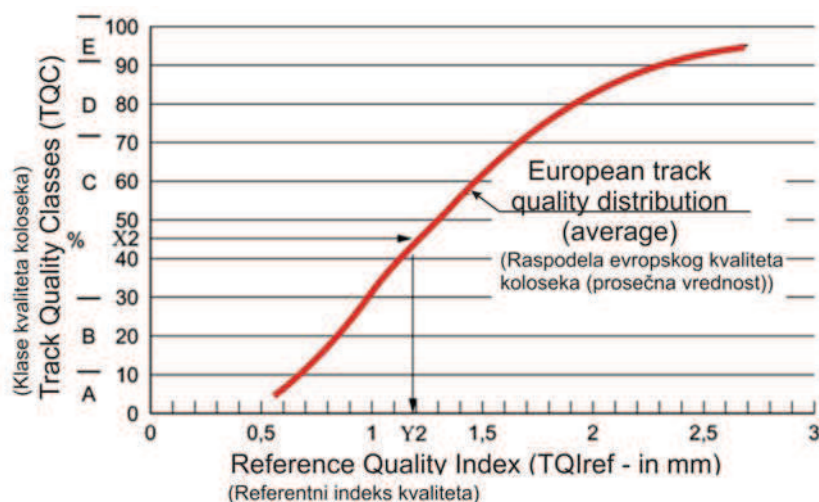
In this standard [6], the definitions of the TQCs are based on the cumulative distribution of frequency of the weighted average of 13 networks that have participated in the European track quality survey. Participating networks in European track quality survey were: Austria (ÖBB-Infrastruktur), Belgium (Infrabel), Czech Republic (SŽDC), Denmark (Rail Net Denmark), Finland (FTA), France (SNCF / RFF), Germany (DB Netz), Italy (RFI), Netherlands (ProRail), Portugal (REFER), Switzerland (SBB), Sweden (Trafikverket), and United Kingdom (NetworkRail).

The five TQCs are defined as follows:

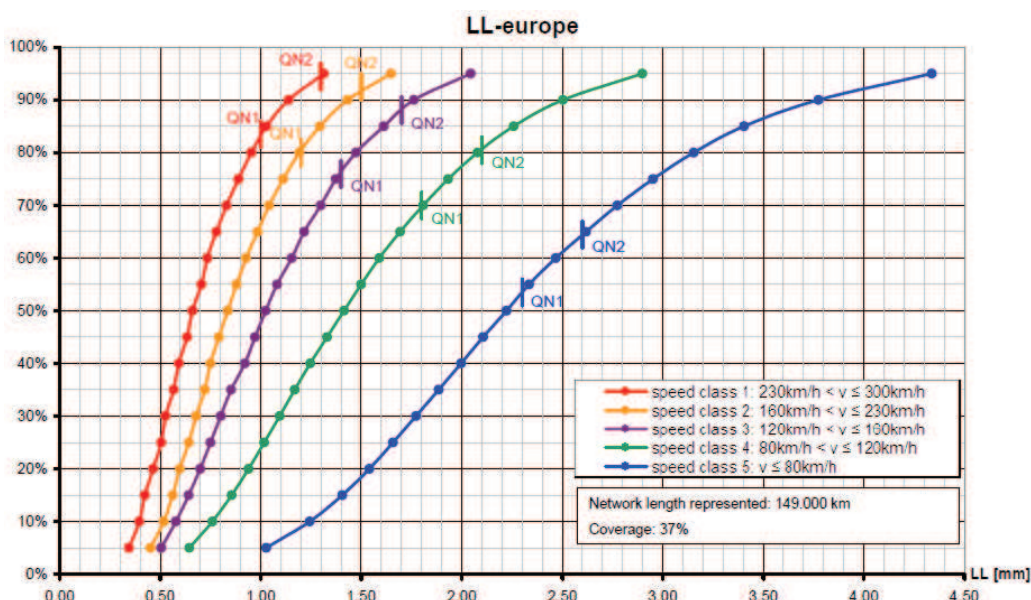
- Class A – the best 10% of the distribution of European track quality,
- Class B - between 10% and 30% of the distribution of European track quality,
- Class C - between 30% and 70% of the distribution of European track quality,
- Class D - between 70% and 90% of the distribution of European track quality,
- Class E - represents the worst 10% of the distribution.

Figure 12 illustrates the method of determining the track quality classes TQCs based on the reference TQI in the general case. Reference TQIs may refer to standard deviation for alignment or standard deviation for longitudinal level (Figure 13).

Figure 13 also presents track geometry quality level QN1 and QN2 based on track maintenance criteria. According to [7], quality level QN1 requires observation of a track section or taking maintenance measures within the frame of normal operations schedule, while quality level QN2 requires taking short-term maintenance measures. Values of track geometry quality level QN1 and QN2 to be respected are defined in [7].



Slika 12. Određivanje klasa kvaliteta koloseka TQC [6]
 Figure 12. Determination of the track quality classes TQCs [6]



Slika 13. Kumulativna raspodela frekvencije za standardnu devijaciju vertikalnog odstupanja
 Figure 13. Longitudinal level – cumulative distribution of frequency of standard deviation

5 ZAKLJUČAK

Harmonizacija tehničke regulative u oblasti železničke infrastrukture u Republici Srbiji i usvajanje evropskih standarda za oblast "Primene na železnici" su u toku. Evropski komitet za standardizaciju je kreirao grupu standarda EN 13848 - Primene na železnici - Kolosek - Kvalitet geometrije koloseka, koju čini šest delova. Cilj kreiranja ove grupe standarda je definisanje jedinstvenog pristupa za ocenu kvaliteta geometrije koloseka različitih evropskih železničkih infrastruktura. Institut za standardizaciju Srbije je usvojio i publikovao pet od šest delova ove grupe standarda. Sa druge strane, postojeća železnička regulativa u Srbiji nije harmonizovana sa regulativom Evropske Unije. Očekuje se povezivanje tehničke regulative za održavanje želez-

5 CONCLUSION

Harmonization of the technical regulation in the area of railway infrastructure in the Republic of Serbia and the adoption of the European standards in sector "Railway applications" are in progress. European Committee for Standardization has created a group of standards EN 13848 - Railway applications – Track – Track geometry quality, which consists of six parts. The objective of creation of this group of standards is to define a unique approach for the evaluation of track geometry quality of various European railway infrastructures. The Institute for Standardization of Serbia has adopted and published five out of six parts of this group of standards. On the other hand, the existing Serbian railway regulations are still uncoordinated with those of the European Union. The

ničke infrastrukture u Srbiji sa standardima iz serije EN 13848 u što skorije vreme. U suprotnom, usvojeni standardi SRPS EN 13848 ne bi mogli da se primenjuju u praksi.

Razmatranja u ovom radu su deo napora da se kvantifikuje evropski kvalitet koloseka.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije kroz Tehnološki projekat broj 36012: "Istrežavanje tehničko-tehnološke, kadrovske i organizacione osposobljenosti Železnica Srbije sa aspekta sadašnjih i budućih zahteva Evropske Unije" i Projekat međunarodne saradnje Slovačke i Srbije broj 680-00-140/2012-09/10: "Rekonstrukcija i revitalizacija železničke infrastrukture u skladu sa regionalnim razvojem".

6 LITERATURA REFERENCES

- [1] CEN: EN 13848-1:2003 - Railway applications - Track - Track geometry quality - Part1: Characterization of track geometry
- [2] CEN: EN 13848-2:2006 - Railway applications - Track - Track geometry quality - Measuring systems - Track recording vehicles
- [3] CEN: EN 13848-3:2009 - Railway applications - Track - Track geometry quality - Part 3: Measuring systems - Track construction and maintenance machines
- [4] CEN: EN 13848-4:2010 - Railway applications - Track - Track geometry quality - Part 4: Measuring systems - Manual and lightweight devices
- [5] CEN: EN 13848-5:2008 - Railway applications - Track - Track geometry quality - Part 5: Geometric quality levels
- [6] CEN: prEN 13848-6:2012 - Railway applications - Track - Track geometry quality - Part 6: Characterisation of track geometry quality
- [7] CEN: EN 14363 - Railway applications - Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles - Testing of running behaviour and stationary tests
- [8] EC: 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
- [9] Plasser & Theurer: The new generation of track recording cars, Today, Issue 111, pp.06-08, 2013.
- [10] Popović, Z., Milosavljević, L., Lazarević, L.: Harmonization of technical regulations in the area of railway track maintenance, The 3rd International Scientific and Professional Conference CORRIDOR 10 - a sustainable way of integrations, pp. 50-60, Belgrade, October 25, 2012
- [11] Z. Popovic: Interoperability and standardization of railway infrastructure of Serbian railways, Railway Technical Review, Hamburg, ISSUE 4/2007, Volume 47, pp. 6-9
- [12] The Republic of Serbia: Law on Railway ("Official Gazette of the Republic of Serbia " No. 45/2013)
- [13] www.iss.rs (September 2013.)
- [14] Jovanović, R., Simić, G., Milutinović, D., Popović, Z., Puzavac, L.: Studija odnosa točak-šina i osnove za izmjene i dopune regulative željeznica BiH u toj oblasti, Projekat pružanja tehničke pomoći nadležnim organima za željeznice u željezničkom sektoru BiH u procesu harmonizacije propisa za održavanje željezničke infrastrukture i mobilnih kapaciteta sa Direktivama EU, Bosna i Hercegovina, 2010

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia through the research project No. 36012: "Research of technical-technological, staff and organisational capacity of Serbian Railways, from the viewpoint of current and future European Union requirements" and joint Slovak - Serbian project No. 680-00-140/2012-09/10: "Reconstruction and revitalization of railway infrastructure in accordance with regional development"

REZIME

HARMONIZACIJA EVROPSKOG KVALITETA KOLOSEKA

Zdenka POPOVIĆ
Luka LAZAREVIĆ
Isidora PANČIĆ
Filip TRPČEVSKI

Ovaj rad se bavi definisanjem geometrije koloseka, sistemima merenja i snimanja koloseka, kao i nivoima kvaliteta geometrije koloseka. Predstavljani su pravni okvir i trenutno stanje u oblasti harmonizacije tehničke regulative za geometriju koloseka u Republici Srbiji. Naročito, rad razmatra seriju evropskih EN 13848 (deo 1-6). Analizirani su glavni parametri geometrije koloseka prema EN 13848-1, nivoi kvaliteta geometrije koloseka prema EN 13848-5, kao i ocenjivanje kvaliteta geometrije koloseka u skladu prEN 13848-6. Cilj izrade serije evropskih standarda EN 13848 (delovi 1-6) je definisanje jedinstvenog pristupa za ocenu kvaliteta geometrije koloseka različitih železničkih infrastruktura u Evropi. Institut za standardizaciju Srbije je usvojio pet od šest delova ovog standarda. Ovaj rad je deo napora ka harmonizaciji železničke tehničke regulative u Srbiji sa regulativom Evropske Unije.

Ključne reči: železnica, geometrija koloseka, nivoi kvaliteta geometrije, interoperabilnost, harmonizacija, održavanje.

SUMMARY

HARMONIZATION OF EUROPEAN TRACK QUALITY

Zdenka POPOVIC
Luka LAZAREVIC
Isidora PANCIC
Filip TRPCEVSKI

This paper deals with characterisation of track geometry, track measuring and recording system, as well as geometric quality levels. The legal framework and state of the art in the field of harmonization of track geometry technical regulation in the Republic of Serbia were presented. In particular, the paper discusses the European standard EN 13848 Series (Parts 1-6). Principal track geometric parameters were analyzed according to EN 13848-1. Track geometric quality levels were examined according to EN 13848-5. The evaluation of track geometry quality according to prEN 13848-6 was analyzed as well. The objective of creation of the European standard EN 13848 Series (Parts 1-6) was defining a unique approach for the evaluation of track geometry quality of various European railway infrastructures. The Institute for Standardization of Serbia has adopted and published five of six parts of this standard. This paper is a part of an effort to harmonize the Serbian railway technical regulations with those of the European Union.

Key words: railway, track geometry, geometric quality levels, interoperability, harmonization, maintenance.