

Primjena protukliznih cestovnih podloga za povećanje sigurnosti cestovnog prometa

Ivanjko, Gabrijela

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:006542>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-01**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Gabrijela Ivanjko

**PRIMJENA PROTUKLIZNIH CESTOVNIH PODLOGA ZA
POVEĆANJE SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2024.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**PRIMJENA PROTUKLIZNIH CESTOVNIH PODLOGA ZA POVEĆANJE
SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA**

**APPLICATION OF NON-SLIP ROAD SURFACES TO INCREASE ROAD
SAFETY**

Mentor: doc. dr. sc. tech. Dario Babić

Studentica: Gabrijela Ivanjko

Komentor: Antun Snovak

JMBAG: 0135257457

Zagreb, rujan 2024.

Zagreb, 27. svibnja 2024.

Zavod: **Zavod za prometnu signalizaciju**
Predmet: **Prometna signalizacija**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 7531

Pristupnik: **Gabrijela Ivanjko (0135257457)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Primjena protukliznih cestovnih podloga za povećanje sigurnosti cestovnog prometa**

Opis zadatka:

Na sigurnost prometa utječu tri osnovna čimbenika, čovjek, vozilo te cesta i njena okolina. Smatra se kako čovjek svojim djelovanjem i pogreškama uzrokuje značajan broj prometnih nesreća, dok su preostala dva čimbenika zastupljena u manjoj mjeri i to najčešće u kombinaciji s čovjekom. S obzirom na to da se smatra kako su pogreške u ljudskoj prirodi te da ih je nemoguće potpuno eliminirati, suvremene strategije sigurnosti cestovnog prometa usmjerene su na daljnja poboljšanja ostalih čimbenika kako bi se spriječio nastanak prometnih nesreća ili ublažile njihove posljedice.

Jedna od čestih metoda povećanja sigurnosti prometa, kada je u pitanju prometna infrastruktura, jest povećanje hrapavosti kolničke površine. Postupak povećanja hrapavosti kolnika uglavnom obuhvaća djelovanje vode ili zraka pod visokim tlakom na postojeću kolničku površinu, dok se u posljednje vrijeme počinju primjenjivati i inovativna rješenja koja podrazumijevaju primjenu protukliznog sloja.

Zadatak diplomskog rada je analizirati stručnu i znanstvenu literaturu vezanu uz primjenu inovativnih rješenja vezanih uz povećanje hrapavosti kolničke površine. Osim toga, potrebno je provesti ispitivanje specijalizirane protuklizne cestovne podloge te analizirati dobivene rezultate.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

doc. dr. sc. Dario Babić

Antun Snovak (komentor)

SAŽETAK

Na sigurnost cestovnog prometa utječu tri osnovna čimbenika: čovjek, vozilo i cesta i njena okolina. Čovjek svojim djelovanjem i pogreškama uzročnik je značajnog broja prometnih nesreća, dok su preostala dva čimbenika zastupljena u manjoj mjeri i to u kombinaciji s čovjekom. S obzirom na to kako su ljudske greške neizbježne i dio su ljudske prirode javlja se potreba za intervencijom u preostale čimbenike sigurnosti cestovnog prometa kako bi se utjecaj ljudske greške u tom području sveo na minimalnu mjeru. Jedan od načina poboljšanja cestovne infrastrukture je kroz prometnu signalizaciju, opremu, elemente pasivne sigurnost i slično, a sve s ciljem sprečavanja nastanka prometnih nesreća ili ublažavanja njihovih posljedica. Jedna od takvih mjera je i povećanje hrapavosti kolničkih površina primjenom različitih metoda, kao što su hrapavljenje kolničkih površina ili pak primjena podloga za povećanje trenja. Protuklizne podloge temelje se na povećanju trenja između dodirnih površina pneumatika vozila i podloge s ciljem sprečavanja izlijetanja vozila s ceste, smanjenja zaustavnog puta, sprečavanja nastanka vodenog klina i ostalih bitnih segmenata koji mogu biti potencijalni uzrok nastanka prometne nesreća. Cilj diplomskog rada je analiza utjecaja protuklizne podloge na zaustavni put vozila u različitim uvjetima. Metodologija izrade diplomskog rada temelji se na usporedbi ključnih parametara sigurnosti na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na protukliznoj Tyregrip podlozi pri različitim vremenskim uvjetima. Istraživanjem su prikupljeni i analizirani podaci o usporencu vozila, trajanju i putu kočenja pri suhim, kišnim i snježnim vremenskim uvjetima te je za iste dana usporedba s obzirom na vrstu podloge. Svrha istraživanja je proširenje dosadašnjih znanstvenih saznanja i spoznaja o protukliznim podlogama na primjeru Tyregrip podloge te njihovom primjenom omogućiti sigurnije zaustavljanje vozila pri određenoj brzini, pritom ne ugrožavajući ostale sudionike u prometu i u konačnici istaknuti pozitivne strane primjene navedene podloge za sigurnost cestovnog prometa.

KLJUČNE RIJEČI: sigurnost cestovnog prometa, cestovna infrastruktura, protuklizne podloge, trenje, Tyregrip podloga, usporenje, vremenski uvjeti

SUMMARY

Road safety is influenced by three main factors: the person, the vehicle and the road and its surroundings. Human actions and errors cause many road accidents, while the other two factors play a lesser role, usually in combination with human error. Since human error is inevitable and part of human nature, there is a need to intervene in the other factors of road safety to minimize the impact of human error in this area. One way to improve road infrastructure is through signage, equipment, passive safety elements and the like to prevent road accidents or mitigate their consequences. One such measure is to increase the roughness of the road surface by various methods, such as roughening the surface or applying friction-enhancing surfaces. Anti-skid surfaces are based on increasing the friction between the contact surfaces of vehicle tires and the road surface in order to prevent vehicles from leaving the road, shorten braking distance, prevent aquaplaning and other critical aspects that can be potential

causes of traffic accidents. The aim of this work is to analyze the effects of anti-skid surfaces on the stopping distance of vehicles under different conditions. The methodology of the work is based on the comparison of important safety parameters on modern asphalt surfaces and on Tyregrip non-slip surfaces under different weather conditions. The study collected and analyzed data on vehicle deceleration, braking time and stopping distance in dry, rainy and snowy weather conditions and made comparisons depending on the type of surface. The aim of the study was to expand the existing scientific knowledge and insights on non-slip surfaces using the example of Tyregrip surfaces and to enable safer stopping of the vehicle at a certain speed without endangering other road users by using them, ultimately emphasizing the positive aspects.

KEY WORDS: road traffic safety, road infrastructure, anti-skid surfaces, friction, Tyregrip surface, deceleration, weather conditions

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	OPĆENITO O SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA	3
3.	PREGLED STRUČNE I ZNANSTVENE LITERATURE.....	6
4.	SPECIJALIZIRANE PROTUKLIZNE CESTOVNE PODLOGE.....	9
5.	METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA	12
5.1.	ISTRAŽIVAČKA OPREMA	14
a)	<i>Testno vozilo</i>	14
b)	<i>XL MeterTM Pro uređaj</i>	16
c)	<i>Matest A113 uređaj</i>	17
5.2.	PROCEDURA ISPITIVANJA	18
6.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA	20
6.1.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA DOBIVENI POMOĆU XL METER TM PRO UREĐAJA	20
6.1.1.	Rezultati istraživanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru	21
6.1.2.	Rezultati istraživanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi	25
6.2.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA DOBIVENI POMOĆU MATEST A113 UREĐAJA	30
6.3.	USPOREDBA REZULTATA ISTRAŽIVANJA NA TEMELJU VREMENSKIH UVJETA	32
6.3.1.	Usporedba rezultata istraživanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru	32
6.3.2.	Usporedba rezultata istraživanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi	35
6.4.	USPOREDBA REZULTATA ISTRAŽIVANJA NA TEMELJU VRSTE PODLOGE	38
6.4.1.	Usporedba rezultata istraživanja u suhim vremenskim uvjetima.....	38
6.4.2.	Usporedba rezultata istraživanja u kišnim vremenskim uvjetima.....	40
6.4.3.	Usporedba rezultata istraživanja u snježnim vremenskim uvjetima	42
7.	ZAKLJUČAK	45
	LITERATURA	47
	POPIS GRAFIKONA.....	49
	POPIS SLIKA	51
	POPIS TABLICA.....	52
	POPIS PRILOGA	53

1. UVOD

Sigurnost cestovnog prometa jedan je od ključnih izazova današnjeg prometnog sustava. Prometne nesreće, kao najveći uzročnik smanjenja razine sigurnosti, uz ljudske gubitke, predstavljaju i značajne ekonomske gubitke društvu. Kako bi se negativan utjecaj prometnih nesreća minimizirao, potrebno je uložiti značajne napore u sve elementne sigurnosti cestovnog prometa, naročito u poboljšanje cestovne infrastrukture.

Cestovnu infrastrukturu moguće je unaprijediti primjenom adekvatne prometne signalizacije, opreme ceste te elemenata pasivne sigurnosti prometa. Klizavost kolnika značajan je sigurnosni nedostatak cestovne infrastrukture, a uzrok pojave klizavosti najčešće su vremenski uvjeti, stanje asfaltnog zastora i nečistoće na istom. Zbog navedenih uzročnika, smanjuje se trenje između pneumatika vozila i kolnika ceste, što može biti potencijalni uzrok proklizavanja vozila. Zbog svog utjecaja na povećanje rizika od nastanka prometnih nesreća, klizavost kolnika značajan je sigurnosni problem. Jedan od načina rješavanja problema skliskog kolnika je primjena dodatnih podloga na suvremenim kolničkim zastorima koje pridonose boljoj hvatljivosti između pneumatika vozila i podloge. Hvatljivost je uvjetovana koeficijentom trenja, odnosno prijanjanja, a implementacija podloga koje povećavaju trenje doprinosi stabilnosti vozila na podlozi i sigurnijem zaustavljanju. Primjena protukliznih podloga u Republici Hrvatskoj podržana je Nacionalnim planom sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske, a njihova implementacija se provodi na lokacijama gdje je zabilježen veći broj prometnih nesreća ili gdje je sigurnost sudionik u prometu na bilo koji način ugrožena. Primjena navedenih podloga omogućava veći iznos prijanjanja između vozila i kolnika, odnosno koeficijent trenja, a vozačima pružaju vizualno i zvučno upozorenje te pritom omogućuju održavanje optimalnog kontakta između pneumatika i podloge tijekom kočenja.

Cilj ovog rada je analiza utjecaja protuklizne podloge na zaustavni put vozila u različitim uvjetima. Oprema koja je korištena prilikom provedbe istraživanja sastojala se od testnog vozila s ljetnim pneumaticima, kolničkog asfaltnog zastora, odabrane specijalizirane protuklizne podloge, XL Meter™ Pro uređaja za mjerenje usporenja, trajanja i puta kočenja te Matest A113 uređaja za mjerenje otpornosti predmetnih površina na klizanje. Istraživanje se provodilo pri suhim, kišnim i snježnim vremenskim uvjetima, pri unaprijed definiranom rasponu brzina od 30 do 60 km/h. Svrha istraživanja bila je proširenje dosadašnjih znanstvenih saznanja i spoznaja o protukliznim podlogama na primjeru Tyregrip podloge te njihovom primjenom omogućiti sigurnije zaustavljanje vozila pri određenoj brzini, pritom ne ugrožavajući ostale sudionike u prometu i u konačnici istaknuti pozitivne strane primjene navedene podloge za sigurnost cestovnog prometa.

Rad se sastoji od ukupno šest poglavlja, a to su:

1. Uvod
2. Općenito o sigurnosti cestovnog prometa
3. Pregled stručne i znanstvene literature
4. Specijalizirane protuklizne cestovne podloge
5. Metodologija istraživanja
6. Rezultati istraživanja

7. Zaključak.

Drugo poglavlje odnosi se na sigurnost cestovnog prometa općenito, gdje su obrađene statistički podaci o smrtnosti u prometu, elementi sigurnosti cestovnog prometa i ostali bitni sigurnosni aspekti. Treće poglavlje obuhvaća pregled stručne i znanstvene literature koja pruža detaljan uvid u već provedena istraživanja ove ili slične tematike, a koja se tiču poboljšanja sigurnosti u cestovnom prometu. Četvrto poglavlje odnosi se na specijalizirane protuklizne cestovne podloge gdje su istaknute njihove prednosti i nedostaci, struktura i način implementacije. Metodologija istraživanja opisana je petim poglavljem ovog rada, gdje je opisana istraživačka oprema te procedura provedbe istraživanja. Šesto poglavlje objedinjuje rezultate istraživanja i njihovu usporedbu. Zaključkom su, kao posljednjim poglavljem ovog rada, iznesena zaključna razmatranja na temelju provedenog istraživanja.

2. OPĆENITO O SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA

Promet je glavna poveznica čitavog svijeta, jedan je od bitnih elemenata globalizacije koji se razvija iz dana u dan te se smatra pokretačem današnjice. Ključan je za gospodarski razvoj jer omogućava prijevoz ljudi, roba i informacija, pritom zadovoljavajući potrebe krajnjih korisnika. Kao interdisciplinarni sustav, promet obuhvaća razne modove prijevoza, gdje se cestovni promet ističe kao najzastupljeniji. Njegova prednost leži u pružanju usluge „od vrata do vrata“, brzini, cjenovnoj prihvatljivosti te najrazvijenijoj infrastrukturi. Osobni automobil je najznačajnije prijevozno sredstvo, pružajući korisnicima komociju i neovisnost.

Danas u prometu na svjetskoj razini smrtno strada oko 1,2 milijuna ljudi, dok između 20 i 50 milijuna pretrpi teže ili lakše tjelesne ozljede. Prema dostupnim podacima Svjetske zdravstvene organizacije do 2019. godine, uzimajući u obzir sve dobne skupine, posljedice prometnih nesreća 12. su uzrok smrtnosti u svijetu, dok u dobnoj skupini između pet i 29 godina, posljedice prometnih nesreća nalaze se na prvom mjestu [1].

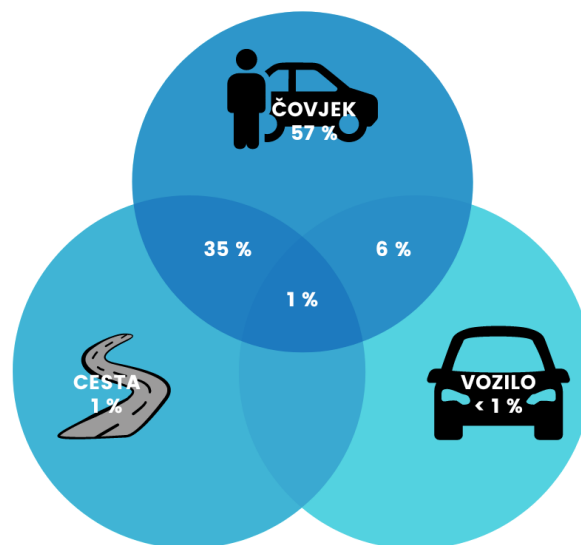
Moderni pristup sigurnosti cestovnog prometa odnosi se na stvaranju sustava koji se temelji na pretpostavci kako je ljudska pogreška neizbježna te se ostali ključni elementi sigurnosti cestovnog prometa moraju prilagoditi tako da utjecaj te pogreške minimiziraju kod nastanka prometnih nesreća, ako do njih dođe. *Safe System Approach* sustav je koji modernim pristupom utjecaja na sve elemente sigurnosti cestovnog prometa doprinosi povećanju razine sigurnosti, a temelji se na podijeljenoj odgovornosti između svih elemenata. Intervencije u cestovnu infrastrukturu, vozila i brzinu kretanja imaju konačan cilj smanjenja broja prometnih nesreća, ali i smanjenja posljedica već nastalih prometnih nesreća. Cesta i cestovna infrastruktura posebice se ističu u ovom sustavu kao elementi za minimizaciju broja prometnih nesreća i smanjenje posljedica kad do prometne nesreće ipak dođe. Kao neke od temeljnih smjernica su dizajniranje sigurnih cesta za sve korisnike s odgovarajućom prometnom signalizacijom s naglaskom na adekvatno označavanje pješačkih prijelaza i horizontalnih zavoja s odgovarajućim ograničenjima brzina i s odgovarajućim elementima pasivne sigurnosti prometa te održavanje cesta i cestovne infrastrukture. *Safe System Approach* sustav naglašava važnost povećanja trenja između pneumatika vozila i cestovne površine, gdje je istaknuta primjena kvalitetnih protukliznih materijala za povećanje prianjanja i teksturiranje habajućeg asfaltnog sloja na kolnicima [2].

Cestovni promet kao cjelina sastoji se od osnovnih elemenata koji su ključni za odvijanje prometa, ali i za djelovanje na razinu sigurnosti. Čimbenici koji svojim utjecajem u cestovnom prometu grade ali i narušavaju razinu sigurnosti su [3]:

- čovjek
- vozilo,
- cesta i njezina okolina.

Navedeni čimbenici mogu utjecati na sigurnost cestovnog prometa samostalno ili međusobno ovisno jedan o drugome. Na temelju istraživanja prometnih nesreća s poginulima i teško ozlijeđenima u Republici Hrvatskoj definirana je postotna vrijednost potencijalnih uzročnika takvih prometnih nesreća pojedinačno za svaki čimbenik sigurnosti te u ovisnosti

jedan o drugome za razdoblje od 2010. do 2018. godine (Slika 1). Utvrđeno je kako je čovjek kao samostalni čimbenik sigurnosti potencijalni uzrok 57 % prometnih nesreća s teškim posljedicama. Razlog tome upravo je ljudska sklonost pogrešci, krivoj procjeni ili pak neadekvatnoj raspodjeli pažnje. Uz navedeno, bitno je istaknuti kako se istraživanjem utvrdila i međusobna ovisnost navedenih čimbenika koja je također značajna kod ovakvog tipa prometnih nesreća. Naime, čovjek u kombinaciji s cestom potencijalni je uzrok 35 % prometnih nesreća s teškim posljedicama, dok kombinacija čovjeka s vozilom čini potencijalni uzrok od 6 % prometnih nesreća toga tipa. Prisutnost ljudske pogreške u kombinaciji s neadekvatnim ili nedovoljno održavanim elementima cestovne infrastrukture čine značajan broj prometnih nesreća s teško ozlijeđenima i poginulima na području Republike Hrvatske [3].



Slika 1. Udio nesreća sa smrtno stradalima i teško ozlijeđenima u Republici Hrvatskoj prema osnovnim čimbenicima sigurnosti cestovnog prometa

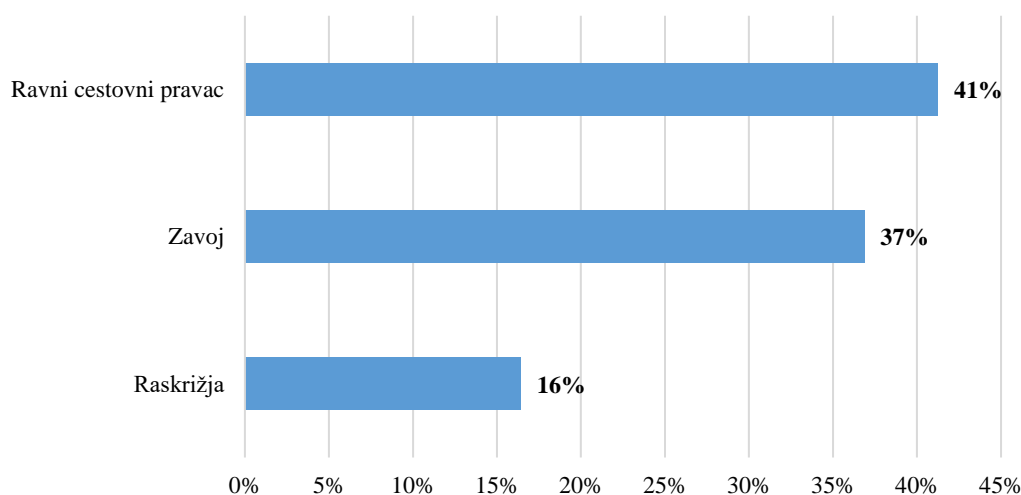
Izvor: [3]

U razdoblju od 2010. do 2018. godine, 39 % prometnih nesreća s poginulima ili teško ozlijeđenima, kao okolnost nastanka nesreće ističe brzinu u kombinaciji s alkoholom i nepažnjom. Nepažnja, odnosno neoprezna vožnja koja obuhvaća nepoštivanje prometnih pravila i propisa, utjecaj distrakcija, umor vozača i slično, kao samostalna okolnost nastanka ovakve vrste prometnih nesreća, u analiziranom razdoblju, zabilježena je u 38 % prometnih nesreća. Alkohol se u analiziranim prometnim nesrećama smatra glavnom okolnosti nastanka u 23 % prometnih nesreća. Osobni automobil, s udjelom od 72 % u analiziranim prometnim nesrećama, smatra se najzastupljenijim prijevoznim sredstvom u prometnim nesrećama s poginulima ili teško ozlijeđenima [3]. Na temelju prikazanih podataka, očita je potreba za intervencijom u sva tri čimbenika sigurnosti cestovnog prometa primjenom korektivnih i preventivnih metoda. S obzirom na čovjeka, čije su pogreške često neizbježne, fokus treba biti na poboljšanju sigurnosnih elemenata vozila i ceste i cestovne infrastrukture kako bi se minimizirala ljudska pogreška i povećala ukupna sigurnost prometnog sustava.

Republika Hrvatska pod nadležnosti Ministarstva unutarnjih poslova svake godine provodi statističku analizu osnovnih sigurnosnih pokazatelja na godišnjoj i mjesečnoj razini.

Analizirani podaci daju uvid u utjecaj provedenih mjera predviđenih Nacionalnim planom sigurnosti cestovnog prometa te služe kao jedna od smjernica za direktan utjecaj na detektiranu manjkavost u prometnom sustavu. Tijekom 2023. godine od strane nadležnog Ministarstva, evidentirane su 34.604 prometne nesreće, što je u odnosu na podatke iz 2022. godine 6,3 % više zabilježenih prometnih nesreća. U navedenom broju prometnih nesreća iz 2023. godine zabilježeno je gotovo 10.633 prometnih nesreća gdje je kao posljedica istaknuta ozlijeđena ili poginula osoba. Kao najčešći uzrok prometnih nesreća u 2023. godini koje za posljedicu imaju poginule osobe je sudar vozila u pokretu iz suprotnih smjerova, s udjelom od 21 % u ukupnom broju poginulih, dok je najčešća okolnost prometnih nesreća s poginulima brzina neprimjerena uvjetima, s udjelom od 40 % u ukupnom broju poginulih [4].

Grafikon 1 prikazuje udio u ukupnom broju poginulih osoba u Republici Hrvatskoj u 2023. godini prema značajkama ceste. 41 % prometnih nesreća s poginulim osobama zabilježeno je na ravnom cestovnom pravcu, 37 % u zavoju a 16 % u području raskrižja. Ostale prometne nesreće nastale su na cestovnim objektima, prijelazima preko željezničkih pruga, na pješačkim prijelazima, biciklističkim stazama i ostalim elementima prometne infrastrukture, njihov je udio manji od 5 % te nisu prikazane na predmetnom grafikonu [4].



Grafikon 1. Udio poginulih osoba prema značajkama ceste u 2023. godini

Izvor: [4]

Čovjek, kao jedan od temeljnih elemenata sigurnosti cestovnog prometa, prirodno je sklon pogrešci, do koje najčešće dolazi zbog manjka koncentracije, umora, konzumacije alkohola i opijata ili pak pri utjecaju distrakcija u prometu. Uz sve veću edukaciju vozača i stanovništva općenito o kaotičnim posljedicama koje može prouzrokovati ljudska pogreška i uz povećanje stope prometne kulture, potrebno je uzeti u obzir činjenicu kako se ljudska pogreška ne može sa stopostotnom sigurnošću ukloniti te dolazi do potrebe ulaganja značajnijeg nпора u preostale elemente sigurnosti. Na taj način dolazi do povećanja razine sigurnosti ceste i vozila kao samostalnih elemenata ali i kolektivne razine sigurnosti sustava cestovnog prometa, gdje se posljedica ljudske pogreške postepeno svodi na najmanju moguću mjeru.

3. PREGLED STRUČNE I ZNANSTVENE LITERATURE

Kao što je navedeno u prethodnom poglavlju, jedna od ključnih mjera za podizanje razine sigurnosti cestovnog prometa je poboljšanje cestovne infrastrukture. Jedna od metoda intervencije u cestovnu infrastrukturu je i hrapavljenje habajućeg sloja kolnika te primjena protukliznih podloga koje poboljšavaju trenje između pneumatika vozila i kolnika te doprinose i psihičkom utjecaju na vozača zbog vizualnih i zvučnih stimulansa. Kako bi postavljeni cilj vezan uz minimizaciju prometnih nesreća bio ispunjen, odnosno kako bi se ispunila vizija o nultoj stopi smrtnosti u prometu, diljem svijeta provode se različita istraživanja s ciljem utjecaja i poboljšanja cestovne infrastrukture, što će u konačnici djelovati na porast razine sigurnosti.

Kada je riječ o cestovnoj infrastrukturi, potrebno je posebnu pozornost usmjeriti na koeficijent trenja, odnosno prianjanja. Koeficijent prianjanja bezdimenzionalna je veličina koja opisuje kontakt između dviju podloga, točnije njime se opisuje i mjeri razina trenja između pneumatika vozila i kolničke podloge [5]. Općenito, koeficijenti prianjanja za moderne asfaltne i betonske cestovne površine variraju ovisno o uvjetima na površini. Naime, tijekom suhih uvjeta, koeficijent prianjanja iznosi od 0,7 do 0,8, tijekom kišnih uvjeta gdje je površina ceste mokra, koeficijent prianjanja se smanjuje i tada iznosi od 0,4 do 0,5, dok se u snježnim uvjetima on značajno smanjuje i iznosi od 0,2 do 0,3, a na ledu je u rasponu od 0,1 do 0,2. Svjetska cestovna asocijacija ističe kako smanjenje koeficijenta prianjanja ispod 0,45 povećava rizik nastanka prometne nesreća za 20 puta, dok pad ispod 0,30 povećava rizik za gotovo 300 puta [6].

Gustoća prometa značajno utječe na smanjenje trenja na cestovnoj površini. Naime, s porastom broja vozila, hrapavost kolnika, odnosno njegov koeficijent prianjanja, opada zbog povećanog trošenja habajućeg sloja. Ovo smanjenje trenja stvara potencijalno opasne situacije u prometu, posebice u horizontalnim zavojima gdje je rizik od nastanka promete nesreće izraženiji [7].

Hrapavost, kao karakteristika kolnika, smatra se izrazito važnom zbog svog utjecaja na razinu sigurnosti i udobnosti koje pruža pojedina cesta, a naposljetku neposredno utječe i na troškove održavanja i rada vozila. Postoji velik broj prikupljanja podataka o hrapavosti kolnika, odnosno njegovom koeficijentu prianjanja, a jedna od inovativnijih je s pomoću pametnih telefona ili korištenje kamera i Lidar tehnika, odnosno 3D skeniranje koje postaje sve značajnije u primjeni [6]. Hrapavost kolnika temelji se na Međunarodnom indeksu hrapavosti (*IRI – International Roughness Index*) te je njegov optimalan iznos oko dva m/km, što zadovoljava potrebnu hrapavost ceste. Svi veći iznosi smatraju se oštećenim i nezadovoljavajućim habajućim slojem ceste koji bitno smanjuje razinu udobnosti korisnika, a izravno i sigurnost. Koeficijent prianjanja, odnosno hrapavost habajućeg sloja površine ceste uglavnom ovisi o teksturi koja se može definirati kao mikrotekstura i makrotekstura. Navedene teksture mijenjaju se pod utjecajem kumulativnog prometnog volumena (*CTV – Cumulative Traffic Volume*), što dovodi do smanjenja koeficijenta prianjanja, odnosno trošenja habajućeg sloja površine ceste tijekom vijeka trajanja ceste, što u konačnici dovodi do sve glađeg

površinskog sloja kontaktne površine i povećanja mogućnosti proklizavanja ili izlijetanja vozila s ceste [8], [9], [10].

Istraživanja su dokazala kako je koeficijent prianjanja ovisan o vrsti i načinu izvedbe podloge. Naime, ceste s nezadovoljavajućim koeficijentom trenja habajućeg sloja predstavljaju znatno veću opasnost i povećavaju rizik nastanka prometnih nesreća. Bitno je istaknuti kako je koeficijent prianjanja posebice značajan kod upravljanja motociklima i mopedima. Kako se radi o vozilima na dva kotača, odnosno o vozilima s jednim tragom, kontaktna površina između pneumatika i podloge je manja nego što je to slučaj kod osobnih automobila, stoga je nužno da su ceste kojima se kreću motociklisti i mopedisti zadovoljavajućeg općeg stanja i hvatljivosti [6], [8], [11].

Kod postupaka unaprjeđenja cestovne infrastrukture, važan čimbenik čini i vozilo. Naime, cesta i vozilo usko su povezani upravo koeficijentom prianjanja, koji se dobiva pomoću omjera usporenja vozila i gravitacijske konstante definirane Newtonovim zakonom gravitacije. Koeficijent prianjanja između pneumatika i cestovnih površina analizira se kao ključni element sigurnosti vozača te je značajan kod prevencije prometnih nesreća [12]. Ovaj koeficijent ovisi o različitim čimbenicima, kao što je atmosferski tlak u pneumaticima, opterećenje vozila i makrotekstura površine. Nedovoljno prianjanje može rezultirati proklizavanjem vozila, što je potencijalan uzrok nastanka prometnih nesreća, posebice na mokrim i vlažnim cestovnim površinama. Koeficijent prianjanja varira ovisno o vrsti pneumatika, opterećenju vozila i uvjetima na cesti, što naglašava potrebu za pažljivim praćenjem i kontrolom kako bi se osigurala maksimalna sigurnost, a njegova procjena je ključna za prilagodbu vozila uvjetima ne cesti [12], [13].

Kako bi se koeficijent prianjanja na postojećim ili novo izvedenim cestovnim površinama zadovoljio za potrebe provedbe sigurnog prometnog procesa, potrebno je primijeniti različite načine intervencije u cestovnu infrastrukturu. Površinsko teksturiranje habajućeg sloja kolničke površine predstavlja tehnologiju koja značajno doprinosi povećanju sigurnosti na cestama. Teksturiranje površine kolnika moguće je na razne načine, na primjer primjenom tehnika kao što su brušenje, grebanje i rešetkanje habajućeg sloja, gdje se stvara površina koja povećava koeficijent prianjanja između pneumatika i cestovne površine. Navedeno se najčešće primjenjuje na betonskim kolničkim zastorima, ali je i sve češća primjena na ostalim vrstama suvremenih kolničkih zastora [14]. Ovakav način utjecaja na povećanje koeficijenta prianjanja omogućuje bolje upravljanje vozilom, gdje se pritom skraćuje zaustavni put vozila i smanjenje rizika od proklizavanja, što je osobito važno u uvjetima mokrog i skliskog kolnika. Osim toga, povećanjem hrapavosti kolnika povećava se i makrotekstura koja uvjetuje bolju odvodnju vode s kolnika, čime se smanjuje opasnost od pojave vodenog klina između pneumatika i podloge.

Teksturiranje površine kolnika objedinjuje i nanošenje dodatnih materijala na postojeću kolničku površinu. Takav način teksturiranja kolničkih površina općenito se primjenjuje u područjima gdje povećanje koeficijenta prianjanja nije moguće gore navedenim postupcima. Materijali koji se primjenjuju kod ovakvog načina teksturiranja kolničkih podloga općenito se sastoje od kvalitetnog vezivog elementa, kao što je epoksidna smola i kvalitetnog abrazivnog agregata koji je općenito veće makroteksture (između dva i četiri milimetra) [15]. Površinskim

teksturiranjem habajućeg površinskog sloja pridonosi se povećanju sigurnosti sudionika u prometu, smanjuje se broj prometnih nesreća i povećava udobnost vožnje. Primjena ove tehnologije pokazala se kao iznimno učinkovita, čineći ceste sigurnijima i pouzdanijima [14].

Kao sve češće korištena metoda teksturiranja površine kolnika primjenjuje se izvedba podloga za povećanje trenja, a posebno se ističe izvedba Tyregrip podloga. Kako bi se opravdala primjena specijalizirane protuklizne Tyregrip podloge, ista je morala biti podvrgnuta brojnim istraživanjima kako bi se spoznale sve prednosti i nedostaci primjene. Istraživanje se temeljilo na izvedbi Tyregrip podloge i njenom trogodišnjem praćenju, a cilj je bio uvidjeti djeluje li uistinu navedena podloga na smanjenje broja prometnih nesreća. Podloga je bila izvedena na području ceste gdje je zabilježen velik broj prometnih nesreća. Nakon trogodišnje primjene podloge, analizom broja prometnih nesreća na izabranom predmetnom području utvrđeno je značajno smanjenje broja prometnih nesreća, što potvrđuje njegovu učinkovitost u povećanju koeficijenta prijanjanja i poboljšanju sigurnosti na cestama [16].

4. SPECIJALIZIRANE PROTUKLIZNE CESTOVNE PODLOGE

Značajna intervencija u cestovnu infrastrukturu je teksturiranje habajuće površine ceste. Teksturiranjem habajućeg sloja površine ceste pospješuje se makrotekstura površine, poboljšava se odvodnja oborinskih voda te se povećava prijanjanje pneumatika uz podlogu. Kao sve češće korištena metoda teksturiranja površine kolnika primjenjuje se izvedba podloga za povećanje trenja. Podloge za povećanje trenja izvode se na postojećoj asfaltnoj ili betonskoj podlozi, a najčešće se izvode na područjima cesta na kojima je zabilježen velik broj prometnih nesreća, u horizontalnim zavojima, ispred pješačkih prijelaza ili pak na cestovnim objektima, kao što su mostovi. Implementacija podloga za povećanje koeficijenta trenja, odnosno prijanjanja jedna je od metoda intervencije u prometnu infrastrukturu. Primjer specijaliziranih protukliznih podloga je Tyregrip podloga koja je prvi put implementirana u Ujedinjenom Kraljevstvu, gdje se pokazala posebno djelotvornim tijekom kišnih vremenskih uvjeta [16].

Suvremena protuklizna Tyregrip podloga definira se kao podloga sastavljena od dvokomponentne epoksidne smole u kombinaciji s kalcificiranim boksitnim agregatom s visokim postotkom aluminijske i različitim pigmentima. Podloga se izvodi na potpuno suhom i čistom asfaltnom ili betonskom cestovnom zastoru kako bi se osigurala optimalna učinkovitost i dugotrajnost. Epoksidna smola djeluje kao vezivni element ove podloge koji osigurava njezinu čvrstoću i otpornost, dok kalcificirani boksitni agregat pruža hrapavost i otpornost na trošenje. Pigmenti se koriste kako bi se poboljšala vidljivost površine i kako bi se pojačao psihološki utjecaj na vozače. Navedena podloga najčešće se izvodi u područjima gdje je zabilježen veći broj prometnih nesreća, u horizontalnim zavojima, ispred pješačkih prijelaza ili pak na cestovnim objektima. Bitno je spomenuti kako se primjena određene boje pigmenta bira shodno području na kojemu će se podloga izvoditi. Prema specifikacijama proizvođača, specijalizirana protuklizna Tyregrip podloga osigurava veću hvatljivost kolničke površine te time smanjuje rizik od proklizavanja vozila. Makrostruktura podloge, koja se kreće između 0,3 mm i 4 mm omogućuje smanjenje rizika proklizavanja vozila kod mokrog kolnika ali i kod pojave smrzavanja kolnika pri niskim temperaturama, gdje dolazi do efikasne površinske odvodnje [16], [17].

Specijalizirana protuklizna Tyregrip podloga u Republici Hrvatskoj do sada je postavljena na nekoliko lokacija, odnosno u Opatiji, Rijeci, Karlovcu, Kutini, Lovranu, Dobreću i na pojedinim lokacijama Županijske uprave za ceste Krapinsko-zagorske, Varaždinske i Karlovačke županije. Osim na županijskim, lokalnim i gradskim prometnicama, suvremena protuklizna Tyregrip podloga postavljena je i na državnoj cesti DC45 (Veliki Zdenci – Garešnica – Kutina) [18].

Primjer opasnog horizontalnog zavoja gdje je implementirana specijalizirana protuklizna Tyregrip podloga prikazan je sljedećom slikom i nalazi se u Karlovcu (Slika 2). Predmetni zavoj smatrao se opasnim zbog velikog broja zabilježenih prometnih nesreća izljetanja vozila s ceste te je iz tog razloga Tyregrip podloga izvedena s obje strane zavoja u duljini od 40 metara. Za navedenu podlogu koristio se pigment crvene boje kako bi se naglasila

specifičnost zavoja i kako bi se putem pružanja vizualnih informacija djelovalo na psihologiju vozača koji se kreću predmetnim zavojem [17].



Slika 2. Ortofoto snimka i stvarni prikaz implementirane specijalizirane protuklizne Tyregrip podloge u području horizontalnog zavoja u Ulici Mostanje u Karlovcu

Izvor: [17]

Značajna primjena Tyregrip podloge vidljiva je na cestama u Krapinsko-zagorskoj županiji, gdje je Županija inicirala postavljanje i implementaciju navedenih podloga, uz kombinaciju znakova za ograničenje brzine i bijelih poprečnih optičkih crta upozorenja. Naime, inicijativa za primjenu navedenih sigurnosnih intervencija bila je nužna zbog sve većeg broja zabilježenih prekoračenja brzina koje su prepoznate kao ozbiljan sigurnosni problem. Većina Tyregrip podloga u ovoj županiji izvedena je u području pješačkih prijelaza s primjenom crvenog pigmenta, kao što je to prikazano sljedećom slikom (Slika 3).



Slika 3. Prikaz implementirane specijalizirane protuklizne Tyregrip podloge u području pješačkog prijelaza u Pavlovcu Zabočkom

Izvor: [19]

Primjer implementacije Tyregrip podloge na cestovnom objektu, odnosno mostu nalazi se u Karlovcu. Slika 4 prikazuje izvedenu specijaliziranu protukliznu podlogu na Mostu Gromava u Karlovcu, ispred pješačkog prijelaza. Navedena lokacija smatrala se posebno opasnom za pješake zbog česte pojave poledice na mostu tijekom zimskih uvjeta koja je rezultirala čestim proklizavanjem vozila. Kako bi se navedeno spriječilo, izvedena je Tyregrip podloga s plavim pigmentom koji ima funkciju slanja vizualne poruke vozačima na potencijalnu opasnost od poledice [17].



Slika 4. Prikaz implementacije specijalizirane protuklizne Tyregrip podloge na mostu u Ulici 13. srpnja u Karlovcu

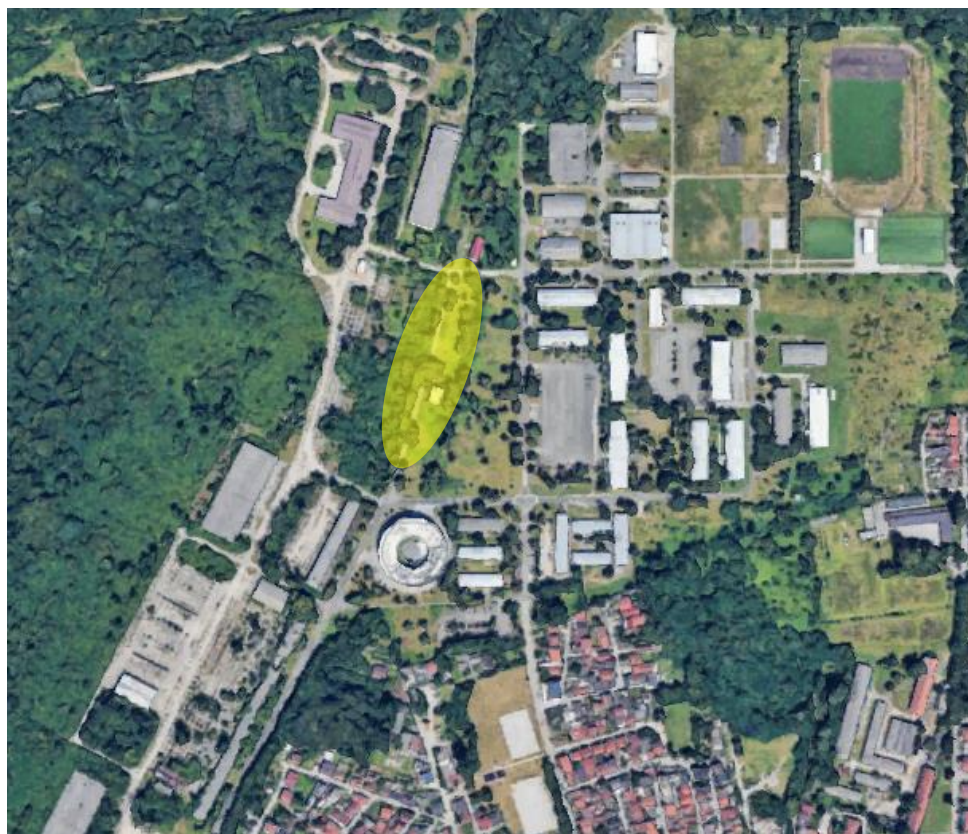
Izvor: [17]

Specijalizirana protuklizna Tyregrip podloga nudi značajne prednosti u cestovnom prometu, prvenstveno kroz povećanje koeficijenta prijanjanja i poboljšanje sigurnosti, naročito u zavojima i u zonama pješačkih prijelaza. Elementi podloge, kao što je primjena agregata visoke tvrdoće, čvrstoća koju pruža epoksidna smola te veća makrotekstura u potpunosti izvedene podloge, u odnosu na klasične asfaltne ili betonske zastore rezultira kraćim zaustavnim putem, smanjenim rizikom od proklizavanja vozila, osobito u uvjetima mokrog kolnika ali i boljom odvodnjom oborinskih voda, što sprečava pojavu vodenog klina na podlozi [20]. Međutim, potrebno je istaknuti i nedostatke koji su povezani s primjenom Tyregrip podloge. Najznačajniji nedostaci su visoki troškovi implementacije i održavanja podloge koji se dugoročno smatraju i određenom preprekom za širu implementaciju na duljim dionicama cesta. Iako je potrebno navesti da se Tyregrip uvijek nanosi točno na detektirano opasno mjesto te je manjeg i koncentriranijeg obuhvata što pitanje viših troškova relativizira u usporedbi s drugim metodama. Trajnost Tyregrip podloge značajno se smanjuje u uvjetima visoke frekvencije prometa ili ekstremnih vremenskih uvjeta, što može zahtijevati češće održavanje ili pak obnovu površine. Primjena epoksidne smole, kao osnovnog elementa ove podloge, potencijalno može imati štetan utjecaj na ekološki sustav zbog emisije hlapljivih organskih spojeva tijekom implementacije [16].

5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Za potrebe ovog rada provedeno je istraživanje na protukliznoj Tyregrip podlozi, a razlog izbora protuklizne Tyregrip podloge je njena sve češća primjena na području Republike Hrvatske. Kako bi se testiralo djelovanje specijalizirane protuklizne Tyregrip podloge provedeno je istraživanje za cilj imalo usporedbe istih radnji, odnosno ubrzavanja do određene brzine i naglog kočenja do potpunog zaustavljanja, na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi, u kontroliranim uvjetima, pod utjecajem različitih vremenskih uvjeta.

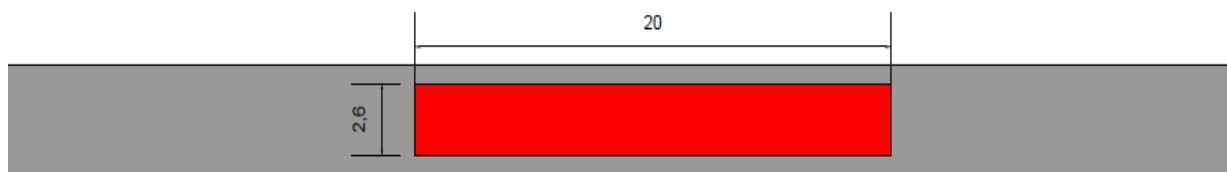
Istraživanje se provodilo tijekom 2023. i 2024. godine pod utjecajem različitih vremenskih uvjeta: suho vrijeme, kišno vrijeme i snježno razdoblje. Istraživanje se provodilo unutar Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj u Zagrebu, na izabranoj nerazvrstanoj cesti sa suvremenim kolničkim asfaltnim zastorom koja je prikazana sljedećom slikom (Slika 5). Na istoj lokaciji izvedena je specijalizirana protuklizna Tyregrip podloga. Na obje podloge provodilo se ispitivanje usporenja, puta i vremena trajanja kočenja unutra raspona brzina od 30 do 60 km/h te je na obje ispitana otpornost na klizanje.



Slika 5. Područje provedbe istraživanja unutar ZUK Borongaj

Specijalizirana protuklizna Tyregrip podloga je površina s visokim koeficijentom trenja koja, u usporedbi sa suvremenim kolničkim asfaltnim zastorom, pruža značajno veće trenje između pneumatika što poboljšava prianjanje vozila i u konačnici smanjuje zaustavni put. Tvrtka Euro-galant d.o.o. je za potrebe provedbe ovog istraživanja omogućila izvođenje specijalizirane protuklizne Tyregrip podloge u duljini od 20 m na unaprijed definiranom

mjernom odsječku nerazvrstane ceste unutar Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj. Izvedena podloga ukupne je površine 52 m², a shema izvedene podloge prikazana je sljedećom slikom (Slika 6).



Slika 6. Shematski prikaz izvedene Tyregrip podloge za potrebe ispitivanja

Specijalizirana protuklizna Tyregrip podloga sastoji se od dvokomponentnog modificiranog epoksidnog veziva i separiranog kalciniranog boksitnog agregata s visokim postotkom aluminija, gdje navedeni elementi omogućuju bolje prianjanje pneumatika i kontrolu nad vozilom. Navedeni elementi izvode se u boji kako bi podloga bila uočljiva s veće udaljenosti te kako bi vizualno upozoravala vozača na povećanje opreza zbog nadolazeće situacije. Izvođenje Tyregrip podloge sastoji se od četiri koraka koji su prikazani sljedećom tablicom (Tablica 1).

Tablica 1. Postupak izvođenja specijalizirane protuklizne Tyregrip podloge

Redni broj postupka	Opis postupka	Slika postupka
I	<ul style="list-style-type: none"> • čišćenje područja nanosa • označavanje područja nanosa 	
II	<ul style="list-style-type: none"> • miješanje komponenata epoksidne smole • dodavanje pigmenta smjesi 	

III

- nanos smjese s pigmentom
- nanos boksitnog agregata



IV

- uklanjanje viška boksitnog agregata
- uklanjanje oznaka



Najbitniji postupak je priprema površine gdje je bitno da ona bude čista i suha prije prelaska na idući korak. Nakon toga aplicira se netom prije pripremljena smjesa dvokomponentne epoksidne smole s pigmentom te se na izlivenu smjesu istresa separirani kalcinirani boksitni agregat. Nakon potrebnog sušenja i stezanja četkama se uklanja višak agregata i podloga je spremna za korištenje.

Istraživanjem su obuhvaćena ubrzanja osobnog vozila marke Citroen C6 2.7 V6, Dizel do brzina u rasponu od 30 do 60 km/h te zaustavljanje vozila naglim kočenjem na predmetnim podlogama. Pritom su se s pomoću XL Meter™ Pro uređaja bilježili podaci o usporenju, trenutnoj brzini prilikom početka kočenja, vremenu kočenja i putu kočenja. Otpornost predmetnih podloga na klizanje ispitano je s pomoću Matest A113 uređaja.

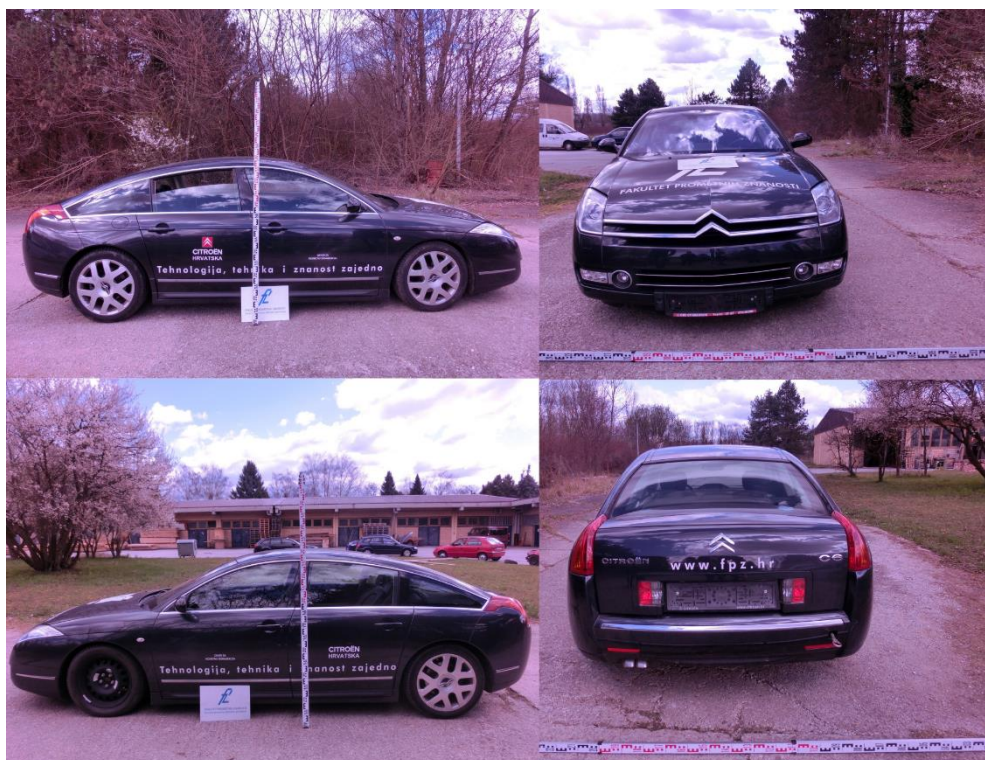
5.1. ISTRAŽIVAČKA OPREMA

Istraživačka oprema koja je korištena kod provedbe ovog istraživanja sastojala se od:

- a) osobnog vozila Citroen C6 2.7 V6, Dizel,
- b) XL Meter™ Pro uređaja,
- c) Matest A113 uređaja.

a) Testno vozilo

Citroen C6 2.7 V6, Dizel osobno je vozilo koje je korišteno pri provedbi ovog istraživanja, pri svim vremenskim uvjetima i prikazano je sljedećom slikom (Slika 7). Specifikacije predmetnog vozila dane su sljedećom tablicom (Tablica 2).



Slika 7. Osobno vozilo korišteno u istraživanju

Tablica 2. Osnovni podaci osobnog vozila korištenog u istraživanju

Godina proizvodnje	2004.
Vrsta motora	Dizel
Kapacitet motora [cm ³]	2.721
Nabava sustava	Dizel Common rail
Raspored cilindara	V
Broj cilindara	6
Broj ventila po cilindru	4
Gorivo	Dizel
Broj vrata na automobilu	4
Broj mjesta u automobilu	5
Širina automobila [mm]	1.860
Dužina automobila [mm]	4.908
Visina automobila [mm]	1.464
Međuosovinski razmak kotača [mm]	2.900
Minimalni obujam prtljažnika	421 l
Sustav kočenja - prednja kočnica	Disk
Sustav kočenja - stražnja kočnica	Disk
Prednji ovjes	Hidro-pneumatski element

Stražnji ovjes	Hidro-pneumatski element
Vrsta mjenjač	Automatski
Broj zupčanika	6
Prijenos pogonskim kotačima	Prednji
Maksimalna brzina [km/h]	214
Ubrzanje (0-100 [km/h]) [s]	11,2
Masa praznog vozila [kg]	1.871
Najveća dopuštena masa praznog vozila [kg]	2.335
Kapacitet spremnika za gorivo [l]	72
Veličina pneumatika	225/55 R 17
Ekološkog standarda	Euro 4

Izvor: [21]

Istraživanje se temeljilo na ubrzavanju do određene brzine te naglom kočenju na ispitnim podlogama, odnosno na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi. Tijekom provedbe istraživanja na vozilu bili postavljeni ljetni pneumatici dimenzija 245/45 R 18. Kako je jedan od bitnih segmenata istraživanja naglo kočenje vozilom na različitim podlogama, potrebno je naglasiti kako je predmetno vozilo opremljeno ABS sustavom, odnosno sustavom koji sprečava blokiranje kotača prilikom kočenja i čini vozilo upravljivo prilikom naglog kočenja.

b) XL MeterTM Pro uređaj

XL MeterTM Pro je univerzalni baterijski mjerač ubrzanja i usporenja koji sadrži ugrađeni program za procjenu učinka kočenja radne kočnice ili učinka ubrzanja te je korišten za potrebe ovog istraživanja i prikazan je sljedećom slikom (Slika 8). Mjerač se sastoji od [22]:

- kućišta upravljačke jedinice,
- zglobne ruke,
- vakuumske posude.

Kućišta upravljačke jedinice sastoji se od alfanumeričkog LCD zaslona i tri tipke za upravljanje uređajem. Zglobna ruka omogućuje kalibraciju uređaja nakon postavljanja na vjetrobransko staklo vozila pomoću vakuumske posude. Upravljanje uređaja temelji se na tri tipke, gdje je crna tipka namijenjena uključivanju, odnosno isključivanju uređaja i podešavanju svjetline zaslona, zelena omogućuje prijelaz iz načina kalibracije u način prikaza, služi za zaustavljanje mjerenja i prelazak na sljedeće mjerenje, dok crvena tipka služi pokretanju mjerenja [22].



Slika 8. XL Meter™ Pro uređaj

XL Meter™ Pro uređaj ima kapacitet osam mjerenja u kojima bilježi trenutnu brzinu vozila pri djelovanju na radnu kočnicu vozila u kilometrima po satu (km/h), usporenje u metru po kvadratnoj sekundi (m/s^2), vrijeme trajanje kočenja u sekundama (s) i put kočenja u metrima (m). Kalibracija XL Meter™ Pro uređaja započinje automatski prilikom uključivanja uređaja, odnosno nakon provjere sustava te je bitno da se ista izvede na podlozi na kojoj je planirano izvođenje ispitivanja. Zabilježena mjerenja se s uređaja s pomoću kabla prebacuju na računalo, gdje se s pomoću XL Vision™ aplikacije podaci obrađuju. Aplikacija je besplatna i dio je Microsoft Windows operativnog sustava, a omogućuje grafičku obradu podataka dobivenih mjerenjem ali i izvoz podataka u ASCII formatu [22]

c) Matest A113 uređaj

Matest A113 je uređaj za mjerenje otpornosti na klizanje površine. Rad samog uređaja opisan je europskom normom HRN EN 13036-4 te je njome definirano kako se otpornost na klizanje iskazuje u SRT mjernim jedinicama. Matest A113 uređaj prikazan je sljedećom slikom (Slika 9), a sastoji se od ukupno 28 dijelova, od kojih su osnovni: klatno s gumenim klizačem, skala u SRT mjernim jedinicama, igla koja prikazuje vrijednosti na skali te tri uporišta samog uređaja. Otpor na klizanje mjeri se s pomoću klizača koji je montiran na kraju kraka klatna, a očitava se s pomoću mjerne igle na mjernoj skali [23].



Slika 9. Matest A113 uređaj

Otpornost na klizanje varira ovisno o materijalu ali i o mjernom segmentu na predmetnoj površini. Mjerni odsječci na predmetnoj površini biraju se slučajnim odabirom mjeritelja, a mjesto i učestalost ispitivanja moraju biti odabrani tako da budu reprezentativni. Uređaj je potrebno u potpunosti prilagoditi predmetnom mjernom odsječku tako da libela pokazuje u potpunosti ravan položaj uređaja, a gumeni klizač sam dodiruje površinu u određenom rasponu (126 +/- 1 mm za široki gumeni klizač ili 76 +/- 1 mm za uski gumeni klizač). Kod mjerenja cestovnih površina, na mjerni odsječak se prije svakog spuštanja klatna uređaja nanosi minimalno 100 ml vode, te se vodom vlaži i gumeni klizač. Otpuštanjem klatna mjerna igla bilježi određeni iznos na mjernoj skali u SRT jedinicama. Prilikom ispitivanja odabiru se minimalno tri mjerna odsječka, gdje je potrebno provesti po pet ispitivanja, a u slučaju da se u prvih pet provedenih mjerenja rezultati razlikuju u tri SRT mjerne jedinice, tada je potrebno ponavljati proces mjerenja dok uzastopne tri vrijednosti ne budu istog iznosa [23].

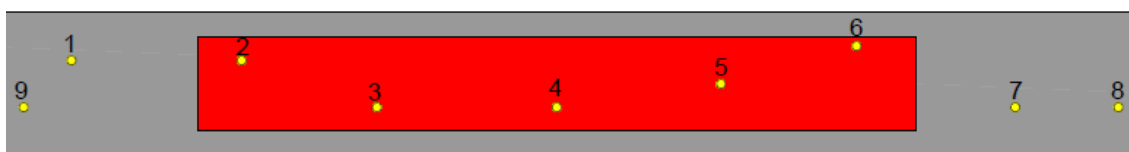
5.2. PROCEDURA ISPITIVANJA

Istraživanje se temeljilo na dva ispitivanja primjenom dva uređaja. Prvim dijelom istraživanja obuhvaćeno je ispitivanje usporenja, vremena i puta kočenja pri rasponu brzina od 30 do 60 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri suhim, kišnim i snježnim vremenskim uvjetima. Navedeni parametri bilježeni su s pomoću XL Meter™ Pro uređaja koji je za vrijeme provođenja ispitivanja bio smješten u predmetnom vozilu marke Citroen C6, na način prikazan na sljedećoj slici (Slika 10). Dobiveni podaci bilježili su se na ispitni obrazac prikazan kao prilog 1.



Slika 10. Pozicija XL Meter™ pro uređaja u vozilu Citroen C6 tijekom provedbe istraživanja

Drugi dio istraživanja temeljio se na ispitivanju otpornosti obje površine na klizanje s pomoću Matest A13 uređaja. Ispitni odsječci na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi uzeti su proizvoljno te je njihov raspored prikazan sljedećom slikom (Slika 11). Dobiveni podaci bilježili su se na ispitni obrazac prikazan kao prilog 2.



Slika 11. Shema ispitnih odsječaka pri provođenju ispitivanja Matest A13 uređajem

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Provedeno istraživanje temeljilo se na usporedbi određenih parametara zabilježenih s pomoću XL MeterTM Pro i Matest A113 uređajima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi. Istraživanje se provodilo s pomoću osobnog automobila marke Citroen C6 pri suhim, kišnim i snježnim vremenskim uvjetima.

6.1. REZULTATI ISTRAŽIVANJA DOBIVENI POMOĆU XL METERTM PRO UREĐAJA

XL MeterTM Pro je uređaj kojim se provodilo ispitivanje na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru te na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi. Ispitivanje se provodilo etapno i pri različitim vremenskim uvjetima, odnosno u suhim, kišnim i snježnim vremenskim uvjetima, u rasponu brzina kretanja od 30 do 60 km/h. Shodno navedenom, na isti način su i obrađeni podaci koji su dani u nastavku.

Provedena ispitivanja temeljila su se na ubrzanju do određene brzine te naglom kočenju do potpunog zaustavljanja. Uređaj započinje bilježiti podatke pritiskom na tipku prilikom početka kretanja, njegovo bilježenje se zaustavlja u trenutku potpunog zaustavljanja vozila, također pritiskom na tipku te se na zaslonu uređaja tada prikazuju zabilježeni podaci koji su redom:

- brzina vožnje u km/h,
- usporenje u m/s^2 ,
- trajanje kočenja u s,
- put kočenja u m.

Ukupno je bilo provedeno četiri testiranja na temelju četiri odabrane brzine, odnosno za brzine od 30 do 60 km/h, gdje su se za svaku brzinu izvodila po tri ispitivanja, a kao referentan podatak uzimala se njihova prosječna vrijednost. Grafički prikazi testiranja dobiveni pomoću XL MeterTM Pro uređajem očitani su pomoću aplikacije XL VisionTM.

Tablicama u nastavku prikazani su podatci o rezultatima ispitivanja s pomoću XL MeterTM Pro uređaja u različitim vremenskim uvjetima. Nakon svakog testiranja posebno su istaknute prosječne vrijednosti na temelju tri provedena testiranja, koje su bile korištene za potrebe daljnje analize i usporedbe rezultata. Uz navedene tablice, prikazani su i grafikoni koji su dobiveni iz uređaja pomoću XL VisionTM aplikacije, a odnose se na akceleraciju, odnosno deceleraciju vozila. Uređaj s pomoću navedene aplikacije ima mogućnost grafičkog prikaza lateralne i longitudinalne akceleracije. Lateralna akceleracija se odnosi na promjenu brzine u horizontalnoj ravnini te je vezana za skretanje vozila, dok je longitudinalna akceleracija promjena brzine duž pravca kretanja vozila i vezana je uz ubrzanje ili usporavanje vozila [22]. Provedeno istraživanje temeljilo se na ubrzanju te naglom kočenju na nerazvrstanoj cesti koja je u pravcu te su u nastavku su prikazani grafikoni koji se odnose na longitudinalnu akceleraciju, odnosno deceleraciju.

6.1.1. Rezultati istraživanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru

Ispitivanje na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru provedeno je na nerazvrstanoj cesti unutar Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj u suhim, kišnim i snježnim vremenskim uvjetima. Za svaku vrstu vremenskih uvjeta provodilo se ispitivanja te su se pritom bilježili isti parametri.

6.1.1.1. Rezultati istraživanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pri suhim vremenskim uvjetima

Suhim uvjetima smatraju se vremenske prilike u kojima nema oborina. Ispitivanje je provedeno 2023. godine, a provodilo se predmetnim vozilom marke Citroen C6 s postavljenim XL Meter™ Pro uređajem na vjetrobranskom staklu vozila.

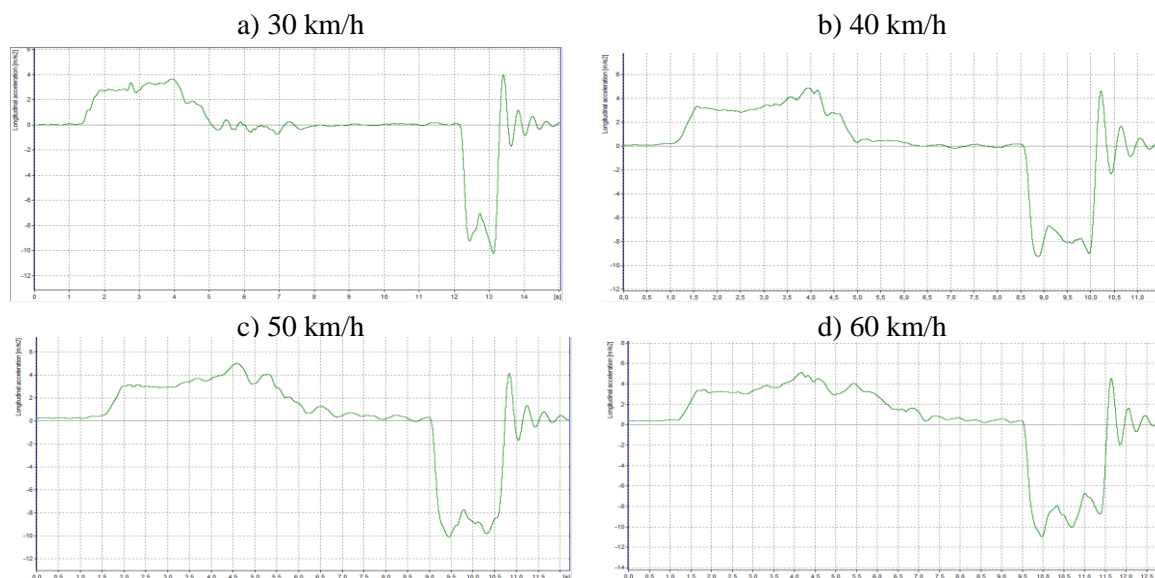
Tablica 3 sadrži rezultate dobivene ispitivanjem naglog kočenja vozila na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pri brzinama od 30 do 60 km/h tijekom suhih vremenskih uvjeta. Ispitivanje se sastojalo od tri uzastopna testiranja pri približno istoj brzini kretanja, a istaknute prosječne vrijednosti parametara korištene su za daljnje analize.

Tablica 3. Rezultati ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u suhim uvjetima

Testiranje br.	Brzina kretanja vozila (V) [km/h]	Usporenje (a) [m/s ²]	Trajanje kočenja (t) [s]	Put kočenja (s) [m]
1.	30,42	8,01	1,11	4,80
	30,22	8,46	1,05	4,60
	30,27	8,38	1,06	4,60
Prosječna vrijednost	30,30	8,28	1,07	4,67
2.	40,19	8,50	1,41	7,78
	41,00	9,27	1,32	7,62
	41,29	7,72	1,50	8,77
Prosječna vrijednost	40,83	8,50	1,41	8,06
3.	50,62	8,34	1,70	11,97
	50,17	9,23	1,62	11,24
	50,55	9,12	1,64	11,58
Prosječna vrijednost	50,45	8,90	1,65	11,60
4.	61,21	9,51	1,95	16,37
	61,25	9,40	1,91	16,33
	61,48	9,20	1,97	16,51
Prosječna vrijednost	61,31	9,37	1,94	16,40

Slika 12 odnosi se na prikaz grafikona longitudinalne akceleracije tijekom ispitivanja. Grafikonima je bilježeno vrijeme od početka ubrzanja vozila pa do njegovog potpunog zaustavljanja, a odnosi se na kretanje vozila pri posljednjoj trenutno zabilježenoj brzini kretanja u svakom od testiranja. Negativna područja grafikona odnose se na deceleraciju, odnosno

vrijeme koje je prošlo od djelovanja na papučicu radne kočnice do potpunog zaustavljanja vozila, odnosno na trajanje kočenja.



Slika 12. Prikaz longitudinalne akceleracije na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u suhim vremenskim uvjetima

Na temelju prikazanih vrijednosti rezultata i grafičkih prikaza akceleracija i deceleracija zaključuje se kako je odnos između mjerenih parametara proporcionalan, odnosno s porastom brzine raste i iznos usporenja, put i trajanje kočenja. Iz grafikona je vidljivo kako je porastom brzine potrebno i dulje vrijeme za ubrzanje. Razlika je vidljiva kod vremena kočenja, odnosno kod procesa usporenja, gdje porastom brzine raste i vrijeme koje je potrebno da se vozilo u potpunosti zaustavi. Bitno je naglasiti kako je trajanje kočenja u provedenom ispitivanju između jedne i dvije sekunde, dok je razlika između usporenja predmetnog vozila pri brzinama od 40 km/h i 60 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru oko $1,1 \text{ m/s}^2$.

6.1.1.2. Rezultati istraživanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pri kišnim vremenskim uvjetima

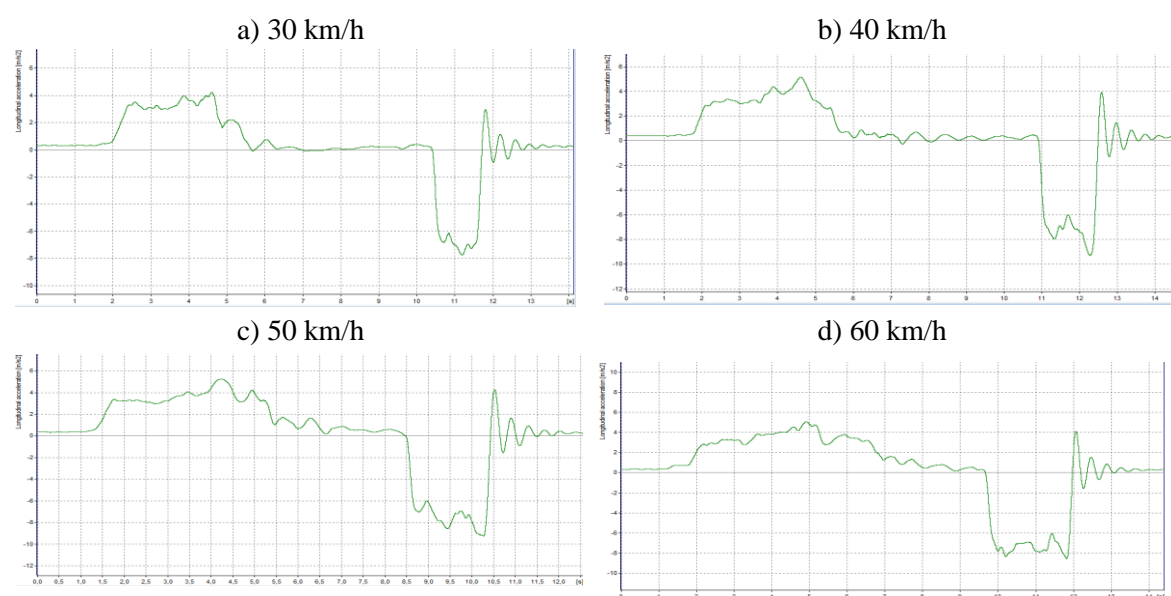
Kišnim uvjetima smatraju se vremenske prilike u kojima padaline, odnosno kiša ispire podlogu i na njoj stvaraju mokar sloj. Ispitivanje je provedeno 2023. godine, a provodilo se predmetnim vozilom marke Citroen C6 s instaliranim XL Meter™ Pro uređajem unutar vozila sukladno uputama proizvođača. Naime, zbog manjka oborina, za potrebe istraživanja bilo je nužno stvoriti potrebne uvjete te se ispitivanje provodilo u suradnji s Javnom vatrogasnom postrojbom Grada Zagreba koji su s pomoću vatrogasnih šmrkova stvorili mokru podlogu za provedbu ispitivanja.

Tablica 4 sadrži rezultate dobivene ispitivanjem naglog kočenja vozila na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pri brzinama od 30 do 60 km/h tijekom kišnih vremenskih uvjeta. Ispitivanje se sastojalo od tri uzastopna testiranja pri približno istoj brzini kretanja, a istaknute prosječne vrijednosti parametara korištene su za daljnje analize.

Tablica 4. Rezultati ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u kišnim uvjetima

Testiranje br.	Brzina kretanja vozila (V) [km/h]	Usporenje (a) [m/s ²]	Trajanje kočenja (t) [s]	Put kočenja (s) [m]
1.	29,29	7,11	1,21	5,07
	30,13	7,15	1,24	5,40
	30,17	7,15	1,25	5,53
Prosječna vrijednost	29,86	7,14	1,23	5,33
2.	40,01	7,61	1,54	9,01
	40,36	7,97	1,48	8,63
	40,51	7,50	1,53	8,94
Prosječna vrijednost	40,29	7,69	1,52	8,86
3.	51,09	7,85	7,89	14,00
	51,04	7,06	2,06	15,49
	50,99	7,86	1,88	14,00
Prosječna vrijednost	51,04	7,59	3,94	14,50
4.	60,11	8,01	2,22	18,96
	59,98	7,65	2,25	19,56
	60,42	7,71	2,25	19,18
Prosječna vrijednost	60,17	7,79	2,24	19,23

Slika 13 odnosi se na prikaz grafikona longitudinalne akceleracije tijekom ispitivanja. Grafikonima je bilježeno vrijeme od početka ubrzanja vozila pa do njegovog potpunog zaustavljanja, a odnosi se na kretanje vozila pri posljednjoj trenutno zabilježenoj brzini u svakom od testiranja. Negativna područja grafikona odnose se na deceleraciju, odnosno vrijeme koje je prošlo od djelovanja na papučicu radne kočnice do potpunog zaustavljanja vozila, odnosno na trajanje kočenja.



Slika 13. Prikaz longitudinalne akceleracije na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u kišnim vremenskim uvjetima

Na temelju prikazanih vrijednosti rezultata i grafičkih prikaza akceleracija i deceleracija zaključuje se kako je odnos između mjerenih parametara proporcionalan, odnosno s porastom brzine raste i iznos usporenja, put i trajanje kočenja. Iz grafikona je vidljivo kako je porastom brzine potrebno i dulje vrijeme za ubrzanje. Razlika je vidljiva kod vremena kočenja, odnosno kod procesa usporenja, gdje porastom brzine raste i vrijeme koje je potrebno da se vozilo u potpunosti zaustavi. Bitno je naglasiti kako usporenje pri niti jednoj brzini nije prošlo preko 8 m/s^2 , odnosno kako je maksimalno bilo zabilježeno pri brzini od 60 km/h i prosječno je iznosilo $7,79 \text{ m/s}^2$. Značajnije razlike kod ostalih parametara nisu uočene.

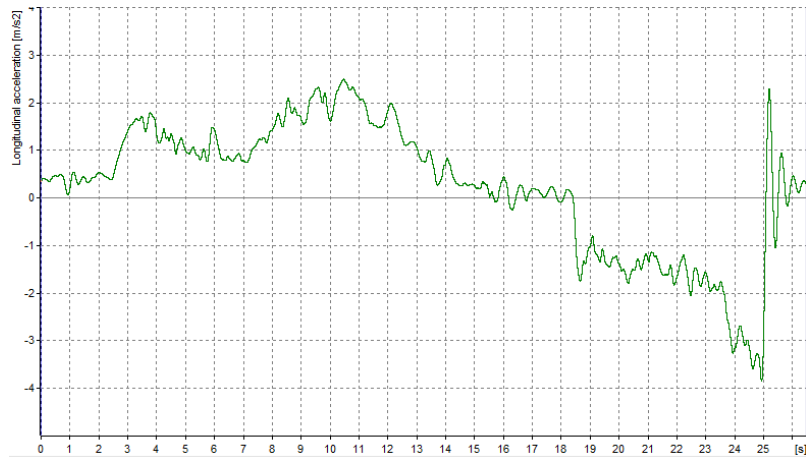
6.1.1.3. Rezultati istraživanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pri snježnim vremenskim uvjetima

Snježnim vremenskim uvjetima smatraju se oborine u krutom stanju koje su tijekom dana prekrile bar polovicu vidljivog tla. Ispitivanje tijekom snježnih vremenskih uvjeta provedeno je 2024. godine, a provodilo se predmetnim vozilom marke Citroen C6 s instaliranim XL MeterTM Pro uređajem unutar vozila sukladno uputama proizvođača. Ispitivanje je bilo provedeno dok snijeg s testnog područja nije bio razgrnut, a upravo radi navedenog ograničenja ispitivanja nije provedeno u cijelosti, odnosno pri svim definiranim brzinama kako je to bio slučaj u prethodnim ispitivanjima.

Ispitivanje je provedeno pri brzini od 50 km/h tijekom snježnih vremenskih uvjeta i pri ne razgrnutom snijegu na podlozi. Tablica 5 sadrži rezultate dobivene ispitivanjem naglog kočenja vozila na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru tijekom snježnih vremenskih uvjeta. Ispitivanje se sastojalo od tri uzastopna testiranja pri približno istoj brzini kretanja. Slika 14 odnosi se na prikaz longitudinalne akceleracije tijekom ispitivanja. Grafikonom je bilježeno vrijeme od početka ubrzanja vozila pa do njegovog potpunog zaustavljanja, a odnosi se na kretanje vozila pri brzini od $49,15 \text{ km/h}$. Negativno područja grafikona odnosi se na deceleraciju, odnosno vrijeme koje je prošlo od djelovanja na papučicu radne kočnice do potpunog zaustavljanja vozila, odnosno na trajanje kočenja. S obzirom na gore navedeno ograničenje, za potrebe daljnje analize podataka uzeta je prosječna vrijednost opisanog testiranja koja je istaknuta u tablici.

Tablica 5. Rezultati ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u snježnim uvjetima

Testiranje br.	Brzina kretanja vozila (V) [km/h]	Usporenje (a) [m/s^2]	Trajanje kočenja (t) [s]	Put kočenja (s) [m]
1.	51,57	2,26	6,16	48,31
	52,36	2,06	6,81	47,91
	49,15	2,08	6,10	40,81
Prosječna vrijednost	51,03	2,13	6,36	45,68



Slika 14. Prikaz longitudinalne akceleracije pri brzini od 50 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u snježnim vremenskim uvjetima

Na temelju prikazanih rezultata istraživanja potrebno je istaknuti kako prosječno usporenje vozila izrazito malo, dok su trajanje kočenja i put kočenja značajno produženi. Razlog tome je upravo snježni sloj koji se nalazio između suvremenog kolničkog asfaltnog zastora i pneumatika predmetnog vozila.

6.1.2. Rezultati istraživanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi

Ispitivanje na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi provedeno je na nerazvrstanoj cesti unutar Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj u suhim, kišnim i snježnim vremenskim uvjetima. Za svaku vrstu vremenskih uvjeta provodilo se ispitivanja za sve četiri definirane brzine te su se pritom bilježili isti parametri.

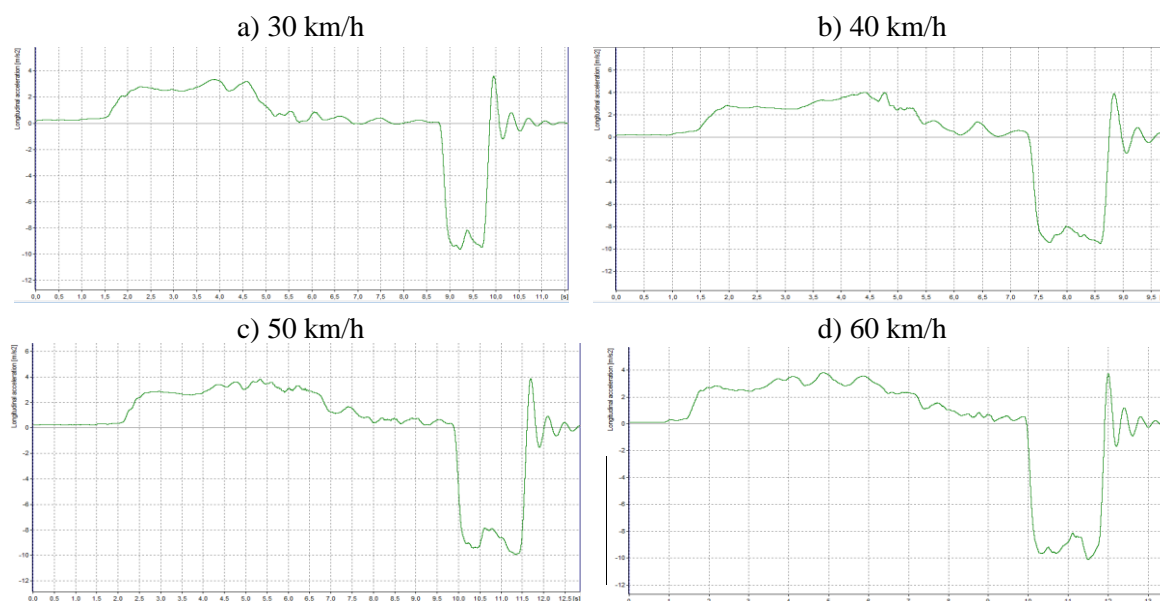
6.1.2.1. Rezultati istraživanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri kišnim vremenskim uvjetima

Ispitivanje u kišnim uvjetima provedeno je 2023. godine, a provodilo se predmetnim vozilom marke Citroen C6 s instaliranim XL Meter™ Pro uređajem unutar vozila sukladno uputama proizvođača. Tablica 6 sadrži rezultate dobivene ispitivanjem naglog kočenja vozila na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri brzinama od 30 do 60 km/h tijekom kišnih vremenskih uvjeta. Ispitivanje se sastojalo od tri uzastopna testiranja pri približno istoj brzini kretanja, a istaknute prosječne vrijednosti parametara korištene su u daljnjoj analizi.

Tablica 6. Rezultati ispitivanja na Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima

Testiranje br.	Brzina kretanja vozila (V) [km/h]	Usporenje (a) [m/s ²]	Trajanje kočenja (t) [s]	Put kočenja (s) [m]
1.	30,71	9,05	1,04	4,50
	30,85	9,12	1,06	4,59
	30,62	9,09	1,02	4,39
Prosječna vrijednost	30,73	9,09	1,04	4,49
2.	40,24	9,14	1,33	7,51
	40,13	8,94	1,34	7,53
	41,45	8,79	1,38	8,10
Prosječna vrijednost	40,61	8,96	1,35	7,71
3.	49,67	9,00	1,63	11,50
	50,49	9,01	1,64	11,74
	50,27	8,76	1,66	11,84
Prosječna vrijednost	50,14	8,92	1,64	11,69
4.	60,26	9,30	1,89	16,08
	59,36	9,31	1,89	15,77
	60,16	9,20	1,92	16,22
Prosječna vrijednost	59,93	9,27	1,90	16,02

Slika 15 odnosi se na prikaz grafikona longitudinalne akceleracije tijekom ispitivanja. Grafikonima je bilježeno vrijeme od početka ubrzanja vozila pa do njegovog potpunog zaustavljanja, a odnosi se na kretanje vozila pri posljednjoj trenutno zabilježenoj brzini kretanja vozila u svakom od testiranja. Negativna područja grafikona odnose se na deceleraciju, odnosno vrijeme koje je prošlo od djelovanja na papučicu radne kočnice do potpunog zaustavljanja vozila, odnosno na trajanje kočenja.



Slika 15. Prikaz longitudinalne akceleracije na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi u kišnim vremenskim uvjetima

Na temelju prikazanih vrijednosti rezultata i grafičkih prikaza akceleracija i deceleracija zaključuje se kako je odnos između mjerenih parametara proporcionalan, odnosno s porastom brzine raste i iznos usporenja, kao i put i trajanje kočenja. Razlika kod provedenih ispitivanja je vidljiva kod vremena kočenja, odnosno kod procesa usporenja, gdje porastom brzine raste i vrijeme koje je potrebno da se vozilo u potpunosti zaustavi ali u ni jednom od ispitivanja trajanje kočenja ne prelazi dvije sekunde. Bitno je naglasiti kako je usporenje vozila u svim provedenim ispitivanjima oko devet metara po sekundi na kvadrat, ali je razlika u putu kočenja s povećanjem brzine sve veća. Značajnije razlike kod ostalih parametara nisu uočene.

6.1.2.2. Rezultati istraživanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri suhim vremenskim uvjetima

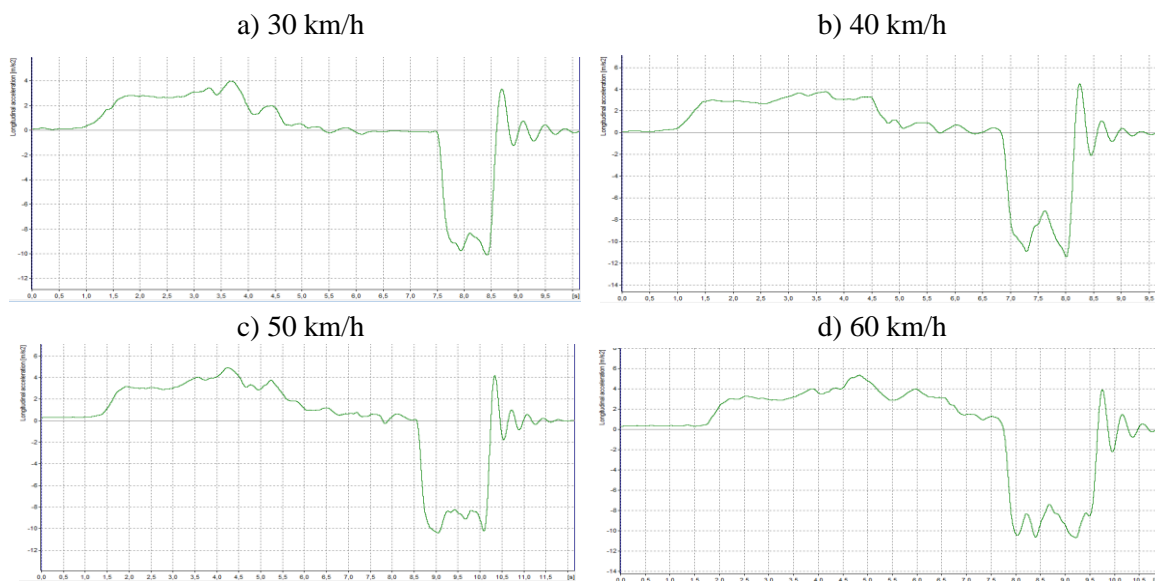
Ispitivanje u suhim uvjetima provedeno je 2023. godine, a provodilo se predmetnim vozilom marke Citroen C6 s postavljenim XL Meter™ Pro uređajem na vjetrobranskom staklu vozila. Tablica 7 sadrži rezultate dobivene ispitivanjem naglog kočenja vozila na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri brzinama od 30 do 60 km/h tijekom suhih vremenskih uvjeta. Ispitivanje se sastojalo od tri uzastopna testiranja pri približno istoj brzini kretanja, a istaknute prosječne vrijednosti parametara korištene su u daljnjim analizama.

Tablica 7. Rezultati ispitivanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim uvjetima

Testiranje br.	Brzina kretanja vozila (V) [km/h]	Usporenje (a) [m/s ²]	Trajanje kočenja (t) [s]	Put kočenja (s) [m]
1.	30,81	8,95	1,18	4,56
	30,95	8,61	1,10	4,69
	30,52	8,95	1,04	4,53
Prosječna vrijednost	30,76	8,84	1,11	4,59
2.	39,92	9,18	1,32	7,26
	42,91	9,72	1,78	7,96
	39,91	9,25	1,26	7,25
Prosječna vrijednost	40,91	9,38	1,45	7,49
3.	49,89	8,96	1,59	11,23
	49,83	9,25	1,55	10,89
	50,62	9,05	1,63	11,49
Prosječna vrijednost	50,11	9,09	1,59	11,20
4.	59,67	9,50	1,75	15,09
	59,43	9,29	1,83	15,15
	58,54	9,06	1,86	15,23
Prosječna vrijednost	59,21	9,28	1,81	15,16

Slika 16 odnosi se na prikaz grafikona longitudinalne akceleracije tijekom ispitivanja. Grafikonima je bilježeno vrijeme od početka ubrzanja vozila pa do njegovog potpunog zaustavljanja, a odnosi se na kretanje vozila pri posljednjoj brzini kretanja vozila u svakom od testiranja. Negativna područja grafikona odnose se na deceleraciju, odnosno vrijeme koje je

prošlo od djelovanja na papučicu radne kočnice do potpunog zaustavljanja vozila, odnosno na trajanje kočenja.



Slika 16. Prikaz longitudinalne akceleracije na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim vremenskim uvjetima

Na temelju prikazanih vrijednosti rezultata i grafičkih prikaza akceleracija i deceleracija zaključuje se kako je odnos između mjerenih parametara proporcionalan, odnosno s porastom brzine raste i iznos usporenja, put i trajanje kočenja. Prosječno usporenje u provedenom ispitivanju općenito je veće od devet metara po sekundi na kvadrat, dok je kod prvog ispitivanja pri brzini od 30 km/h ono $8,84 \text{ m/s}^2$, ali je ta razlika je zanemarivo mala. Iz grafikona je vidljivo kako je porastom brzine potrebno i dulje vrijeme za ubrzanje. Razlika je vidljiva kod vremena kočenja, odnosno kod procesa usporenja, gdje porastom brzine raste i vrijeme koje je potrebno da se vozilo u potpunosti zaustavi. Bitno je naglasiti kako trajanje kočenja u provedenom ispitivanju nije bilo veće od dvije sekunde.

6.1.2.3. Rezultati istraživanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri snježnim vremenskim uvjetima

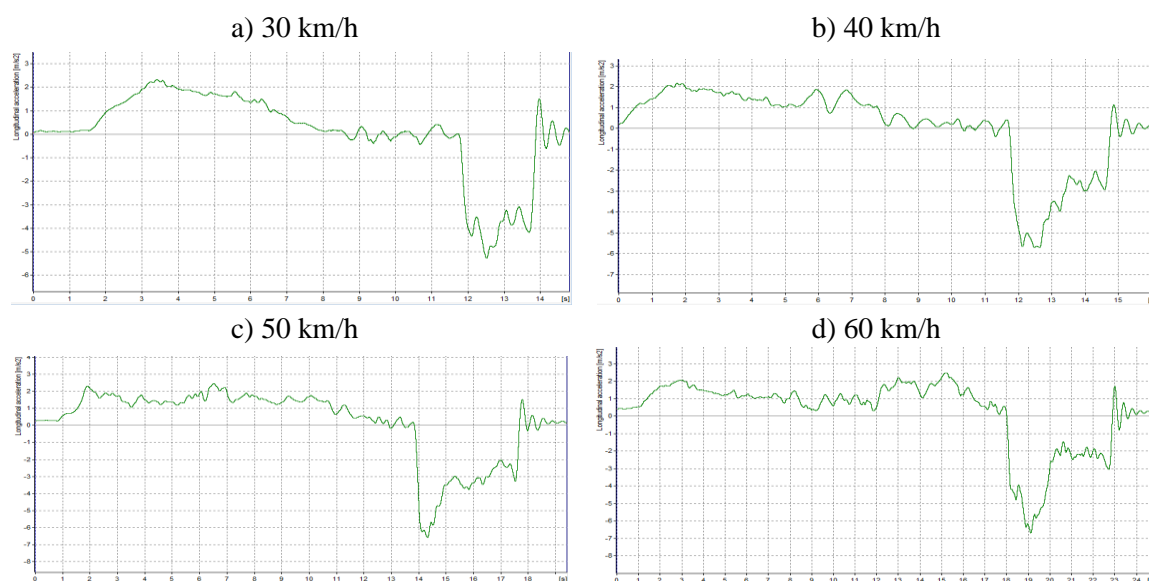
Ispitivanje tijekom snježnih vremenskih uvjeta provedeno je 2024. godine, a provodilo se predmetnim vozilom marke Citroen C6 s instaliranim XL Meter™ Pro uređajem unutar vozila sukladno uputama proizvođača. Ispitivanje je bilo provedeno dok je snijeg još bio padao i dok nije bio razgrnut s testnog područja.

Tablica 8 sadrži rezultate dobivene ispitivanjem naglog kočenja vozila na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri brzinama od 30 do 60 km/h tijekom snježnim vremenskih uvjeta. Ispitivanje se sastojalo od tri uzastopna testiranja pri približno istoj brzini kretanja, a istaknute prosječne vrijednosti parametara korištene su za daljnje analize.

Tablica 8. Rezultati ispitivanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi u snježnim uvjetima

Testiranje br.	Brzina kretanja vozila (V) [km/h]	Usporenje (a) [m/s ²]	Trajanje kočenja (t) [s]	Put kočenja (s) [m]
1.	31,45	2,11	4,65	17,49
	27,47	3,39	2,34	8,40
	28,65	4,31	2,03	7,96
Prosječna vrijednost	29,19	3,27	3,01	11,28
2.	39,35	2,90	3,81	19,64
	39,66	2,76	4,03	20,84
	39,49	4,30	2,97	14,03
Prosječna vrijednost	39,50	3,32	3,60	18,17
3.	50,51	2,82	4,67	29,96
	50,29	3,33	4,34	25,17
	51,33	4,02	3,76	22,90
Prosječna vrijednost	50,71	3,39	4,26	26,01
4.	60,59	2,94	5,41	39,99
	61,24	3,84	4,65	32,84
	61,75	4,29	4,83	34,35
Prosječna vrijednost	61,19	3,69	4,96	35,73

Slika 17 odnosi se na prikaz grafikona longitudinalne akceleracije tijekom ispitivanja. Grafikonima je bilježeno vrijeme od početka ubrzanja vozila pa do njegovog potpunog zaustavljanja, a odnosi se na kretanje vozila pri posljednjoj brzini kretanja vozila u svakom od testiranja. Negativna područja grafikona odnose se na deceleraciju, odnosno vrijeme koje je prošlo od djelovanja na papučicu radne kočnice do potpunog zaustavljanja vozila, odnosno na trajanje kočenja.



Slika 17. Prikaz longitudinalne akceleracije na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi u snježnim vremenskim uvjetima

Na temelju prikazanih rezultata istraživanja potrebno je istaknuti kako prosječno usporenje vozila ne prelazi preko četiri metra po sekundi na kvadrat što je zapravo mali iznos usporenja. Razlog tome je upravo snijeg koji se nalazio između specijalizirane protuklizne Tyregrip podloge i pneumatika predmetnog vozila te je time zapravo spriječen učinak same podloge. Potrebno je istaknuti i značajno produljenje trajanja kočenja i puta kočenja. Oba parametra bilježe porast proporcionalno porastu brzine provedenih testiranja.

6.2. REZULTATI ISTRAŽIVANJA DOBIVENI POMOĆU MATEST A113 UREĐAJA

Ispitivanje otpornosti površine na klizanje provodilo se s pomoću Matest A113 uređaja na nerazvrstanoj cesti unutar Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj tijekom 2023. godine. Otpornost na klizanje izražava se u SRT mjernim jedinicama, gdje se izmjerene vrijednosti očitavaju s mjerne skale Matest A113 uređaja nakon svakog spuštanja klatna. Mjerenje otpornosti na klizanje nužno je provoditi u suhim uvjetima ali uz stalno vlaženje mjernog odsječka i gumice klatna.

Ispitivanje otpornosti na klizanje provodilo se na ukupno devet mjernih odsječaka, od kojih su četiri mjerna odsječka uzeta na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru, a ostalih pet na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi. Ispitivanje na svakom mjernom odsječku sastojalo se od pet zamaha klatnom te su tablicom istaknute prosječne vrijednosti rezultata. Rezultati provedenog ispitivanja prikazani su sljedećom tablicom (Tablica 9).

Tablica 9. Rezultati mjerenja otpornosti na klizanje

Redni broj mjernog odsječka	Cesta	Datum ispitivanja	Vrijeme ispitivanja	Vrsta površine ispitivanja	Broj zamaha					Prosječna vrijednost [SRT]
					1	2	3	4	5	
1.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	11:47	Asfalt	70	70	70	69	69	69,6
2.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	11:55	Tyregrip podloga	85	85	85	85	85	85
3.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	12:03	Tyregrip podloga	83	83	82	82	83	82,6
4.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	12:11	Tyregrip podloga	83	84	84	85	84	84
5.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	12:19	Tyregrip podloga	81	82	82	81	80	81,2
6.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	12:27	Tyregrip podloga	77	78	78	77	78	77,6
7.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	12:35	Asfalt	70	71	70	70	71	70,4
8.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	12:43	Asfalt	72	73	72	72	72	72,2
9.	odabran cesta na ZUK Borongaj	07.11.2023.	12:51	Asfalt	66	66	65	66	67	66

Ispitivanje je pokazalo kako je bolja otpornost na klizanja na Tyregrip podlozi nego na asfaltnom kolničkom zastoru. Najveća prosječna vrijednost prilikom ispitivanja otpornosti na klizanje na Tyregrip podlozi zabilježena je na drugom mjernom odsječku gdje je iznosila 85 SRT jedinica. Najveća prosječna vrijednost na asfaltnom kolničkom zastoru zabilježena je na šestom mjernom odsječku i iznosila je 77 SRT jedinica.

Na temelju dobivenih rezultata ispitivanja otpornosti na klizanje na suvremenom asfaltnom kolničkom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi zaključilo se kako je otpornost na klizanje veća na Tyregrip podlozi. Naime, veća makrotekstura Tyregrip podloge omogućuje bolju hvatljivost, pa samim time i veću otpornost na klizanje. Makrotekstura podloge ujedno omogućuje i bolju odvodnju oborinskih voda s iste i tako sprečava mogućnost nastanka vodenog klina na istoj.

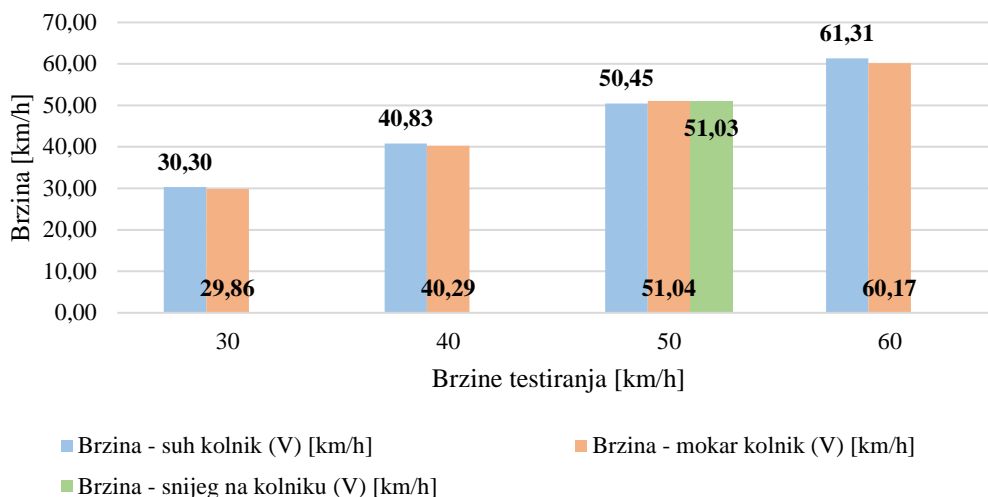
6.3. USPOREDBA REZULTATA ISTRAŽIVANJA NA TEMELJU VREMENSKIH UVJETA

Na temelju provedenih ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi izrađena je usporedba parametara izmjerenih s pomoću XL MeterTM Pro uređaja. Usporedba je izrađena na temelju prosječnih vrijednosti dobivenih tijekom provedbe istraživanja za brzine od 30 do 60 km/h na suvremenoj kolničkoj asfaltnoj podlozi i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi s naglaskom na vrijednosti parametara s obzirom na utjecaj vremenskih uvjeta. Prosječne vrijednosti korištene u daljnjoj analizi temelje se na provedbi tri uzastopna mjerenja pri istim uvjetima i brzinama te su na temelju tih podataka izračunate srednje vrijednosti.

6.3.1. Usporedba rezultata istraživanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru

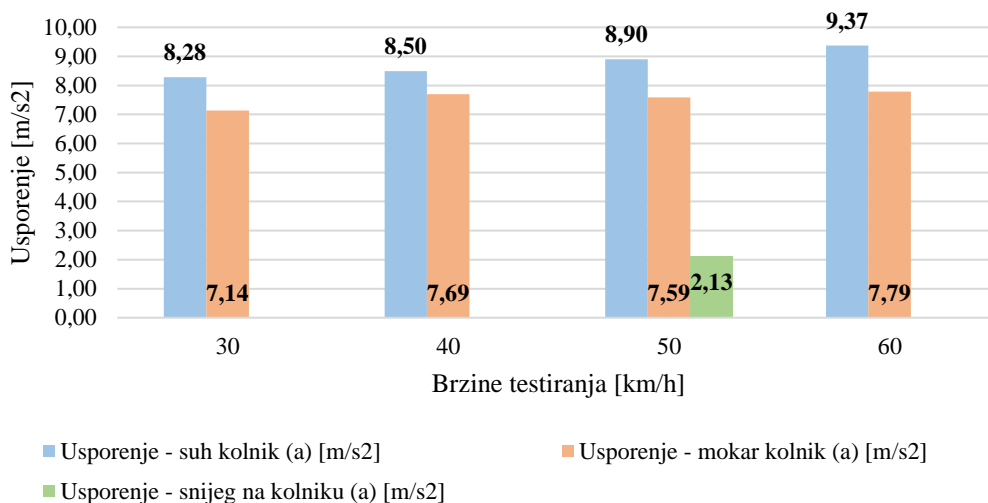
Na temelju podataka o trenutnoj brzini kretanja vozila, usporenju, trajanju kočenja i duljini puta kočenja, dobivenih provedenim ispitivanjima u suhim, kišnim i snježnim vremenskim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru izrađena je usporedba dobivenih prosječnih vrijednosti. Cilj usporedbe bio je uočiti razlike u izmjerenim parametrima tijekom različitih vremenskih uvjeta u svrhu djelovanja istih na razinu sigurnosti.

Grafikon 2 prikazuje usporedbu prosječnih vrijednosti brzina tijekom provedenog istraživanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pri različitim vremenskim uvjetima. Vidljivo je kako tijekom ispitivanja pri različitim vremenskim uvjetima nema značajne oscilacije između brzina te se zaključilo kako usporedba brzina pruža reprezentativnost ostalih analiziranih parametara tijekom provedbe istraživanja.



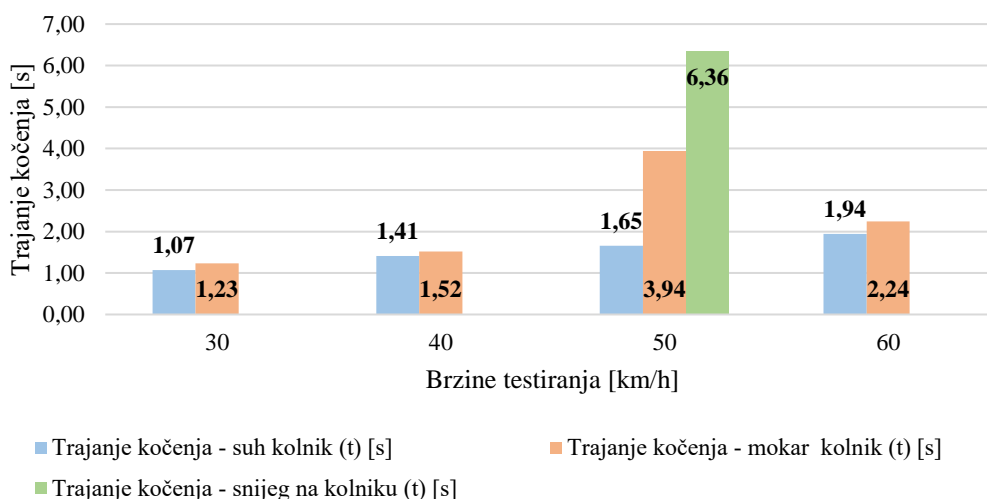
Grafikon 2. Usporedba prosječne brzine tijekom ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pri utjecaju različitih vremenskih uvjeta

Usporedba prosječne vrijednosti usporenja tijekom provedenog istraživanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pri različitim vremenskim uvjetima prikazana je sljedećim grafikonom (Grafikon 3). Prosječno usporenje vozila na mokroj asfaltnoj podlozi manje je nego što je to u suhim uvjetima, što je i bilo za očekivati jer je tijekom mokrih uvjeta prijanjanje pneumatika uz podlogu manje. Prosječno je usporenje na suhom kolničkom asfaltnom zastoru veće za 47 % u odnosu na istu podlogu u kišnim uvjetima. Usporenje kod asfaltne podloge u snježnim uvjetima je najmanje zbog snježnog sloja koji se nalazio između pneumatika i podloge, iznosilo je $2,13 \text{ m/s}^2$, što je za 95 % manje u usporedbi iste podloge u suhim uvjetima, odnosno 93 % manje u kišnim uvjetima na istoj podlozi.



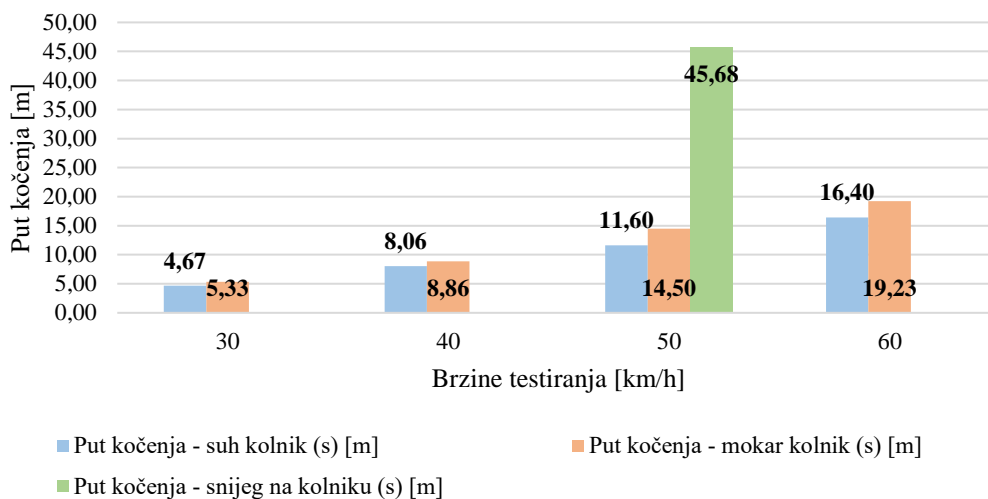
Grafikon 3. Usporedba prosječnog usporenja tijekom ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pri utjecaju različitih vremenskih uvjeta

Trajanje kočenja u obrnuto proporcionalnom je odnosu s usporenjem vozila, što je i vidljivo iz sljedećeg grafikona te je ono u prosjeku dulje za 32 % na mokroj suvremenoj kolničkoj asfaltnoj podlozi, u odnosu na suhe uvjeta (Grafikon 4). Značajna razlika između kišnih i suhih uvjeta zabilježena je tijekom trećeg testiranja pri brzini od 50 km/h, gdje je trajanje kočenja u kišnim uvjetima dulje za 2,3 s u odnosu na suhe uvjete. Nadalje, kod iste brzine ističe se i trajanje kočenja u snježnim uvjetima koje je najdulje zabilježeno i iznosilo je 6,36 s, što je za 2,4 s dulje u odnosu na kišne uvjeta, odnosno za 4,7 s u odnosu na suhe uvjete pri istoj brzini.



Grafikon 4. Usporedba prosječnog trajanja kočenja tijekom ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pri utjecaju različitih vremenskih uvjeta

Na temelju prosječnih podataka o putu kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru, zaključilo se kako je put kočenja na mokroj asfaltnoj podlozi dulji nego što je to u suhim uvjetima i to prosječno za 14 %. Nadalje, usporedbom je vidljivo kako je tijekom snježnih uvjeta put kočenja najdulji, a razlog toga upravo je snježni sloj koji se nalazio između pneumatika i podloge tijekom testiranja te se time značajno smanjuje prianjanje između ta dva segmenta. U odnosu na istu brzinu testiranja u mokrim uvjetima, put kočenja je kraći za gotovo 31 m, odnosno u usporedbi sa suhim uvjetima, za gotovo 35 m, što je i vidljivo na sljedećem grafikonu (Grafikon 5).



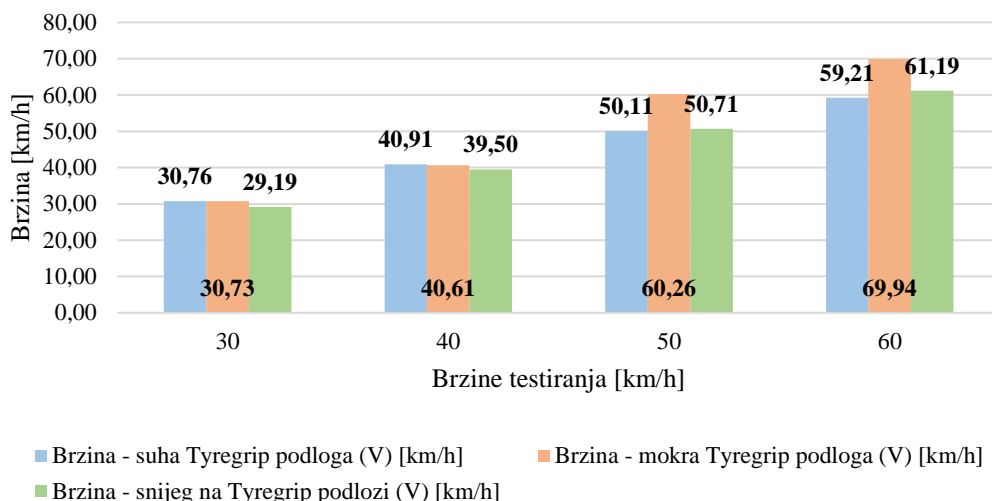
Grafikon 5. Usporedba prosječne duljine puta kočenja tijekom ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pri utjecaju različitih vremenskih uvjeta

Na temelju prikazanih rezultata ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru zaključilo se kako je usporenje manje u uvjetima pojave oborina, naročito kod snježnih oborina. Upravo se navedeno ističe kao negativna posljedica djelovanja oborina na usporenje osobnih automobila na asfaltnim podlogama, a samim time i na razinu sigurnosti. Uz navedeni parametar potrebno je istaknuti i duljinu puta kočenja. Naime, put kočenja i usporenje u obrnuto proporcionalnom su odnosu, odnosno iz provedene analize zaključuje se kako prisustvo oborina direktno utječe i na produljenje puta kočenja. Navedena konstatacija naročito je vidljiva pri snježnim vremenskim uvjetima gdje je ispitna podloga prekrivena snijegom. Put kočenja pod opisanim vremenskim uvjetima gotovo je tri puta dulji u odnosu na put kočenja kod kišnih uvjeta, odnosno četiri puta dulji u odnosu na suhe vremenske uvjete. Na temelju analiziranog puta kočenja zaključilo se kako su snježne oborine izrazito opasne za prometni sustav zbog mogućeg proklizavanja vozila, prekasnog zaustavljanja ili zanošenja vozila, što u konačnici može dovesti do opasne situacije u prometu.

6.3.2. Usporedba rezultata istraživanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi

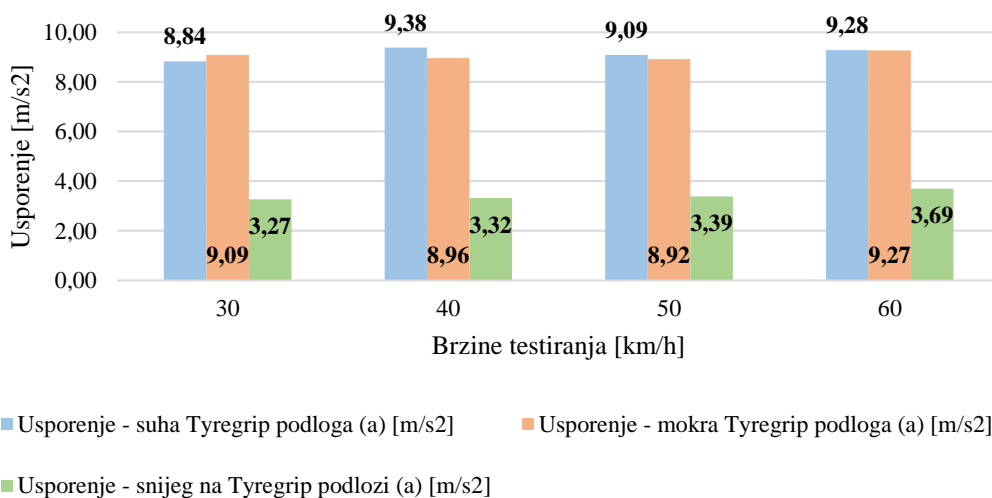
Na temelju podataka o trenutnoj brzini kretanja vozila, uspoređju, trajanju kočenja i duljini puta kočenja, dobivenih provedenim ispitivanjima u suhim, kišnim i snježnim vremenskim uvjetima na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi, izrađena je usporedba dobivenih prosječnih vrijednosti. Cilj usporedbe bio je uočiti razlike u izmjerenim parametrima tijekom različitih vremenskih uvjeta u svrhu djelovanja istih na razinu sigurnosti.

Grafikon 6 prikazuje usporedbu prosječnih vrijednosti brzina tijekom provedenog istraživanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri različitim vremenskim uvjetima. Vidljivo je kako tijekom ispitivanja pri različitim vremenskim uvjetima nema značajne oscilacije između brzina te se zaključilo kako usporedba brzina pruža reprezentativnost ostalih analiziranih parametara.



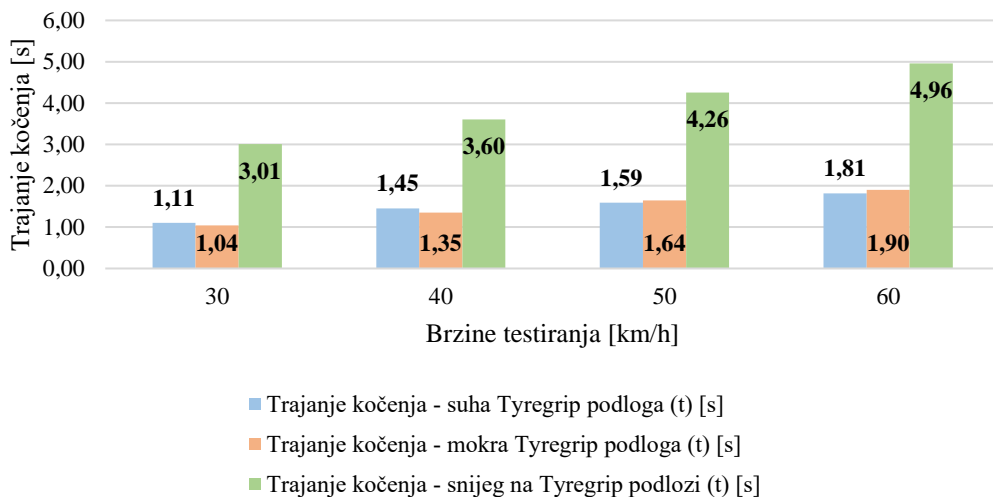
Grafikon 6. Usporedba prosječne brzine tijekom ispitivanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri utjecaju različitih vremenskih uvjeta

Prosječno usporenje vozila na mokroj i suhoj Tyregrip podlozi približno je jednakih iznosa, gdje je prosječna razlika oko 1 %, dok je usporenje na istoj podlozi pri istim brzinama u snježnim uvjetima značajno manje. Usporenje u snježnim uvjetima u odnosu na kišne manje je za 62 %, dok je u odnosu na suhe uvjete ono manje za 63 % (Grafikon 7). S obzirom na to da tijekom provedbe ispitivanja u snježnim uvjetima pneumatici nisu uspjeli ostvariti dovoljan kontakt s podlogom zbog sloja snijega na istoj, dobiveni rezultati bili su očekivani.



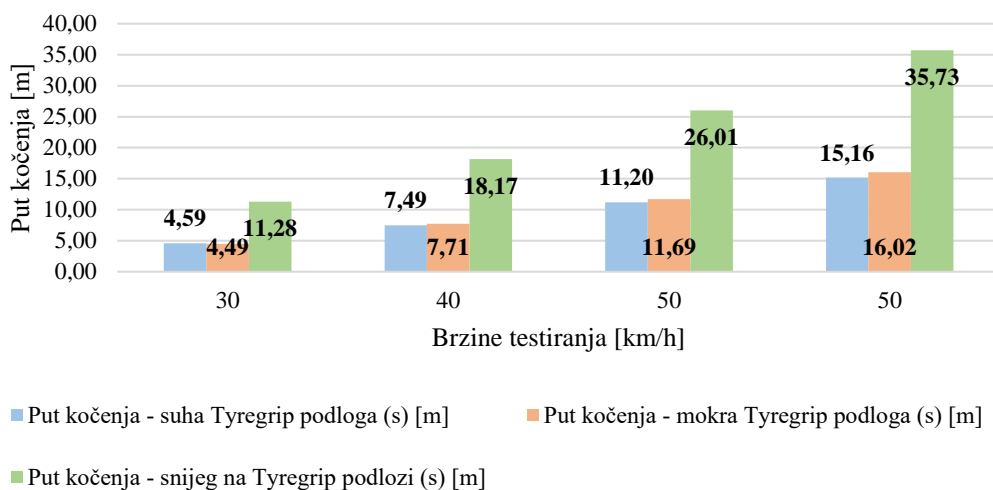
Grafikon 7. Usporedba prosječnog usporenja tijekom ispitivanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri utjecaju različitih vremenskih uvjeta

Trajanje kočenja u suhim i kišnim uvjetima na Tyregrip podlozi približno je jednako, a posebno se ističe trajanje kočenja prilikom snježnih uvjeta koje je prosječno tri puta veće od onog u suhim ili kišnim uvjetima (Grafikon 8).



Grafikon 8. Usporedba prosječnog trajanja kočenja tijekom ispitivanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri utjecaju različitih vremenskih uvjeta

Na temelju prosječnih podataka prikazanih sljedećim grafikonom zaključilo se kako je put kočenja u kišnim uvjetima duži za oko 4 % u odnosu na rezultate na istoj podlozi u suhim uvjetima (Grafikon 9). Put kočenja tijekom snježnih uvjeta značajno je veći u odnosu na ostale vremenske uvjete i to gotovo dvostruko.



Grafikon 9. Usporedba prosječne duljine puta kočenja tijekom ispitivanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri utjecaju različitih vremenskih uvjeta

Na temelju prikazanih rezultata ispitivanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi zaključilo se kako je usporenje manje kod snježnih oborina, dok je kod kišnih i suhih vremenskih uvjeta ono približno jednako. Razlog tome je veća makrotekstura Tyregrip podloge zbog boksitnog agregata, koja omogućava bolje prijanjanje pneumatika uz podlogu, ali i bolju odvodnju oborinskih voda, što se naposljetku prikazuje kroz iznos usporenja. Kod ispitivanja u snježnim uvjetima izostao je kontakt između podloge i pneumatika predmetnog vozila te su dobiveni rezultati logična posljedica. Uz navedeni parametar potrebno je istaknuti trajanje kočenja i duljinu puta kočenja. Naime, put kočenja i trajanje kočenja u proporcionalnom su odnosu te porastom jednog parametra uvjetuje se porast i drugog. Kroz provedenu analizu

prosječnih vrijednosti zabilježenih ispitivanjem zaključilo se kako nema značajne razlike kod iznosa trajanja kočenja i puta kočenja u suhim i kišnim uvjetima, odnosno ona je u prosjeku manja od 5 %, ali je tijekom snježnih uvjeta put i trajanje kočenja značajno veće. Na temelju analiziranog puta kočenja u snježnim uvjetima, gdje se na Tyregrip podlozi nalazio snježni sloj, zaključilo se kako ista ne može na adekvatan način pridonijeti povećanju sigurnosti zbog smanjenog prianjanja pneumatika vozila uz podlogu.

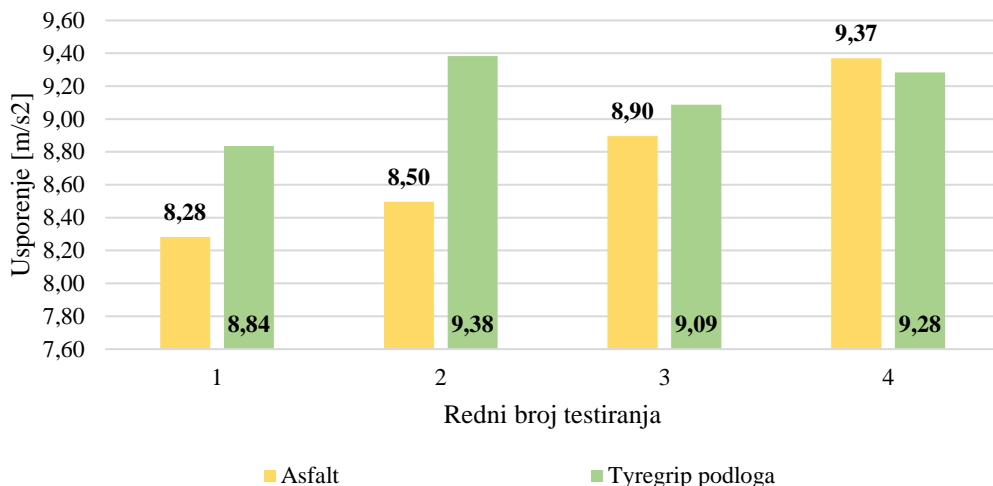
6.4. USPOREDBA REZULTATA ISTRAŽIVANJA NA TEMELJU VRSTE PODLOGE

Na temelju provedenih ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi izrađena je usporedba parametara izmjerenih s pomoću XL Meter™ Pro uređaja. Usporedba je izrađena na temelju prosječnih vrijednosti dobivenih tijekom provedbe istraživanja za brzine od 30 do 60 km/h u suhim, kišnim i snježnim vremenskim uvjetima s naglaskom na vrstu podloge.

6.4.1. Usporedba rezultata istraživanja u suhim vremenskim uvjetima

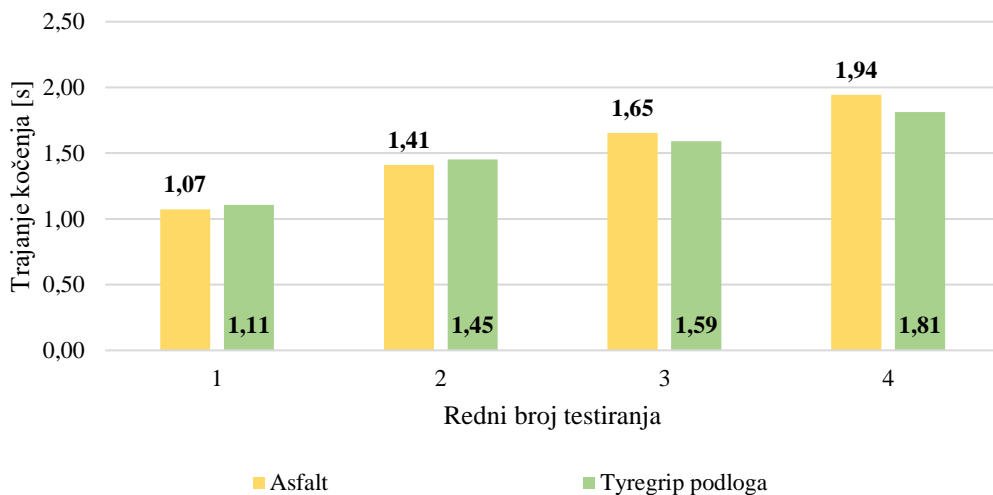
Na temelju rezultata istraživanja provedena je usporedba izmjerenih parametara s pomoću XL Meter™ Pro uređaja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi za vrijeme suhih uvjeta.

Grafikon 10 prikazuje usporedbu prosječne vrijednosti usporenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru s usporenjem na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom suhih vremenskih uvjeta. Iz grafikona je vidljivo kako je pri brzinama od 30 do 60 km/h usporenje na Tyregrip podlozi značajno veće nego što je to na asfaltnom kolničkom zastoru. Naime, makrotekstura Tyregrip podloge veća je nego kod asfaltnog zastora te je i prianjanje pneumatika i podloge veće što uvjetuje iznos usporenja vozila. Uzimajući u obzir prosječne vrijednosti usporenja pri brzinama od 30 do 60 km/h na obje podloge, zaključuje se kako je iznos usporenja veći na Tyregrip podlozi i to prosječno za oko 4 %, u odnosu na suvremeni kolnički asfaltni zastor. Veća makrotekstura podloge u odnosu na asfaltni zastor pozitivan je aspekt primjene Tyregrip podloge koja svojim djelovanjem direktno utječe na povećanje sigurnosti u prometu.



Grafikon 10. Usporedba prosječnog iznosa usporenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom suhih vremenskih uvjeta

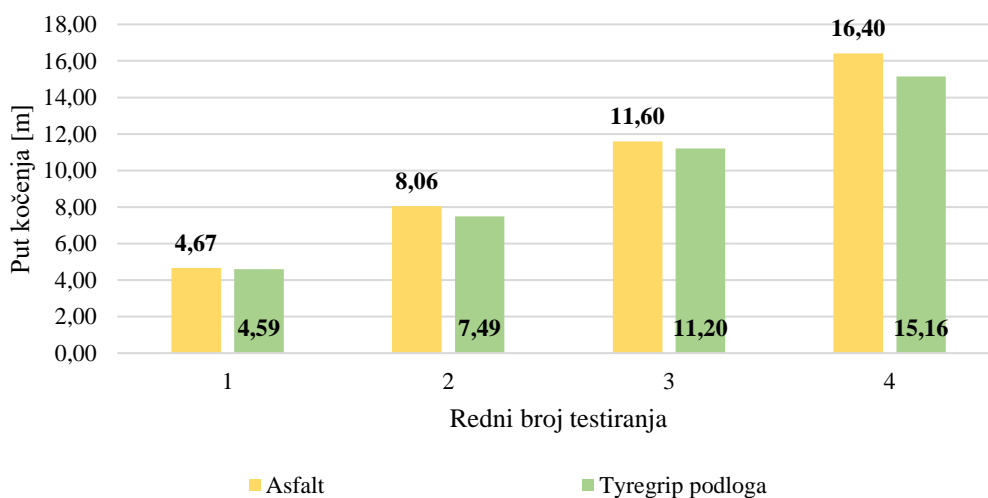
Grafikon 11 prikazuje usporedbu prosječnog trajanja kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru s trajanjem kočenja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi. Kao što se konstatiralo kod usporedbe usporenja, veća makrotekstura Tyregrip podloge pridonosi boljem prianjanju između pneumatika i podloge. Bolje prianjanje djeluje i na trajanje kočenja, koje je kraće na Tyregrip podlozi u prosjeku za oko 2 %. Ipak razlike između trajanja kočenja nisu drastične ali se na temelju rezultata istraživanja, gledajući ovaj parametar, specijalizirana protuklizna Tyregrip podloga istakla kao bolji izbor.



Grafikon 11. Usporedba prosječnog trajanja kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom suhih vremenskih uvjeta

Vrijeme trajanja kočenja i put kočenja proporcionalne su veličine te se utjecajem na jednu od njih direktno utječe i na drugu. Taj odnos vidljiv je tijekom provedbe istraživanja te ga je bitno istaknuti prilikom usporedbe rezultata. Grafikon 12 prikazuje usporedbu prosječnog puta kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru s putom kočenja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi. Usporedba na temelju duljine puta kočenja prikazala je već

prethodno konstatirane činjenice kod trajanje kočenja. Duljina puta kočenja na Tyregrip podlozi u prosjeku je za oko 6 % kraća u odnosu na duljinu puta kočenja na asfaltnoj podlozi pri istim uvjetima.

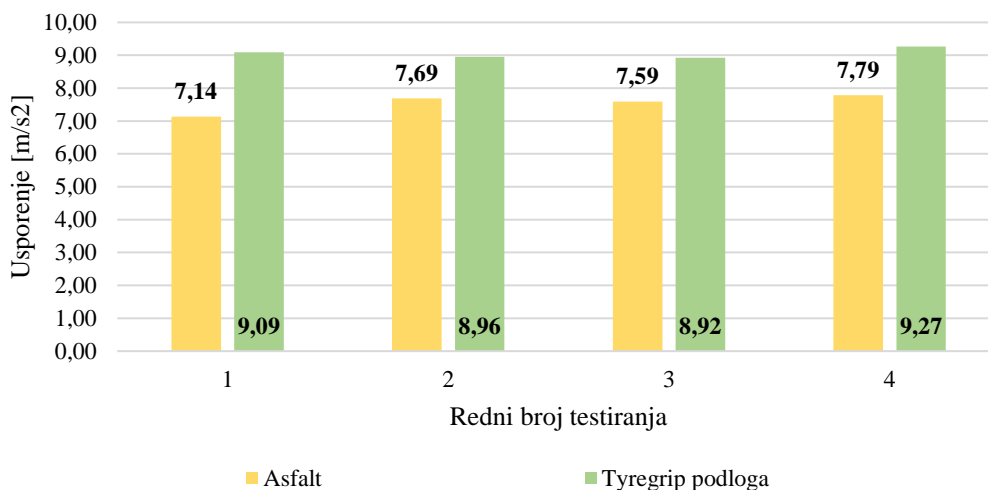


Grafikon 12. Usporedba prosječne duljine puta kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom suhih vremenskih uvjeta

6.4.2. Usporedba rezultata istraživanja u kišnim vremenskim uvjetima

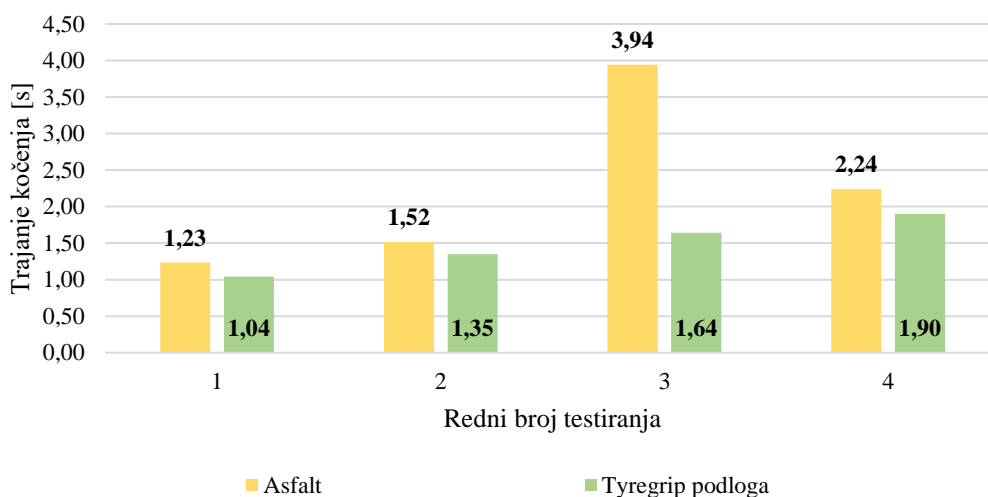
Sukladno rezultatima istraživanja, provedena je usporedba izmjerenih parametara s pomoću XL Meter™ Pro uređaja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi u kišnim vremenskim uvjetima.

Grafikon 13 predstavlja usporedbu prosječnog iznosa usporenja osobnog vozila u kišnim vremenskim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u odnosu na specijaliziranu protukliznu Tyregrip podlogu. Na temelju prikazanih podataka vidljivo je kako je usporenje na Tyregrip podlozi značajno veće u odnosu na usporenje na asfaltnom kolničkom zastoru za prosječno oko 17 %. Razlika u usporenjima na različitim podlogama posljedica je različite makroteksture pojedine podloge, koja je značajno veća na Tyregrip podlozi. Naime, uz povećanje prianjanja između podloge i pneumatika vozila, veća makrotekstura materijala omogućuje i bolju odvodnju oborinskih voda s podloge te prilikom kočenja pneumatika vozila dolazi do boljeg kontakta s podlogom.



Grafikon 13. Usporedba prosječnog iznosa usporenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom kišnih vremenskih uvjeta

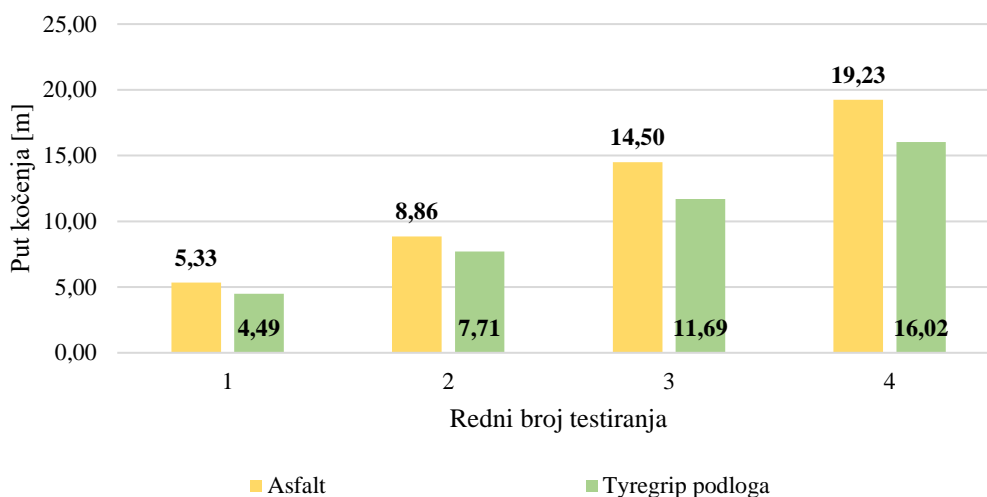
Utjecaj makroteksture podloge vidljiv je i pri usporedbi vremena trajanja kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi (Grafikon 14). Iz navedenog grafikona vidljive su značajne oscilacije u vremena kočenja u kišnim uvjetima na asfaltnom zastoru s obzirom na brzine kretanja vozila, dok pri istim brzinama, u istim vremenskim uvjetima, vrijeme kočenja je na Tyregrip podlozi značajno manje te je kontinuirano, sukladno porastu brzine, što se ujedno može istaknuti kao dodatna prednost njene primjene. Prosječno gledano, trajanje kočenja na Tyregrip podlozi gotovo je upola kraće u odnosu na trajanje kočenja pri istim uvjetima na asfaltnoj podlozi.



Grafikon 14. Usporedba prosječnog trajanja kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom kišnih vremenskih uvjeta

Kao što je već konstatirano, trajanje kočenja i duljina puta kočenja proporcionalne su veličine te sljedeća usporedba prikazuje sličan odnos rezultata istraživanja. Grafikon 15 prikazuje usporedbu prosječne duljine puta kočenja pri kišnim vremenskim uvjetima na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u odnosu na duljinu puta kočenja na specijaliziranoj

protukliznoj Tyregrip podlozi pri brzinama od 30 do 60 km/h. Iz grafikona je vidljivo kako je put kočenja na Tyregrip podlozi značajno kraći u odnosu na duljinu puta kočenja na kolničkom asfaltnom zastoru. U prosjeku je duljina puta kočenja na Tyregrip podlozi kraća za 20 %, u odnosu na duljinu puta kočenja na asfaltnoj podlozi. Na temelju prethodnih rezultata zaključeno je kako veća makrotekstura Tyregrip podloge doprinosi boljoj odvodnji oborinskih voda koja je ključna za veće prijanjanje pneumatika predmetnog vozila uz podlogu. Na taj se način minimizira utjecaj oborina na put kočenja i navedenu podlogu čini boljom za primjenu u navedenim vremenskim uvjetima.

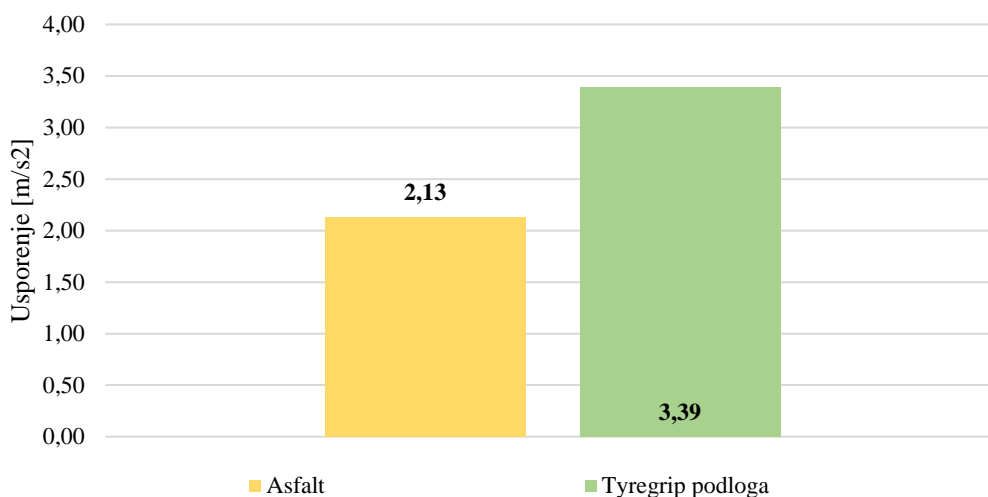


Grafikon 15. Usporedba prosječne duljine puta kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom kišnih vremenskih uvjeta

6.4.3. Usporedba rezultata istraživanja u snježnim vremenskim uvjetima

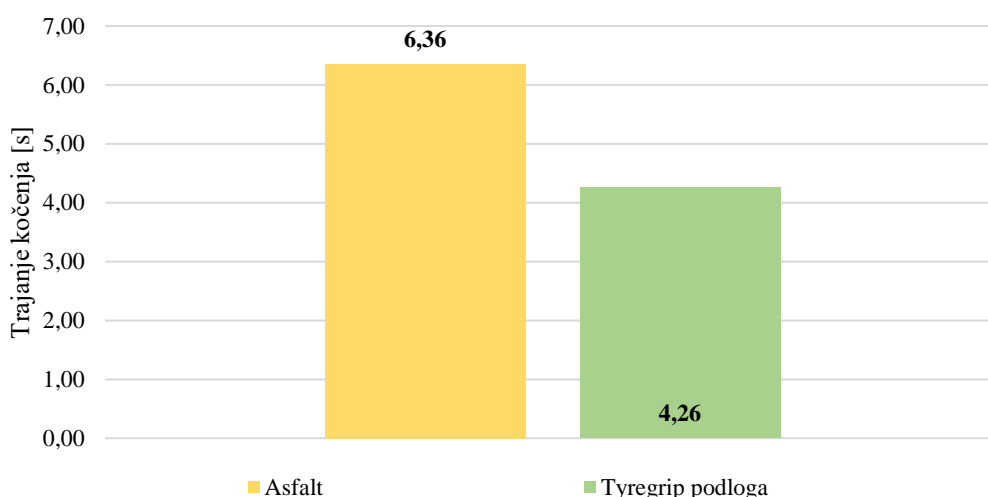
Sukladno rezultatima istraživanja, provedena je usporedba izmjerenih parametara s pomoću XL MeterTM Pro uređaja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi u snježnim vremenskim uvjetima. S obzirom na ograničenja koja su bila prisutna kod provedbe ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru, usporedba je bila izrađena na temelju dobivenih rezultata pri brzini od 50 km/h na obje predmetne podloge.

Grafikon 16 prikazuje usporedbu prosječnog usporenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u odnosu na prosječno usporenje na specijaliziranoj Tyregrip podlozi tijekom snježnih vremenskih uvjeta. Zbog prethodno definiranih ograničenja, za usporedbu je uzeto testiranje pri brzini od 50 km/h, gdje snijeg nije bio razgrnut s podloga. Iako je snijeg predstavljao određenu barijeru između podloga i pneumatika, iz grafikona je vidljivo kako je prosječno usporenje bilo značajno većeg iznosa na Tyregrip podlozi. Dokaz je to djelotvornog utjecaja makroteksture Tyregrip podloge koja je, bez obzira na snježni sloj, ipak pokazala djelotvornom.



Grafikon 16. Usporedba prosječnog iznosa usporenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom snježnih vremenskih uvjeta

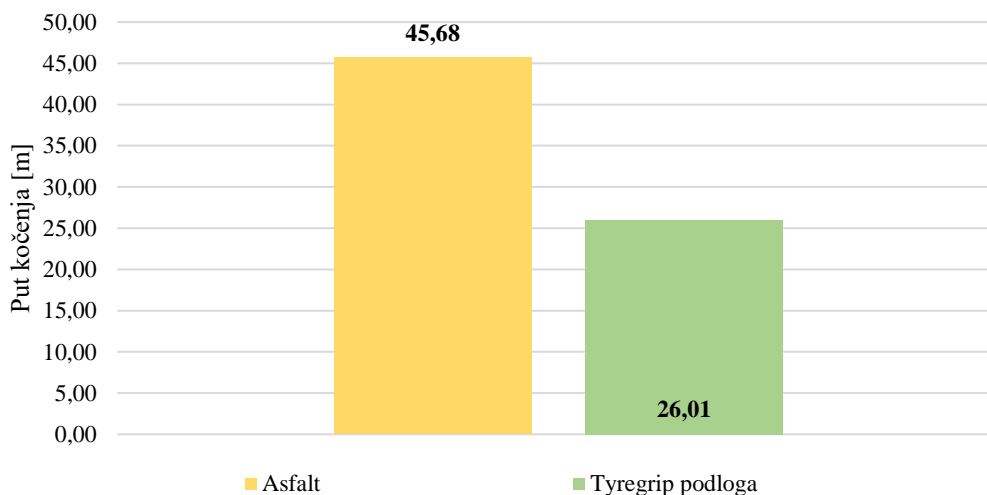
Sljedećim grafikonom prikazana je usporedba prosječnog trajanja kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi u snježnim uvjetima (Grafikon 17). Usporedbom je vidljiva značajna razlika u trajanju kočenja pri istoj brzini kretanja i istim vremenskim uvjetima. Naime, trajanje kočenja na Tyregrip podlozi kraće je za gotovo dvije sekunde, odnosno predmetno se vozilo, pri istim vremenskim uvjetima, prije zaustavilo. Kao i kod usporenja, makrotekstura specijalizirane protuklizne podloge je, bez obzira na snježni sloj, pridonijela bržem zaustavljanju vozila u odnosu na asfaltnu podlogu.



Grafikon 17. Usporedba prosječnog trajanja kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom snježnih vremenskih uvjeta

Grafikon 18 odnosi se na usporedbu prosječne duljine puta kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom snježnih uvjeta. Kako su vrijednosti trajanja kočenja i duljine puta kočenja međusobno proporcionalne, vrijede iste spomenute konstatacije. Značajno je spomenuti kako je duljina

puta kočenja pri brzini od 50 km/h na asfaltnoj podlozi gotovo 20 metara dulja nego što je to na Tyregrip podlozi.



Grafikon 18. Usporedba prosječne duljine puta kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom snježnih vremenskih uvjeta

Analizom prosječnih rezultata tijekom provedbe ovog istraživanja specijalizirana protuklizna Tyregrip podloga pokazala se kao dobar primjer za povećanje usporenja vozila, ali i smanjenja trajanja kočenja i puta kočenja, pa samim time i zaustavnog puta. Istraživanje se temeljilo na ravnom cestovnom pravcu gdje je Tyregrip podloga opravdala sve navode proizvođača. Makrotekstura boksitnog agregata Tyregrip podloge pokazala je značajan utjecaj prilikom provedenih ispitivanja koja su se temeljila na naglom kočenju predmetnim vozilom.

Provedbom ispitivanja u kišnim uvjetima na Tyregrip podlozi, u usporedbi s asfaltnom podlogom, dokazala se dodatna prednost Tyregrip podloge, odnosno bolja odvodnja oborinskih voda. Naime, pri normalnoj količini padalina, veća makrotekstura uvjetuje bržu i bolju odvodnju oborinskih voda s podloge što smanjuje mogućnost pojave vodenog klina na podlozi ali pritom uvjetuje i bolje prianjanje pneumatika uz podlogu. Sukladno rezultatima istraživanja zaključeno je kako je primjena specijaliziranih protukliznih podloga veće makrotekture opravdana. Ispitivanje u snježnim uvjetima pokazalo je iznenađujuće rezultate, s obzirom na to da se isto provodilo na podlozi koja je bila prekrivena snijegom. Unatoč navedenom, Tyregrip podloga se, prema rezultatima provedenog ispitivanja i usporedbe s asfaltnom podlogom, pokazala djelotvornom čak i pri takvoj vrsti oborina.

S obzirom na provedeno istraživanje, bitno je istaknuti kako bolje prianjanje pneumatika vozila na podloge s povećanom makroteksturom uvjetuje veće usporenje ali i kraće vrijeme trajanja kočenja i kraći put kočenja. Prosječne vrijednosti usporenja, trajanja kočenja i duljine puta kočenja na Tyregrip podlozi tijekom kišnih uvjeta i uvjeta bez oborina sadrže razlike ispod 5 %, odnosno navedene razlike minimalnog su iznosa. Upravo je to primjer pozitivnog djelovanja specijalizirane protuklizne Tyregrip podloge za primjenu u cestovnom prometu u svrhu povećanja sigurnosti.

7. ZAKLJUČAK

Sve je veća prisutnost vozila na cestama, cestovne mreže se iz dana u dan šire i razvijaju u svrhu boljeg i kvalitetnijeg povezivanja svakog područja. Povećanjem broja vozila na cestovnoj mreži dolazi i do povećanja rizika od nastanka prometnih nesreća. Sve je češći slučaj nastanka prometnih nesreća s poginulima ili nastradalima u prometu, a upravo je to uzrok sve niže stope sigurnosti na cestama. Kako bi se na adekvatan način moglo utjecati na optimalnu razinu sigurnosti u prometu, odnosno kako bi se smanjio broj prometnih nesreća s najgorim posljedicama, potrebno je intervenirati u sva područja sustava cestovnog prometa. Čovjek, vozilo i cesta temeljni su čimbenici sigurnosti cestovnog prometa te kao takvi moraju biti i dio temelja pri interveniranju u podizanje razine sigurnosti. Kako između navedenih čimbenika vlada međusobna povezanost, gdje jedan čimbenik izravno ili neizravno utječe na drugi, bitno je mjere intervencije planirati i implementirati s tim na umu. Do unazad nekoliko godina težilo se na boljoj edukaciji i rigoroznijim kaznama na vozače u cestovnom prometu, ali se danas ipak ta težnja podjednako razdijelila na sve ključne elemente sigurnosti, naročito na prometnu infrastrukturu. Naime, usavršavanje i svakodnevno nadopunjavanje cestovne infrastrukture prometnim znakovima, oznakama na kolniku, elementima pasivne sigurnosti i drugim sadržajem radi se na podizanju razine sigurnosti prometnog sustava u cijelosti.

Kao temelj moderne cestovne infrastrukture ističu se kolnici izvedeni od suvremenih asfaltnih i betonskih zastora. Tijekom godina i tijekom provedbe raznih istraživanja uvidjela se potreba za dodatnim usavršavanjem navedenih kolničkih zastora izvedbom dodatnih podloga na postojećim kolnicima. Te podloge vozačima pružaju pomoć prilikom kretanja, odnosno zaustavljanja, uz vizualne i zvučne podražaje djeluju na reakcije vozača zbog potreba za smanjenjem brzine i povećanjem opreza. Takve podloge izvode se na kritičnim mjestima na cestama, odnosno u područjima zavoja, na cestovnim objektima ili pak na dionicama cesta gdje je zabilježen značajno povećanje broja prometnih nesreća. Zanimljiva je činjenica da se suvremene cestovne podloge mogu izvoditi na različite načine, u različitim bojama i s različitim makroteksturama. Kao primjer dobre prakse kod suvremenih cestovnih zastora ističe se primjena protuklizne Tyregrip podloge. Protuklizna Tyregrip podloga omogućuje bolju odvodnju oborinskih voda s ceste, utječe na smanjenje buke, uvjetuje kraći zaustavni put vozila i bolje prianjanje pneumatika uz podlogu, bez obzira na vremenske uvjete. Za potrebe ovog rada provedeno je istraživanje na suvremenoj protukliznoj Tyregrip podlozi kako bi se dokazao pozitivan utjecaj protukliznih cestovnih podloga na povećanje sigurnosti cestovnog prometa.

Provedeno istraživanje temeljilo se na usporedbi usporenja, trajanja kočenja i duljine puta kočenja bilježenih na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri različitim vremenskim uvjetima i pri različitim brzinama. Tijekom provedbe istraživanja provedeno je ispitivanje otpornosti na klizanje obje podloge te su prikupljeni podaci o usporenju vozila, trajanju i duljini puta kočenja pri suhim, kišnim i snježnim uvjetima u rasponu brzina od 30 do 60 km/h. Za potrebe istraživanja korišteno je osobno vozilo marke Citroen C6 s ljetnim pneumaticima, a samo istraživanje se temeljilo se na naglom kočenju na navedenim ispitnim podlogama kako bi se moglo utvrditi ponašanje istog vozila na dvije različite podloge.

Rezultati istraživanja potkrjepljuju činjenicu kako primjena specijaliziranih protukliznih podloga djeluje na različite aspekte kojima se direktno utječe na povećanje razine sigurnosti u prometu. Veća otpornost na klizanje Tyregrip podloge, u odnosu na asfaltni kolnički zastor, uz bolju uočljivost i prianjanje pneumatika zbog veće makroteksture samo su neke od prednosti koje za sobom nosi primjena ove vrste protukliznih podloga. Ovim istraživanjem dokazala su se dva ključna segmenta povećanja razine sigurnosti u prometu primjenom protukliznih cestovnih podloga: veće usporenje i manji zaustavni put, koji su ključni kod sprečavanja nastanka potencijalnih prometnih nesreća, naročito pri kišnim i snježnim vremenskim uvjetima. Razlike u prosječnom iznosu usporenja, trajanja i duljine puta kočenja na Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima i u uvjetima bez oborina manje su od 5 % te se vrijednosti mogu smatrati podjednakima. Prednosti protuklizne Tyregrip podloge naspram suvremenog kolničkog asfaltnog zastora posebno su istaknute tijekom kišnih vremenskih uvjeta, gdje je prosječan iznos usporenja za 17 % veći u odnosu na usporenje na asfaltnoj podlozi, dok je trajanje kočenja gotovo 50 % kraće, a prosječna duljina puta kočenja kraća je za oko 20 %. Razlog tome je veća makrotekstura materijala koja, uz povećanje prianjanja između podloge i pneumatika, utječe i na bolju odvodnju oborinskih voda što smanjuje mogućnost nastanka vodenog klina. Pozitivan učinak Tyregrip podloge zamijećen je i u snježnim uvjetima, ali zbog prisutnih ograničenja kod provedbe ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru, usporedba rezultata dobivenih na asfaltnom zastoru i Tyregrip podlozi nije reprezentativna.

Buduća istraživanja trebala bi se kretati u smjeru dokazivanja djelotvornosti protukliznih podloga u ostalim vremenskim uvjetima, kao što je to kod pojave poledice, pri različitim vrstama pneumatika ili pak kod isključenog ABS sustava u vozilu. Tyregrip podloga, pokazala se kao dobar primjer intervencije u cestovnu infrastrukturu za povećanje razine sigurnosti u cestovnom prometu. Pozitivan utjecaj navedene podloge vidljiv je kroz već implementirane podloge ali i kroz rezultate ovog istraživanja. Uz primjenu protukliznih podloga, dodatnu edukaciju vozača, modernizaciju vozila i primjenu ostalih sigurnosnih elemenata u području cesta i cestovnih objekata, u budućnosti bi se mogao zabilježiti značajan doprinos sigurnosti cestovnog prometa te bi se time i velik broj poginulih i stradalih u cestovnom prometu napokon sveo na planirani minimum.

LITERATURA

- [1] World Health Organization. Global status report on road safety 2023.
- [2] European Road Safety Observatory. Road Safety Thematic Report – Safe System Approach. 2023.
- [3] Republika Hrvatska. Nacionalni plan sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske za razdoblje od 2021. do 2030. Hrvatska: 2021.
- [4] Republika Hrvatska. Pregled osnovnih sigurnosnih pokazatelja za 2023. godinu. 2024.
- [5] Panáček V, Semela M, Adamec V, Schüllerová B. Impact of usable coefficient of Adhesion between tyre and road surface by modern vehicle on it's dynamics while driving and braking in curve. *Transport*. 2016.; 31: 142–6. Prezeto s: <https://doi.org/10.3846/16484142.2016.1190403>.
- [6] Willigers Dolf NM. Road Surface Friction and Motorcycling. *The Federation of European Motorcyclists*. 2023.
- [7] Xu G, Xu J, Shan H, Gao C, Ran J, Ma Y, et al. The influence of the pavement friction coefficient evolution caused by traffic flow on the risk of motorway horizontal curves. *PLoS One*. 2022.; 17. Preuzeto s: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266519>.
- [8] Beketov A, Khalimova S. Impact of Roughness and Friction Properties of Road Surface of Urban Streets on the Traffic Safety. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*. 2023.; 25: F51–63. Preuzeto s: <https://doi.org/10.26552/com.C.2023.051>.
- [9] Wang D, Chen X, Oeser M, Stanjek H, Steinauer B. Study of micro-texture and skid resistance change of granite slabs during the polishing with the Aachen Polishing Machine. *Wear*. 2014.; 318: 1–11. Preuzeto s: <https://doi.org/10.1016/j.wear.2014.06.005>.
- [10] Zou Y, Yang G, Huang W, Lu Y, Qiu Y, Wang KCP. Study of Pavement Micro- and Macro-Texture Evolution Due to Traffic Polishing Using 3D Areal Parameters. *Materials*. 2021.; 14. Preuzeto s: <https://doi.org/10.3390/ma14195769>.
- [11] Popoola MO, Apampa OA, Adekitan O. Impact of Pavement Roughness on Traffic Safety under Heterogeneous Traffic Conditions. *Nigerian Journal of Technological Development*. 2020.; 17: 13–9. Preuzeto s: <https://doi.org/10.4314/njtd.v17i1.2>.
- [12] Liu C. Adhesion coefficient of automobile tire and road surface. *Journal of Central South University of Technology*. 2008.; 15: 210–4. Preuzeto s: <https://doi.org/10.1007/s11771-008-0348-5>.
- [13] Pomoni M, Plati C, Loizos A, Yannis G. Investigation of pavement skid resistance and macrotexture on a long-term basis. *International Journal of Pavement Engineering*. 2022.; 23: 1060–9. Preuzeto s: <https://doi.org/10.1080/10298436.2020.1788029>.

- [14] Leng Z, Fan Z, Liu P, Kollmann J, Oeser M, Wang D, et al. Texturing and evaluation of concrete pavement surface: A state-of-the-art review. *Journal of Road Engineering*. 2023.; 3: 252–65. Preuzeto s: <https://doi.org/10.1016/j.jreng.2023.08.001>
- [15] Copetti Callai S, Sangiorgi C. A Review on Acoustic and Skid Resistance Solutions for Road Pavements. *Infrastructures (Basel)*. 2021.; 6: 41. Preuzeto s: <https://doi.org/10.3390/infrastructures6030041>.
- [16] Kipp W, Sanborn D. Ennis Paint, Inc. Tyregrip High Friction Surface System. Vermont Agency of Transportation, Materials & Research Section Reporting on Work Plan 2009-R-02. Vermont, SAD: 2014.
- [17] Tyregrip - za poboljšavanje hvatljivosti i smanjenje klizavosti kolnika. Euro-Galant d.o.o Popovača. Preuzeto s: <https://www.euro-galant.hr/djelatnost/usluge-u-odrzavanju-cesta/tyregrip-za-poboljsanje-hvatljivosti-i-smanjenje-klizavosti-kolnika>
- [18] Franković L, Ferko M, Fiočić M. Primjena protukliznih podloga za povećanje sigurnosti cestovnog prometa u Republici Hrvatskoj. *Ceste 2023*. Rovinj: 2023, p. 261–72.
- [19] Diljem Zagorja postavljene protuklizne podloge na cesti i znakovi ograničenja brzine . ZagorjeCom 2022. Preuzeto s: <https://www.zagorje.com/clanak/vijesti/diljem-zagorja-postavljene-protuklizne-podloge-na-cesti-i-znakovi-ogranicenja-brzine>
- [20] Acosta M, Kanarachos S, Blundell M. Road friction virtual sensing: A review of estimation techniques with emphasis on low excitation approaches. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2017.; 7. Preuzeto s: <https://doi.org/10.3390/app7121230>.
- [21] Tehničke karakteristike vozila Citroen C6 2.7d AT (208 h.p.). CalcProfi Preuzeto s: [https://hr.calcprofi.com/auto-tehnicke-specifikacije/Citroen+C6+2.7d_AT_\(208_h.p.\)](https://hr.calcprofi.com/auto-tehnicke-specifikacije/Citroen+C6+2.7d_AT_(208_h.p.))
- [22] Inventure Automotive Electronics R&D. XL Meter™ Pro User's Manual.
- [23] Hrvatski zavod za norme. Površinska svojstva cesta i aerodromskih operativnih površina - Metode ispitivanja - 4. dio: Metoda mjerenja otpornosti površine na klizanje: Ispitivanje klatnom. Republika Hrvatska: 2012.

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Udio poginulih osoba prema značajkama ceste u 2023. godini	5
Grafikon 2. Usporedba prosječne brzine tijekom ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pri utjecaju različitih vremenskih uvjeta	33
Grafikon 3. Usporedba prosječnog usporenja tijekom ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pri utjecaju različitih vremenskih uvjeta	33
Grafikon 4. Usporedba prosječnog trajanja kočenja tijekom ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pri utjecaju različitih vremenskih uvjeta	34
Grafikon 5. Usporedba prosječne duljine puta kočenja tijekom ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru pri utjecaju različitih vremenskih uvjeta	35
Grafikon 6. Usporedba prosječne brzine tijekom ispitivanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri utjecaju različitih vremenskih uvjeta.....	36
Grafikon 7. Usporedba prosječnog usporenja tijekom ispitivanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri utjecaju različitih vremenskih uvjeta	36
Grafikon 8. Usporedba prosječnog trajanja kočenja tijekom ispitivanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri utjecaju različitih vremenskih uvjeta	37
Grafikon 9. Usporedba prosječne duljine puta kočenja tijekom ispitivanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi pri utjecaju različitih vremenskih uvjeta	37
Grafikon 10. Usporedba prosječnog iznosa usporenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom suhih vremenskih uvjeta	39
Grafikon 11. Usporedba prosječnog trajanja kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom suhih vremenskih uvjeta	39
Grafikon 12. Usporedba prosječne duljine puta kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom suhih vremenskih uvjeta	40
Grafikon 13. Usporedba prosječnog iznosa usporenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom kišnih vremenskih uvjeta	41
Grafikon 14. Usporedba prosječnog trajanja kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom kišnih vremenskih uvjeta	41
Grafikon 15. Usporedba prosječne duljine puta kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom kišnih vremenskih uvjeta	42
Grafikon 16. Usporedba prosječnog iznosa usporenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom snježnih vremenskih uvjeta	43

Grafikon 17. Usporedba prosječnog trajanja kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom snježnih vremenskih uvjeta	43
Grafikon 18. Usporedba prosječne duljine puta kočenja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru i na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi tijekom snježnih vremenskih uvjeta	44

POPIS SLIKA

Slika 1. Udio nesreća sa smrtno stradalima i teško ozlijeđenima u Republici Hrvatskoj prema osnovnim čimbenicima sigurnosti cestovnog prometa	4
Slika 2. Ortofoto snimka i stvarni prikaz implementirane specijalizirane protuklizne Tyregrip podloge u području horizontalnog zavoja u Ulici Mostanje u Karlovcu	10
Slika 3. Prikaz implementirane specijalizirane protuklizne Tyregrip podloge u području pješačkog prijelaza u Pavlovcu Zabočkom	10
Slika 4. Prikaz implementacije specijalizirane protuklizne Tyregrip podloge na mostu u Ulici 13. srpnja u Karlovcu	11
Slika 5. Područje provedbe istraživanja unutar ZUK Borongaj	12
Slika 6. Shematski prikaz izvedene Tyregrip podloge za potrebe ispitivanja	13
Slika 7. Osobno vozilo korišteno u istraživanju	15
Slika 8. XL Meter™ Pro uređaj	17
Slika 9. Matest A113 uređaj	18
Slika 10. Pozicija XL Meter™ pro uređaja u vozilu Citroen C6 tijekom provedbe istraživanja	19
Slika 11. Shema ispitnih odsječaka pri provođenju ispitivanja Matest A113 uređajem	19
Slika 12. Prikaz longitudinalne akceleracije na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u suhim vremenskim uvjetima	22
Slika 13. Prikaz longitudinalne akceleracije na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u kišnim vremenskim uvjetima	23
Slika 14. Prikaz longitudinalne akceleracije pri brzini od 50 km/h na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u snježnim vremenskim uvjetima	25
Slika 15. Prikaz longitudinalne akceleracije na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi u kišnim vremenskim uvjetima	26
Slika 16. Prikaz longitudinalne akceleracije na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim vremenskim uvjetima	28
Slika 17. Prikaz longitudinalne akceleracije na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi u snježnim vremenskim uvjetima	29

POPIS TABLICA

Tablica 1. Postupak izvođenja specijalizirane protuklizne Tyregrip podloge	13
Tablica 2. Osnovni podaci osobnog vozila korištenog u istraživanju	15
Tablica 3. Rezultati ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u suhim uvjetima	21
Tablica 4. Rezultati ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u kišnim uvjetima	23
Tablica 5. Rezultati ispitivanja na suvremenom kolničkom asfaltnom zastoru u snježnim uvjetima.....	24
Tablica 6. Rezultati ispitivanja na Tyregrip podlozi u kišnim uvjetima.....	26
Tablica 7. Rezultati ispitivanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi u suhim uvjetima.....	27
Tablica 8. Rezultati ispitivanja na specijaliziranoj protukliznoj Tyregrip podlozi u snježnim uvjetima.....	29
Tablica 9. Rezultati mjerenja otpornosti na klizanje	31

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Ispitni obrazac XL Meter™ Pro uređaja

Prilog 26. Ispitni obrazac Matest A113 uređaja



_____. **TESTIRANJE** **DATUM I VRIJEME:** _____

VOZILO KOJE JE SUDJELOVALO U TESTIRANJU: _____

VRSTA KOLNIČKOG ZASTORA:

- asfalt
- beton
- kocka
- makadam
- zemlja

STANJE POVRŠINE KOLNIKA:

- suh (čist)
- suh (pijesak, šljunak)
- mokar
- blato
- snijeg (razgrnut/nije razgrnut)
- zaleđen (posut/nije posut)
- zemlja (suha/mokra)
- odron kamenja
- ulje i slične tvari

STANJE KOLNIČKOG ZASTORA:

- dobro
- manja oštećenja
- loše

ATMOSFERSKE PRILIKE:

- vedro
- oblačno
- kiša
- magla
- snijeg
- slana
- ostalo

	Brzina kretanja vozila [km/h]	Usporenje [m/s²]	Vrijeme trajanja kočenja [s]	Put kočenja [m]	SRT Klatno
1. testiranje					
2. testiranje					
3. testiranje					
SREDNJA VRIJEDNOST					

ISPITNI OBRAZAC - OTPORNOST NA KLIZANJE

Uređaj: _____

Lokacija ispitivanja: _____ Datum ispitivanja: _____

Ispitivanje vodio/-la: _____

Oznaka ispitivanja:	<input style="width: 80%;" type="text"/>	Cesta: _____	Dionica: _____	Stacionaža: _____		
Napomena: _____						
Vrijeme ispitivanja: _____			Vrsta površine: _____			
Temperatura mokre površine		<input style="width: 50px;" type="text"/>	°C		Temp. klizača prije ispitivanja	
					<input style="width: 50px;" type="text"/>	°C
					<input style="width: 50px;" type="text"/>	°C
Temp. klizača nakon ispitivanja						
R. br. zamaha	1	2	3	4	5	Prosječna vrijednost
Vrijednost						

Oznaka ispitivanja:	<input style="width: 80%;" type="text"/>	Cesta: _____	Dionica: _____	Stacionaža: _____		
Napomena: _____						
Vrijeme ispitivanja: _____			Vrsta površine: _____			
Temperatura mokre površine		<input style="width: 50px;" type="text"/>	°C		Temp. klizača prije ispitivanja	
					<input style="width: 50px;" type="text"/>	°C
					<input style="width: 50px;" type="text"/>	°C
Temp. klizača nakon ispitivanja						
R. br. zamaha	1	2	3	4	5	Prosječna vrijednost
Vrijednost						

Oznaka ispitivanja:	<input style="width: 80%;" type="text"/>	Cesta: _____	Dionica: _____	Stacionaža: _____		
Napomena: _____						
Vrijeme ispitivanja: _____			Vrsta površine: _____			
Temperatura mokre površine		<input style="width: 50px;" type="text"/>	°C		Temp. klizača prije ispitivanja	
					<input style="width: 50px;" type="text"/>	°C
					<input style="width: 50px;" type="text"/>	°C
Temp. klizača nakon ispitivanja						
R. br. zamaha	1	2	3	4	5	Prosječna vrijednost
Vrijednost						

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je DIPLOMSKI RAD
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom PRIMJENA PROTUKLIZNIH CESTOVNIH PODLOGA ZA POVEĆANJE SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 09. rujna 2024.

GABRIJELA IVANJKO

(ime i prezime, potpis)

