



PRELIMINARNA ISTRAŽIVANJA SVOJSTAVA HVATLJIVOSTI KOLNIČKE POVRŠINE MJERNIM UREĐAJIMA LABORATORIJA ZA PROMETNICE GRAĐEVINSKOG FAKULTETA U RIJECI

Ivana Pranjic, mag.ing.aedif.
Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci

Sažetak: Hvatljivost kolnih površina važna je karakteristika prometnice i značajno utječe na sigurnost prometa uz ostale projektne elemente koji prometnicu čine sigurnom i udobnom za vožnju. Problem nedovoljnog koeficijenta trenja odnosno otpora klizanju na prometnoj površini nerijetko je uzrok prometnih nesreća, najčešće u kombinaciji sa lošim uvjetima vožnje i nepravovremenom reakcijom vozača. U radu je dan pregled preliminarnih istraživanja svojstava hvatljivosti uređajima Laboratorija za prometnice Građevinskog fakulteta u Rijeci. Istraživanja provedena u siječnju i lipnju 2015. godine daju uvid u mogućnosti usporedbe rezultata dobivenih ispitivanjem različitim uređajima i potencijal za uspostavu korelacije između u istih. Identifikacija segmenata prometnice na kojima je hvatljivost između u prometne površine i pneumatika vozila smanjena neophodan je korak u procesu istraživanja uzroka smanjenja hvatljivosti. Osim toga, sustavno praćenje drugih utjecajnih čimbenika, posebice klimatskih utjecajnih faktora i svojstava ugrađene asfaltne mješavine, mogu doprinijeti razvoju modela za predikciju svojstava hvatljivosti kolničke površine u lokalnim uvjetima.

Cljučne riječi: hvatljivost, kolnička površina, preliminarna istraživanja, usporedba rezultata

PRELIMINARY INVESTIGATION OF PAVEMENT SURFACE FRICTION PROPERTIES WITH MEASURING EQUIPMENT FROM TRANSPORTATION LABORATORY OF FACULTY OF CIVIL ENGINEERING IN RIJEKA

Abstract : Pavement surface friction properties represent an important road characteristic which affects greatly traffic safety, amongst other road design elements responsible for safety and comfort of driving. Insufficient friction coefficient or skid resistance of pavement surface is one of the most common causes of traffic accidents, usually combined with bad driving conditions and untimely driver reaction. This paper presents an overview of the preliminary investigations conducted with different measuring equipment from the Transportation laboratory of Faculty of civil engineering in Rijeka in January and June 2015. The researches give an insight into possibilities of comparison of different measuring results, with a potential of establishing a correlation between given results. Identification of road segments with reduced frictional properties is necessary for further investigation of causes of friction reduction. In addition, systematic monitoring of other influential factors, especially climatic factors and properties of asphalt mixture built in the road, may contribute to development of friction properties prediction model for local conditions.

Key words : pavement friction, pavement surface, preliminary investigation, result comparison

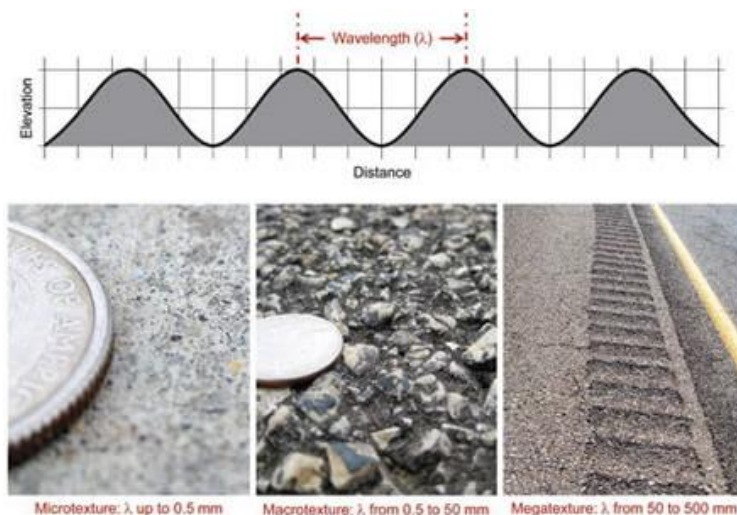


1. UVOD

Koeficijent trenja koji se javlja na dodiru površine kolnika i pneumatika vozila predstavlja omjer sila koje se javljaju prilikom kretanja kota a vozila po voznoj površini. To su sila trenja usmjerena suprotno od smjera kretanja vozila, te vertikalna sila koja predstavlja vlastitu težinu samog vozila. Trenje na kolniku složen je fenomen zavisian od mnogo različitih utjecajnih činitelja. S aspekta inženjerskog djelovanja, najvažniji je činitelj površina kolnika odnosno njena teksturalna svojstva. Preliminarna istraživanja svojstva hvatljivosti površine kolnika provedena su s ciljem utvrđivanja stanja teksture kolnika i ispitivanjem mogućnosti usporedbe rezultata mjerenja uređajima Laboratorija za prometnice Građevinskog fakulteta u Rijeci. Istraživanje svojstva kolne površine koja generiraju pojavu trenja može rezultirati iznalaženjem rješenja za poboljšanje svojstva hvatljivosti kolničke površine, čime se izravno utječe na povećanje sigurnosti prometa.

2. SVOJSTVA POVRŠINE KOLNIKA

Svojstva površine kolnika predstavljaju važan utjecajni faktor na pojavu trenja između površine ceste i kota a vozila, posebice tekstura kolnika. Teksturu kolnika čine neravnosti različitih dimenzija prema kojima karakteriziramo različite razine teksture - od mikroskopske mikrostrukture do neravnosti koje mogu biti veličine i nekoliko desetaka centimetara (Slika 1). Svojstva hvatljivosti kolničke površine generirana su iz svojstava mikroteksture i makroteksture kolnika. Mikrotekstura predstavlja neravnosti na mikroskopskoj razini, odnosno neravnosti samih zrna agregata valne duljine do 0,5 mm. Mikrotekstura kolnika vezuje se uz pojavu trenja pri malim brzinama (do 50 km/h). Makrotekstura kolnika predstavlja teksturu samog kolnika i obuhvaća neravnosti valnih duljina od 0,5 mm do 50 mm, koje su vidljive ljudskom oku. Makrotekstura kolnika odgovorna je za aktivaciju trenja pri većim brzinama kao i za redukciju pojave akvaplaniranja.



Slika 1. Shematski prikaz mikroteksture i makroteksture

Karakteristike teksture kolničke površine u zavisnosti su od kvalitativnih i kvantitativnih svojstava zrna agregata koji čine asfaltnu mješavinu, udjelu veziva i potencijalnih drugih aditiva u mješavini, na načinu ugradnje te dakako uvjetima korištenja. Može se zaključiti da su teksturalna svojstva kolničke površine tako karakteristična i vezana uz lokalitet izvedbe i da je neophodno provoditi sustavna ispitivanja tih svojstava kako bi se utvrdila povezanost



djelovanja različitih utjecajnih faktora na razvoj svojstava hvatljivosti površine kolnika na specifičnoj lokaciji.

3. MJERNI UREĐAJI ZA ISPITIVANJE SVOJSTAVA HVATLJIVOSTI POVRŠINE KOLNIKA

Laboratorij za prometnice Građevinskog fakulteta u Rijeci opremljen je uređajima za mjerenje svojstava hvatljivosti sredstvima europskog projekta "Razvoj istraživanja ke infrastrukture na kampusu Sveučilišta u Rijeci" tijekom 2014. i 2015. godine. Mjerni uređaji razlikuju se prema mehanizmu rada i detekciji pojedinog teksturalnog svojstva. Analizom i usporedbom rezultata mjerenja moguće je dobiti cjelovitu sliku svojstava površine mjerenog kolnika.

3.1. Skid Resistance Tester - klatno

Skid Resistance Tester (SRT) statički je uređaj za detekciju povrzinskih svojstava kolnika (Slika 2), odnosno mikrotekture kolnika. Uređaj djeluje na principu klatna, gdje mjerna ruka koja se otpuzta sa okvira uređaja na slobodnom kraju ima gumeni klizač koji struganjem po površini kolnika detektira vrijednost SRT- numbera. Ova vrijednost predstavlja otpor klizanju koji se javlja prilikom struganja gumenog klizača po površini kolnika, odnosno simulira pojavu trenja između pneumatika vozila i površine kolnika pri malim brzinama, do 50 km/h. SRT vrijednosti prikazane su na mornoj skali uređaja i kreću se od 0 do 150, gdje manja SRT vrijednost označava i manju vrijednost otpora klizanju, odnosno manji ostvareni koeficijent trenja.

Testiranja ovim uređajem uobičajeno se provode u mokrim uvjetima pošto je u tom slučaju otpor klizanja dodatno reduciran zbog vodenog filma na površini kolnika. Uređaj se koristi za laboratorijska i terenska ispitivanja, a sama testna procedura regulirana je normom HRN EN 13036-4:2011.



Slika 2. Skid Resistance Tester - klatno

3.2. Micro GripTester

Micro GripTester (Slika 3) dinamički je uređaj za detekciju otpora klizanju na prethodno definiranoj ispitnoj dionici prometne površine. Rezultat mjerenja ovim uređajem je GripNumber (GN) koji predstavlja realizirani otpor klizanju ispitane prometne površine. Uređaj funkcionira po principu fiksnog proklizavanja u iznosu od 15%, što znači da glatki mjerni kotač smješten između dva vozna kotača proklizava odnosno ima manju brzinu od voznih kotača a za fiksni iznos proklizavanja. Uređaj se pokreću ručno, guranjem, što znači da također služi za detekciju



svojstava hvatljivosti pri manjim brzinama odnosno detektira utjecaj mikroteksture na pojavu trenja na kolniku.

Sama procedura mjerenja također je specificirana normom HRS CEN/TS 15901-7:2009, a uređaj omogućuje definiranje karakteristika mjerenja koje mogu utjecati na pojavu različitih svojstava hvatljivosti na odabranoj ispitnoj dionici, primjerice brzina mjerenja ili debljina vodenog filma pri mjerenju.

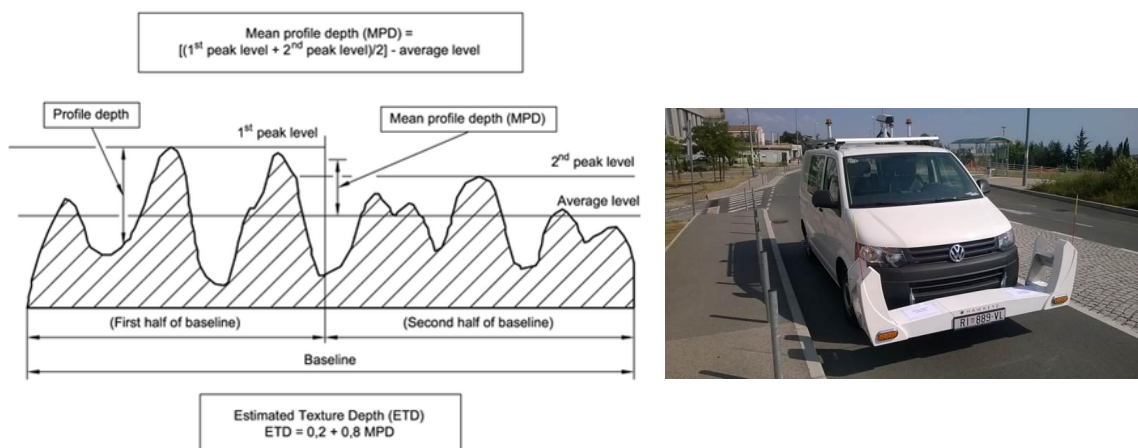


Slika 3. Micro GripTester

3.3. Laserski profilometar Hawkeye 2000

Laserski profilometar Hawkeye 2000 instaliran je na mjerne vozilo (Slika 4). Radi se o laserskoj letvi na prednjem braniku vozila sa pet lasera na specifičnim udaljenostima koji snimaju povrzinsko stanje kolnika, nakon čega slijedi softverska obrada prikupljenih podataka. Sustav ima nekoliko modula koji su međusobno povezani, gdje je za svojstva hvatljivosti povrzine kolnika najkorisniji modul za makroteksturu povrzine. Obradom u spomenutom softveru prikupljeni podaci o makrotekturi interpretiraju se putem Mean Profile Depth (MPD) vrijednosti odnosno Estimated Texture Depth (ETD) vrijednosti. Pošto je sustav povezan sa GPS navigacijom i video kamerom, posebice je zanimljiva mogućnost povezivanja izmjerenih makroteksturalnih vrijednosti sa specifičnom lokacijom i mogućnost vizualnog pregleda iste putem fotografija snimljenih kamerom.

Uz podatke o makrotekturi, sustav također snima i podatke o megatekturi i ravnosti povrzine kolnika, koji se također mogu dovesti u korelaciju sa svojstvima hvatljivosti kolne povrzine.



Slika 4. Prikaz vrijednosti MTD i ETD te mjernog vozila sa sustavom Hawkeye 2000



4. PRELIMINARNA ISTRAŽIVANJA SVOJSTAVA HVATLJIVOSTI KOLNE POVRŠINE

U sklopu aktivnosti Laboratorija za prometnice Građevinskog fakulteta u Rijeci provedeno je nekoliko preliminarnih istraživanja svojstava hvatljivosti u 2015. godini na području Grada Rijeke. Istraživanja su provedena u siječnju i lipnju pomoću opisanih mjernih uređaja. Mjerenja u siječnju provedena su u suradnji sa tvrtkom Signalinea d.o.o., koji su u ispitivanju sudjelovali sa mjernim vozilom Sarsys Saab 9-5 Friction Tester. Mjerenja u lipnju provedena su samo sa laserskim profilometrom i obavljena su u sklopu ovlaztene obuke o korištenju laserskog profilometra.

4.1. Mjerenje otpora klizanju na testnim dionicama Ž 5025 Rujevica - Marčelji

Prvo preliminarno mjerenje provedeno je 28. siječnja 2015. godine na odabranim testnim dionicama Ž 5025 Rujevica - Marčelji na području Grada Rijeke. Testne dionice razlikuju se po vremenu izgradnje i eksploatacije, a time i dosadašnjem ali i trenutnom prometnom opterećenju. Dionice su odabrane nasumično na južnom desnom prometnom traku u duljini od 50 metara, na način da je svaka dionica različita po prethodno spomenutim karakteristikama. Vremenski uvjeti mjerenja - suho i sunčano s temperaturom 10°C, odgovarali su preporuci za provedbu mjerenja koja daju relevantne rezultate za sve korištene uređaje.

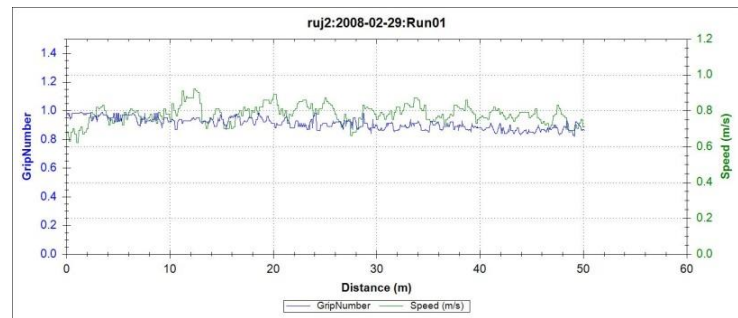
Prvo mjerenje na svakoj dionici obavljeno je sa SRT klatnom, na način da je dionica podijeljena na pet polja duljine 10 metara, gdje je u svakom polju na desnom kolotragu provedeno mjerenje klatnom prema standardiziranoj proceduri. Osim prosječne SRT vrijednosti u svakoj karakteristici pojedine dionice (Slika 5), u konačnici je za svaku dionicu izračunata prosječna SRT vrijednost radi mogućnosti usporedbe sa rezultatima mjerenja preostala dva uređaja.

Mjerenja otpora klizanju Micro GripTesterom uslijedila su nakon mjerenja klatnom, gdje su prije svakog mjerenja na uređaju definirani mjerni uvjeti ispitivanja - duljina testne dionice, brzina te debljina vodenog filma. Mjerenje je provedeno po standardiziranoj proceduri, a po završetku mjerenja iz zabilježenih vrijednosti GripNumber izračunata je prosječna GripNumber vrijednost za svaku od testnih dionica. Kasnije su rezultati mjerenja analizirani u specijaliziranom softveru i prikazani grafički za svaku izmjerenu dionicu (Slika 5).

Treće mjerenje na testnim dionicama provedeno je mjernim vozilom tvrtke Sarsys Saab 9-5 Friction Tester. Radi se o mjernom uređaju koji također bilježi otpor klizanju po dinamičkom principu mjerenja uz fiksno proklizavanje mjernog kotača od 15%. Relevantni rezultati mjerenja dobivaju se za brzinu vozila od otprilike 50 km/h, stoga se može zaključiti kako je otpor klizanju koji ovaj uređaj detektira posljedica karakteristika makroteksture izmjerene kolne površine. Mjerenje također zahtijeva suhe vremenske uvjete zbog mogućnosti aktivacije vodenog filma određene debljine. Nakon mjerenja također je uzeta prosječna vrijednost otpora klizanju za svaku od izmjerenih dionica.



DIONICA	Rujevica 2					SRT
	SRT (0-150)					SRT (prosječna vrijednost)
POZICIJA 1	80	85	85	80	85	83
POZICIJA 2	70	75	70	75	75	73
POZICIJA 3	80	80	85	80	80	81
POZICIJA 4	80	75	75	80	80	78
POZICIJA 5	70	70	75	75	75	73
POZICIJA 6	70	70	70	70	70	70



Slika 5. Prikaz rezultata mjerenja SRT klatnom (formular) i Micro GripTesterom (grafikon) za jednu testnu dionicu

Rezultati mjerenja svih triju ure aja analizirani su i me usobno uspore ni kako bi se istra0ila mogu nost usporedbe dobivenih rezultata. S obzirom na poznate karakteristike testnih dionica prema kojima se me usobno i razlikuju, mo0e se zaklju iti da su dobiveni rezultati o ekivani odnosno dolazi do smanjenja otpora klizanju sa duljim vremenom eksploatacije i ve im prometnim optere enjem dionice. SRT klatno i Micro GripTester daju vrijednost otpora klizanju u ovisnosti o svojstvima mikroteksture te se dobiveni rezultati mogu me usobno usporediti, dok Saab 9-5 Friction Tester registrira otpor klizanju kao posljedicu svojstava makroteksture, pa je koriztenjem sva tri ure aja mogu e opisati realizirani otpor klizanju na testnim dionicama u ovisnosti o svojstvima obje spomenute razine teksture.

Unato vrlo limitiranom karakteru samih mjerenja iji rezultati imaju izri ito ilustrativnu ulogu, mo0e se zaklju iti da su registrirane vrijednosti otpora klizanju na sve tri ispitane dionice zadovoljavaju e.

Tablica 1. Prosje ne vrijednosti otpora klizanju na tri testne dionice izmjerene trima mjernim ure ajima

<u>DIONICA</u>	<u>SRT</u>	<u>GN</u>	<u>SFT</u>
Rujevica 1	95,166667	0,99	0,96
Rujevica 2	76,333333	0,91	0,77
Rujevica 3	75	0,93	0,73

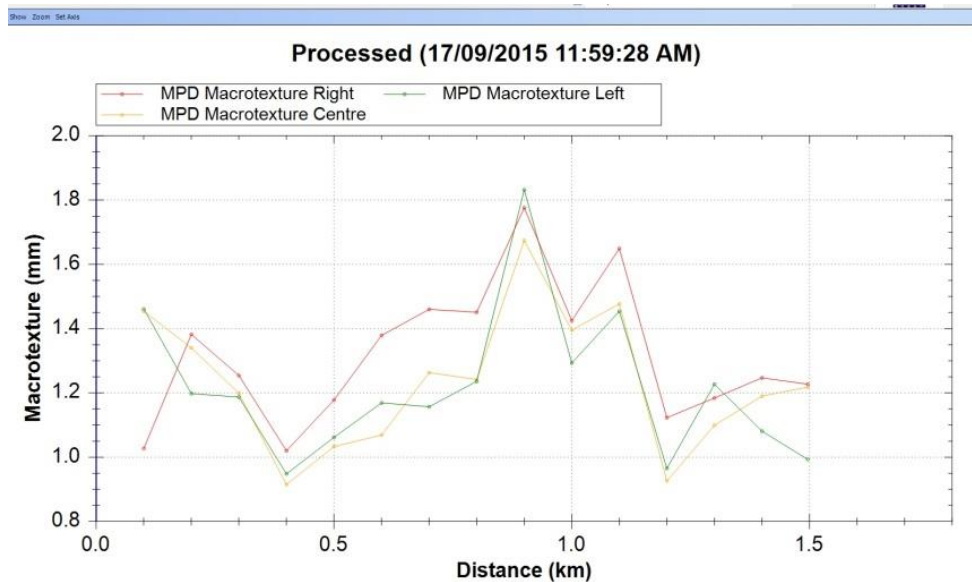
4.2. Mjerenje makroteksture laserskim profilometrom Hawkeye 2000

Preliminarna istraživanja laserskim profilometrom Hawkeye 2000 provedena su tijekom lipnja 2015.godine u sklopu obuke o na inu koriztenja Hawkeye 2000 sustava. Mjerenja su provedena na nekoliko razli itih prometnica u Gradu Rijeci, uklju uju i i uzletno-sletnu stazu sportskog aerodroma na Grobniku iznad Rijeke. Beskontaktno mjerenje kolne povrzine laserskom letvom uz video snimanje i georeferenciranje sustava provedeno je prema napucima

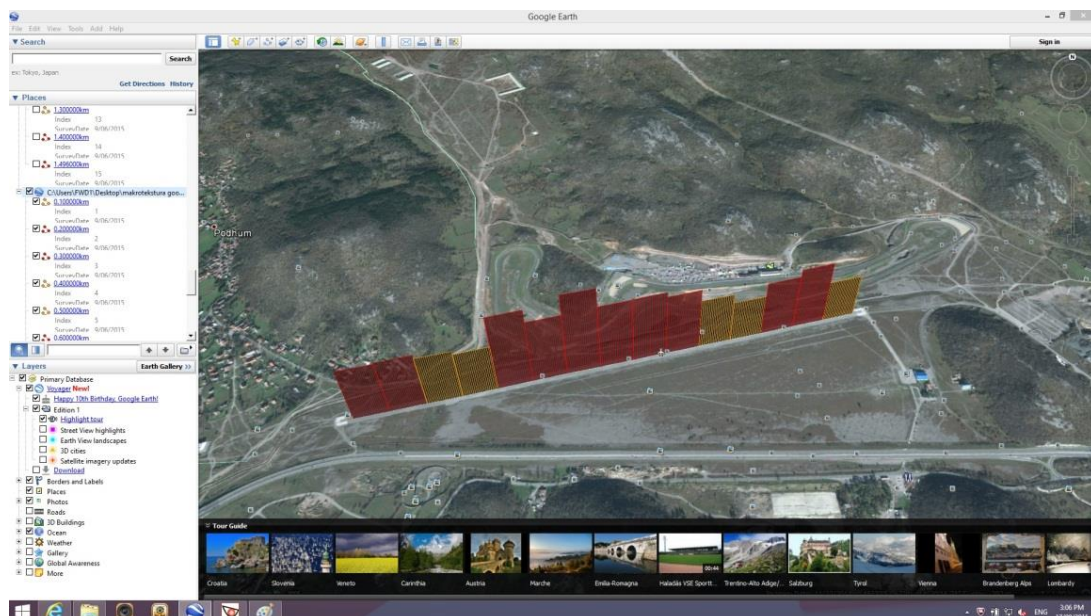
ovlaztene osobe koja je provela obuku, uz prethodnu kalibraciju lasera i u odgovaraju im vremenskim uvjetima (suho vrijeme bez ekstremnih temperatura zraka a time i povrzine kolnika). Po zavrzetku mjerenja prikupljeni podaci analizirani su u odgovaraju em softveru.



Podaci o makroteksturi kolnika analizirani su u modulu za makroteksturu, ime je dobiven izlazni parametar za karakterizaciju makroteksture kao Mean Profile Depth (MPD) vrijednost (Slika 6). Vrijednosti su dobivene za laserska mjerenja u lijevom i desnom kolotragu te u sredini prometnog traka. Podaci o makroteksturi za neka od provedenih mjerenja u posebnom formatu učitana su u Google Earth platformu, pa se na izmjerenoj dionici mogu vidjeti vrijednosti makroteksture za pojedine segmente dionice, kao i njihova grupna evaluacija za svaki segment (Slika 7).



Slika 6. Grafički prikaz vrijednosti MPD za proizvoljnu testnu dionicu dobiven analizom prikupljenih podataka u softveru Hawkeye Processing Toolkit



Slika 7. Prikaz mogućnosti izvoza podataka o makroteksturi analiziranih softverom Hawkeye Processing Toolkit u Google Earth platformu



5. ZAKLJUČAK

Hvatljivost kolne površine važna je karakteristika prometnice jer izravno utječe na sigurnost prometa. Jedna od karakteristika površine kolnika koja ima vrlo značajan utjecaj na realizaciju pojave trenja pri kretanju vozila po kolniku jest tekstura površine, odnosno mikrotekstura i makrotekstura kolnika. Navedene razine teksture različit utječu na svojstva hvatljivosti, stoga treba voditi računa da obje zadovoljavaju minimalne potrebne vrijednosti za aktivaciju mehanizma trenja između kolnika i kotača vozila u svakom periodu eksploatacije prometnice.

Preliminarna mjerenja svojstava hvatljivosti daju uvid u vrijednosti otpora klizanju realizirane na prometnim površinama koje su posljedica svojstava mikroteksture odnosno makroteksture, što je detektirano mjernim uređajima Laboratorija za prometnice Građevinskog fakulteta u Rijeci. Ovisno o mjernom principu, uređaji su detektirali karakteristične vrijednosti otpora klizanju iz kojih se može zaključiti kakva su kvalitativna i kvantitativna teksturalna svojstva izmjerene površine kolnika. Unatož činjenici da su provedena mjerenja isključivo ilustrativnog karaktera, rezultati dobiveni mjerenjem zadovoljavaju i su u pogledu ostvarenog otpora klizanju na sve tri ispitane dionice. Osim toga, preliminarna istraživanja daju uvid u mogućnost usporedbe dobivenih rezultata mjerenja i uspostave moguće korelacije između rezultata dobivenih različitim mjernim uređajima.

Provedena preliminarna istraživanja daju uvid u mogućnosti ispitivanja postojećeg stanja kolne površine i međusobno povezivanje dobivenih rezultata u svrhu što cjelovitijeg opisa svojstava hvatljivosti postojećih prometnih površina. Buduća istraživanja tako bi obuhvatila sustavno mjerenje svojstava hvatljivosti na odabranim dionicama, koje bi uz praćenje drugih utjecajnih uvjeta prethodno navedenih u tekstu, kao i poznavanja svojstava ugrađenog asfalta, mogla doprinijeti razvoju i konkretizaciji modela trenja u lokalnim uvjetima.

LITERATURA

1. Babić, B.: Projektiranje kolničkih konstrukcija, HDGI, Zagreb, 1997.
2. PIARC Road Safety Manual, recommendations from the World Road Association, PIARC Technical Committee on Road Safety (C13), Version 1.00, 2003.
3. NCHRP Web-Only document 108: Guide for Pavement Friction, grupa autora, veljača 2009.
4. Platić C., Georgouli K., Field investigation of factors affecting skid resistance variations in asphalt pavements, The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, Volume 9 (2), 2014, str. 108.-114.
5. Huang, C., Huang, X., Effects of pavement texture on pavement friction: a review, Int.J. Vehicle Design, Volume 65, 2014., str. 256.-259.
6. Wallman, C.G., Astrom, H.: Friction measurement methods and the correlation between road friction and traffic safety, A literature review; VTI meddelande 911A, Swedish National Road and Transport Research Institute, 2001.
7. Krajina, M., Hrvatin D., Deluka Tibljaz A., Nova metoda ohrapavlivanja površine kolnika, Osmo Hrvatsko savjetovanje o održavanju cesta Hrvatski cestar, Zagreb, 2014., str. 143.-148.
8. Ivanović N., Jakominić Marot N., Klarin I., Skočanić M., Ožanić N., Razvoj istraživanja infrastrukture na Kampusu Sveučilišta u Rijeci (EFRR, 2014.-2015.), Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 2015. (www.rijeka.hr/lgs.axd?t=16&id=88412)