

## Анализа утицаја кишних падавина на брзину саобраћајног тока на деоници Баточина – Крагујевац

Ивона Јашић, Саобраћајни факултет, Београд, [ivona.jasic@icloud.com](mailto:ivona.jasic@icloud.com)

Драган Пантелић, Саобраћајни факултет, Београд,  
[draganpantelic7@gmail.com](mailto:draganpantelic7@gmail.com)

*Резиме: Временски услови могу имати значајан утицај на карактеристике саобраћајног тока и на безбедно функционисање саобраћаја било да су повољни (суначно време без падавина) или неповољни (лоше време са падавинама). Смањена перцепција возача услед смањене видљивости, како стања на путној мрежи, тако и услова у саобраћајном току, представља последицу неповољних временских прилика попут кише, магле и снега. Присутство кишних падавина, често доводи до промене понашања возача, што узрокује смањење брзине, а последично и Нивоа Услуге, чему сведоче резултати истраживања која су спроведена још средином прошлог века. Имајући наведено у виду, овај рад има за циљ да испита утицај кишних падавина на промену брзине саобраћајног тока, на деоници државног путу IБ реда број 24 од Баточине до Крагујевца. Спроведено емпиријско истраживање је обухватало анализу реалних података о брзинама возила са аутоматских бројача саобраћај 1181 и 1182, док су подаци о временским приликама преузети са метеоролошке станице Ботунје. Спровођењем компаративне анализе, резултати истраживања указују на постојање осетљивости промене брзине саобраћајног тока, при идеалним временским условима и у условима кишних падавина. Овако добијени резултати истраживања могу представљати корисну основу у пружању бољег увида у понашање и перформансе возача у кишним временским условима, и могу подстаћи даља истраживања промене понашања возача у другим временским условима.*

*Кључне речи: временски услови, кишне падавине, брзина саобраћајног тока*

### 1 УВОД

Саобраћајни ток представља кретање возила, пешака и других учесника у саобраћају на мрежи путева и улица. Један од најзначајнијих параметара саобраћајног тока је брзина, поред протока и густине. Брзина највише утиче на ефикасност и економичност саобраћајног тока, али и на време путовања и безбедност саобраћаја. Временске непогоде утичу у великој мери са једне стране на низ свакодневних људских активности, али и на саобраћај и транспорт са друге стране.

Киша, као један вид временских неприлика утиче на нормално функционисање саобраћаја. Поред тога утиче и на трошкове одржавања путева, веће потрошње горива и дуже време путовања. Такође, честа је појава саобраћајних незгода услед клизавог коловоза.

Постоје бројна истраживања која се баве утицајем кише на брзину саобраћајног тока као и на боље разумевање ефеката кише на саобраћај и развојем мера за побољшање безбедности и ефикасности саобраћаја у условима кишних падавина. Истраживања су показала да киша значајно смањује видљивост и адхезију тачкова на мокром коловозу, што повећава ризик од саобраћајних незгода. Анализе показују да киша може довести до пораста саобраћајних загушења због споријег кретања возила и повећане густине саобраћаја на критичним тачкама, као што су раскрснице и тунели. Различити модели саобраћаја и симулације су коришћени за процену како киша утиче на пропусност путева, брзину и ток саобраћаја. Ови модели помажу у развоју стратегија за управљање саобраћајем у неповољним временским условима.

Имајући у виду наведено, циљ овог рада представља анализа услова у саобраћајном току на деоници Баточина – Крагујевац, стављајући фокус на анализу промене брзине кретања возила у условима са кишом и у условима без падавина. Сви подаци који су неопходни за анализу су прикупљени из постојећих база података, који се односе на податке забележене уз помоћ аутоматског бројача саобраћаја и метеоролошке станице који су постављени у непосредној близини деонице.

## 2 ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

Истраживачи често користе податке из различитих извора, као што су саобраћајне камере, сензори на путевима и статистике о незгодама, како би пружили увид у ефекте временских услова на саобраћај у различитим земљама. Информације о времену се такође могу добити од јавно доступних извора података као што су путно-метеоролошке станице. Примери таквих студија приказани су у наставку рада, узимајући у обзир истраживања спроведена на територији градова Европе, Америке и Азије, са посебним освртом на истраживања спроведена на територији Републике Србије.

На пример, истраживање холандских аутора под називом Утицај времена на саобраћајни ток: Емпиријска анализа коришћењем GPS података [1] је спроведено 2015. године и ова студија је користила податке са GPS уређаја како би анализирали утицај кише и других временских услова на брзину саобраћаја. Истраживање је фокусирано на Холандију, где су анализирани подаци о брзини возила у различитим временским условима. Студија је показала да киша смањује брзину возила за око 10-15% у поређењу са сувим условима, посебно у урбаним срединама.

Истраживање Утицаји времена на саобраћај и безбедност: Увид из региона Париза [2] је фокусирано на регион Париза и користи податке из саобраћајних камера и метеоролошких станица. Анализирани су ефекти кише на брзину и безбедност саобраћаја. Киша је имала значајан утицај на смањење брзине, уз повећање броја незгода. Брзина возила опадала је у просеку за 12% током кишних дана.

Студија под називом Ефекти времена на саобраћајни ток и безбедност: Докази из коридора I-95 [3] је открила да киша узрокује смањење брзине возила од 10-20% и повећава ниво загушења, док се број незгода повећава, посебно у подручјима са великим саобраћајем.

За истраживање под називом Квантификовање ефеката кише на саобраћајни ток и стопу незгода: Истраживање случаја Лос Анђелеса [4] коришћени су подаци са саобраћајних камера и метеоролошких станица у Лос Анђелесу да се анализира како

киша утиче на брзину саобраћаја и учесталост незгода. Утврђено је да киша може смањити брзину возила за око 12% и значајно повећати број саобраћајних незгода. Студија је показала да су ефекти посебно изражени током јаке кише.

Подаци из Чикашког метрополитанског подручја искоришћени су за студију под називом Ефекти падавина на саобраћајни ток и безбедност: Увид из Чикашког метрополитанског подручја [5], односно да изврше анализу утицаја кише на саобраћај и безбедност користећи сензоре и извештаје о незгодама. Као резултат добијено је да киша смањује брзину саобраћаја у просеку за 8-15% и повећава време путовања.

За истраживање под називом Утицај кише на саобраћајни ток и безбедност: Истраживање у области Токија [6] коришћени су подаци из области Токија, укључујући податке са саобраћајних камера и метеоролошких станица, како би се анализирао утицај кише на брзину и безбедност саобраћаја. Као резултат је установљено да киша смањује брзину возила у просеку за 12-18%.

Анализа под називом Утицај кише на саобраћај у Мумбају: Анализа саобраћајних и метеоролошких података [7], спроведена 2018. године где су анализирани подаци из Мумбаја користећи саобраћајне камере и метеоролошке податке како би се проучили ефекти кише на саобраћајни ток и безбедност. Закључак је био да киша значајно смањује брзину саобраћаја, са падом брзине од 15-20%.

Истраживање које је користило податке из Бангкока, укључујући податке са саобраћајних сензора и метеоролошке информације спроведено је под називом Ефекти временских услова на саобраћај у Бангкоку: Истраживање утицаја кише на брзину и безбедност [8]. Резултат је показао да киша доводи до смањења брзине возила за 10-18% и повећава време путовања.

У Србији је спроведено више истраживања на тему утицаја кише на брзину саобраћаја, од којих се издваја рад под називом Ефекти падавина на саобраћајни проток и безбедност у Новом Саду [9]. Истраживачи су анализирали податке из Новог Сада, укључујући информације из саобраћајних камера и метеоролошких станица, како би се проучили ефекти кише на саобраћајни ток и безбедност. Киша је довела до смањења брзине возила за око 12% и повећала време путовања.

У оквиру студије Квантовање утицаја кише на саобраћај у Крагујевцу: Истраживање на основу података о незгодама и временским условима [10] коришћени су подаци о незгодама и временским условима у Крагујевцу. Киша је утицала на смањење брзине возила у просеку за 8-10% и повећала време путовања.

За потребе студије Утицај кише на саобраћајни ток у Београду: Анализа података са саобраћајних сензора [11] коришћени су подаци са саобраћајних сензора у Београду, како би се анализирао утицај кише на брзину и проток саобраћаја у градским условима. Студијом је утврђено да киша смањује брзину возила у просеку за 10-15% и повећава време путовања.

### **3 МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА**

Циљ овог истраживања представља анализа утицаја кишних падавина на промену брзине саобраћајног тока, на државном путу IV реда број 24 на деоници Баточина – Крагујевац. Основни задатак се огледа у доношењу закључака о томе колико и на који начин кишне падавине утичу на функционисање саобраћајног тока

на дефинисаном подручју истраживања. На основу података добијених са аутоматских бројача саобраћаја (АБС-а) и са метеоролошке станице Ботуње, потребно је анализом података приказати резултате утицаја кишних падавина, на промену брзине саобраћајног тока на ванградском путу.

Истраживање је извршено за 58 неузастопних дана у 2023. години. Истраживање је обухватило 29 парова дана, што предсатвља 29 дана са кишним падавинама и 29 дана са идеалним временским условима, које карактерише сунчано време са сувим коловозом и без падавина. За парове дана су узети исти дани у седмици у оквиру истог месеца, само са различитим временским приликама.

За потребе истраживања преузети су релевантни подаци о брзини у оба смера вожње из базе података Јавног предузећа „Путеви Србије”, са АБС-ова 1181 и 1182. Подаци се односе на брзину кретања сваког појединачног возила и на тренутак преласка преко детектора. Подаци су класификовани на 10 – минутне интервале у данима без падавина и у данима са кишним падавинама, јер се подаци о падавинама на метеоролошким станицама бележе у том интервалу.

Такође, са сајта RWIS (Road Weather Information System) преузети су подаци о временским приликама у посматраним данима са метеоролошке станице Ботуње.

#### 4 РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Подаци су класификовани у 10-минутне интервале (који су касније претворени у часовне) и издвојени су интервали са кишним падавинама који су коришћени у анализи. За издвојене интервале пронађени су одговарајући интервали у данима без падавина који ће бити даље коришћени у анализи.

Истраживање је урађено посебно за сваки смер кретања, али је извршен само графички приказ за оба смера кретања заједно. С тим у вези, на Графику 1 приказана је зависност просечне брзине у периоду са кишним падавинама и у периоду без падавина од протока возила на деоници Баточина – Крагујевац.

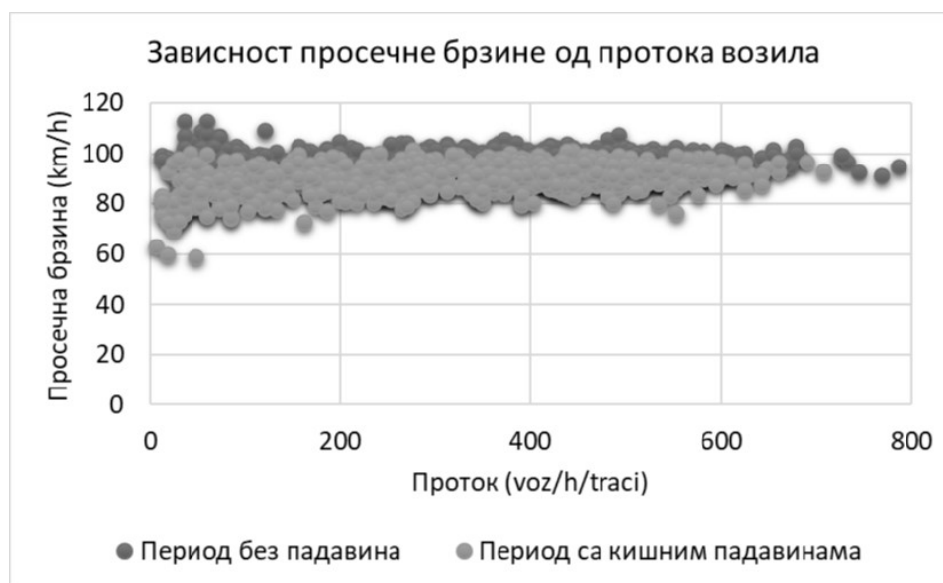


График 1: Зависности просечне брзине од протока возила у оба смера

Анализом обједињених података зависности просечне брзине од протока возила у оба смера, добијени су очекивани резултати који указују да је већа просечна брзина у условима без падавина у односу на период са кишом. Односно, потврђују се претходно добијени резултати по смеровима, који указују на јасну разлику у брзинама кретања возила у условима са кишним падавинама и условима без падавинама. Највеће брзине кретања одговарале су најмањим вредностима протока.

У Табели 1 приказане су вредности просечне брзине кретања, смањење просечне брзине и проценат смањења у периодима без падавина и у периодима са кишним падавинама по смеровима и укупно за оба смера.

Табела 1: Просечне брзине кретања, смањење просечне брзине и проценат смањења

<i>V<sub>pros</sub></i> (km/h)	Период без падавина	Период са кишним падавинама	Δ	%
Смер 1	96	91	5,9	6,08%
Смер 2	97	91	6,1	6,26%
Укупно	97	91	6,0	6,17%

Разлике у брзинама у периоду са и без падавина су приметне. На основу података у претходној табели може се закључити да у условима са кишним падавинама долази до смањења просечне брзине кретања за приближно 6 km/h (6%), у смеру 2 се јавља незнатно веће смањење од 6,26%.

На Графику 2 приказана је дисперзија просечних брзина у периоду са кишним падавинама и у периоду без падавина на деоници Баточина – Крагујевац.



График 2: Дисперзија брзина у периодима са кишним падавинама и без падавина

На основу упоредне анализе, закључак је да се у условима са кишним падавинама значајно смањио проценат возача који возе брзинама у класи 90-100 km/h (смањење за 25,23%), док се са друге стране повећао проценат возача који возе брзинама у класи од 80-90 km/h (повећање за 32,88%).

## 5 ЗАКЉУЧАК

Подаци су дали очекиване резултате. На основу анализираних података и графичких приказа долази се до закључка да је просечна брзина кретања мања током периода са кишним падавинама у односу на период без падавина. Максималне забележене брзине кретања одговарале су минималним вредностима протока. Са повећањем протока долази до смањења просечне брзине кретање возила. Разлике у брзинама у периоду са и без падавина су биле приметне. На основу добијених података може се закључити да у условима са кишним падавинама долази до смањења просечне брзине кретања за приближно 6 km/h, односно 6%.

У наведеној литератури у већини радова смањење брзине у условима са кишним падавинама је између 8 и 18%, вредности добијене у овом раду су приближно 6%, што није у сагласности са наведеном литературом, због тога што је већина иностраних истраживања спроведена на аутопутским деоницама где се возила крећу већим брзинама, па је последично и смањење брзине веће у кишним условима.

На основу упоредне анализе, закључак је да се у условима са кишним падавинама значајно смањио проценат возача који возе брзинама у класи 90-100 km/h (смањење за 25,23%), док се са друге стране повећао проценат возача који возе брзинама у класи од 80-90 km/h (повећање за 32,88%).

Услед недовољне истражености утицаја кишних падавина на брзину у Републици Србији, отварају се многобројне могућности и нова питања која наводе на размишљање о креирању различитих модела којим би се дефинисале зависне променљиве (брзина, проток, капацитет, времена путовања итд.) у функцији временских услова. Такође, било би значајно испитати и утицај интензитета падавина (кише, снега), магле и видљивости на параметре саобраћајног тока. Такође је интересантно испитати да ли у условима са кишним падавинама долази до повећања броја и последница саобраћајних незгода.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] H. Rakha, C. E. Via, R. Hranac, E. Sterzin, and D. Krechmer, "Empirical Studies on Traffic Flow in Inclement Weather Final Report-Phase I Mazen Arafah Senior Research Associate, Center for Sustainable Mobility at the Virginia Tech Transportation Institute," 2007.
- [2] M. Uzunova, R. Velichkova, R. Potarusov, and M. A. Darcherif, "Traffic impact analysis on Paris and suburbs ways using BFSIS model," 2017.
- [3] I. Tsapakis, T. Cheng, and A. Bolbol, "Impact of weather conditions on macroscopic urban travel times," *J Transp Geogr*, vol. 28, pp. 204–211, Apr. 2013, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2012.11.003.
- [4] S. S. Dhaliwal, X. Wu, J. Thai, and X. Jia, "The Effects of Rain on Freeway Traffic in Southern California."
- [5] A. Thi and P. Tran, "Impact of precipitation on transit ridership: A case study of Chicago", doi: 10.13140/RG.2.2.34050.49605.

- [6] E. Chung, O. Ohtani, H. Warita, M. Kuwahara, and H. Morita, "Effect of rain on travel demand and traffic accidents," in IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC, 2005, pp. 1080–1083. doi: 10.1109/ITSC.2005.1520201.
- [7] A. R. Soni and M. K. Chandel, "Impact of rainfall on travel time and fuel usage for Greater Mumbai city," in Transportation Research Procedia, Elsevier B.V., 2020, pp. 2096–2107. doi: 10.1016/j.trpro.2020.08.269.
- [8] T. Takano, H. Morita, P. N. Napaporn, V. Vichiensan, and S. Nakamura, "Statistical analysis of rainfall impacts on urban traffic in Bangkok, Thailand," Hydrological Research Letters, vol. 17, no. 4, pp. 85–91, 2023, doi: 10.3178/hrl.17.85.
- [9] I. LEŠČEŠEN, B. BASARIN, D. PAVIĆ, and M. MESAROŠ, "Extreme Precipitation Analysis in Novi Sad," 2023, pp. 140–147. doi: 10.24193/AWC2023\_14.
- [10] N. Milentijevic, J. Dragojlovic, M. Cimbalevic, D. Ristic, K. Kalkan, and D. Buric, "Analysis of equivalent temperature – case of Kragujevac city," Glasnik Srpskog geografskog drustva, vol. 98, no. 1, pp. 61–77, 2018, doi: 10.2298/gsgd180225003m.
- [11] M. Vidas, V. Tubić, I. Ivanović, and M. Subotić, "One Approach to Quantifying Rainfall Impact on the Traffic Flow of a Specific Freeway Segment," Sustainability (Switzerland), vol. 14, no. 9, May 2022, doi: 10.3390/su14094985.

## SUMMARY

### **Analysis of the impact of rainfall on the speed of the traffic flow on the section Batočina – Kragujevac**

*Abstract: Weather conditions can have a significant impact on traffic flow characteristics and on the safe operation of traffic, whether they are favorable (sunny weather without precipitation) or unfavorable (bad weather with precipitation). Reduced driver perception due to reduced visibility, both the state of the road network and the conditions in the traffic flow, is a consequence of unfavorable weather conditions such as rain, fog and snow. The presence of rainfall often leads to a change in the driver's behavior, which causes a decrease in speed, and consequently in the Service Level, as evidenced by the results of research conducted in the middle of the last century. Bearing the above in mind, this paper aims to examine the impact of rainfall on the change in the speed of the traffic flow, on the section of state road IB order number 24 from Batočina to Kragujevac. The conducted empirical research included the analysis of real vehicle speed data from automatic traffic counters 1181 and 1182, while weather data were taken from the weather station Botunje. By conducting a comparative analysis, the results of the research indicate the existence of sensitivity to changes in the speed of the traffic flow, in ideal weather conditions and in conditions of rainfall. The research results obtained in this way can represent a useful basis in providing a better insight into the behavior and performance of drivers in rainy weather conditions, and can encourage further research into changes in driver behavior in other weather conditions.*

*Key words: weather conditions, rainfall, speed of traffic flow*