

# Posebna oštećenja tračnica na skretnicama

Branko Pollak, Goran Antun Bajić

## Ključne riječi

tračnica,  
skretnica,  
vozna površina tračnice,  
oštećenja tračnica,  
sigurnost prometa,  
ispitivanje

B. Pollak, G. A. Bajić

Prethodno priopćenje

## Posebna oštećenja tračnica na skretnicama

Opisana su posebna oštećenja na voznoj površini tračnica, uočena na skretnicama ugrađenim na mreži Hrvatskih željeznica. Detaljnije je prikazan prolaz osovinog sklopa na dijelu prevodničkog uređaja te na dijelovima skretnice gdje tračnice nisu pričvršćene na podlogu. Izneseni su mogući uzroci nastanka posebnih oštećenja te utjecaj tih oštećenja na sigurnost prometa. Načelno je predložen i mogući postupak praćenja i ispitivanja kojim bi se moglo doći do sigurnijih zaključaka.

## Key words

rail,  
switch,  
contact face of the rail,  
rail damage,  
traffic safety,  
testing

B. Pollak, G. A. Bajić

Preliminary note

## Special rail damage at switches

Special type of damage to contact faces of rails, as observed on switches installed within the network of Croatian railways, are described. The passage of axle assembly over a portion of the switching device and over switch portions where rails are not fixed to the base, are presented in more detail. Possible causes of such special damage are presented and the influence of such damage to traffic safety is analyzed. A general testing and monitoring procedure that could lead to more accurate conclusions is proposed.

## Mots clés

rail,  
aiguillage,  
table de roulement  
du rail,  
détériorations des rails,  
sécurité du trafic,  
essais

B. Pollak, G. A. Bajić

Note préliminaire

## Détériorations particulières des rails au niveau des aiguillages

L'article décrit les détériorations particulières sur la table de roulement du rail, constatées sur les aiguillages montés dans le réseau des Chemins de fer croates. On présente plus en détail le passage d'un bogie du dispositif d'aiguillage et des aiguilles aux endroits où les rails ne sont pas fixés sur le support. On énumère les causes probables des détériorations particulières, et on décrit l'influence de ces détériorations sur la sécurité du trafic. On propose aussi une méthode possible de suivi et d'essais qui permettraient de parvenir à des conclusions plus précises.

## Ключевые слова

рельс,  
стрелка,  
повреждения рельсов,  
надёжность движения,  
испытание

Б. Поллак, Г. А. Баич

Предварительное сообщение

## Особые повреждения рельсов на стрелочных стрелках

В работе описаны особые повреждения на проезжей поверхности рельсов (шин), обнаруженные на стрелках, встроенных на сети Хорватских железных дорог. Детальнее показан проход осевого узла на части переводного устройства, а также на частях стрелки, где рельсы не закреплены за основание. Вынесены возможные причины возникновения особых повреждений, а также влияние тех повреждений на надёжность движения. Принципиально предложен и возможный способ наблюдения и испытания, с помощью которого была бы возможность дойти до более надёжных заключений.

## Schlüsselworte:

Schiene,  
Weiche,  
Schienenfahrfläche,  
Schienenbeschädigungen,  
Verkehrssicherheit,  
Untersuchung

B. Pollak, G. A. Bajić

Vorherige Mitteilung

## Besondere Schienenbeschädigungen an Weichen

Beschrieben sind besondere Beschädigungen an der Schienenfahrfläche, die an den Weichen im Netz der Kroatischen Eisenbahnen wahrgenommen worden waren. Detailliert beschreibt man die Durchfahrt des Achsengefüges am Teil der Übergangseinrichtung, sowie an den Teilen der Weiche wo die Schienen nicht an der Unterlage befestigt sind. Dargelegt sind mögliche Ursachen der Entstehung besonderer Beschädigungen und der Einfluss dieser Beschädigungen auf die Verkehrssicherheit. Grundlegend ist ein mögliches Verfahren der Besichtigung und Untersuchung vorgeschlagen, wodurch man zu sichereren Schlüssen gelangen könnte.

Autori: Prof. dr. sc. **Branko Pollak**, dipl. ing. građ., mr. sc. **Goran Ante Bajić**, dipl. ing. građ., Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Zagreb, Kačićeva 26

## 1 Uvod

U novije su se vrijeme otprilike od 1990. god. u stručnoj literaturi počeli učestalije pojavljivati napisi koji su vezani uz pojavu posebnog oštećenja na voznoj površini tračnica. Oštećenja se manifestiraju kao "naprsline" koje se nalaze na unutarnjoj polovici vozne površine glave tračnice, a usmjerena su pod približno 45° prema sredini kolosijeka – gledano u smjeru vožnje po kolosijeku. Oštećenja su prikazana na slici 1.



Slika 1. Oštećenja na voznoj površini tračnice

Oštećenja su također navedena i u novijem izdanju UIC-a Code 712R [5], što u prijašnjim izdanjima nije bio slučaj.

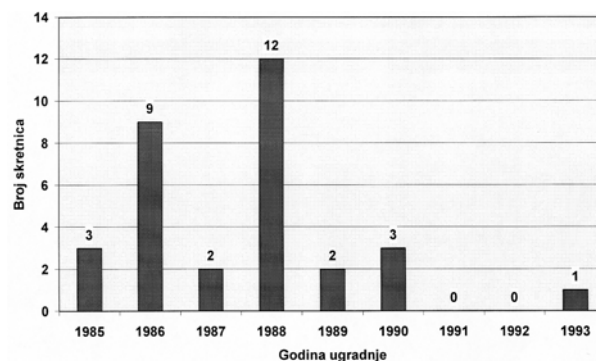
Navedena su oštećenja uočena i na tračnicama ugrađenim na prugama HŽ-a, što nas je ponukalo da se s tim problemom pozabavimo malo detaljnije. Tome je uvelike pridonijela i činjenica da su na kolosijecima HŽ-a navedene pojave uočene u znatnom broju i na skretnicama. Na dionici dvokolosiječne pruge od Strizivojne-Vrpolja do Okučana opisana su oštećenja nađena na 34 skretnice. Kako do sada u literaturi (koliko je nama poznato) navedeni problem nije nigdje detaljnije vezan uz skretnice, ovim tekstom pokušalo se pridonijeti objašnjenju te pojave, ali isključivo vezano uz specifičnosti koje se pojavljuju na skretnicama.

## 2 Opći podaci o pregledanim skretnicama

Podaci o skretnicama na kojima su uočena oštećenja:

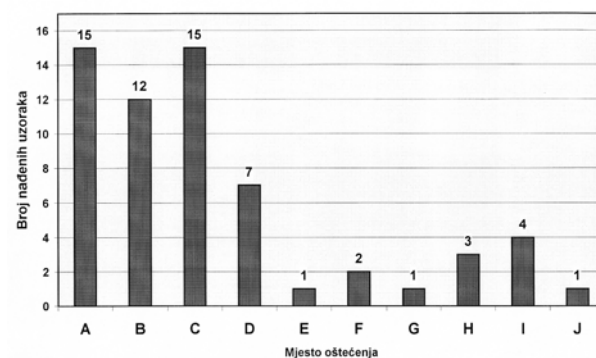
- sve pregledane skretnice nalaze se na glavnom prolaznom kolosijeku
- od evidentiranih skretnica 24 su zavarene u dugi trak tračnica, dok ih je 10 s klasičnim sastavima
- sve skretnice izrađene su od tračnica tipa UIC 60
- od evidentiranih skretnica 30 su s polumjerom odvojnog kolosijeka  $R = 300$  m, dok ih je 4 s polumjerom odvajanja  $R = 500$  m.

Sve promatrane skretnice ugrađene su u razdoblju od 1985. do 1993. godine. Broj skretnica prema godini ugradnje prikazan je na slici 2.



Slika 2. Broj pregledanih skretnica prema godini ugradnje

Interesantno je vidjeti na kojem se mjestu na skretnici pojavljuju oštećenja. Na slici 3. prikazana je učestalost pojave na pojedinim konstrukcijskim dijelovima skretnice.



- prevodnica za vožnju u pravac
- prevodnica za vožnju u skretanja
- prevodnica za vožnju u pravac u zoni drugog zatvarača
- prevodnica za vožnju u odvojak u zoni drugog zatvarača
- prevodnica na dijelu kladica (korijenskih)
- glavna naležna tračnica na početku skretnice
- glavna naležna tračnica – pravac (u zoni drugog zatvarača)
- glavna naležna tračnica – skretanja (u zoni drugog zatvarača)
- međutračnica za vožnju u pravac
- vozna tračnica srčišta – pravac (uz vodilicu)

Slika 3. Mjesta na kojima su uočena oštećenja

Može se uočiti da pojavnost oštećenja nije ravnomjerna na svim tračnicama u skretnici. Od evidentiranih mjesta 92% oštećenja pojavljuje se na tračnicama u prevodničkom uređaju. Na ostalim tračnicama u skretnici (međutračnice i srčište) pojava je prisutna sa svega 8%. Samo na prevodnice u odnosu prema ukupnom broju evidentiranih oštećenja otpada 82%. U odnosu prema oštećenjima koja su prisutna na prevodničkom uređaju na prevodnice otpada 89%, dok na oštećenja glavnih naležnih tračnica otpada svega 11%.

Također je uočljiva velika razlika pojave oštećenja na tračnicama koje služe za vožnju u pravac (zastupljene su

sa 69%), u odnosu prema tračnicama koje služe za vožnju u odvojak-skretanje (zastupljene su sa 31%).

Tračnice na kojima su uočena oštećenja su različitih proizvođača i razne kakvoće (tablica 1.).

Tablica 1. Proizvođači i kakvoća tračnica na kojima su uočena oštećenja

Oznaka tračnice	Broj uzoraka s oštećenjem
DO kakvoće otporne na trošenje	24
Zenica – uobičajene kakvoće	6
Klößkner – kakvoće otporne na trošenje	6

Pojavu razmatranih grešaka nije moguće sa sigurnošću povezati s kvalitetom materijala od kojeg su tračnice izrađene kao niti s proizvođačem. Iako u tablici 1. imamo pretežno uočenu pojavu na tračnicama kvalitete otporne na trošenje, ne možemo to uzeti kao mjerodavno, jer je i broj ugrađenih takvih skretnica na glavnim prolaznim kolosijecima veći. Eventualna povezanost mogla bi se dobiti, ali uz dodatna ispitivanja i detaljnije analize.

Pri proizvodnji tračnica može se dogoditi da materijal tračnice na samoj površini nema u cijelosti ista svojstva kao i ostali dio presjeka (na to utječe tehnološki postupak pri proizvodnji). Tako je poznato da su tračnice nekih proizvođača sklonije “naboranom” trošenju vozne površine od drugih. Zbog toga se i preporučuje izvršiti “nulto” brušenje tračnica pri prvoj ugradnji. Međutim, promatrana se pojava (greške) ne može povezati s navedenom činjenicom, jer se pojavljuje i na tračnicama gdje je glava tračnice prije ugradnje “obrađena”, te je na taj način sigurno da je površinski sloj uklonjen (prevodnica na dijelu od dodira glava do početka prevodnice).

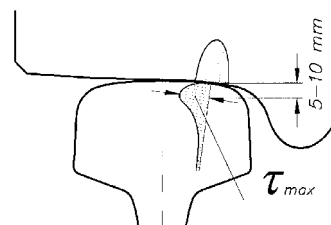
### 3 Mogući uzroci oštećenja vozne površine tračnica

Do sada nađene greške na skretnicama nisu bile uočene kao masovna pojava. Na slici 2. vidimo da su neke od pregledanih skretnica u uporabi i do 16 godina. Srednja starost promatranih skretnica u uporabi je oko 14 godina, dok su predmetna oštećenja uočena prije otprilike 5-6 godina. Ova nam činjenica pokazuje eventualnu mogućnost promjene eksploatacijskih uvjeta (brzina, osovinsko opterećenje, slijed vlakova itd.) na ponašanje tračnica u uporabi. Osim navedenog postoje i druge mogućnosti nastanka evidentiranih oštećenja na voznim površinama tračnica.

#### 3.1 Naprezanja na kontaktu kotač-tračnica

Do oštećenja na tračnicama može doći i zbog prekoračenja tangencijalnih naprezanja.

Iz slike 4. vidljivo je da se najveća tangencijalna naprezanja pojavljuju na udaljenosti od 5-10 mm od kontakta tračnica-kotač. Zna se da pri prekoračenju tangencijalnih naprezanja u uporabi dolazi do oštećenja tračnica koje je poznato kao “ljuskanje” (Shelling - [5]).



Slika 4. Naprezanja na kontaktu tračnica-kotač

U slučaju kada je oštećenje (naprslina-ljuske itd.) već prisutno, moguće je njegovo daljnje napredovanje zbog prisutnosti vode [2]. Naime, kada u naprslinu prođe voda, pri prolasku kotača dolazi do hidrauličnog pritiska, koji uvelike može utjecati na daljnje napredovanje već prisutnog oštećenja. Pri ovom razmatranju nije uzeta u obzir korozija, koja je svakako u tom slučaju prisutna. Navedena pojava, koliko smo s time upoznati, može biti znatno izraženija kada slijed opterećenja ima velike razmake (kod manjeg opsega prometa i slijedova vlakova s većim razmakom).

Iz svega već do sada navedenog možemo zaključiti da je na pregledanim skretnicama, prema našem mišljenju, prisutna kombinacija više utjecaja, te da sve slučajeve nije moguće svrstati u istu grupu oštećenja. To se može uočiti i na slici 5., gdje se vidi da se radi o nešto drugačijem oštećenju od onoga prikazanog na slici 1.

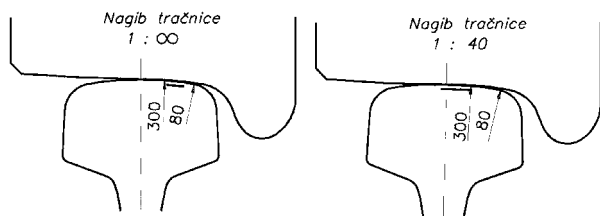


Slika 5. Posebno oštećenje na voznoj površini tračnice

#### 3.2 Nagib tračnica u kolosijeku

U kolosijeku su tračnice ugrađene pod nagibom 1:40 (po starome 1:20) u odnosu prema ravnini kolosijeka. Na skretnicama su tračnice ugrađene bez nagiba. Kako

kotači "trče" pretežno po kolosijeku s nagnutim tračnicama, sukladno tome prilagođuje se i oblik istrošenja i nalijeganja kotač-tračnica. Nailaskom na tračnice bez nagiba (skretnice) uvjeti nalijeganja se mijenjaju.



Slika 6. Nalijeganje kotač-tračnica ovisno o nagibu tračnice

Na slici 6. možemo uočiti da se polumjer vozne površine glave tračnice (čak i kod nove tračnice i novog vijenca kotača) mijenja na mjestu nalijeganja u slučaju promjene nagiba tračnice. Sukladno tome mijenjaju se i kontaktne naprezanja. Najveće tlačno naprezanje u središtu dodirne površine izračunano je prema Hertzovim formulama [1], gdje je pretpostavljeno da dodirna površina ima oblik elipse s poluosima  $a$  i  $b$ .

Odnos između koeficijenata  $\alpha$  i  $\beta$  te pomoćnog kuta  $\psi$  uzeta je prema relacijama

$$\alpha = 56,2518867 \cdot \psi^{-0,890139} \quad (1)$$

$$\beta = 0,2358994 + 0,0082243 \cdot \psi \quad (2)$$

gdje je vrijednost pomoćnog kuta  $\psi$

$$\cos \psi = \pm \frac{\frac{1}{\rho_1} - \frac{1}{\rho_2}}{\frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2}} \quad (3)$$

a najveće tlačno naprezanje u središtu dodirne površine određeno je relacijom

$$\sigma_{\max} = 1,5 \cdot \frac{P}{\pi \cdot a \cdot b} \quad (4)$$

Pri proračunu uzete su sljedeće vrijednosti:

$P$  – opterećenje po kotaču ( $P = 112500$  N)

$\mu$  - Poissonov koeficijent ( $\mu = 0,3$ )

$\rho_1$  – polumjer kotača ( $\rho_1 = 400$  mm)

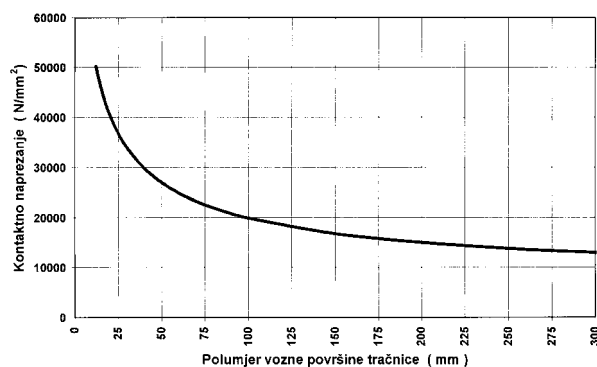
$\rho_2$  – polumjer zakrivljenosti vozne površine tračnice (vrijednost se mijenja ovisno o mjestu dodira kotača i tračnice)

$E$  – modul elastičnosti ( $E = 2,0 \cdot 10^7$  N/cm<sup>2</sup>)

Ovisnost najvećega tlačnog naprezanja i polumjera vozne površine tračnice prikazana je na slici 7.

Kontaktne su naprezanja ako se događaju na voznoj površini tračnice gdje je  $\rho_2 = 80$  mm, 1,7 puta veća, a za površinu tračnice s polumjerom  $\rho_2 = 13$  mm su 3,73 puta

veća od onih koja se pojavljuju kod dodira ako je  $\rho_2 = 300$  mm.



Slika 7. Ovisnost kontaktnog naprezanja o polumjeru vozne površine tračnice

Tablica 2. Vrijednosti najvećih tlačnih naprezanja za pojedine polumjere vozne površine tračnice

Polumjer vozne površine tračnice [mm]	Najveće tlačno naprezanje [N/mm <sup>2</sup> ]	Faktor
300	13009	1,00
80	21912	1,68
13	48565	3,73

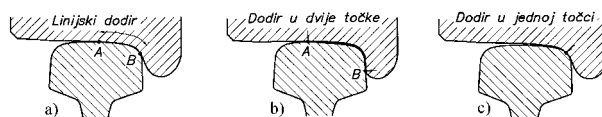
U prilog ovome razmatranju možemo navesti činjenicu da predmetna oštećenja nisu uočena na "francuskim" skretnicama, gdje tračnice u skretnici imaju nagib. Pritom ipak moramo imati na umu da su ove i napravljene od tračnica "francuske" proizvodnje te da je sigurno da određenu ulogu ima i kakvoća čelika od kojega su tračnice izrađene.

### 3.3 Mogući slučajevi kontakta kotač-tračnica

U literaturi se pri razmatranju problema kontaktnih naprezanja uzimaju u obzir [2] tri slučaja mogućeg nalijeganja kotača na voznu površinu tračnice.

Pri tome postoje mogućnosti:

- linijski dodir (slika 8.a)
- dodir u dvije točke (slika 8.b)
- dodir u jednoj točki (slika 8.c)



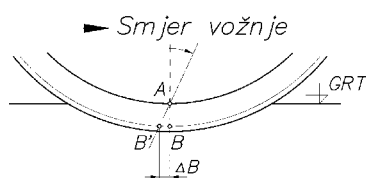
Slika 8. Mogući slučajevi kontakta kotač-tračnica

Karakteristika je dodira u jednoj točki (slika 8.c), što u točki dodira djeluju i sile nošenja vozila (opterećenje po kotaču) i sile od vođenja vozila. One se zbrajaju te je

ukupna sila koja djeluje u točki kontakta veća od slučajna kada je prisutna samo sila od nošenja vozila. Sukladno tome i kontaktna su naprezanja veća.

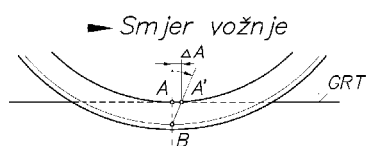
U slučaju dodira u dvije točke (slika 8.b), s malom greškom možemo ustvrditi da u točki "A" djeluju uglavnom sile nošenja vozila, dok u točki "B" djeluju uglavnom sile vođenja vozila. U ovom slučaju način kretanja kotača u odnosu na tračnicu može biti dvojak i ovisi o odnosu sile nošenja i sile vođenja te koeficijentu trenja između kotača i tračnice u pojedinim točkama dodira. Pojednostavljeno rečeno, kada je umnožak sile nošenja (koja djeluje u točki "A") s koeficijentom trenja veći od umnoška sile vođenja (koja djeluje u točki "B") s koeficijentom trenja, pomak kotača odvija se kako je to prikazano na slici 9.).

Iz slike se vidi da je trenutni pol rotacije kotača tada u točki "A". Istovremeno dolazi do "proklizavanja" točke "B" za vrijednost  $\Delta B = \overline{BB'}$  (u smjeru suprotnom od kretanja vozila).



Slika 9. Slučaj proklizavanja u točki "B"

Ako se dogodi da je umnožak sile vođenja i koeficijenta trenja u točki "B" veći od umnoška sile nošenja i koeficijenta trenja (u točki "A"), nastaje situacija koja je prikazana na slici 10. U tom je slučaju trenutni pol rotacije kotača u točki "B". To izaziva "proklizavanje" kotača po voznoj površini tračnice u točki "A" za vrijednost  $\Delta A = \overline{AA'}$ , i to u smjeru u kojem se kreće vozilo.

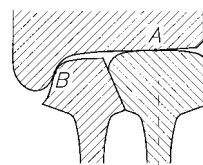


Slika 10. Slučaj proklizavanja u točki "A"

Kod linijskog dodira (slika 8.a) dolazi do kombinacije opisanih slučajeva ovisno o odnosima sila nošenja i sile vođenja vozila te o što je potpuno razumljivo, o trenutnom položaju vijenca kotača i tračnice.

U većini slučajeva greške su uočene na dijelovima skretnice gdje je "bočna" elastična konstanta (u ravnini kolosijeka okomito na uzdužnu os kolosijeka) veća od ostalog dijela kolosijeka (kolosijek je "bočno" krući). Pri naletu ispusta vijenca kotača na tako "krući" kolosijek i sila vođenja je znatno veća. To znači da postoji velika vjerojatnost da će u takvu slučaju doći do "proklizava-

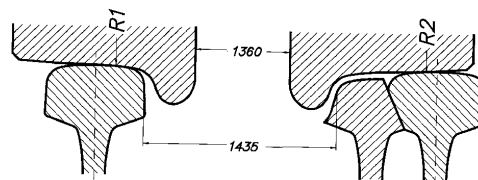
nja" (u slučaju dodira u dvije točke) u točki "A" za vrijednost " $\Delta A$ " (slika 10.). Dodir u dvije točke kod prijelaza kotača na sklopu glavna naležna tračnica-prevodnica prikazan je na slici 11.



Slika 11. Dodir u dvije točke kod prijelaza kotača na sklopu glavna naležna tračnica-prevodnica

### 3.4 Prolaz osovinskog sklopa na dijelu prevodničkog uređaja

Kako su prevodnice na svom početku visinski obrađene, kotači istog osovinskog sklopa ne kotrljaju se po istom polumjeru (slika 12.).



Slika 12. Položaj osovinskog sklopa na dijelu prevodničkog uređaja

Zbog toga lijevi i desni kotač istog osovinskog sklopa ne prevale isti put pa dolazi do zakretanja osovinskog sklopa. Veličina zakretanja osovinskog sklopa ovisi o tipu skretnice, te kod skretnice polumjera odvajanja  $R = 300$  m ono iznosi oko  $0,02^\circ$  po m'. Kako je obrađeni dio prevodnice kod skretnice  $R = 300$  m' do dodira glava dug oko 6,5 m od početka skretnice (kod skretnice UIC 60), zakretanje osovinskog sklopa može biti i  $0,15^\circ$  (ne računajući moguće eventualno vijugavo kretanje vozila već pri nailasku na skretnicu). Na taj način dolazi do pomicanja osovinskog sklopa prema prevodnici te do "nalijetanja" ispusta vijenca kotača na prevodnicu (u slučaju da kretanje osovinskog sklopa u ravnini kolosijeka okomito na uzdužnu os kolosijeka prelazi u "nestabilno" kretanje – kod "stabilnog" kretanja-vijuganja vozila ne dolazi do nalijetanja ispusta vijenca kotača, već se osovinski sklop počinje vraćati prije naleta). Kod skretnica  $R = 500$  m' ova pojava je još više izražena jer je dužina do dodira glava tračnica u prevodničkom uređaju (dužina obrade) još veća ( $\cong 8,5$  m').

Gotovo je pravilo da je na dijelu tračnice gdje je uočena promatrana greška na voznoj površini tračnice, prisutno i trošenje tračnice na voznom rubu ili je vozni rub "sja-jan" što pokazuje da dolazi do kontakta kotač-tračnica u točki "B" bez izraženog trošenja (slika 10.). To nije moguće registrirati na glavnoj naležnoj tračnici tamo gdje su one obrađene zbog nalijeganja prevodnice. U slučaju-

vima pojave grešaka na voznoj površini glavne naležne tračnice, primijećeno je da se dodir u točki "B" ostvaruje na prevodnici (slika 12.).

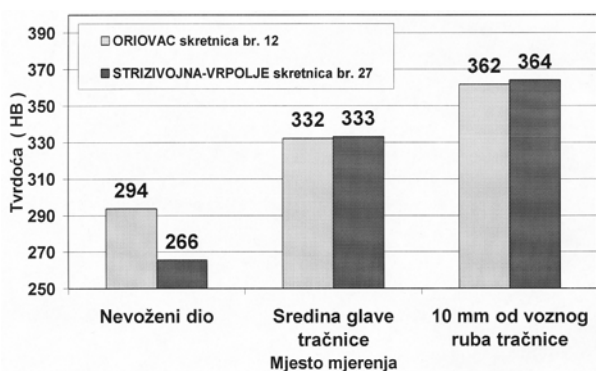
Pojava grešaka na voznoj površini tračnica može se s velikom vjerojatnošću povezati s većim brzinama kretanja vozila (kao jednim od važnih čimbenika). Prvo toga što ista nije uočena kao masovna pojava na kolosijecima gdje se vozi manjim brzinama ( $V \leq 100-120$  km/h). Drugo, kretanje vozila opisano u ovom napisu, kada se radi o vijugavom kretanju vozila, prelazi u "nestabilno" vijuganje s povećanjem brzine i u slučaju da su svi ostali ulazni parametri isti.

### 3.5 Tvrdoća na voznoj površini tračnice

Kako je nedvojbeno da se na voznoj površini tračnica događaju neke promjene, provjeravana je i njezin tvrdoća. Mjerenje je izvršeno sklerometrom oznake MES-EMT 1101B-130. Mjerenje tvrdoće tračnica izvršeno je na skretnici br. 27 (Strizivojna-Vrpolje) na glavnoj naležnoj tračnici za vožnju u pravac (na petom pragu od početka prevodnice), koja ima oznaku ZENICA 88 X UIC 60 П —, te na skretnici br. 12 (Oriovac) na prevodnici za vožnju u pravac – tračnica ima oznaku DO kakvoće otpora na trošenje. Na obje skretnice tvrdoća je mjerena na voznoj površini tračnice, i to:

- na nevoženom dijelu
- na sredini glave tračnice
- na glavi tračnice udaljeno 10 mm od voznog ruba tračnice.

Na svakome mjernom mjestu očitano je 5-7 otisaka, kako bi se eventualna moguća greška očitavanja i mjerenja svela na što manju mjeru. Dobiveni su rezultati statistički obrađeni, a rezultati su prikazani na slici 13.



Slika 13. Tvrdoća vozne površine tračnice

Analizom rezultata dobivenih mjerenjem tvrdoće na voznoj površini glave tračnice nedvojbeno možemo zaključiti sljedeće:

- Sva do sada izvršena mjerenja kod nas, i podaci mjerenja koji su dostupni iz strane literature pokazuju da

zbog pojave "hladnog kovanja" pri prolazu kotača dolazi do otvrdnjavanja vozne površine u granicama od 30 – 60 HB (ovisno o prijednom bruto prometu, osovinskom opterećenju, kakvoći čelika tračnice itd.). Iz slike 13. vidljivo je, da su te vrijednosti i realne ako promatramo povećanje tvrdoće na sredini vozne površine glave (na mjestima gdje nisu uočene promatrane greške). U slučaju kada se razmatra tvrdoća na voznoj površini tračnice na udaljenosti 10 mm od voznog ruba, povećanje tvrdoće jest i do 98 HB (Strizivojna-Vrpolje, skretnica br. 27). Do takvog povećanja tvrdoće, prema našim dosadašnjim spoznajama, može doći isključivo ako je prisutna i "termička" obrada materijala. U konkretno razmatranoj situaciji do toga može doći isključivo kada dolazi do "proklizavanja" u točki "A" dodira kotač-tračnica, što je zasigurno i prisutno u ovom slučaju.

- Veće povećanje tvrdoće do sada je u nas evidentirano jedino kod tračnica koje su termičkom obradom "perlizirane" (mjerenja provedena na skretnici br. 5 u stanici Sesvete u razdoblju od 1992. do 1996. godine [12].

## 4 Zaključak

Iz priloženog popisa literature uočljivo je da je pojava oštećenja (koja su u ovom elaboratu razmatrana) postala aktualna gotovo kod svih željezničkih uprava u većoj ili manjoj mjeri. Zasigurno pritom znatnu ulogu ima i promjena eksploatacijskih uvjeta. Naročito u zadnje vrijeme, dosta se autora i željezničkih uprava bavi tim problemom (Napomena: ne možemo tvrditi, ali nama trenutno dostupni podaci ukazuju na činjenicu da do sada isti problem nije u većoj mjeri prisutan na SNCF-u). Za otkrivanje naprsina na voznoj površini tračnica u uporabi je i noviji postupak s magnetskim prahom (Magnetpulverprüfung) [3].

Prema UIC Code 712 R [5], najbližnja oštećenja onima koja su uočena pri pregledu skretnica navedena su pod brojem 2222 (Shelling) i brojem 2223 (Head Checking). U oba slučaja preporuka je stalni vizualni pregled i ultrazvučno ispitivanje. Također, prema istom izvoru, mogu se donijeti sljedeće odluke: držati tračnice pod stalnim nadzorom, zamijeniti tračnicu i zamijeniti tračnicu odmah.

Prema dosadašnjim spoznajama bilo bi neophodno pratiti nastala oštećenja sukladno preporukama UIC Code 712 R [5]. To smatramo nužnim to više, što je po svemu sudeći prisutno više vrsti oštećenja s različitim ponašanjem u uporabi (Napomena: neka oštećenja imaju tendenciju prodiranja u dubinu te dovode do loma tračnice [5] greške prikazane pod brojem 2223 – fig. 4). Vrlo neugodne i neželjene posljedice mogu nastati ako se to

dogodi na prevodnici na dijelu gdje je tračnica "slobodna" (nije pričvršćena pričvrstnim priborom na pragove – dio od početka prevodnice do kraja elastičnog dijela).

Također mislimo, da bi bilo dobro osmisliti najprikladnije praćenje s po mogućnosti unaprijed sačinjenim detaljnim programom praćenja.

## LITERATURA

- [1] Bazjanac D.: *Nauka o čvrstoći*, Tehnička knjiga Zagreb – 1973.
- [2] Pointner P., Norbert F.: *Rad/Schiene Kontakt*, EI – Eisenbahningenieur (50) 3/99
- [3] Rothhauser N., Muders L., Grohmann H.: *Einfluss der randentkohlten Zone der Schiene auf die Rollkontaktermüdung*, EI – Eisenbahningenieur (52) 3/2001
- [4] Werner K.: *Rollkontaktermüdrisse in Schienen infolge Rayleighwellen im Rad*, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau 48 (1999), H.5 – Mai
- [5] UIC Code 712 R , HANDBOOK OF RAIL DEFECTS, INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS – 4<sup>th</sup> Edition
- [6] Spiegel K., Schoch W., Zoll A.: *Schleifen von Weichen in Schnellfahrabschnitten* - EI – Eisenbahningenieur (52) 3/2001
- [7] Fastenrath, F.: *Die Eisenbahnschiene* , Berlin-München-Düsseldorf, 1977
- [8] Yan, Fischer, Pointner: *3D Finite Element Investigation on the Initiation of Head Checks*. In: Proc. Contact Mechanics, Madrid – 1997.
- [9] Grassie, Kalousek: *Rolling contact fatigue of rails : characteristics, causes and treatments*. In: Proc. 6<sup>th</sup> International Heavy Haul Conference, Cape Town – 1997.
- [10] Esveld, C.: *Modern Railway Track*, MRT – Productions – 2001 – Second Edition
- [11] Moreau: Characteristics of wheel/rail contact, Rail Engineering International Edition 1992. No. 3. 15.-22.
- [12] Pollak, B. , Lakušić, S.: Skretničko srce izrađeno po novoj tehnologiji, Građevinar 48 (1996) 5, 297.-305.
- [13] Schultheiss, H.: *Schienen – ein Teil der Fahrbahn*, EI – Eisenbahningenieur 41(1999) 6
- [14] Vitez, I.: *Rezultati ispitivanja uzoraka šina iz eksploatacije (IV)*, EI – Železnice, godina 48 (1992), broj 4 (381-389)
- [15] Clayton, P.: *Surface initiated fatigue of pearlitic and bainitic steel under water lubricated rolling/sliding contact*, Wear 200 (1996)
- [16] Hozlz, G., Werner, K.: Die leise Schienenober flache durch Schleifen ?, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau (1993), 659.-664.