



## Analiza stanja kolničkih konstrukcija na autobusnim stajalištima u Gradu Rijeci

*Pregledni rad / Review paper  
Primljen/Received: 6. 4. 2018.;  
Prihvaćen/Accepted: 25. 5. 2018*

### **Marijana Cuculić**

Građevinski fakultet Sveučilište u Rijeci

### **Aleksandra Deluka Tibljaš**

Građevinski fakultet Sveučilište u Rijeci

### **Ivana Pranjić**

Građevinski fakultet Sveučilište u Rijeci

### **Miran Flego**

Geoprojekt d.d. Opatija

**Sažetak:** Stanje prometnih površina degradira se uslijed klimatskih i meteoroloških uvjeta, prometnog opterećenja i nedovoljnog održavanja. Unutar gradske prometne mreže autobusne postaje su zbog specifičnog opterećenja osobito podložne prijevremenoj pojavi oštećenja. U radu je prikazana analiza stanja kolničkih konstrukcija autobusnih stajališta provedena u gradu Rijeci. Provedena su mjerenja i analize za više parametara što je rezultiralo preporukama za obnavljanje analiziranih kolničkih konstrukcija.

**Ključne riječi:** kolnička konstrukcija, autobusna postaja, oštećenja

## Analysis of bus station pavement structure condition in the City of Rijeka

**Abstract:** Road network state degrades over time because of the climatic and meteorological conditions, traffic loading and insufficient maintenance. On urban road network bus stations are, especially exposed to premature damage appearance due to specific loading conditions. In this paper an analyses done at the chosen bus stations in Rijeka city is presented. Different parameters were measured and analysed and suggestions for maintenance of analysed pavements defined.

**Key words:** pavement structure, bus stations, distress



## 1. UVOD

Na ponašanje vrućih asfaltnih mješavina utječe više čimbenika kao što su prometno opterećenje, svojstva materijala, temperatura, vlaga, smrzavanje, starenje i slično. Različite studije međutim ukazuju na to da je teško prometno opterećenje najvažnije od navedenih parametara [1]. U gradskim uvjetima je, zbog prevladavajućih uvjeta u prometnom toku (manje brzine, zastoji) prometno opterećenje kolničkih konstrukcija podložno kontinuiranom statičkom opterećenju što uzrokuje dulje opterećenje te veća naprezanja i deformacije. [2]. Istraživanja ukazuju da se oštećenja kolničkih konstrukcija povećavaju i s neravnosti površine kolnika te da mogu utjecati na smanjenje uporabnog vijeka trajanja kolnika i do 40 % [3]. Uz navedeno i tangencijalna naprezanja uslijed kočenja i kretanja teških vozila pri visokim temperaturama utječu na povećanje oštećenja površine kolnika [4].

Sve navedeno osobito je važno kod kolničkih konstrukcija s povećanim prometnim opterećenjem kao što su primjerice područja autobusna stajališta, gdje su takve površine kritičnije u pogledu otpornosti na trajne deformacije.

Tijekom 2015. godine je provedena analiza stanja kolnika na odabranim autobusnim stajalištima u centru grada Rijeke na kojima se bilježi veći broj kretanja i zaustavljanja vozila javnog gradskog prijevoza. Na svim je autobusnim stajalištima provedena vizualna ocjena stanja kolnika te izmjerena ravnost, makrotekstura i defleksija. U ovom radu su prikazani rezultati analize provedenih mjerenja na osnovu kojih je provedena ocjena stanja kolnika autobusnih stajališta te, okvirno predložene mjere održavanja/rekonstrukcije.

## 2. MIKROLOKACIJA ANALIZIRANOG PODRUČJA

Grad Rijeka nalazi se na zapadu Hrvatske, na sjevernoj obali Riječkog zaljeva. Grad je važno cestovno središte od posebnog značaja za cijelu regiju kojoj pripada, nalazi se na Vb paneuropskom koridoru (Rijeka – Zagreb – Budimpešta). Zemljopisne karakteristike grada odlikuje longitudinalno pružanje u smjeru istok – zapad te ograničenost u širenju prometnih mreža zbog uskog koridora uzrokovanog reljefom [5].

Cestovna mreža u užem području grada ograničena je postojećom izgradnjom. Za potrebe ovoga istraživanja obuhvaćene su autobusne postaje u prometno najopterećenijoj zoni grada, unutar šireg centra grada Rijeke, položaj analiziranih stajališta je vidljiv na Slici 1.



Slika 1. Ortofoto prikaz analiziranog područja [6]



Na promatranom području prometnice su višetračne i samo dio mreže je izdvojen za javni gradski prijevoz. Kolnici autobusnih stajališta na promatranom području izvedeni su kao savitljive kolničke konstrukcije sa asfaltnim zastorom.

Važno je napomenuti da osim maksimalnih opterećenja kolničke površine autobusnih stajališta zbog nisko postavljenih motora autobusa trpe i značajna temperaturna naprezanja što se osobito uočava ljeti kada su prosječne temperature kolnika ionako visoke, u Rijeci se kreću i do 60 °C [7].

Prometno opterećenje autobusnih stajališta utvrđeno je iz podataka o voznom redu autobusnih gradskih linija i prikazano u Tablici 1.

Tablica 1. Prometno opterećenje autobusnih postaja (voz/dan) [8]

Oznaka autobusnog stajališta	Broj prolaza / zaustavljanja autobusa	Oznaka autobusnog stajališta	Broj prolaza / zaustavljanja autobusa
1	601	10	451
2	40	11	607
3	276	12	215
4	618	13	371
5	618	14	215
6	451	15	215
7	236	16	40
8	40	17	40
9	40		

### 3. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA KOLNIČKIH KONSTRUKCIJA

Ocjena stanja kolnika je proces kojim se provode ispitivanja kako bi se ocijenilo strukturalno i funkcionalno stanje postojeće kolničke konstrukcije. Strukturalno stanje kolnika definira sposobnost preuzimanja postojećeg i planiranog prometnog opterećenja dok se funkcionalno stanje odnosi na sposobnost pružanja odgovarajuće površine za sigurnu i udobnu vožnju. Ocjena stanja kolnika provodi se s ciljem prikupljanja podataka o trenutnim karakteristikama kolnika u svrhu identifikacije kritičnih lokacija te određivanja prioriteta plana održavanja ili rekonstrukcije. Osim navedenog, prikupljanje podataka o stanju kolnika predstavlja vrijedan alat za praćenje ponašanja kolničkih konstrukcija tijekom vremena te predviđanja budućeg stanja [9]. U ovom istraživanju ocjena stanja kolnika je izvršena na temelju: vizualnog pregleda površine kolnika te provedenih mjerenja ravnosti kolnika, makroteksture, dubine kolotruga i defleksije. Sva mjerenja su izvršena opremom koja je nabavljena iz projekta Razvoj istraživačke infrastrukture na kampusu Sveučilišta u Rijeci.

#### 3.1 Vizualni pregled

Vizualni pregled stanja kolnika provodi se u svrhu utvrđivanja vrste, intenziteta i veličine oštećenja.

Vizualni pregled postojećeg stanja kolničkih konstrukcija izvršen je za sva autobusna stajališta. Navedeni rezultati su predstavljali osnovnu podlogu za odabir referentnih lokacija za daljnja ispitivanja (mjerenja). Vizualnim pregledom su, u velikoj mjeri, uočena su oštećenja tipa pukotina (uzdužne, poprečne i pukotine uslijed zamora materijala), zakrpa i udarnih jama. Na jače opterećenim stajalištima uočena su oštećenja tipa kolotruga i boranja.

Na temelju prikupljenih podataka o tipovima oštećenja i geoprometnom položaju autobusnih stajališta određena su referentna stajališta uključena u daljnju analizu [10].

### 3.2 Ravnost kolnika

Vozna površina kolnika mora biti projektirana da osigura udobno i sigurno prometovanje vozila pri projektiranim brzinama. Jedan od parametara koji izravno utječe na takve zahtjeve je ravnost površine kolnika. Ravnost kolnika definira se kao odstupanje površine kolnika od planarne površine (mjernog uređaja) u rasponu valnih duljina od 0,5 do 50 m [11]. Ravnost kolnika prikazuje se međunarodnim indeksom ravnosti (IRI) koji se izračunava pomoću zbroja vertikalnih oscilacija podnožja vozila po dionici ceste. Indeks ravnosti predstavlja mjeru udobnosti vožnje na određenoj dionici ceste [12].

Mjerenja ravnosti vršena su mjernim vozilom Hawkeye 2000 opremljenim profilomjerom s mjernom gredom s pet laserskih jedinica (Slika 2).

Na odabranim karakterističnim lokacijama mjereni su tehnički parametri ravnosti u desnoj i lijevoj putanji kotača. Za potrebe rada analizirala se srednja vrijednost indeksa ravnosti. Mjerene vrijednosti i ocjena stanja s obzirom na ravnost je prikazano u Tablici 2.



Slika 2. Prikaz mjernog vozila Hawkeye 2000

Tablica 2. Izmjerene vrijednosti IRI na analiziranim lokacijama

Lokacija	IRI srednji [m/km]	Klasifikacija prema $IRI_N$	Klasifikacija prema razredbi indeksa
1 – Fiumara	3,20	Ne zadovoljava	Prihvatljiv
7 – Manzoni	8,29	Ne zadovoljava	Vrlo loš
8 – F.La Guardia (pad)	4,72	Ne zadovoljava	Loš
9 – F.La Guardia (uspon)	4,67	Ne zadovoljava	Loš
10 – Željeznički kolodvor	6,06	Ne zadovoljava	Vrlo loš
14 – Potok (pad)	3,85	Ne zadovoljava	Loš
15 – Potok (uspon)	7,23	Ne zadovoljava	Vrlo loš
16 – Žrtava fašizma	7,05	Ne zadovoljava	Vrlo loš

Na osnovu statističko probabilističke analize dovoljno velikog broja podataka vrijednosti  $IRI_{100}$  izmjerenih na reprezentativnim mjernim dionicama izvedenih asfaltnih vozni površina kolnika javnih cesta diljem Republike Hrvatske, usvojen je razred ceste u ovisnosti o opsegu građevinskih radova i sljedeći granični kriteriji ravnosti za gradske ceste [12]:

- $IRI_P$  – projektirani (očekivani) donji granični indeks ravnosti ( $IRI_P \leq 2,00$ )
- $IRI_T$  – tolerantni granični indeks ravnosti ( $IRI_T \leq 2,45$ )
- $IRI_N$  – neprihvatljivi gornji granični indeks ravnosti ( $2,85 \leq IRI_N$ )



Analizom prikazanih mjerenja indeksa ravnosti IRI na analiziranim autobusnim stajalištima uočljivo je da se prosječne vrijednosti nalaze unutar domene  $3,20 < IRI < 8,29$ . Usporedbom s danim graničnim kriterijima za gradske ceste zaključuje se da analizirana autobusna stajališta ne zadovoljavaju s obzirom na kriterij ravnosti [12]. Usporedbom prema razredbi indeksa može se zaključiti da je ona prihvatljiva samo na autobusnom stajalištu 1.

### 3.3 Makrotekstura kolnika

Tekstura površine asfaltnog kolnika važan je činitelj sigurnosti prometa pošto izravno utječe na hvatljivost kolne površine. Površinska tekstura definirana je kao odstupanje površine kolnika od idealno ravne površine te se može podijeliti u četiri kategorije s obzirom na raspon valnih duljina koje pojedina od kategorija obuhvaća: mikrotekstura, makrotekstura, megatekstura i neravnine [13, 14]. Hvatljivost kolnika rezultat je utjecaja mikroteksture i makroteksture površine, gdje je u uvjetima mokrog kolnika makrotekstura odgovorna za realizaciju hvatljivosti. Makrotekstura površine kolnika predstavlja neravnine u rasponu valnih duljina 0,5 mm – 50 mm, a rezultat je svojstava ugrađene asfaltne mješavine, tipa agregata, veličine i oblika zrna agregata, nazivnog maksimalnog zrna agregata u mješavini, udjela bitumena i pora, ali i postupka ugradnje asfaltne mješavine i kasnije obrade same površine. Histerezna komponenta trenja, koja je uzrokovana gubitkom energije u kretanju prilikom deformacije pneumatika na dodiru sa površinom kolnika, posljedica je makroteksture površine. [15].

Beskontaktna mjerenja makroteksture laserskom tehnologijom na duljim dionicama obično se izvode korištenjem laserske letve instalirane na vozilo, koje se kreće uobičajenom brzinom vožnje i na taj način ne ometa promet prilikom mjerenja [15]. Rezultat mjerenja makroteksture beskontaktnim metodama je tehnički parametar srednja dubina profila (MPD).

Mjerenja su vršena mjernim sustavom Hawkeye 2000 koji je opisan u poglavlju 3.2. Na odabranim karakterističnim lokacijama mjereni su tehnički parametri makroteksture u desnoj i lijevoj putanji kotača. Za potrebe rada analizirala se srednja vrijednost indeksa MPD. Mjerene vrijednosti prikazane su u Tablici 3.

Tablica 3. Izmjerene vrijednosti MPD na analiziranim lokacijama

Lokacija	MPD srednji [mm]	Klasifikacija prema COST 354 [16]
1 – Fiumara	0,45	Loše
7 – Manzoni	0,42	Loše
8 – F.La Guardia (pad)	0,52	Nezadovoljavajuće
9 – F.La Guardia (uspon)	0,63	Nezadovoljavajuće
10 – Željeznički kolodvor	0,45	Loše
14 – Potok (pad)	0,37	Loše
15 – Potok (uspon)	0,54	Nezadovoljavajuće
16 – Žrtava fašizma	0,78	Zadovoljavajuće

Kako ne postoje nacionalni tehnički uvjeti vezani za procjenu makroteksture izraženu kroz MPD u ovom radu je korištena skala vrijednosti koju u završnom izvješću „Pokazatelji performansi za cestovne kolnike“ navodi projekt COST 354.

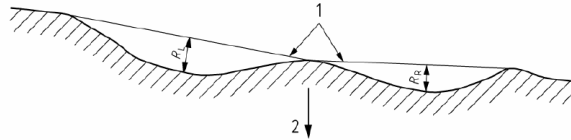
Analizom prikazanih mjerenja makroteksture na analiziranim autobusnim stajalištima uočljivo je da samo lokacija 16 zadovoljava propisane kriterije za makroteksturu.

### 3.4 Kolotraženje

Poprečna ravnost kolnika predstavlja maksimalna odstupanja u poprečnom profilu od zamišljene ravnine kolnika, a na kolniku se manifestira pojavom kolotruga. U



mehaničkom smislu kolotrazi predstavljaju trajne deformacije površine kolnika koje se javljaju na mjestima tragova kotača, nastaju uslijed djelovanja prometnog opterećenja. Kolotrazi imaju negativan učinak na udobnost i sigurnost vožnje, a u konačnici i na trajnost kolnika [16]. Moguće ih je odrediti na više načina, a u Hrvatskoj se definiraju tehničkim parametrom dubine kolotruga koja se određuje kako je prikazano na Slici 3.



Slika 3. Način određivanja dubine kolotruga [16]

Mjerenja su vršena mjernim sustavom Hawkeye 2000 koji je opisan u poglavlju 3.2. Na odabranim karakterističnim lokacijama mjereni su tehnički parametri poprečne ravnosti u desnoj i lijevoj putanji kotača sukladno HRN EN 13036-8. Za potrebe rada analizirala se srednja vrijednost dubine kolotruga. Mjerene vrijednosti prikazane su u Tablici 4.

Tablica 4. Izmjerene vrijednosti dubine kolotruga na analiziranim lokacijama

Lokacija	Dubina kolotruga [mm]	Klasifikacija prema COST 354
1 – Fiumara	2,03	Vrlo dobro
7 – Manzoni	6,87	Dobro
8 – F.La Guardia (pad)	3,21	Vrlo dobro
9 – F.La Guardia (uspon)	3,20	Vrlo dobro
10 – Željeznički kolodvor	17,88	Loše
14 – Potok (pad)	2,84	Vrlo dobro
15 – Potok (uspon)	5,80	Dobro
16 – Žrtava fašizma	2,62	Vrlo dobro

Analizom prikazanih mjerenja poprečne ravnosti na analiziranim autobusnim stajalištima uočljivo je da samo lokacija 10 ne zadovoljava kriterije poprečne ravnosti.

### 3.5 Defleksija

Nosivost kolnika je pokazatelj strukturalnog stanja kolnika, odnosno sposobnosti kolnika da podnese predviđeno prometno opterećenje. Za procjenu stanja nosivosti kolnika, u posljednje vrijeme, sve su više u uporabi uređaji za nedestruktivna ispitivanja. Defleksija kolnika predstavlja povratnu elastičnu vertikalnu deformaciju uslijed primijenjenog opterećenja. Magnituda i trajanje opterećenja, kao i površina rasprostiranja opterećenja odgovara utjecaju standardnog osovinskog opterećenja na kolničku konstrukciju [17].

Terenska ispitivanja provedena su laganim deflektometrom s jednim geofonom. Mjerenja su vršena u putanji kotača na mjestu prednjeg desnog kotača autobusa. Za svaku mjernu lokaciju provedeno je deset mjerenja, a u Tablici 5 iskazane su srednje vrijednosti tih mjerenja.



Tablica 5. Izmjerene vrijednosti defleksija na analiziranim lokacijama

Lokacija	Defleksija [μm]	Klasifikacija prema [17]
1 – Fiumara	80,37	Vrlo dobro
7 – Manzoni	178,03	Vrlo dobro
8 – F.La Guardia (pad)	55,02	Vrlo dobro
9 – F.La Guardia (uspon)	31,81	Vrlo dobro
10 – Željeznički kolodvor	58,29	Vrlo dobro
14 – Potok (pad)	163,74	Vrlo dobro
15 – Potok (uspon)	17,14	Vrlo dobro
16 – Žrtava fašizma	67,85	Vrlo dobro

Analizom prikazanih mjerenja defleksija na analiziranim autobusnim stajalištima uočljivo je da su sve vrijednosti defleksija ispod granične vrijednosti 425 μm definirane za asfaltne kolnike.

#### 4. SMJERNICE ZA SANACIJU OŠTEĆENJA

Na kolnim površinama autobusnih stajališta opterećenja su koncentrirana na lokacijama zaustavljanja i kočenja. Sva mjerenja opisana u poglavlju 3 izvedena su upravo na tim specifičnim lokacijama te se podaci mjerenja mogu koristiti u svrhu određivanja prijedloga mjera za sanaciju oštećenja.

Prema izmjerenim podacima za lokacije autobusnih stajališta povećanog intenziteta prometa (lokacije 1, 10, 14 i 15) koje se nalaze na mjestima bez uzdužnog nagiba, u padu i u usponu pojavljuju se oštećenja konstrukcije povezana s povećanim prometnim opterećenjem, utjecajem temperature površina i neadekvatnim mjerama održavanja. Vizualnim pregledom i analizom podataka uočena su dva osnovna tipa oštećenja lokacija – pojava pukotina i kolotrazi. Uzrok pojave pukotina i kolotraga je skupljanje asfaltnih slojeva uslijed temperaturnih razlika na koje utječu temperature zraka, ali i dodatno zagrijavanje površina uslijed nisko položenih motora autobusa. Budući da su mjerene vrijednosti defleksija na ovim lokacijama unutar prihvatljivih granica predložene mjere sanacije uključuju uporabu otpornijih materijala u pogledu temperaturnih naprezanja (whitetopping i asfaltne mješavine otpornije na visoke temperature).

Prema izmjerenim podacima za lokacije autobusnih stajališta manjeg intenziteta prometa (lokacije 7, 8, 9 i 16) koje se nalaze na mjestima na kojima nema izraženog uzdužnog nagiba pojavljuju se oštećenja konstrukcije povezana s utjecajem temperature površina i loših strategija održavanja i sanacije. Vizualnim pregledom i analizom podataka uočeni su osnovni tipovi oštećenja ovih lokacija – pojava pukotina (temperaturnih i uslijed zamora materijala), krunjenje i boranje. Uzrok pojave temperaturnih pukotina opisan je za lokacije s povećanim intenzitetom prometa. Uzrok pojave pukotina uslijed zamora materijala su neadekvatne mjere održavanja. Budući da su mjerene vrijednosti defleksija na ovim lokacijama unutar prihvatljivih granica predložene mjere sanacije uključuju uporabu otpornijih asfaltnih mješavina u pogledu otpornosti na temperaturna naprezanja.

#### 5. ZAKLJUČAK

Uslijed utjecaja prometa i okoline, stanje kolnika s vremenom se pogoršava. Mjere održavanja služe za usporenje procesa pogoršanja i produljenje vijeka trajanja konstrukcije. Poznavanje stanja kolnika utječe na odabir metode sanacije. Analiza prikupljenih podataka o stanju kolničkih konstrukcija omogućuje optimiziranje strategija provedbe aktivnosti radova održavanja i rehabilitiranja. U nedostatku nacionalnih tehničkih uvjeta za procjenu određenih



tehničkih parametara stanja kolnika moguće je koristiti preporučene kriterije razvijene u sklopu programa COST 354. Kvantificiranjem ključnih parametara neophodnih za adekvatno gospodarenje aktivnostima održavanja i sanacije moguće je izraditi smjernice za aktivnosti održavanja koje će upravitelju cesta dati informaciju o pogodnosti pojedinih postupaka.

U radu su analizirane vrijednosti tehničkih parametara ravnosti (poprečne i uzdužne), makroteksture i defleksije za kolne površine na području autobusnih stajališta kao jednostavan primjer analize stanja kolnika koja bitno doprinosi kvaliteti održavanja istih. Iz analiziranih podataka uočljivo je da tehnički parametri uzdužne ravnosti i makroteksture na većini lokacija ne zadovoljavaju. Nepovoljne vrijednosti parametra dubine kolotraga pojavljuje se kod jače opterećenih kolnika autobusnih stajališta. Na svim lokacijama vrijednosti defleksija su unutar dozvoljenih vrijednosti što govori da su svi evidentirani nedostaci površinskog tipa i ne zadiru u strukturu kolnika. Iz podataka o strukturalnoj nosivosti kolnika i funkcionalnih svojstava jednostavnije se mogu odrediti mjere sanacije i na taj način optimirati održavanje istih.

## ZAHVALA

Ovaj je članak nastao kao rezultat rada u okviru projekta Razvoj istraživačke infrastrukture na kampusu Sveučilišta u Rijeci koji je sufinanciran iz Europskog fonda za regionalni razvoj (EFRR) i Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta RH.

## LITERATURA

1. Vaitkus, A.; Vorobjovas, V.; Kleiziene, R.; Šernas, O.; Žiliute, L.: Resistant to plastic deformation (rutting) asphalt pavement modeling, design and research in Vilnius city streets, Infrastructure department of Municipality of Vilnius city, Lithuania, 2013, 148 p.
2. OECD Scientific Expert Group: Dynamic Loading of Pavements, Road Transport Research, Organization for Economic Co/operation and Development,, 1992, 184 p.
3. Gillespie, T. D.; Karamihas, S. M.; Cebon, D.; Sayers, M. W.; Nasim, M. A.; Hansen, W.; Ehsan, N.; Effects of heavy vehicle characteristics on pavement response and performance, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, National Research Council, 1992, 255 p
4. Wang, H.; Al-Qadi, I. L.: Evaluation of Surface-Related Pavement Damage due to Tire Braking, Road Mater. Pavement Des. 11(1), 2010, 101–121.
5. IGH d.d.: Prostorno i prometno integralna studija Primorsko–goranske županije i Grada Rijeke, 2011.
6. <http://www2.rijeka.hr/dof10/Default.aspx> (pristupljeno 05.02.2018.)
7. Deluka – Tibljaš, A.; Šurdonja, S.; Babić, S.; Cuculić, M.: Analysis of urban pavement surface temperatures, The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, 2015, 239-246
8. <http://www.autotrolej.hr> (pristupljeno 05.02.2018.)
9. Haas, R.; Hudson, W.; Zaniewski, J.: Modern pavement management; Krieger Publishing, 1994
10. Flego, M: Analiza stanja kolničkih konstrukcija autobusnih stajališta u gradu Rijeci i prijedlog sanacije na temelju različitih kategorija oštećenja, Građevinski fakultet Sveučilište u Rijeci, diplomski rad, 2015.
11. HRN EN 13036 - 6: Površinska svojstva cesta i aerodromskih operativnih površina – Ispitne metode – 6. dio: Mjerenje poprečnih i uzdužnih profila u području valnih duljina ravnosti i megateksture
12. Šimun, M.; Rukavina, T.: Kriteriji uzdužne ravnosti vozne površine asfaltnih kolnika, Građevinar 61, 2009, 1143-1152
13. HRN EN ISO 13473-1: Characterization of pavement texture by use of surface profiles - Part 1: Determination of Mean Profile Depth





14. PIARC Technical Committee on Surface Characteristics C.1: International PIARC Experiment to Compare and Harmonize Texture and Skid Resistance Measurements – Research Report, 1995.
15. Kogbara, R.B., Masad, E.A., Kassem, E., Scarpas, A.T., Anupam, K.: A state-of-the-art review of parameters influencing measurement and modelling of skid resistance of asphalt pavements, *Construction and Building Materials*, 2016, 114, pp. 602-617
16. COST 354 Action: Performance indicators for road pavements, Final report, 2008
17. Murillo, F.; Bejarano, U.: Correlation between deflection measurements on flexible pavements under static and dynamic load techniques, *Proceedings of the 18th international conference on soil mechanics and geotechnical engineering*, 2013, Paris, pp.393-398