

# Identifikacija opasnih mjesta na autocesti A4

---

Šturlić, Josip

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:922534>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

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



Zagreb, 5. travnja 2018.

Zavod: **Zavod za prometno-tehnička vještačenja**  
Predmet: **Prometno tehničke ekspertize i sigurnost**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 4869

Pristupnik: **Josip Šturlić (0135231990)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Identifikacija opasnih mjesta na autocesti A4**

Opis zadatka:

U Diplomskom radu je potrebno opisati geoprometni položaj te analizirati stanje sigurnosti na autocesti A4. Prikazati metode za identifikaciju opasnih mjesta na autocestama te na temelju dostupnih statističkih pokazatelja identificirati opasna mjesta na autocesti A4.

Mentor:



---

doc. dr. sc. Željko Šarić

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Josip Šturlić**

**IDENTIFIKACIJA OPASNIH MJESTA NA AUTOCESTI A4**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, ožujak 2019.**

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

**DIPLOMSKI RAD**

**IDENTIFIKACIJA OPASNIH MJESTA NA AUTOCESTI A4  
IDENTIFICATION OF HAZARDOUS ROAD LOCATIONS ON  
THE A4 HIGHWAY**

Mentor: doc. dr. sc. Željko Šarić

Student: Josip Šturlić,

JMBAG: 0135231990

Zagreb, ožujak 2019.

## IDENTIFIKACIJA OPASNIH MJESTA NA AUTOCESTI A4

### SAŽETAK

Prometna nesreća je događaj na cesti, izazvan kršenjem prometnih propisa, u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula, ili u roku od 30 dana preminula od posljedica te prometne nesreće, ili je izazvana materijalna šteta. Pojam opasnog mjesta označava dijelove ceste na kojima se događa veći broj prometnih nesreća s ljudskim žrtvama i većom materijalnom štetom. Opasna mjesta su dijelovi ceste ili cestovne lokacije na kojima je rizik od prometnih nesreća statistički značajno veći nego na drugim cestovnim lokacijama. Statistika je najrelevantnije polazište prilikom istraživanja cestovne prometne sigurnosti. Identifikacija opasnih mjesta predstavlja značajan aspekt upravljanja prometa na mjestima koja predstavljaju potencijalnu opasnost za sudionike u prometu.

**KLJUČNE RIJEČI:** autocesta A4, prometna nesreće, opasno mjesto, identifikacija opasnih mjesta, statistika, analiza prometnih nesreća

### SUMMARY

Traffic accident is a road accident caused by violation of traffic regulations involving at least one vehicle on the move and at least one person injured or killed, or died within 30 days of the accident or caused material damage. The concept of a hazardous location means part of the road where more traffic accidents occur with human victims and greater material damage. Dangerous places are parts of the road or road where the risk of traffic accidents is statistically significantly higher than in other road locations. Statistics are the most relevant starting point for road safety research. Identification of hazardous sites represents a significant aspect of traffic management at places that pose a potential hazard to traffic participants.

**KEY WORDS:** A4 highway, traffic accident, dangerous places, identification of hazardous sites, statistics, analysis of traffic accidents

## Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. GEOPROMETNI POLOŽAJ AUTOCESTE A4.....	3
3. VRSTE PROMETNIH NESREĆA.....	6
3.1. Nalet na pješaka .....	7
3.1.1. Frontalni nalet .....	8
3.1.2. Bočno okrznuće vozila i pješaka.....	10
3.1.3. Pregaženje pješaka .....	10
3.2. Sudari dvaju ili više vozila.....	11
3.3. Zanošenje vozila.....	12
3.3.1. Preupravljanje.....	13
3.3.2. Podupravljanje.....	14
3.4. Prometne nesreće motocikla s osobnim vozilom .....	15
3.4.1. Potpuni frontalni nalet.....	16
3.4.2. Djelomični frontalni nalet .....	17
3.4.3. Bočno okrznuće.....	18
3.4.4. Bočni nalet.....	19
3.4.5. Klizanje i okrznuće motocikla.....	19
4. ANALIZA STATISTIČKIH PODATAKA O PROMETNIM NESREĆAMA NA AUTOCESTI A4.....	21
4.1. Statistika prometnih nesreća i njihovih posljedica na autocesti A4 za razdoblje od 2015. do 2017. godine .....	22
4.2. Usporedba autoceste A4 sa ostalim autocestama u RH .....	23
5. IDENTIFIKACIJA OPASNIH MJESTA NA AUTOCESTI A4 .....	28
5.1. Definiranje opasnih mjesta u RH .....	29
5.2. Proces identifikacije opasnih mjesta .....	31
5.3. Definiranje opasnih mjesta na autocesti A4.....	35
5.4. Opasna mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s lakše ozlijeđenim osobama .....	36
5.5. Opasna mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s teže ozlijeđenim osobama .....	36
5.6. Opasna mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s poginulim osobama.....	36
5.7. Opasna mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s materijalnom štetom.....	36
5.8. Rangiranje opasnih mjesta .....	37
6. ZAKLJUČAK .....	39
7. LITERATURA.....	41

POPIS SLIKA .....	42
POPIS TABLICA.....	43
POPIS GRAFIKONA .....	44
PRILOZI.....	45

## 1. UVOD

Pojam opasnog mjesta označava dijelove ceste na kojima se događa veći broj prometnih nesreća s ljudskim žrtvama i većom materijalnom štetom. Opasna mjesta su dijelovi ceste ili cestovne lokacije na kojima je rizik od prometnih nesreća statistički značajno veći nego na drugim cestovnim lokacijama.

Određivanje opasnih mjesta prvi je korak koji treba poduzeti da bi se kasnije mogle odrediti i provesti određene mjere za povećanje sigurnosti u prometu. Identifikacija opasnih mjesta predstavlja značajan aspekt upravljanja prometa na mjestima koja predstavljaju potencijalnu opasnost za sudionike u prometu.

Statistika se nameće kao najrelevantnije polazište prilikom istraživanja cestovne prometne sigurnosti te je kroz statističke pokazatelje moguće odrediti opasna mjesta ili opasne dionice koje predstavljaju lokaciju na cesti kojoj se pripisuje visok rizik i vjerojatnost nastanka prometne nesreće u odnosu na razinu rizika u okolnim područjima.

Statistička definicija opasnog mjesta oslanja se na usporedbu zabilježenog i uobičajenog broja prometnih nesreća. Određena lokacija će biti klasificirana kao opasno mjesto ako je zabilježeni broj prometnih nesreća u određenom periodu znatno veći nego uobičajeni broj nesreća.

Definicije na temelju predviđanja obuhvaćaju razne modele predviđanja nastanka prometnih nesreća. Ovakvi modeli zahtijevaju velike količine podataka o karakteristikama lokacija koje se promatraju, te se na temelju očekivanog broja prometnih nesreća pokušavaju identificirati opasna mjesta. Način identifikacije opasnih mjesta određuju kriteriji na temelju kojih će se provesti sama identifikacija. Mogućnost definiranja kriterija ovisit će o dostupnim podacima o prometnim nesrećama. Također, u svrhu funkcioniranja sustava identifikacije opasnih mjesta potrebno je povezati institucije koje prikupljaju podatke da bi se svi podaci nalazili u jednoj bazi i na taj način pojednostavili identifikaciju opasnih mjesta.

Tema diplomskog rada je Identifikacija opasnih mjesta na autocesti A4. Cilj ovog rada je identificirati opasna mjesta na temelju broja prometnih nesreća na ovoj autocesti. Također, cilj je prikazati trenutni stupanj sigurnosti na autocesti A4.

Rad je izložen kroz sljedeća poglavlja:

1. Uvod
2. Geoprometni položaj autoceste A4
3. Vrste prometnih nesreća
4. Analiza statističkih podataka o prometnim nesrećama na autocesti A4
5. Identifikacija opasnih mjesta na autocesti A4
6. Zaključak



U drugom poglavlju navedena je opća definicija autocesta te uvjeti za pravilno korištenje autocesta. Ukratko je opisan i prikazan geoprometni položaj autoceste A4 na teritoriju Republike Hrvatske kao i osnovni podaci o ovoj autocesti.

U trećem poglavlju navedena je definicija prometne nesreće te su opisane vrste prometnih nesreća i svaka od njih je posebno grafički prikazana.

U četvrtom poglavlju će se temeljem analize statističkih podataka o prometnim nesrećama dati detaljan uvid u stanje sigurnosti na autocesti A4. Naveden uvid u stupanj sigurnosti na promatranoj autocesti obraditi će se prema statističkim podacima dobivenim od strane Ministarstva unutarnjih poslova te Hrvatskih autocesta d.o.o.

U petom poglavlju prikazan je postupak identifikacije opasnih mjesta i rangiranje identificiranih potencijalnih opasnih mjesta.

## 2. GEOPROMETNI POLOŽAJ AUTOCESTE A4

Autocesta je najviša klasa javnih cesta koja je namijenjena sigurnom prometovanju vozila velikim brzinama. Autocesta se prema hrvatskom zakonu definira kao javna cesta posebno izgrađena i namijenjena isključivo za promet motornih vozila, koja ima dvije fizički odvojene kolničke trake (zeleni pojas, zaštitnu ogradu i sl.) za promet iz suprotnih smjerova sa po najmanje dvije prometne trake širine najmanje 3,5 m, a s obzirom na konfiguraciju terena - i po jednu traku za zaustavljanje vozila u nuždi širine najmanje 2,5 m, bez raskrižja s poprečnim cestama i željezničkim ili tramvajskim prugama u istoj razini, u čiji se promet može uključiti, odnosno isključiti samo određenim i posebno izgrađenim priključnim prometnim trakama za ubrzavanje ili usporavanje, odnosno priključnim rampama, kojom je omogućen siguran prometni tok vozila brzinom od najmanje 80 km/h i koja je kao autocesta označena propisanim prometnim znakom. [1]

Uvjeti za korištenje autoceste odnosno opća pravila na koja pristaju svi korisnici svojim ulaskom na autocestu su: [2]

1. Autoceste su namijenjene samo za promet motornih vozila i ponašanje sudionika u prometu mora biti sukladno zakonu o sigurnosti prometa na cestama, pa se njihove ne smiju kretati pješaci, zaprežna vozila, bicikli i životinje, pomoćna pješačka sredstva, kao ni vozila koja ne mogu razviti brzinu kretanja veću od 60 km/h.
2. Na autocesti vozač se ne smije kretati vozilom brzinom većom od 130 km/h, odnosno brzinom koja je određena postavljenim prometnim znakovima.
3. Na autocesti vozač ne smije zaustavljati ni parkirati vozilo, osim na površinama izvan kolnika koje su za to posebno uređene i obilježene.
4. Vozač koji je zbog neispravnosti na vozilu ili iz nekih drugih razloga prisiljen zaustaviti vozilo na kolniku autoceste, dužan ga je zaustaviti na posebnoj traci za zaustavljanje vozila u nuždi i poduzeti potrebne mjere da vozilo što prije ukloni s kolnika.
5. U slučaju kvara na vozilu vozač je dužan odmah ukloniti vozilo sa autoceste radi sigurnosti ostalih sudionika u prometu.
6. U slučaju da vozač zbog kvara na vozilu ne može ukloniti vozilo sa autoceste, koncesionar će odmah izdati pisani nalog o uklanjanju vozila s autoceste, ugovorenim izvršiteljem o trošku vlasnika vozila, a sukladno člancima 35.79.180. i čl. 45. stavak 4 Zakona o sigurnosti prometa na cestama (NN 84/11), a dok se vozilo ne ukloni, ophodar će obilježiti zaustavljeno vozilo.
7. Na autocesti vozač ne smije polukružno okretati vozilo niti se kretati vozilom unatrag, osim na površinama izvan kolnika koje su za to posebno uređene.
8. Na autocestu se ne smije uključiti motorno vozilo koje vuče drugo vozilo, a koje se zbog neispravnosti ili nedostatka pojedinih dijelova ne može samo kretati.
9. Autocestom se vozila moraju kretati krajnjom desnom prometnom trakom ako nije zakrčena vozilima u koloni, a vozač smije mijenjati prometnu traku zbog bržeg kretanja samo prelaženjem vozilom u lijevu prometnu traku.

10. Na autocesti vozač ne smije vozilom prelaziti iz trake u traku (slalom vožnja), pretjecati zaustavnim trakom, kretati se na način da ne drži potreban razmak, požurivati vozila ispred sebe ili na drugi način davanjem svjetlosnih i zvučnih znakova niti izvoditi bilo koju drugu radnju kojom ugrožava ili dovodi u opasnost druge sudionike u prometu.
11. Na autocesti s tri prometne trake ili više prometnih traka namijenjenih za promet vozila u jednom smjeru, vozači teretnih automobila čija je najveća dopuštena masa 25 veća od 3.500 kg i skupova vozila čija duljina premašuje 7 m, smiju koristiti samo dvije prometne trake koje se nalaze uz desni rub kolnika.
12. Vozač koji se vozilom uključuje u promet na autocesti, dužan je koristiti se posebnom trakom za ubrzavanje, uz prethodnu provjeru da to može učiniti bez opasnosti za druge sudionike u prometu, vodeći računa o položaju vozila te o smjeru i brzini kretanja.
13. Vozač koji se vozilom isključuje iz prometa na autocesti dužan je svojim vozilom pravodobno zauzeti položaj na krajnjoj desnoj prometnoj traci i što prije prijeći na posebnu traku za usporavanje.
14. Izvanredni prijevoz može se obaviti samo na temelju dozvole (suglasnosti) za izvanredni prijevoz, ako stanje na autocesti to dozvoljava. Dozvola (suglasnost), za izvanredni prijevoz može se izdati samo za prijevoz nedjeljivog tereta, ako se ovaj prijevoz ne može obaviti drugim prijevoznim sredstvima. Uvjeti i način na koji se izvanredni prijevoz može obaviti, određuje se u suglasnosti za izvanredni prijevoz.

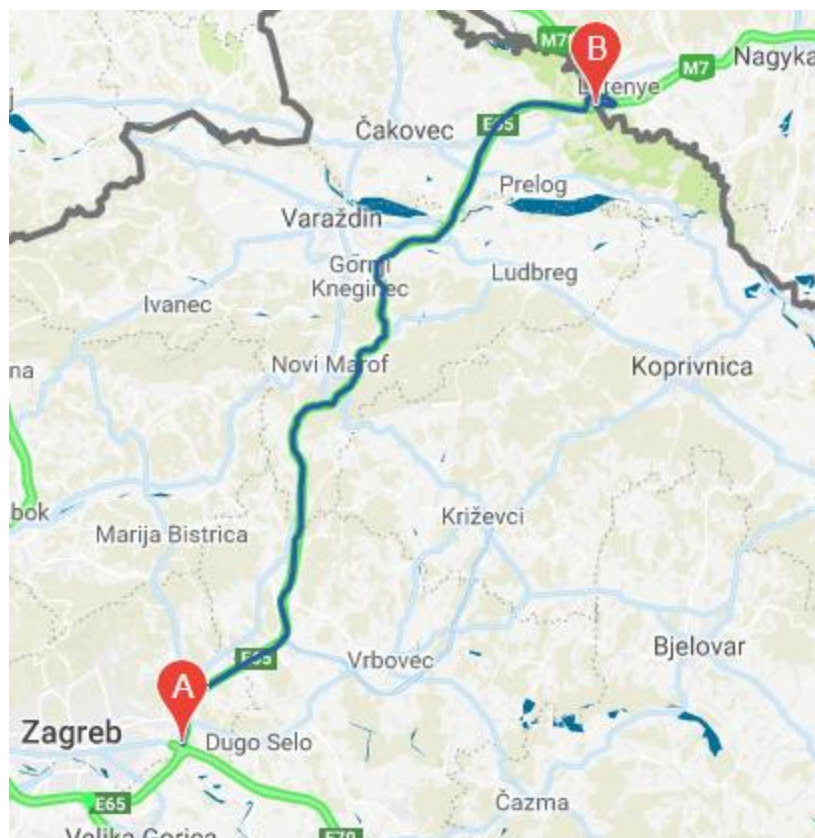
Autoceste u Hrvatskoj čine mrežu autocesta koje imaju funkciju povezivanja Republike Hrvatske u europski prometni sustav, ostvarivanja kontinuiteta E-ceste, prometnog povezivanja regija Republike Hrvatske te omogućavanja tranzitnog prometa. [2]

Autocesta A4 je četvrta autocesta po dužini u Republici Hrvatskoj. Ukupna dužina punog profila autoceste A4 iznosi 97 km.

Izgradnja ove autoceste započela je 1997. godine, dok je puni profil dovršen 2008. godine. Autocestom A4 upravlja tvrtka Hrvatske autoceste d.o.o. Vodi od Goričana na mađarskoj granici prema Zagrebu. Međunarodna oznaka autoceste A4 je E65 (europska autocesta 65).

Autocesta A4 smještena je u sjevernom dijelu Republike Hrvatske te povezuje Grad Zagreb, Zagrebačku županiju, Varaždinsku županiju, Međimursku županiju te nastavlja dalje do granice sa Republikom Mađarskom.

Na ovoj autocesti nalaze se 12 čvorova (Goričan, Čakovec, Ludbreg, Varaždin, Varaždinske toplice, Novi Marof, Breznički Hum, Komin, Sveta Helena, Popovec, Kraljevečki Novaki i Ivanja Reka), četiri mostova, tri odmorišta (Varaždin, Ljubešćica i Sesvete), devet vijadukta te dva tunela.



Slika 1. Položaj autoceste A4 na teritoriju Republike Hrvatske

Izvor: [3]

Grad Zagreb prema popisu stanovništva iz 2011. godine ima 790.017 stanovnika, dok sa okolicom taj broj raste na više od milijun stanovnika. Stoga je vidljivo da grad Zagreb generira velik broj putovanja s obzirom na broj stanovnika u samom gradu i u okolini, te se tu očituje velik značaj autoceste A4 za područje sjeverne hrvatske i povezivanja sa Republikom Mađarskom. Također, navedena autocesta prolazi uz Varaždin i Čakovec kao veće gradove na području svoje trase.

Autocesta A4 je vrlo važna za stanovnike sjeverne Hrvatske i kao takva predstavlja prometnicu koja potiče lokalni i regionalni razvoj.

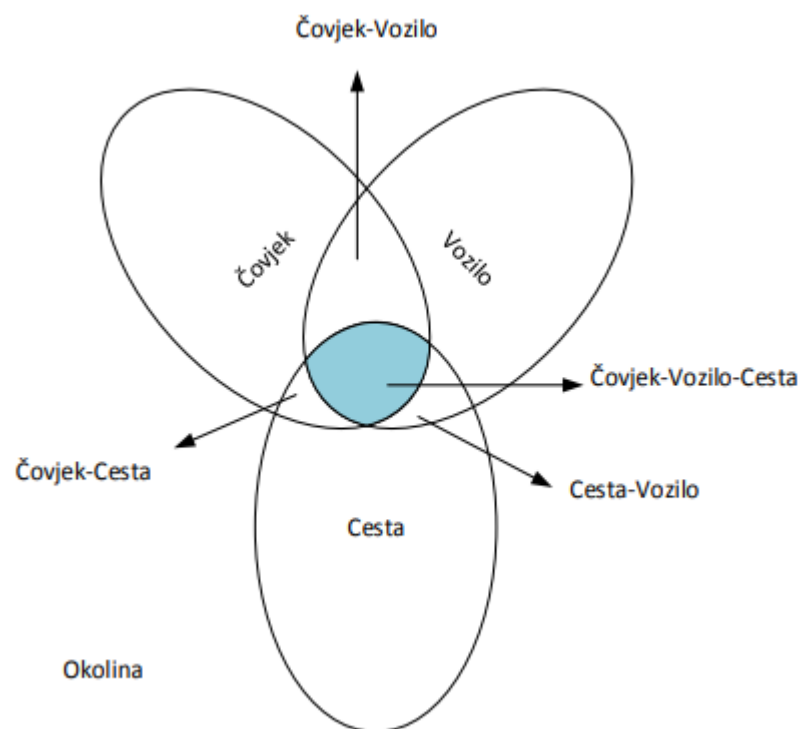
Ova autocesta je dio Paneuropskog cestovnog koridora Vb. Paneuropski cestovni koridor V spaja istočnu i zapadnu Europu te ima ukupnu dužinu od oko 1600 km.

### 3. VRSTE PROMETNIH NESREĆA

Prometna nesreća je događaj na cesti, izazvan kršenjem prometnih propisa, u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula, ili u roku od 30 dana preminula od posljedica te prometne nesreće, ili je izazvana materijalna šteta. Nije prometna nesreća kada je radno vozilo, radni stroj, motokultivator, traktor ili zaprežno vozilo, krećući se po nerazvrstanoj cesti ili pri obavljanju radova u pokretu, sletjelo s nerazvrstane ceste ili se prevrnuo ili udarilo u neku prirodnu prepreku, a pritom ne sudjeluje drugo vozilo ili pješak i kada tim događajem drugoj osobi nije prouzročena šteta. [5]

Promet je vrlo složena pojava pri kojoj dolazi do mnogih konfliktnih situacija. Opasnost od prometnih nesreća koje nastaju pri kretanju vozila i pješaka. Na opasnost od nastanka prometnih nesreća utječu sljedeći čimbenici: [4]

- čovjek
- vozilo
- cesta
- ostalo



Slika 2. Vennov dijagram – međudjelovanje čimbenika cestovnog prometnog sustava

Izvor: [15]

Vennov dijagram prikazuje međuovisnost podsustava čovjek – vozilo – cesta.

Čimbenici čovjek, vozilo, cesta su sami po sebi razumljivi. Čimbenik promet na cesti podrazumijeva utjecaj npr. pravila kretanja prometa na cestama, upravljanje i kontrola prometa

itd. Incidentni čimbenik se pojavljuje neočekivano i nesistematski, a može znatno utjecati na prometnu nesreću: ulje i blato na cesti, kamenje na cesti itd. [4]

Postoje više podjela prometnih nesreća, neke od osnovnih podjela su: [4]

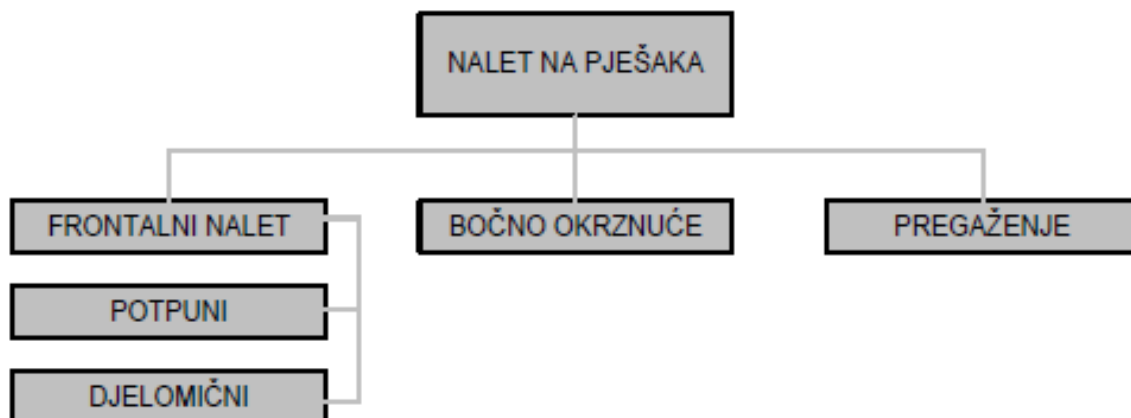
- obzirom na uzroke i greške prometne nesreće dijele se na:
  - prometne nesreće prilikom uključivanja vozilom u promet
  - prometne nesreće kod kojih se postavlja pitanje strane kretanja sudionika
  - nalet na parkirana ili zaustavljena vozila
  - nalet na biciklistu
  - prometne nesreće kod kojih se jedan sudionik kretao lijevom stranom kolnika
  - skretanje na lijevu stranu kolnika bez stvarnih potreba (alkoholiziranost vozača, bolest, srčani udar, gubitak svijesti uslijed anemije, toplotnog udara, utjecaja lijekova, trudovi kod trudnica itd.)
  - razmak pri kretanju
  
- prema nastalim posljedicama prometne nesreće možemo podijeliti na:
  - prometne nesreće sa teže ozlijeđenim ili poginulim osobama
  - prometne nesreće sa lakše ozlijeđenim osobama
  - prometne nesreće u kojima je nastala manja materijalna šteta
  - prometne nesreće sa imovinsko - materijalnom štetom velikih razmjera

Općenito, prometne nesreće prema vrstama dijele se: [4]

1. Nalet na pješaka
2. Nalet na biciklistu
3. Nalet na mirujuće vozilo
4. Nalet na zaprežno vozilo
5. Sudar dvaju ili više vozila
6. Zanošenje vozila
7. Nalet vozila na nepokretnu prepreku
8. Nalet na životinju

### 3.1. Nalet na pješaka

Nalet na pješaka je takva vrsta prometne nesreće kod koje je tijelo pješaka dođe u kontakt s vozilom koje je u pokretu. Nalet vozila na pješaka može se podijeliti na frontalni nalet, bočno okružnuće i pregaženje.



Slika 3. Vrste naleta vozila na pješaka

Izvor: [4]

### 3.1.1. Frontalni nalet

Kao što je prikazano na slici 3., frontalni nalet dijeli se na potpuni frontalni nalet i djelomični frontalni nalet.

Potpuni frontalni nalet sastoji se od tri faze, gdje prvu fazu čini udar te nošenje pješaka vozilom, druga faza podrazumijeva odvajanje tijela pješaka i let zrakom dok treću i posljednju fazu karakterizira klizanje pješaka po podlozi sve do trenutka zaustavljanja zbog djelovanja sile trenja. Ukoliko je vozilo kočeno ili nekočeno tijelo pješaka se nakon prvog kontakta nabacuje na vozilo, s time da je jedina razlika između kočenog i nekočenog vozila to što kod nekočenog vozila tijelo ostaje na vozilu sve dok vozilo ne započne s kočenjem i tek tada tijelo se odvaja od vozila. Što se tiče daljine odbačaja tijela pješaka, odbačaj tijela je veći u slučaju kada imamo nekočeno vozilo zato što se tijelo pješaka nalazi na vozilu.

Djelomični frontalni nalet karakteriziraju oštećenja samo na krajnjem lijevom ili krajnjem desnom dijelu vozila, ovisno kojom stranom je vozilo došlo u kontakt s pješakom.

Kod ulaznog naleta, pješak dolazi do vozila sa strane i bude zahvaćen prednjim dijelom vozila, u pravilu odnosno najčešće, samo u nogu koja je u iskoraku. Nakon ovog primarnog kontakta slijedi rotiranje tijela pješaka oko njegove uzdužne osi uz bok vozila, pri čemu nastaju oštećenja na bočnoj strani vozila i u predjelu prednjeg blatobrana. Tijelo pješaka, naime, nakon primarnog kontakta dobiva od vozila takozvanu obodnu brzinu rotacije koja može biti gotovo jednaka naletnoj brzini pa se uslijed toga udarno utiskuje u bok vozila na mjestima gdje će se kasnije naći oštećenja. [4]

Kod djelomičnog frontalnog naleta u pravcu, kinematika naleta vrlo je slična onoj kod djelomičnog ulaznog naleta. Osobitost djelomičnog frontalnog naleta u pravcu je u tome što u ovakvim slučajevima može doći i do djelomičnog nabacivanja tijela pješaka na vozilo, a to će se prepoznati po tragovima i oštećenjima koja se nalaze duž gornje strane prednjeg blatobrana vozila. Djelomični frontalni nalet pokazuje, kao što je navedeno, niz osobitosti i prijelaznih

stanja prema potpunom frontalnom naletu pa analiza ovakvih vrsta naleta na pješaka zahtijeva veliku stručnost i nemalo iskustvo, što se posebno odnosi na prometne vještake. [4]

Na kinematiku naleta vozila na pješaka utječu: [4]

- način i brzina kretanja vozila
- način i brzina kretanja pješaka
- oblik vozila i dijelova vozila s kojima je tijelo pješaka u kontaktu

Nalet vozila na pješaka, općenito govoreći, može se podijeliti u tri faze i to: [4]

1. faza kontakta tijela pješaka sa vozilom
2. faza leta odbačenog tijela pješaka
3. faza klizanja odbačenog tijela pješaka po podlozi kolnika

Navedene tri faze gibanja tijela pješaka definiraju daljinu odbačaja pješaka ( $S_{od}$ ). Naime, daljina odbačaja pješaka ( $S_{od}$ ) je horizontalna udaljenost između položaja mjesta naleta vozila na pješaka i konačnog položaja težišta odbačenog tijela pješaka. Kretanje pješaka tijekom procesa naleta i odbačaja složena je pojava koja ovisi o nizu čimbenika i to: [4]

- obliku profila prednjeg dijela vozila
- dimenzijama vozila
- masi i brzini vozila u trenutku naleta na pješaka
- svojstvima čvrstoće strukture dijela vozila kojim je udaren pješak
- položaju tijela pješaka u odnosu na širinu frontalnog dijela vozila
- pravcu, smjeru i brzini kretanja pješaka u samom trenutku naleta
- visini, težini i položaju težišta tijela pješaka
- karakteristikama podloge na koju je nakon naleta odbačeno tijelo pješaka

Opisani čimbenici, definiraju u stvari položaj, veličinu i način djelovanja rezultirajuće sudarne sile ( $F_{su}$ ). Vidljivo je da će rezultirajuća sudarna sila ( $F_{su}$ ), čiji položaj prvenstveno ovisi o obliku profila prednjeg dijela vozila, različito djelovati na tijelo odrasle osobe i djeteta i to zbog razlike u visini položaja težišta tijela odrasle osobe i djeteta. Naime, danas u eksploataciji susreće se vrlo veliki broj različitih oblika profila prednjeg dijela vozila. Međutim, sve te varijante mogu se, uglavnom grupirati u tri osnovna oblika, i to: [4]

- klinasti oblik
- pontonski oblik
- sandučasti oblik

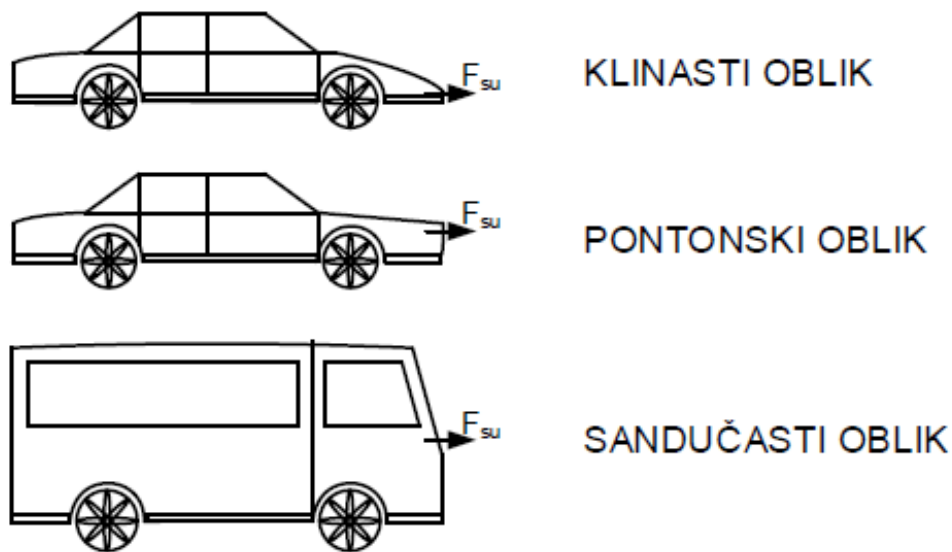
Vozilo koje ima klinasti oblik profila karakterizira se po niskom i oštrom profilu prednjeg dijela vozila. Ovakav oblik karakterističan je za sportske tipove vozila.

Pontonski oblik profila prednjeg dijela vozila karakterističan je za većinu današnjih osobnih vozila.

Sandučasti oblik profila prednjeg dijela vozila imaju kombi vozila, autobusi, teretna vozila te druga vozila sličnog oblika. Vrijedi spomenuti da u slučaju naleta vozila sandučastog



oblika na pješaka udarna sila djeluje jednakim intenzitetom na cijelo tijelo pješaka te uslijed toga tijelo pješaka dobiva u trenutku udara brzinu vozila.



Slika 4. Oblici prednjeg dijela vozila

Izvor: [4]

### 3.1.2. Bočno okrznuće vozila i pješaka

Bočno okrznuće vozila i pješaka je vrsta prometne nesreće kod koje tijelo pješaka dolazi u kontakt isključivo s bočnom stranom vozila. Kod ovakvih vrsta prometne nesreće prednji kraj vozila u trenutku kontakta između vozila i tijela pješaka već prođe pored njega, stoga na prednjem dijelu vozila nema oštećenja. Do bočnog okrznuća vozila i pješaka može doći kada se pješak kreće u smjeru vozila i nakon što je prednji kraj vozila prošao pored njega dolazi do kontakta. Također, do bočnog okrznuća može doći i kada se pješak kreće paralelno istim smjerom kretanja vozila ili dolazi u susret vozilu paralelno sa smjerom kretanja vozila. Do bočnog okrznuća može doći i kada pješak stoji.

### 3.1.3. Pregaženje pješaka

Pregaženje pješaka je vrsta prometne nesreće kod koje vozilo prelazi iznad ili preko tijela pješaka koje leži na kolniku. [4]

Razlikujemo dvije vrste pregaženja pješaka, jednostavno pregaženje i složeno pregaženje. Jednostavno pregaženje događa se kada je pješak već na kolniku u ležećem položaju i bude pregažen od nadolazećeg vozila. Složeno pregaženje događa se onda kada pješaka najprije udari vozilo te nakon toga pješak bude pregažen istim ili drugim vozilom.

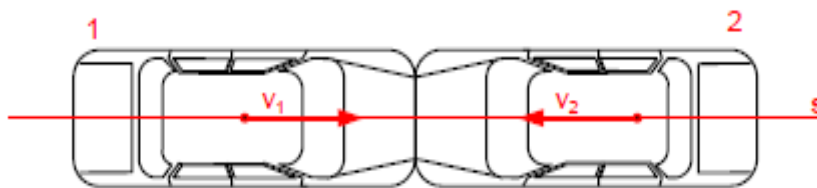
### 3.2. Sudari dvaju ili više vozila

Sudar dvaju ili više vozila klasificira se na: [4]

- frontalni sudar
- bočni sudar
- udar straga
- prevrtanje

Kod frontalnog sudara u kontaktu su prednji dijelovi vozila. Razlikujemo potpuni frontalni sudar u kojem cijela prednja strana vozila čini udarnu frontu i djelomični frontalni sudar čija udarna fronta zahvaća samo dio prednje strane vozila. U ovoj vrsti sudara udarni pravac je paralelan sa smjerovima brzine vozila do sudara pa se ovakav sudar zove i direktan sudar.

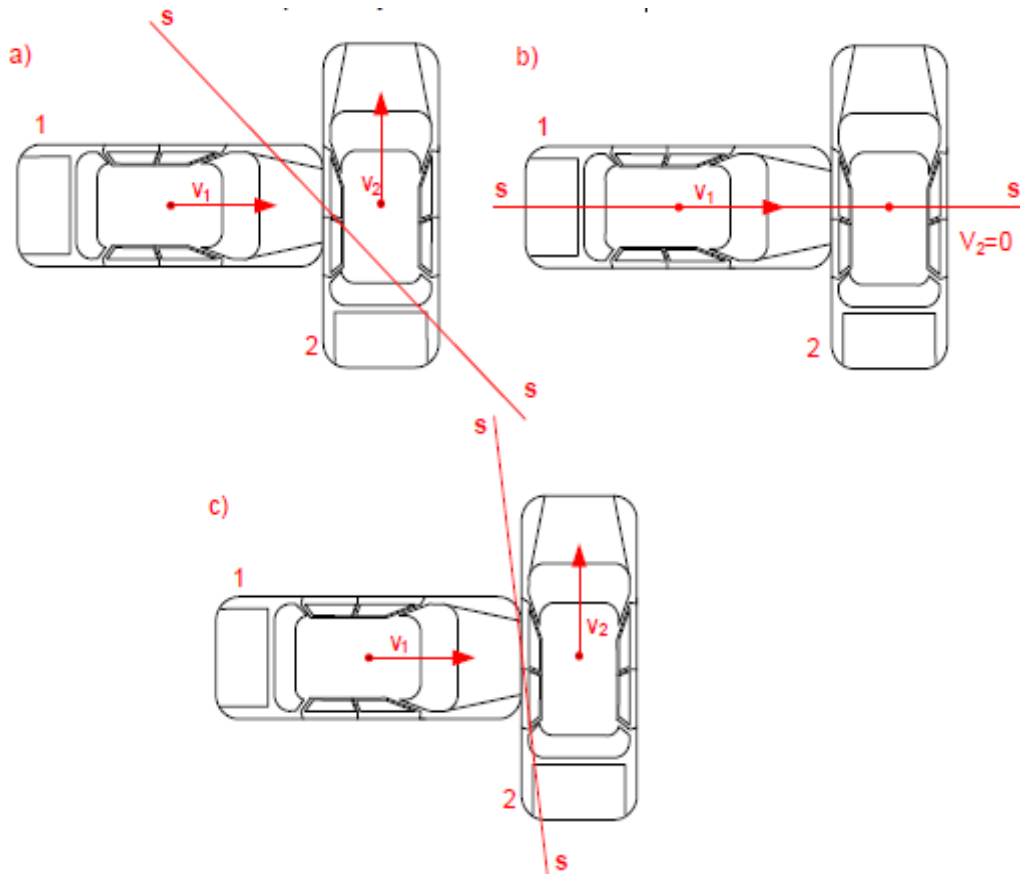
Udarni pravac je pravac položen kroz točku kontakta vozila u trenutku sudara, paralelan sa smjerom relativne brzine težišta. Udarni pravac je ujedno i pravac na kojem djeluje udarni impuls. Udarni pravac pri sudaru vozila ne ovisi o smjerovima kretanja vozila nego o iznosu njihovih brzina kretanja. Ukoliko udarni pravac prolazi kroz težišta vozila, takav sudar zovemo centralni sudar. [4]



Slika 5. Centralni sudar

Izvor: [4]

Kod bočnog sudara područje udara nalazi se na boku jednog od vozila. Na slici a) prikazan je bočni udar pod kutom od  $90^\circ$ , ali je udarni pravac položen pod različitim kutovima ovisno o iznosu brzine kretanja vozila. Kada vozila do sudara imaju istu brzinu kretanja vozila i sudare se pod pravim kutom, udarni pravac prolazi kroz točku njihova dodira i zatvara kut od  $45^\circ$ . U slučaju sudara vozila pod pravim kutom sa zaustavljenim vozilom b), udarni pravac prolazi težištem i strogo se poklapa sa uzdužnom osi vozila. Kod različitih brzina vozila, udarni pravac položen je pod manjim kutom u odnosu prema uzdužnoj osi onog od vozila koje je prije sudara imalo veću brzinu. Na slici c), prikazan je bočni sudar vozila koja su se prije sudara kretala različitim brzinama. Prije sudara vozilo 2, kretalo se većom brzinom od vozila 1, u tom slučaju udarni pravac ne prolazi težištem vozila 1, nego udarnom točkom ukošen pod manjim kutom u odnosu na uzdužnu os vozila 2. [4]



Slika 6. Položaj udarnog pravca kod bočnih sudara

Izvor: [4]

Udar straga predstavlja sudar vozila pri kojem se područje kontakt nalazi na stražnjoj strani jednog od vozila. [4]

Prevrtnanje je sudar vozila pri kojem dolazi do rotacije s obzirom na uzdužnu ili poprečnu os. Također, prevrtanje koje je posljedica sudara (naleta) vozila na nepokretnu prepreku klasificira se kao frontalni sudar. [4]

### 3.3. Zanošenje vozila

Fizikalno, zanošenje je zaokretanje vozila oko okomite osi. Što je brža rotacija, snažnije je i zanošenje te je veći rizik da dođe do prometne nesreće.

Trag zanošenja, po pravilu, ostaje na tvrdim podlogama kao otisnut trag gume (suvremeni kolnici sa izuzetkom asfalta koji u ljetnim mjesecima uslijed toplote omekša), a na mekanom kolniku (vlažan makadam, zemlja) kao utisnuti. Karakteristika ovog traga je da se ne proteže pravolinijski sa tokom kolnika, već da vidno ukazuje na promjenu smjera kretanja u obliku luka, s tim što na početku luka počinju da se umjesto dva traga uočavaju četiri (svaki

kotač ostavlja svoj trag). Prvo se izdvajaju tragovi prednjih kotača, a za njima i tragovi zadnjih kotača.

Nekontrolirana vožnja pri zakrivljenom kretanju poznaje se po jednolikom razmaku pojedinih tragova guma.

Jedan od vrlo značajnih elemenata stabilnosti kretanja vozila je čovjek, odnosno vozač koji svojim načinom upravljanja, tj. zaokretanjem upravljača, kočenjem, dodavanjem ili oduzimanjem snage motora može povećati ali isto tako i znatno smanjiti stabilnost kretanja vozila.

U praksi, destabilizacija odnosno zanošenje vozila najčešće nastupa upravo kod promjene brzine kretanja vozila, promjene veličine radijusa zakretanja vozila kao i kod promjene brzine zakretanja upravljača.

Ako vozač prilikom pravocrtnog kretanja u jednom trenutku iz bilo kojeg razloga zaokrene upravljač u bilo kojem smjeru, takvim svojim postupkom će uzrokovati pojavu vrlo velikih bočnih osovinskih opterećenja, takva opterećenja onda mogu posebno u slučajevima smanjenih uvjeta prijanjanja između pneumatika kotača i podloge uzrokovati destabilizaciju i zanošenje vozila. [5]

Trag može nastati uslijed neprilagođene brzine uvjetima na cesti, zatim uslijed oštih pokreta izmicanja, prenoglog kočenja pri velikim brzinama, često praćenog zaokretima upravljača ili naglog kočenja pri većim brzinama u zavojima. Uz sve navedeno praksa bilježi i druge slučajeve u kojima je moguća pojava tragova zanošenja: [5]

- razlike u kolničkim zastorima na jednoj polovici kolnika (kombinacija hladnog i topljenog asfalta i sl.)
- nejednako regulirane kočnice na kotačima desne i lijeve strane vozila
- nejednak pritisak zraka u kotačima jedne osovine
- nejednake šare guma lijeve i desne strane
- bočni pad kolnika u zavoju sa suprotnim nagibom (čest slučaj pri postavljanju suvremenih kolnika na starim putovima)
- eksplozija gume u toku vožnje (vozilo se zanosi u onu stranu na kojoj je došlo do oštećenja gume)

### 3.3.1. Preupravljanje

Preupravljanje je stanje u kojem stražnji kraj vozila nije pod kontrolom. Ovakvo stanje vozila nije česta pojava, daleko češća je pojava podupravljanja. Preupravljanje je karakteristično za vozila sa pogonom na stražnjim kotačima.

Kod pogona na stražnje kotače uglavnom se ima stabilnije i bolje izbalansirano vozilo. Prijanjanje i sile koje sudjeluju kod prijanjanja (adhezijske sile) su raspoređene između prednjih i stražnjih kotača. Prednji kotači koriste sile prijanjanja za upravljanje, dok stražnji kotači koriste za pogon (ubrzanje).

Preupravljanje je pojava kod koje je kut bočnog klizanja stražnjih kotača veći od kuta bočnog klizanja prednjih kotača, tendencija kretanja zavojem manjim polumjerom i preupravljanje je nestabilno stanje.

Preupravljanje je rezultat postizanja maksimalnih sila prijanjanja (trenje/adhezijske sile između pneumatika i podloge) koje mogu ostvariti stražnji pneumatici.

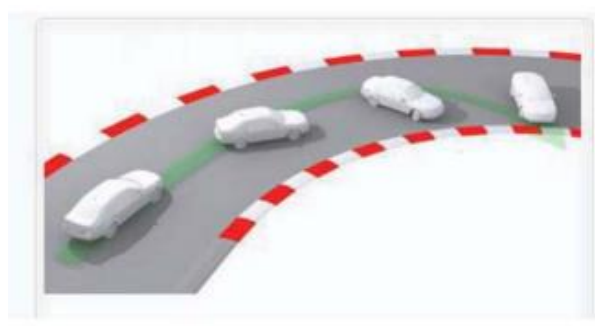
Postoji mnogo uzroka preupravljanja vozila. Možemo ih podijeliti na aktivne (nastaju upravljanjem) i pasivne (postoje kao rezultat određenih svojstava vozila) uzroke. [6]

Aktivni uzorci preupravljanja su: [6]

- promjena težišta vozila (prebrz ulazak u zavoj)
- doziranje gasa (nagla ubrzanja u zavoju, prerano ili agresivno doziranje gasa – odnosi se uglavnom na vozila sa stražnjim pogonskim kotačima)
- kočenje (unutar ili tijekom savladavanja zavoja)
- upravljanje (pogrešni pokreti upravljačem)
- prestanak doziranja gasa u zavoju

Pasivni uzroci preupravljanja su: [6]

- raspodjela težine (bilo kakav oblik neravnoteže vozila)
- ovjes i šasija vozila
- tip, materijal i tlak pneumatika
- postavke motora/vozila



Slika 7. Preupravljanje

Izvor: [6]

### 3.3.2. Podupravljanje

Podupravljanje, za razliku od preupravljanja, rezultira proklizavanjem prednjih kotača automobila. Prilikom podupravljanja vozilom potreban je širi luk kako bi se savladao zavoj, a postoji i velika opasnost od izletavanja iz zavoja. Ipak, podupravljanje se smatra stabilnim stanjem vozila, za razliku od zanošenja stražnjeg dijela vozila.

Podupravljanje je pojava kod koje je kut bočnog klizanja prednjih kotača veći od kuta bočnog klizanja stražnjih kotača, tendencija kretanja zavojem većim polumjerom i podupravljanje je (uz neutralno stanje) stabilno stanje.

Najčešći uzroci podupravljanja su ubrzanje ili kočenje unutar zavoja, prebrz ulazak u zavoj, te lošiji uvjeti prijanjanja (mokar, zaleđen i općenito sklizak kolnik).

Slično kao i kod preupravljanja, i kod podupravljanja vozilom postoje aktivni i pasivni uzroci podupravljanja. Aktivni uzroci su rezultat upravljanja vozilom, dok su pasivni rezultat svojstava i konfiguracije vozila.

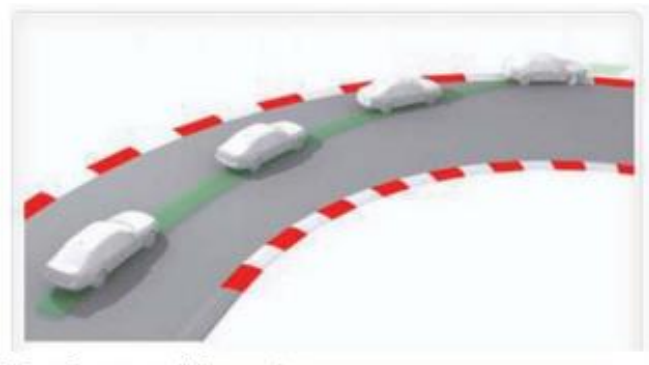
Aktivni uzroci podupravljanja su: [6]

- ubrzanje i kočenje u zavoju
- nagli pokreti upravljačem
- promjena težišta automobila
- brzina ulaska u zavoj

Pasivni uzroci podupravljanja: [6]

- vrsta i tlak pneumatika
- raspodjela težine vozila (neravnoteža)
- postavke ovjesa
- postavke vozila

Prilikom podupravljanja vozila javlja se osjećaj kao da je upravljač vozila lakši, a zatim vjerojatno slijedi škripanje prednjih pneumatika. Vozilo hvata putanju prema vanjskoj (suprotnoj) strani zavoja. [6]



Slika 8. Podupravljanje

Izvor: [6]

#### 3.4. Prometne nesreće motocikla s osobnim vozilom

U tehničkoj praksi se automobili, bez obzira na to jesu li osobna ili teretna vozila, općenito nazivaju kao vozila s dva traga, dok se bicikli, bicikli s motorom, mopedi i motocikli označavaju kao vozila s jednim tragom.

Rješavanje problema sudara između ovih dviju kategorija vozila provodi se jednako kao i za opći slučaj sudara dvaju automobila. I ovdje su oštećenja vozila polazište analize. Na osnovi oštećenja vozila utvrđuje se prvo relativni sudareni položaj između vozila.

Omjer sudarnih masa je, s vozačem i opterećenim putničkim automobilom u pokretu, u rasponima 1:5 do 1:15 pa i više. U procesu sudara ili naleta motocikla na putnički automobil znakovito je da se tijelo vozača i motocikl nakon prvog dodira odvajaju i započinju kretanja neovisno jedno o drugom. Kod sudara motocikala, postoje sljedeće prometne situacije: [4]

- nalet ostalih vozila na motocikliste
- nalet motociklista na ostala vozila
- nalet ili proces sudara među samim motociklistima
- nalet motocikla na pješaka

Vozač motocikla i motocikl do prvog dodira s motornim vozilom čine cjelinu, neposredno nakon sudara potrebno je analizirati tri neovisna čimbenika: [4]

- motorno vozilo
- motocikl
- vozač

Od ovih triju elemenata sudara, vozač – čovjek je najugroženiji, s najnezaštićenijim vitalnim dijelovima tijela. U tim sudarima, na motornom vozilu nastaju obično i dvije vrste oštećenja, koje treba dobro razlikovati pri proučavanju u analizi prometnih nesreća. Jedna oštećenja nastaju od tijela pješaka, a druga od motocikla. Na motociklu će se, u pravilu, naći oštećenja što potječu od dodira s motornim vozilom i ona što nastaju tijekom klizanja motocikla po podlozi.

Oblici naletnog položaja motornog vozila na motocikl su: [4]

- potpuni frontalni nalet
- djelomični frontalni nalet
- bočno okrznuće
- bočni nalet

#### 3.4.1. Potpuni frontalni nalet

Prisutan je uvijek kada se u trenutku sudara nalazi ispred prednjeg dijela vozila gotovo čitavo vozilo na dva kotača. Pri tome se vozila mogu kretati u istom ili u suprotnom smjeru pa se stoga potpuni frontalni nalet motocikla na osobno vozilo može podijeliti na: [4]

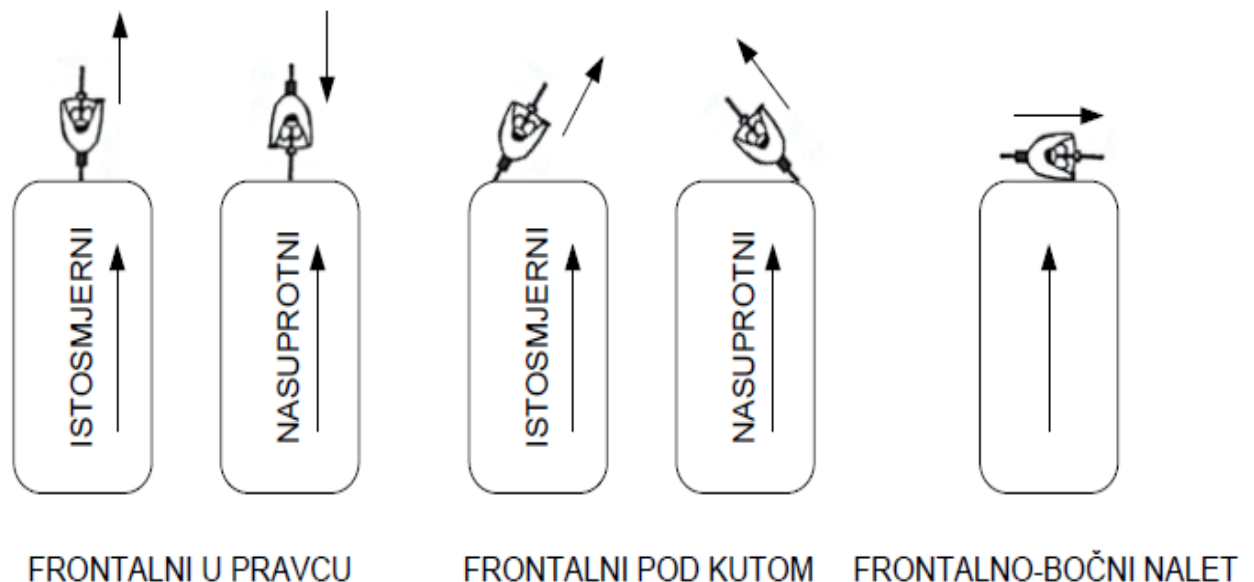
- nalet u pravcu (istosmjerni, protusmjerni)
- nalet od kutom (istosmjerni, protusmjerni)
- bočni nalet

Ako je na motociklu suvozač tada je situacija još teža. Kod potpunog frontalnog naleta u pravcu, motorno vozilo uvijek prvo udara bicikl. Pritom se oba vozila mogu kretati u istom ili suprotnom smjeru. Pri kretanju u istom smjeru, prvi udar automobila uslijedi u stražnji dio motocikla, te je sudarna brzina jednaka razlici brzina sudionika sudara.

Pri kretanju u suprotnom smjeru, prvi udar vozila pogađa prednji dio motocikla. To su najopasnije udarne situacije, jer je sudarna brzina jednaka zbroju brzina suprotnih vektora brzina sudionika sudara. Pritom vrijedi razlikovati pojam naleta – pri istosmjernom kretanju i pojam sudara – pri nasuprotnom kretanju sudionika kolizije.

Nalet vozila pod kutom može biti u istom ali i suprotnom pravcu, ali pod uvjetom da odklon motocikla od pravca kretanja vozila može iznositi sve do granice kad vozilo najprije udara u tijelo motocikliste.

Teći slučaj je bočni frontalni nalet, koji nastaje onda kada se motociklist kreće poprečno na smjer kretanja vozila pri čemu se prvi kontakt ostvaruje s tijelom bicikliste. Posebno su opasni sudari motocikala sa nekom zaprekom, općenito je problem u tome da se vozača koji sjedi na motociklu prije sudara – dodira sa zaprekom (osobnim vozilom, teretnim vozilom, traktorom, stablom...) zadrži što je jače moguće dalje od zapreke. [4]



Slika 9. Potpuni frontalni nalet

Izvor: [4]

### 3.4.2. Djelomični frontalni nalet

Nalet u kojem se ispred prednjeg dijela motornog vozila, u trenutku naleta, nalazi samo dio bicikla ili biciklist. Kod ove vrste naleta, vozilo udara najprije u tijelo bicikliste a tek u nastavku, može, ali i ne mora doći do kontakta motornog vozila i bicikla.

Djelomični frontalni nalet prisutan je kada se bicikl kreće okomito ili pod kutom na smjer kretanja motornog vozila, pa vozilo, sa jednim od svojih krajnjih prednjih dijelova, zahvati dio bicikla s bočne strane.

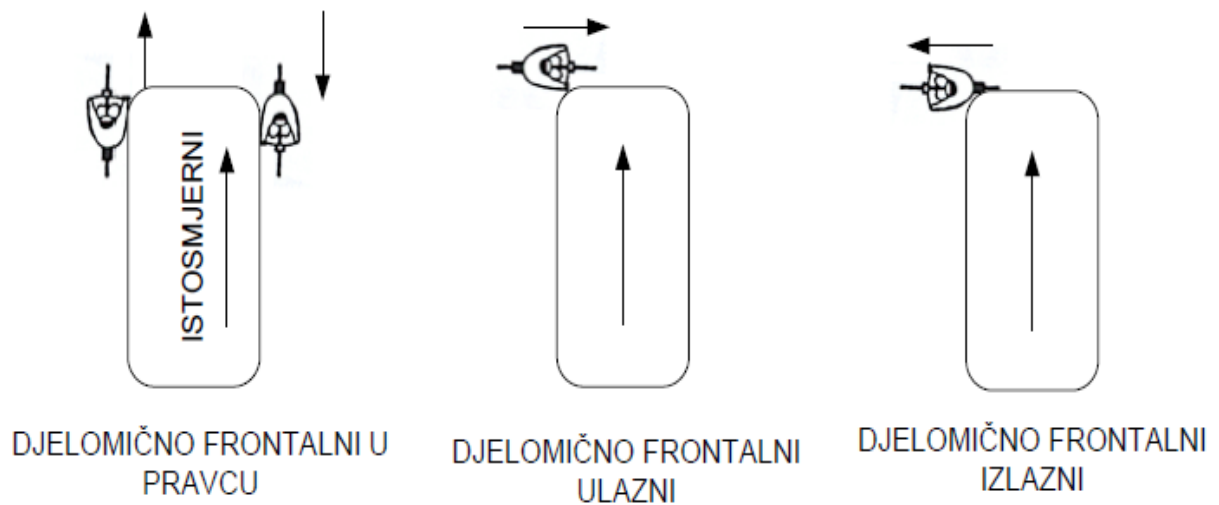


Može se podijeliti na nalet:

- u pravcu (istosmjerni, protusmjerni)
- bočni nalet (ulazni, izlazni)

Kod ovih vrsta naleta u prvom kontaktu s vozilom, u pravilu je samo bicikl. Kod djelomičnog naleta u pravcu i kod djelomičnog ulaznog naleta, tijelo bicikliste dolazi u kontakt s vozilom sekundarno, i to sa bočnom stranom vozila.

Kod djelomičnog izlaznog naleta, tijelo bicikliste, u pravilu, ne dolazi u kontakt s motornim vozilom. [4]



Slika 10. Djelomični frontalni nalet

Izvor: [4]

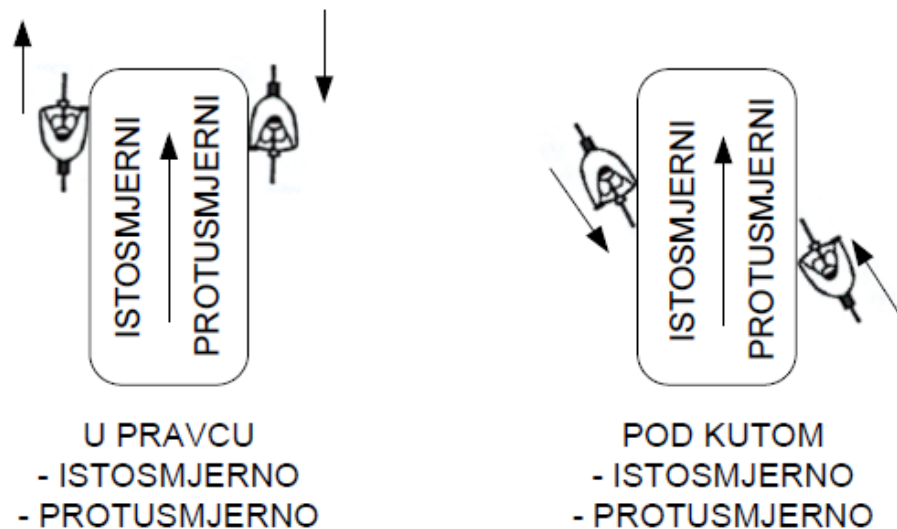
### 3.4.3. Bočno okrznuće

Bočno okrznuće može nastati u istom i u suprotnom smjeru, pri čemu dolazi prvo do kontakta bočnog dijela vozila i biciklista. Tek u nastavku može doći i do kontakta motornog vozila i bicikla. Kada se oba vozila kreću u istom smjeru, nakon prvog kontakta, dolazi do zakretanja bicikla od vozila prema van. Pri tome je jačina sekundarnog kontakta obično veća od jačine primarnog kontakta. Kad se vozila kreću u suprotnom smjeru, pri prvom kontaktu, biciklist se skupa sa biciklom odbija od vozila u stranu.

Bočno okrznuće prema vrsti naleta može se podijeliti na nalet:

- u pravcu (istosmjerni, protusmjerni)
- pod kutom (istosmjerni, protusmjerni)

Kod okrznuća pod kutom, biciklist u trenutku kontakta skreće prema boku vozila u blagom kutu, pri čemu tijelo bicikliste prvo dolazi u kontakt s vozilom. [4]



Slika 11. Bočno okrznuće

Izvor: [4]

#### 3.4.4. Bočni nalet

Bočni nalet je takva vrsta sudara u kojoj se biciklist kreće ili okomito ili pod kutom u odnosu prema smjeru kretanja motornog vozila. Primarni kontakt s bočnom stranom vozila ostvaruje prednji kotač bicikla. Tijelo bicikliste ostvaruje sekundarni kontakt s vozilom. [4]

#### 3.4.5. Klizanje i okrznuće motocikla

Široko područje vrijednosti na dijagramu za daljinu odbačaja vozila s jednim tragom, u funkciji naletne brzine kretanja osobnog automobila u čelnom sudaru, nastalo je zato što su težine i konstrukcije ispitivanih vozila s jednim tragom bile dosta različite. Tragovi od motocikla na kolniku nastaju, uglavnom, od ovih elemenata konstrukcije motocikla: [4]

- upravljača
- poluge ručne kočnice ili spojke
- poluge nožne kočnice
- poluge mjenjača brzina
- poluge nožnog zaganjača
- nogara – stajala motocikla
- oslonaca nogu vozača motocikla i suputnika
- ispušnih cijevi
- okvira punog svjetla
- isturenih dijelova kućišta motora
- stražnjeg spremišta za kacigu

Razlika je u tome na koju će se stranu motocikl prevrnuti, na lijevu ili na desnu, budući da one nisu identično konstruirane i izvedene. Na to utječu principi gradnje u pojedinim zemljama, pravilnici o homologaciji, itd. Mnogobrojni pokusi ponašanja klizanja vozila na dva kotača provedeni su na Berlinskom tehničkom sveučilištu.

U nesrećama s okrznućem daljina odbačaja je još i manja. Pri obradi pojedinog slučaja postavlja se pitanje je li sudar u obliku okrznuća ili je to puno zahvaćanje. Pomoći može razmak između vozača i motocikla u mirovanju. Ako je to potpuni zahvat, tada motocikl ili bicikl u općem slučaju ima veću razdaljinu odbačaja nego vozač.

Teoretski bi se za iskaz o brzini sudara kao dodatni kriterij mogao uzeti krajnji položaj motocikla i vozača, ali su raspoloživi rezultati premali da bi se mogli preporučiti za bezrezervnu primjenu. [4]

## 4. ANALIZA STATISTIČKIH PODATAKA O PROMETNIM NESREĆAMA NA AUTOCESTI A4

Autoceste su prometnice na kojima se razvijaju velike brzine pa je nužno osigurati odgovarajuću razinu sigurnosti prometa. Uz građevinske karakteristike, sigurnost se ponajprije ostvaruje korištenjem odgovarajuće prometne opreme. Radi osiguranja maksimalne sigurnosti prometa, sva signalizacija i oprema projektira se i izvodi sukladno domaćim i europskim propisima.

Prometne znakove, signalizaciju i opremu cesta čine: [7]

1. prometni znakovi, i to:
  - znakovi opasnosti
  - znakovi izričitih naredbi
  - znakovi obavijesti
  - znakovi obavijesti za vođenje prometa
  - dopunske ploče
  - promjenjivi prometni znakovi
2. prometna svjetla i svjetlosne oznake
3. oznake na kolniku i drugim površinama
4. prometna oprema ceste, i to:
  - oprema za označavanje ruba kolnika
  - oprema za označavanje vrha prometnog otoka
  - oprema, znakovi i oznake za označavanje radova, prepreka i oštećenja kolnika
  - svjetlosni znakovi za označavanje radova, drugih zapreka i oštećenja kolnika
  - oprema za vođenje i usmjeravanje prometa u području radova na cesti, prepreka i oštećenja kolnika
  - branici i polubranici
  - prometna zrcala
  - zaštitne odbojne ograde
  - ograde protiv zasljepljivanja
  - zaštitne žičane ograde
  - pješačke ograde
  - ublaživači udara
  - oznake za ručno upravljanje prometom
5. signalizacija i oprema za smirivanje prometa
6. turistička i ostala signalizacija propisana je posebnim propisima

Na autocestama, brzim cestama, mostovima i tunelima potrebno je podići razinu sigurnosti i udobnosti putovanja. Može se postići dodatnom opremom i modernim sustavima praćenja prometa. Skupine opreme su: [8]

- energetika
- rasvjeta
- telekomunikacije
- prometna signalizacija

- posebna oprema tunela
- tehničko osiguranje građevina
- automatska naplata na cestama, tunelima i mostovima
- sustav daljinske kontrole, vođenja i upravljanja

Prometna signalizacija na autocestama uključuje horizontalnu i vertikalnu signalizaciju. Vertikalna signalizacija obuhvaća sve statičke znakove opasnosti, izričitih naredbi, obavijesti (gdje se posebno ističu znakovi obavijesti za vođenje prometa) i turističku signalizaciju.

Uz statičku vertikalnu signalizaciju na autocestama se koristi i promjenjiva prometna signalizacija. Promjenjivi prometni znakovi se izvode kao elektrodinamički (izmjenjivi znakovi obavijesti) i svjetlosni promjenjivi znakovi. Promjenjivi znakovi se uglavnom postavljaju na mjestima na cesti gdje je moguća izmjena prometnih uvjeta uzrokovanih stanjem okoline (meteorološki uvjeti odnosno padaline, vjetar, magla i s njima vezanim stanjem kolnika-vlažan, klizav kolnik) ili stanjem na prometnici (povećan broj vozila, radovi na cesti, prometna nesreća i dr.). [7]

Statističkim praćenjem svih čimbenika koji utječu na nastanak prometnih nesreća, moguće je detektirati uzroke zbog kojih se događaju prometne nesreće i s time planirati mjere za smanjenje broja ali i posljedica tih nesreća. Statistička analiza u ovom diplomskom radu obuhvaća obradu podataka prometnih nesreća prema posljedicama. U narednim tablicama prikazan je ukupan broj prometnih nesreća na autocesti A4, u odnosu na ostale autoceste u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2015. do 2017. godine.

#### 4.1. Statistika prometnih nesreća i njihovih posljedica na autocesti A4 za razdoblje od 2015. do 2017. godine

Sustav upravljanja sigurnošću prometa na autocesti A4 koncipiran je tako da se prikupljanjem i analizom različitih podataka (o karakteristikama prometnog toka, vremenskim uvjetima, uvjetima u tunelima, radovima na cesti i izvanrednim događajima kao što su prometne nesreće) korisnike upozorava o opasnostima i ograničenjima u prometu na autocesti.

Tablica 1. Podaci o prometnim nesrećama na autocesti A4 i njihovim posljedicama za razdoblje od 2015. do 2017. godine

GODINA	UKUPAN BROJ PROMETNIH NESREĆA	PROMETNE NESREĆE S POGINULIM OSOBAMA	PROMETNE NESREĆE S OZLIJEĐENIM OSOBAMA	PROMETNE NESREĆE S MATERIJALNOM ŠTETOM
2015.	141	0	27	114
2016.	103	0	27	76
2017.	132	1	51	80

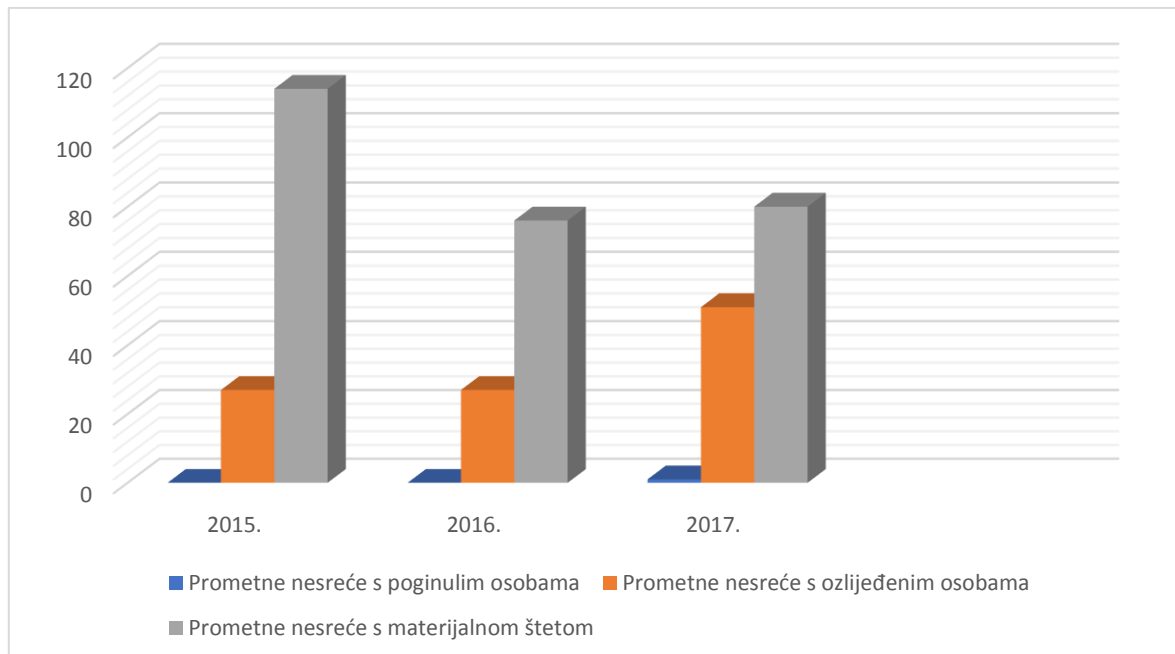
Izvor: izrada autora prema podacima [9], [10], [11]

Sigurnost prometa na autocestama može se promatrati prema broju prometnih nesreća, broju poginulih, lakše i teže ozlijeđenih osoba, materijalnoj šteti i dr.

U tablici 1. dani su podaci o prometnim nesrećama i njihovim posljedicama za razdoblje od 2015. do 2017. godine.

Kada se promatraju prometne nesreće i njihove posljedice u navedenom razdoblju može se konstatirati da postoji blagi pad broja prometnih nesreća i njihovih posljedica u 2016. godini u odnosu na 2015. godinu dok je vidljiv rast broja prometnih nesreća u 2017. godini u odnosu na prijašnju godinu. Povećanje obujma prometa zahtjeva ulaganje dodatnih sredstava i napora kako bi se povećala sigurnost prometa na autocestama.

Broj prometnih nesreća s poginulim osobama, s ozlijeđenim osobama te s materijalnom štetom na autocesti A4 prikazan je grafikonom 1.



Graf 1. Podaci o prometnim nesrećama i njihovim posljedicama za razdoblje od 2015. do 2017. godine

Izvor: izrada autora prema podacima [9], [10], [11]

#### 4.2. Usporedba autoceste A4 sa ostalim autocestama u RH

U autoceste se prema osnovnim mjerilima razvrstavaju ceste koje su namijenjene isključivo za promet motornih vozila, a izgrađene s tehničkim karakteristikama autoceste i brze ceste u skladu s propisima kojima se uređuje sigurnost prometa na cestama, a u funkciji su: [2]

1. povezivanja Republike Hrvatske u europski prometni sustav,
2. tranzitnog prometa prema posebnom propisu,

3. ostvarivanja kontinuiteta E-ceste, koja je međunarodnim i međudržavnim sporazumima određena kao europska cesta,

4. prometnog povezivanja regija Republike Hrvatske.

Hrvatska na svom području, prema stanju iz 2015. godine, ima ukupno 1.325 km autocesta. Autoceste imaju često najvišu razinu uslužnosti i udobnosti vožnje, najčešće su u pravcu, dugih su ravnih dionica, kvalitetnog asfaltnog kolničkog zastora, vožnja nije zahtjevna, ne predstavlja napor, nema vozila iz suprotnog smjera, preglednost je izuzetna, nema nepropisnih profila, a raskrižja su u više razina.

Podaci o prometnim nesrećama na autocestama u periodu od 2015. do 2017. godine prikazani su u sljedećim tablicama i grafikonima.

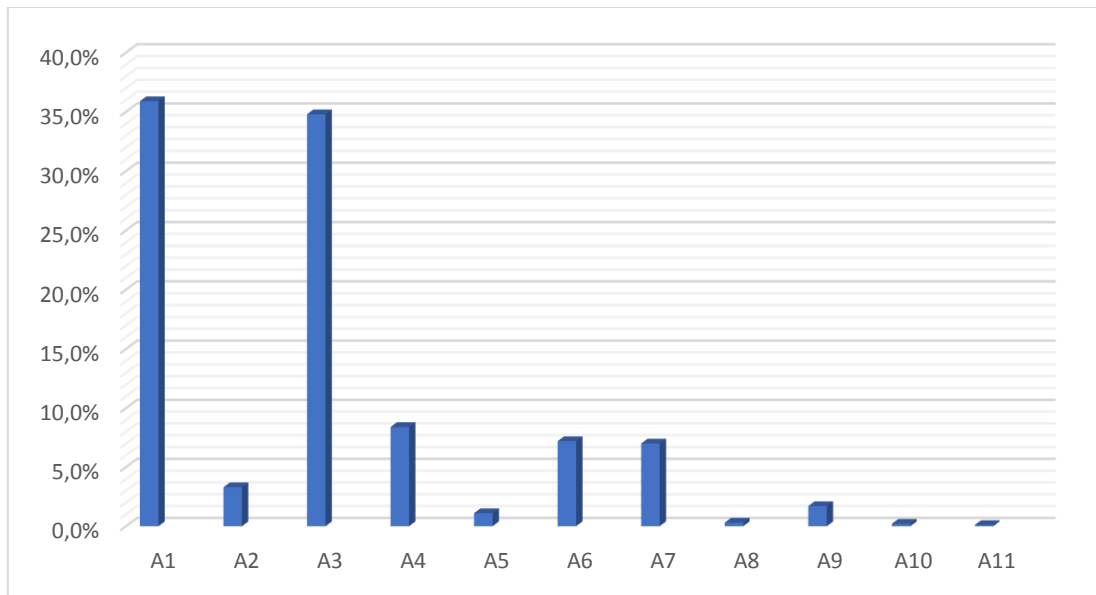
Tablica 2. Prometne nesreće na autocestama u 2015. godini

AUTOCESTE	PROMETNE NESREĆE					
	UKUPNO	%	S POGINULIMA	%	S OZLIJEĐENIMA	%
A1 Zagreb - Split	600	35,9	7	46,7	114	34,5
A2 Macelj - Zagreb	56	3,3		0,0	18	5,5
A3 Bregana - Zagreb - Lipovac	583	34,8	5	33,3	124	37,6
A4 Goričan - Zagreb	141	8,4		0,0	18	5,5
A5 Beli Manastir - Osijek - Svilaj	18	1,1		6,7	2	0,6
A6 Bosiljevo - Rijeka	120	7,2	1	6,7	23	7,0
A7 Rupa - Rijeka - Žuta Lokva	117	7,0	1	0,0	16	4,8
A8 Kanfanar - Matulji	5	0,3		6,7	3	0,9
A9 Umag - Pula	29	1,7	1	0,0	11	3,3
A10 Metković - Opuzen	3	0,2		0,0	1	0,3
A11 Zagreb - Sisak	1	0,1		0,0		0,0
<b>UKUPNO</b>	<b>1.673</b>	<b>100,0</b>	<b>15</b>	<b>100,0</b>	<b>330</b>	<b>100,0</b>

Izvor: izrada autora prema podacima [9]

Tablica 2. prikazuje broj odnosno postotak prometnih nesreća na autocestama u 2015. godini. U 2015. godini na autocestama u RH bilo je 1673 prometnih nesreća. Na autocesti A4 Goričan-Zagreb, od 141 prometne nesreće, nijedna osoba nije poginula, a 18 ih je ozlijeđeno. Autocesta sa najviše poginulih osoba u 2015. godini je A1 Zagreb-Split sa 7 poginulih osoba dok je 114 osoba ozlijeđeno. Vidljivo je da se na autocesti A4 Goričan-Zagreb dogodila 141 prometna nesreća u kojoj nije poginula niti jedna osoba. Razlog za takvo stanje sigurnosti moguće je povezati sa sustavima i elementima pasivne i aktivne sigurnosti koji su ugrađeni na

toj dionici ceste. Jednako tako usporedbom dionice autoceste A4 i autoceste A6 uočeno je da je na autocesti A6, unatoč manjem broju nesreća, bilo više ozlijeđenih i poginulih osoba.



Graf 2. Udio prometnih nesreća na autocestama u 2015. godini

Izvor: [9]

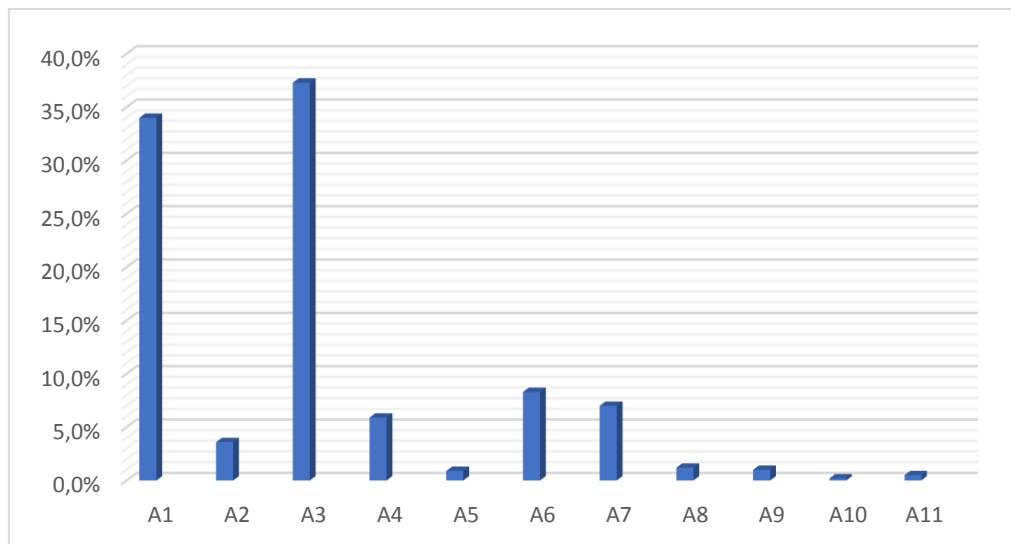
Tablica 3. Prometne nesreće na autocestama u 2016. godini

AUTOCESTE	PROMETNE NESREĆE					
	UKUPNO	%	S POGINULIMA	%	S OZLIJEĐENIMA	%
A1 Zagreb - Split	591	34,0	11	44,0	144	41,6
A2 Macelj - Zagreb	63	3,6		0,0	16	4,6
A3 Bregana - Zagreb - Lipovac	648	37,3	13	52,0	114	32,9
A4 Goričan - Zagreb	103	5,9		0,0	17	4,9
A5 Beli Manastir - Osijek - Svilaj	16	0,9		0,0	2	0,6
A6 Bosiljevo - Rijeka	145	8,3		0,0	14	4,0
A7 Rupa - Rijeka - Žuta Lokva	122	7,0	1	4,0	19	5,5
A8 Kanfanar - Matulji	21	1,2		0,0	8	2,3
A9 Umag - Pula	17	1,0		0,0	8	2,3
A10 Metković - Opuzen	3	0,2		0,0		0,0
A11 Zagreb - Sisak	9	0,5		0,0	4	1,2
<b>UKUPNO</b>	<b>1.738</b>	<b>100,0</b>	<b>25</b>	<b>100,0</b>	<b>346</b>	<b>100,0</b>

Izvor: izrada autora prema podacima [10]



U 2016. godini na autocestama u RH bilo je 1738 prometnih nesreća što je vidljivo u tablici 3. Na autocesti A4 Goričan-Zagreb bile su 103 prometne nesreće sa 17 ozlijeđenih osoba. Autocesta sa najviše prometnih nesreća u 2016. godini je A3 Bregana-Zagreb-Lipovac sa 13 poginulih osoba te 114 ozlijeđenih. Autocesta sa najmanje prometnih nesreća u 2016. godini je A10 Metković-Opuzen.



Graf 3. Udio prometnih nesreća na autocestama u 2016. godini

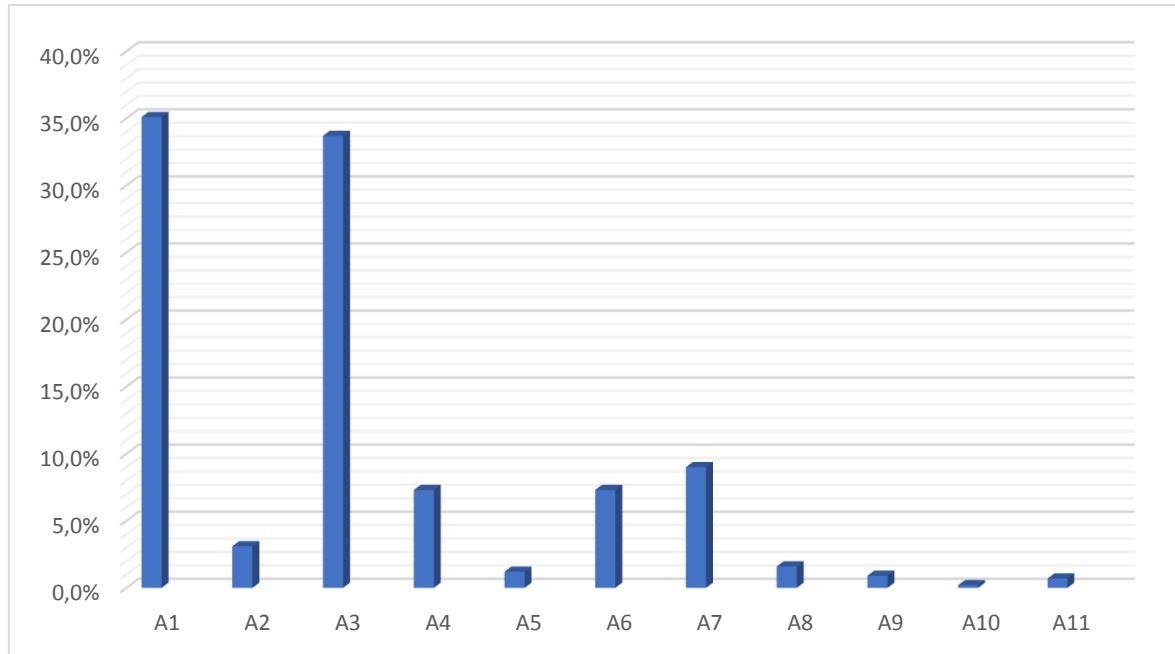
Izvor: [10]

Tablica 4. Prometne nesreće na autocestama u 2017. godini

AUTOCESTE	PROMETNE NESREĆE					
	UKUPNO	%	S POGINULIMA	%	S OZLIJEĐENIMA	%
A1 Zagreb - Split	633	35,1	8	36,4	147	39,2
A2 Macelj - Zagreb	55	3,1	3	13,6	14	3,7
A3 Bregana - Zagreb - Lipovac	608	33,7	8	36,4	115	30,7
A4 Goričan - Zagreb	132	7,3	1	4,5	30	8,0
A5 Beli Manastir - Osijek - Svilaj	21	1,2		0,0	5	1,3
A6 Bosiljevo - Rijeka	132	7,3		0,0	24	6,4
A7 Rupa - Rijeka - Žuta Lokva	162	9,0	2	9,1	29	7,7
A8 Kanfanar - Matulji	28	1,6		0,0	4	1,1
A9 Umag - Pula	16	0,9		0,0	5	1,3
A10 Metković - Opuzen	4	0,2		0,0		0,0
A11 Zagreb - Sisak	12	0,7		0,0	2	0,5
<b>UKUPNO</b>	<b>1.803</b>	<b>100,0</b>	<b>22</b>	<b>100,0</b>	<b>375</b>	<b>100,0</b>

Izvor: izrada autora prema podacima [11]

U tablici 4. prikazan je broj prometnih nesreća na autocestama u RH u 2017. godini koji iznosi 1803. Na autocesti A4 Goričan-Zagreb bile su 132 prometne nesreće sa 30 ozlijeđenih osoba te jednom poginulom osobom. Autocesta sa najviše prometnih nesreća u 2016. godini je A1 Zagreb-Split sa 633 prometne nesreće, a slijedi ju autocesta A3 Bregana-Zagreb-Lipovac sa 608 prometnih nesreća.



Graf 4. Udio prometnih nesreća na autocestama u 2017. godini

Izvor: [11]

## 5. IDENTIFIKACIJA OPASNIH MJESTA NA AUTOCESTI A4

Identifikacija opasnih mjesta u cestovnom prometu započinje sa određivanjem lokacija s natprosječnim brojem prometnih nesreća. Lokacije koje se uspoređuju moraju biti tehnički usporedive jer je u svrhu dobivanja relevantnih podataka potrebno uspoređivati samo lokacije sličnih karakteristika. Na primjeru Republike Hrvatske to bi značilo da se ceste prije svega trebaju klasificirati u skladu s razvrstavanjem cesta u RH na: [12]

- autoceste
- državne ceste
- županijske ceste
- lokalne ceste
- nerazvrstane ceste

Prema analizi znanstvene i stručne literature u kojoj se obrađuje područje sigurnosti cestovnog prometa nema jedinstveno definiranog pojma opasnog mjesta na cestama. Usporedbom pojedinih definicija pod pojmom opasna mjesta, može se smatrati dionice ceste ili određenih lokacija na kojoj se događa velik broj prometnih nesreća odnosno na kojoj postoji visoki rizik za događanje prometnih nesreća. [12]

Dionica ceste se ne evidentira kao opasno mjesto dok nema dovoljan broj prometnih nesreća, te nemamo informacije o takvom potencijalno opasnom mjestu kako bi se mogli posvetiti rekonstrukciji u ranoj fazi. Identifikacija opasnih mjesta u cestovnom prometu započinje sa određivanjem lokacije sa natprosječnim brojem prometnih nesreća.

Na temelju podataka iz biltena o stanju sigurnosti cestovnog prometa dobivenih od Ministarstva unutarnjih poslova, radi se identifikacija opasnih mjesta. Klasifikaciju područja sa najvećim brojem prometnih nesreća moguće utvrditi djelomično potencijalna opasna mjesta. Za detaljnu analizu potrebno je obaviti uvid u zapisnik o prometnim nesrećama iz kojih je moguće utvrditi sve važne detalje povezane o mjestu, vremenu, načinu, uvjetima i druge važne detalje uz pomoć kojih je moguće odrediti: [4]

- Mjesta na kojima se najčešće događaju prometne nesreće tzv. opasna mjesta. Opasnim mjestom smatra se mjesto na cesti male duljine na kojima se gomilaju nesreće u određenom vremenskom razdoblju. Najčešće su određena područjem raskrižja ili zavoja. Također, opasnim mjestom se može smatrati i ograničeni dio ceste ili odsječak ceste do 300 m dužine.
- Cestovne dionice na kojima se najčešće događaju nesreće se odnosi na pravce koji obuhvaćaju duže dionice ceste. Istraživanje obuhvaća dio ceste dužine od 300 metara do 1000 metara, jer se obilježja izgradnje naselja mijenjaju na kraćim razdaljinama pa su gustoće nesreća različite vrijednosti.

## 5.1. Definiranje opasnih mjesta u RH

Određivanje opasnih mjesta na cestama predstavlja značajan aspekt upravljanja prometa na takvim mjestima koja predstavljaju potencijalnu opasnost. Kako bi se sanirala postojeća opasna mjesta, potrebno je proučavati prometne nesreće. Određivanje opasnih mjesta na cestama, predstavlja značajan aspekt upravljanja prometa na takvim mjestima koja predstavljaju potencijalnu opasnost. [4]

Glavni cilj prikupljanja podataka o prometnim nesrećama, prometnom opterećenju, regulaciji prometa, cesti i okolini ceste je: [4]

- odrediti na kojim se mjestima često događaju prometne nesreće
- odrediti uzrok prometnih nesreća
- odrediti prikladne mjere za otklanjanje uočenih izvora opasnosti

U Republici Hrvatskoj koristi se Rate Quality Control (RQC) metoda identifikacije opasnih mjesta. Rate Quality Control jedna je od pouzdanijih metoda identifikacije opasnih mjesta koju koriste mnoge institucije u svijetu koje se bave problematikom opasnih mjesta. Pokazuje visoku točnost jer je bazirana direktno na statističkom testiranju opasnosti svake lokacije u usporedbi s drugom lokacijom sličnih karakteristika. Statističko ispitivanje svake lokacije temelji se na pretpostavci da su prometne nesreće rijetki događaji čija se vjerojatnost pojavljivanja može aproksimirati prema Poissonovoj distribuciji. [4]

Prilikom određivanja opasnih mjesta na prometnoj mreži moraju se uzeti u obzir pokazatelji sigurnosti kao što su broj prometnih nesreća, broj poginulih osoba, broj lakše i teže ozlijeđenih osoba na pojedinim dionicama ceste. Evidentiranje ovih pokazatelja prioritetna je mjera za određivanje i provedbu preventivno-represivnih mjera za povećanje sigurnosti u prometu. Samim određivanjem opasnih mjesta na prometnicama predstavlja značajan aspekt upravljanja prometom na takvim mjestima koja predstavljaju potencijalnu opasnost.

Metoda identificiranja opasnih mjesta na cestama bazirana je na prethodnim pokazateljima i analizama podataka o prometnim nesrećama. Provedbom ove metode cilj je istaknuti smisao i značaj utvrđivanja opasnih mjesta na prometnicama i potaknuti daljnji teorijski i praktičan rad na razmatranju te problematike. Intervencijom na mjestima nakupljanja prometnih nesreća smatra se jednom od najučinkovitijih pristupa u prevenciji prometnih nesreća na cestama.

Prilikom identificiranja opasnih mjesta potrebno je uvažiti nekoliko kriterija: [4]

- Razdoblje promatranja – utvrđivanje vremenskog razdoblja u kojem se analize provode važan je kriterij za stvaranje pouzdane identifikacije cestovne dionice koja zadovoljava stupanj nesreća.
- Identifikacijske tehnologije – u postupku identifikacije opasnih mjesta koriste se dva pokazatelja prihvaćena od strane stručnjaka, a to su: kolektivni rizik prometnih nesreća i njihove posljedice (predstavlja ukupan broj prometnih nesreća i nastradalih po kilometru ceste) i individualni rizik (predstavlja broj

nesreća i nastradalih u odnosu na broj vozila na promatranom kilometru na danoj lokaciji).

Ova metoda omogućava: [12]

- lakše nalaženje mjesta na kojima se događa najveći broj prometnih nesreća na prometnoj mreži u Hrvatskoj,
- provođenje u odnosu na karakterističnu grupu promatranih elemenata cestovne infrastrukture za koje je moguća procjena normalne razine prometne sigurnosti,
- da se na opasnim mjestima utvrdi veći očekivani broj prometnih nesreća utvrđene na ostalim sličnim lokacijama promatrane cestovne mreže, prvenstveno zbog lokalnih faktora rizika,
- utvrđivanje metode i analize za određivanje opasnih mjesta na dionicama na kojima se opasna mjesta ne mogu pouzdano identificirati na temelju kritičnog broja prometnih nesreća,
- prilikom postupka evaluacije i praćenja opasnih mjesta te mjera sanacije koristeći trenutno najsuvremenije metode evaluacije koja se primjenjuje prilikom izrade studija učinkovitosti predloženih mjera sanacije.

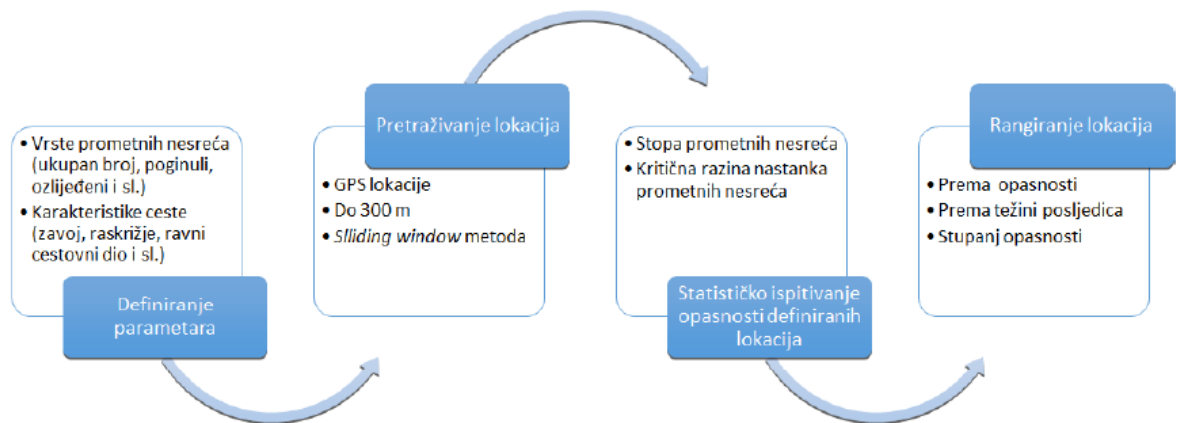
Kada se govori o elementima prometne mreže kao opasnim mjestima, onda se može reći da su to sljedeće lokacije: [12]

- oštar nepregledan zavoj s duljim ravnim prilazom,
- spoj sporedne ceste na glavnu cestu u zavoju, ili "T - raskrižje" s glavnom cestom u zavoju,
- priključak sporedne ceste na glavnu cestu u pravcu, u obliku "T - raskrižja", bez prometnih traka za lijeva i desna skretanja s glavne ceste,
- spoj tri podjednako opterećena privoza na "T - raskrižju",
- križanje široke glavne ceste s (odvojenim kolnicima) i sporedne ceste u obliku četverokrakog raskrižja, bez "aktivne" regulacije prometa,
- raskrižje s dimenzijama koje nisu primjerene potrebama prometnih tokova i njihovim prometnim operacijama,
- semaforizirano raskrižje sa signalnim planom neprimjerenim prometnim tokovima,
- "atraktivan objekt" u zoni nepreglednog zavoja ili raskrižja,
- četverokrako raskrižje s lošom perspektivom (na prijevoju),
- oštar cestovni zavoj – pregledan,
- duži ravni potez sa suženim slobodnim profilom,
- horizontalna devijacija osi ceste zbog "krute" okoline i objekata u njoj,
- spoj dviju prometnih traka u jednu, ispred nepreglednog zavoja,
- četverokrako raskrižje s izmaknutim nasuprotnim privozima – dva bliska "T - raskrižja",
- prometna traka za isključenje ili za desna skretanja izvedena u obliku trokuta – bez trake za usporenje,
- "atraktivni" objekti u neposrednoj blizini (ravne) prometnice – dvostrano,

- sjecišta ceste i prilaznih puteva školama u neposrednoj blizini škola, dječjih vrtića i sličnih objekata,
- područja s visokim stupnjem nazočnosti pješaka,
- područja stajališta javnog prijevoza,
- ceste s povećanim udjelom biciklista, odnosno sjecišta ceste s biciklističkim stazama,
- dionice ceste s previsokom razinom brzine, neprilagođenom okolinom.

## 5.2. Proces identifikacije opasnih mjesta

Identifikacija opasnih mjesta u cestovnom prometu započinje sa određivanjem lokacije sa natprosječnim brojem prometnih nesreća. Proces i način ovog izračuna prikazani su kroz sljedećih pet koraka: [12]



Slika 12. Proces provedbe identifikacije opasnih mjesta

Izvor: [12]

### 1. korak

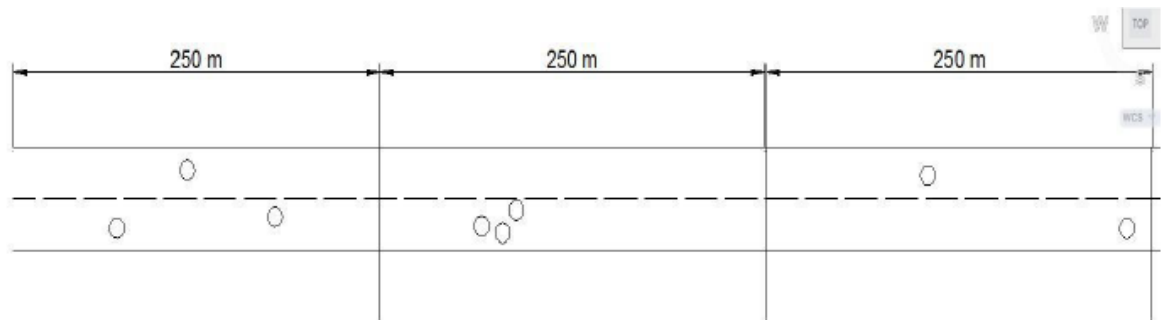
Na početku identifikacije opasnih mjesta nužno je prvo definirati na temelju kojih parametara će se identificirati opasna mjesta. Ako se opasna mjesta pretražuju samo na temelju, npr. prometnih nesreća sa poginulim osobama, potrebno je na definiranoj cesti izdvojiti sve lokacije na kojima se dogodila prometna nesreća sa bar jednom poginulom osobom u posljednje tri godine. Osim vrste prometnih nesreća s obzirom na posljedice, potrebno je definirati i ostale karakteristike opasnih mjesta, npr. da li se pretražuju samo ravni dijelovi ceste, zavoji, raskrižja i sl.

### 2. korak

Sukladno definiranim parametrima, izdvoje se tražene lokacije prometnih nesreća. Ukoliko se koristi metoda segmentiranja dionice na fiksne dijelove, potrebno je dodatno analizirati svaku granicu između dva susjedna segmenta te u slučaju postojanja lokacija prometnih nesreća ispred ili iza pojedinog segmenta potrebno ih je također pridružiti primarnom

segmentu, ali opet do maksimalnih 1000 m. Ukoliko se identifikacija vrši na raskrižjima, u obzir se uzima i zona oko raskrižja/križanja. Zona raskrižja/križanja je određena na osnovi prometne signalizacije koja upozorava na raskrižje/križanje, a ako nema signalizacije onda se koristi vrijednost do 20 m od sljedeće točke sjecišta rubova cesta koje se međusobno križaju. Isto se odnosi i na druge elemente ceste poput tunela, zavoja i sl.

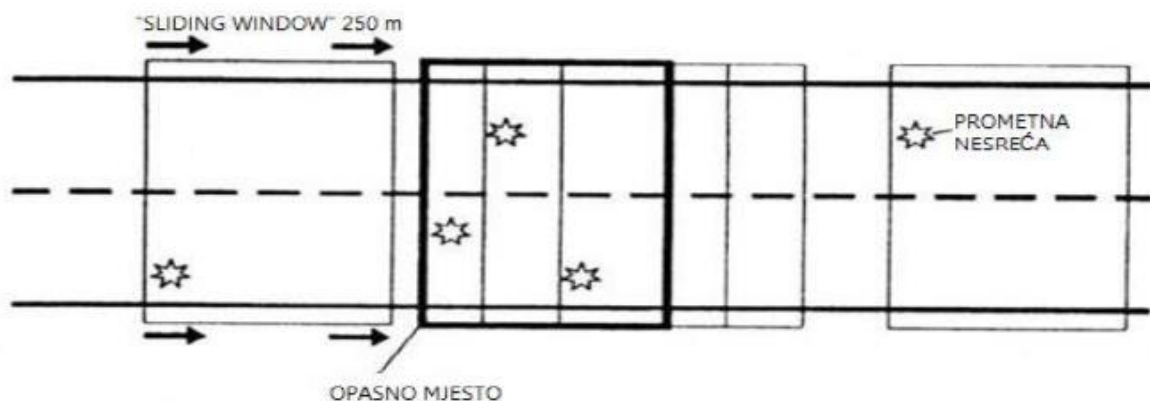
Segmentiranje dionice na fiksne dijelove određene dužine podrazumijeva dijeljenje promatrane dionice na fiksne dijelove, dužine, npr. 1 km, koji su postavljeni jedan iza drugog. Na taj će način, npr. Dionica od 10 km biti podijeljena u 10 dionica od jednog kilometra dužine. [4]



Slika 13. Prikaz segmentiranja ceste na fiksne dijelove

Izvor: [4]

Segmentiranje dionice metodom „Sliding window“ podrazumijeva da će se na promatranoj dionici odrediti okvir određene dužine koji će grupirati dionice, u rasponu svog okvira, na kojima postoji koncentracija prometnih nesreća. Važno je naglasiti da „Sliding window“ metoda ne uzima u obzir lokacije bez prometnih nesreća, već lokacije sa minimalno jednom prometnom nesrećom. [4]



Slika 14. Prikaz načina rada "sliding window" metode

Izvor: [4]

### 3. korak

Sljedeći korak u radu modela odnosi se na statističko ispitivanje opasnosti svake lokacije na kojoj su se događale prometne nesreće prema zadanim parametrima. U prvom

koraku statističko ispitivanje podrazumijeva definiranje stope prometnih nesreća na svakoj lokaciji promatrane ceste gdje su se dogodile prometne nesreće. Stopa prometnih nesreća može se definirati kao omjer između broja prometnih nesreća i mjere izloženosti na promatranom području. U analizama razine sigurnosti i rizika, kao mjera izloženosti, najčešće se primjenjuje prometno opterećenje pri čemu se na raskrižjima razmatra zbroj vozila koja ulaze na križanje, dok se na ostalim dijelovima ceste (dionicama) razmatra zbroj vozila koja prolaze kroz promatrani poprečni presjek u oba smjera u promatranom razdoblju pri čemu je potrebno uzeti u obzir i duljinu promatrane dionice ceste.

Metoda stope prometnih nesreća predstavlja unaprijeđenu metodu učestalosti prometnih nesreća jer u svom izračunu uzima u obzir prometno opterećenje te duljinu promatrane dionice.

Za uspješnu provedbu identifikacije opasnih mjesta pomoću ove metode, potrebni su podaci o:

- broju prometnih nesreća
- duljini promatrane dionice
- prometnom opterećenju
- vremenskom periodu

Stopa prometnih nesreća računa se pomoću izraza (2):

$$C_R = \frac{N_C}{Q_L} \quad (2)$$

Gdje je:

$C_R$  – stopa prometnih nesreća

$N_C$  – ukupan broj prometnih nesreća

$Q_L$  – prometno opterećenje na promatranoj dionici/lokaciji

Prometno opterećenje na promatranoj dionici/lokaciji računa se prema izrazu (3):

$$Q_L = \frac{Q * 365 * t * l}{1000000} \quad (3)$$

Gdje je:

$Q$  – PGDP

$t$  – vremenski period u godinama

$L$  – duljina promatrane dionice [km]



Prednosti ove metode su jednostavnost i mali broj potrebnih podataka, ali i uzimanje u obzir prometnog opterećenja promatrane lokacije. Nedostaci su što pretpostavlja linearan odnos između prometnog opterećenja i broja prometnih nesreća, iako je odnos nelinearan, te što je pristrana prema dionicama manje duljine i s manjim prometnim opterećenjem. [4]

#### 4. korak

Sljedeći korak statističkog ispitivanja podrazumijeva izračun kritične razine nastanka prometnih nesreća za svaku lokaciju na temelju prosječne stope prometnih nesreća svih lokacija. Ukoliko stopa prometnih nesreća prelazi kritičnu razinu, smatra se da se prometne nesreće, statistički, ne događaju slučajno, već se radi o potencijalnom opasnom mjestu. U slučaju da stopa prometnih nesreća ne prelazi kritičnu razinu, lokacija statistički nije potencijalno opasno mjesto.

Rate Quality Control (RQC) jedna je od pouzdanijih metoda identifikacije opasnih mjesta koju koriste mnoge institucije u svijetu koje se bave problematikom opasnih mjesta. Pokazuje visoku točnost jer je bazirana direktno na statističkom testiranju opasnosti svake lokacije u usporedbi s drugom lokacijom sličnih karakteristika. Statističko ispitivanje svake lokacije temelji se na pretpostavci da su prometne nesreće rijetki događaji čija se vjerojatnost pojavljivanja može aproksimirati prema Poissonovoj distribuciji. [4]

Identifikacija opasnih mjesta pomoću Rate Quality Control metode provodi se na način da se na temelju broja prometnih nesreća te prometnog opterećenja na promatranoj lokaciji odredi kritična razina nastanka prometnih nesreća.

Ukoliko stopa prometnih nesreća prelazi kritičnu razinu definiranu ovom metodom, smatra se da se prometne nesreće, statistički, ne događaju slučajno, već se radi o identificiranom opasnom mjestu. [4]

Kritična razina prometnih nesreća računa se prema izrazu (1):

$$C_{CR} = C_{RA} + k * \sqrt{\frac{C_{RA}}{Q_L}} + \frac{1}{2 * Q_L} \quad (1)$$

Gdje je:

$C_{CR}$  – kritična razina prometnih nesreća

$C_{RA}$  – prosječna vrijednost stope prometnih nesreća

$k$  – koeficijent razine povjerenja

$Q_L$  – prometno opterećenje na promatranoj lokaciji/dionici

Koeficijent razine povjerenja prema različitim razinama značajnosti prikazan je u tablici

5.

Tablica 5. Koeficijent razine povjerenja

RAZINA ZNAČAJNOSTI	k
90%	1,282
95%	1,645
99%	2,323

Izvor: [4]

Prednosti ove metode su to što uzima najvažnije podatke potrebne za identifikaciju opasnih mjesta, smanjuje eventualni veliki utjecaj lokacija s malim prometnim opterećenjem, uzima u obzir odstupanja u statističkim podacima te prikazuje jasnu usporedbu između identificiranih i neidentificiranih lokacija. Također, prednost metode je i to što uzima u obzir duljinu lokacije na kojoj se događaju prometne nesreće pa se može koristiti i za identifikaciju opasnih dionica. Nedostatak metode je taj što ne prikazuje utjecaj lokacije na opće stanje sigurnosti.

#### 5. korak

U posljednjem dijelu rada modela, identificirana potencijalna opasna mjesta se rangiraju prema omjeru između stope prometnih nesreća i kritične razine nastanka prometne nesreće. Potencijalna opasna mjesta se rangiraju od najveće razlike omjera prema najmanjoj pa će tako lokacija s najvećim omjerom razlike identificirati kao potencijalno najopasnije mjesto dok će se lokacija s najmanjim omjerom razlike identificirati kao najmanje opasno u odnosu na druga opasna mjesta.

### 5.3. Definiranje opasnih mjesta na autocesti A4

Trasa autoceste A4 na dionicama Zagreb-Breznički Hum i Varaždin-Goričan prolazi nizinskim terenom, tako da je trasa ispužena i ima blage elemente vodoravnog i visinskog toka. Na dionici Breznički Hum-Varaždin trasa prolazi brdovitim terenom te su na toj dionici izvedena tri mosta, sedam vijadukata i dva kraća tunela u vrlo složenim geološkim okolnostima.

U ovom poglavlju biti će analizirani dijelovi autoceste A4 s najviše prometnih nesreća u razdoblju od 2015. do 2017. godine prema podacima koje je ustupila tvrtka HAC (Hrvatske autoceste d.o.o.).

Prema posljedicama prometne nesreće mogu biti: [4]

- prometna nesreća s lakše ozlijeđenim osobama
- prometna nesreća s teže ozlijeđenim osobama
- prometna nesreća s poginulim osobama
- prometna nesreća s materijalnom štetom.

#### 5.4. Opasna mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s lakše ozlijeđenim osobama

Prilikom određivanja opasnih mjesta potrebno je definirati stopu prometnih nesreća kao prvi korak. Potom je potrebno izračunati prosječnu količinu prometa u razdoblju od jedne godine, a koja se još naziva izloženost lokacije. Nadalje, potrebno je izračunati kritičnu razinu broja prometnih nesreća na temelju prosječne stope prometnih nesreća.

Identificirana opasna mjesta rangiraju se prema omjeru između stope prometnih nesreća i kritične razine broja prometnih nesreća.

Prema kriteriju opasna mjesta s lakše ozlijeđenim osobama niti jedno mjesto unutar cijele dionice autoceste A4 ukupne dužine od 97 km nije identificirano kao opasno.

U prilogu 2. prikazana je tablica identificiranja opasnih mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s lakše ozlijeđenim osobama za cijelu dionicu autoceste A4.

#### 5.5. Opasna mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s teže ozlijeđenim osobama

Opasna mjesta prema ovome kriteriju određuju se na isti način kao što je navedeno u prethodnom poglavlju. Također, prema kriteriju prometnih nesreća s teže ozlijeđenim osobama, niti jedno mjesto na cijeloj dionici autoceste A4 nije identificirano kao opasno.

U prilogu 3. prikazana je tablica identificiranja opasnih mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s teže ozlijeđenim osobama za cijelu dionicu autoceste A4.

#### 5.6. Opasna mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s poginulim osobama

Opasna mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s poginulim osobama identificiraju se na isti način kao i u prethodna dva poglavlja. Prema ovome kriteriju niti jedno mjesto na cijeloj dionici autoceste A4 nije identificirano kao opasno.

U prilogu 4. prikazana je tablica identificiranja opasnih mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s poginulim osobama za cijelu dionicu autoceste A4.

#### 5.7. Opasna mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s materijalnom štetom

Identifikacija opasnih mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s materijalnom štetom radi se na isti način kao i u prethodno navedenim poglavljima. Prema ovome kriteriju identificirano je najviše opasnih mjesta, ukupno njih devet. U nastavku je prikazana tablica koja prikazuje identificirana opasna mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s materijalnom štetom.

U prilogu 5. prikazana je tablica identificiranja opasnih mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s materijalnom štetom za cijelu dionicu autoceste A4.

Tablica 6. Identificirana opasna mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s materijalnom štetom

km odsječak	PN s materijalnom štetom			Opasno mjesto
	Cr	Ccr	Cr/Ccr	
5	1,572296142	1,454764843	1,080790582	Opasno mjesto
17	2,482085548	1,235408052	2,009122041	Opasno mjesto
32	1,116725315	0,990194766	1,127783496	Opasno mjesto
77	1,095108191	0,984952669	1,111838391	Opasno mjesto
90	1,329774232	0,984952669	1,350089474	Opasno mjesto
91	1,173330204	0,984952669	1,191255419	Opasno mjesto
93	1,407996245	0,984952669	1,429506502	Opasno mjesto
95	1,016886177	0,984952669	1,032421363	Opasno mjesto
97	1,173330204	0,984952669	1,191255419	Opasno mjesto

Izvor: izradio autor prema podacima [16]

### 5.8. Rangiranje opasnih mjesta

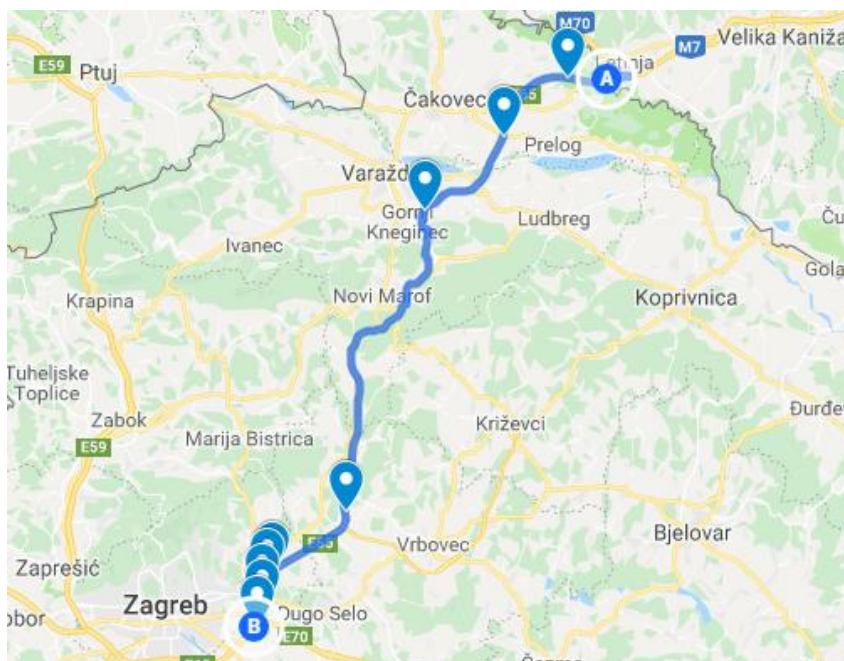
Temeljem izračuna težine posljedica prometnih nesreća moguće je izvršiti njihovo rangiranje. Svaki tip prometne nesreće ima svoj težinski indeks (ponder). Obično se uzimaju sljedeće vrijednosti težinskih koeficijenata:

- Prometne nesreće s materijalnom štetom  $P_1 = 1$
- Prometne nesreće s lakše ozlijeđenim osobama  $P_2 = 3$
- Prometne nesreće s teže ozlijeđenim osobama  $P_3 = 7,5$
- Prometne nesreće s poginulim osobama  $P_4 = 9$

Prilikom procesa rangiranja opasnih mjesta uzima se u obzir omjer stope prometnih nesreća i kritične razine nastanka prometnih nesreća.

S obzirom da prema kriteriju prometnih nesreća sa lakše ozlijeđenima, teže ozlijeđenima i poginulima niti jedno mjesto na cijeloj dionici autoceste A4 nije identificirano kao opasno, rangiranje se vrši samo na temelju kriterija prometnih nesreća sa materijalnom štetom. Pri tome se za svako identificirano opasno mjesto vrši ponderiranje omjera stope prometnih nesreća i kritične razine nastanka prometnih nesreća odgovarajućim ponderom koji ovisi o vrsti prometne nesreće.

Rangiranje opasnih mjesta na cijeloj dionici autoceste A4 prikazano je u tablici 7.



Slika 15. Identificirana potencijalno opasna mjesta na autocesti A4

Izvor: [17]

Tablica 7. Rangiranje opasnih mjesta na cijeloj dionici autoceste A4

km	PN s lakše ozlijeđenima	PN s teže ozlijeđenima	PN s poginulima	PN s materijalnom štetom	UKUPNO
93	0	0,230618179	0	1,429506502	3,159142845
95	0,386209569	0	0	1,032421363	2,19105007
17	0	0	0	2,009122041	2,009122041
90	0,193104784	0	0	1,350089474	1,929403826
91	0,193104784	0	0	1,191255419	1,770569771
97	0,193104784	0	0	1,191255419	1,770569771
77	0,193104784	0	0	1,111838391	1,691152743
32	0	0	0	1,127783496	1,127783496
5	0	0	0	1,080790582	1,080790582

Izvor: izradio autor prema podacima [16]

## 6. ZAKLJUČAK

Promet je vrlo složena pojava pri kojoj dolazi do mnogih konfliktnih situacija. Prometne nesreće svakodnevno sve više negativno utječu na društvo i okolinu. Sigurnost u prometu jedna je od ključnih odrednica svake države. Ubrzan razvoj cestovnog prometa osim pozitivnog učinka u razvoju gospodarstva, ima i niz negativnih učinaka. Stanje sigurnosti cestovnog prometa očituje se u broju poginulih osoba. Postoji više podjela prometnih nesreća, a osnovna podjela prometne nesreće prema vrstama dijele se na nalet na pješaka, nalet na biciklistu, nalet na mirujuće vozilo, nalet na zaprežno vozilo, sudar dvaju ili više vozila, zanošenje vozila, nalet vozila na nepokretnu prepreku te nalet na životinju.

Autoceste u Hrvatskoj čine mrežu autocesta koje imaju funkciju povezivanja Republike Hrvatske u europski prometni sustav, ostvarivanja kontinuiteta E-cesta, prometnog povezivanja regija Republike Hrvatske te omogućavanja tranzitnog prometa.

Autocesta A4 je četvrta autocesta po dužini u Republici Hrvatskoj sa dužinom od 97 km. Smještena je u sjevernom dijelu Republike Hrvatske, a povezuje Grad Zagreb, Zagrebačku županiju, Varaždinsku županiju, Međimursku županiju te nastavlja dalje do granice sa Republikom Mađarskom.

Autoceste su prometnice na kojima se razvijaju velike brzine pa je nužno osigurati odgovarajuću razinu sigurnosti prometa. Prometna oprema na autocestama uključuje opremu za označavanje ruba kolnika, opremu za označavanje vrha razdjelnih otoka u čvorištima, opremu, znakove i oznake za označavanje radova i zapreka na cesti, zaštitne odbojne ograde, ograde protiv zasljepljivanja, zaštitne žičane ograde i ublaživače udara.

Jedan od najbitnijih načina povećanja sigurnosti u cestovnom prometu je identifikacija i sanacija opasnih mjesta tj. mjesta gdje je veći rizik i gdje češće dolazi do nastanka prometnih nesreća. U analiziranom razdoblju od 2015. do 2017. godine kada se promatraju prometne nesreće i njihove posljedice može se konstatirati da postoji blagi pad broja prometnih nesreća i njihovih posljedica u 2016. godini u odnosu na 2015. godinu dok je vidljiv rast broja prometnih nesreća u 2017. godini u odnosu na prijašnju godinu. Tako je u 2015. godini na cijeloj dionici autoceste A4 zabilježeno ukupno 141 prometna nesreće, 2016. ukupno 103 prometne nesreće, a 2017. ukupno 132 prometne nesreće.

Identificiranje opasnih mjesta obavlja se raznim metodama, među kojima je najvjerodostojnija Rate Quality Control metoda koja uzima u obzir duljinu promatrane dionice, prometno opterećenje na dionici, stopu prometnih nesreća i kritičnu razinu prometnih nesreća.

U ovom diplomskom radu potrebno je bilo identificirati potencijalno opasna mjesta na cijeloj dionici autoceste A4. Koristeći Rate Quality Control metodu te na temelju ulaznih podataka o prometnom opterećenju i prometnim nesrećama, ustanovljeno je devet potencijalno opasnih mjesta. Treba spomenuti da se čak pet od ukupno devet identificiranih potencijalno opasnih mjesta nalazi između 90. i 97. km autoceste A4. Na ovoj autocesti je 93. km identificiran kao najopasnija dionica. Najviše prometnih nesreća događa se kod čvorova Popovec, Kraljevečki Novaki te Ivanja Reka. Prema kriteriju prometnih nesreća sa lakšim

ozljedama, težim ozljedama te poginulim osobama niti jedno mjesto na cijeloj dionici nije identificirano kao opasno. Prema kriteriju prometnih nesreća s materijalnom štetom, identificirano je devet potencijalno opasnih mjesta na cijeloj dionici autoceste A4.

## 7. LITERATURA

1. Republika Hrvatska: Zakon o sigurnosti prometa na cestama, Narodne novine 67/08, Hrvatska, 2008.
2. Republika Hrvatska: Zakon o cestama, Narodne novine 84/11, Hrvatska, 2011.
3. <http://hac.hr/interaktivna-karta-autocesta->
4. Zovak, G., Šarić, Ž.: Prometno tehničke ekspertize i sigurnost, Nastavni materijal, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.
5. [http://vjestak-ja.blogspot.com/2009\\_07\\_01\\_archive.html](http://vjestak-ja.blogspot.com/2009_07_01_archive.html)
6. <http://www.petabrzina.com/>
7. Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, NN 33/05, 64/05 – ispravak, 155/05, 14/11
8. Legac, I.: Cestovne prometnice I, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
9. Bilten o sigurnosti cestovnog prometa 2015., Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske, Zagreb, 2016.
10. Bilten o sigurnosti cestovnog prometa 2016., Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske, Zagreb, 2017.
11. Bilten o sigurnosti cestovnog prometa 2017., Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske, Zagreb, 2018.
12. Metodologija za identifikaciju opasnih mjesta u cestovnoj prometnoj mreži, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.
13. Rotim, F.: Elementi sigurnosti cestovnog prometa, Sudari vozila, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1992.
14. Gledec, M.: Zašto na cestama postoje „crne točke“, Hrvatsko društvo za ceste, - Via Vita, Zagreb, 2009.
15. Šarić, Ž.: Model identifikacije opasnih mjesta u cestovnoj prometnoj mreži, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2014.
16. HAC, Hrvatske autoceste d.o.o., Prometne nesreće na A4 za 2015., 2016., 2017., Zagreb, 2017.
17. <https://www.google.com/maps>



## POPIS SLIKA

- Slika 1. Položaj autoceste A4 na teritoriju Republike Hrvatske
- Slika 2. Vennov dijagram – međudjelovanje čimbenika cestovnog prometnog sustava
- Slika 3. Vrste naleta vozila na pješaka
- Slika 4. Oblici prednjeg dijela vozila
- Slika 5. Centralni sudar
- Slika 6. Položaj udarnog pravca kod bočnih sudara
- Slika 7. Preupravljanje
- Slika 8. Podupravljanje
- Slika 9. Potpuni frontalni nalet
- Slika 10. Djelomični frontalni nalet
- Slika 11. Bočno okrznuće
- Slika 12. Proces provedbe identifikacije opasnih mjesta
- Slika 13. Prikaz segmentiranja ceste na fiksne dijelove
- Slika 14. Prikaz načina rada "sliding window" metode
- Slika 15. Identificirana potencijalno opasna mjesta na autocesti A4

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Podaci o prometnim nesrećama na autocesti A4 i njihovim posljedicama za razdoblje od 2015. do 2017. godine .....	22
Tablica 2. Prometne nesreće na autocestama u 2015. godini .....	24
Tablica 3. Prometne nesreće na autocestama u 2016. godini .....	25
Tablica 4. Prometne nesreće na autocestama u 2017. godini .....	26
Tablica 5. Koeficijent razine povjerenja .....	35
Tablica 6. Identificirana opasna mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s materijalnom štetom .....	37
Tablica 7. Rangiranje opasnih mjesta na cijeloj dionici autoceste A4 .....	38

## POPIS GRAFIKONA

Graf 1. Podaci o prometnim nesrećama i njihovim posljedicama za razdoblje od 2015. do 2017. godine .....	23
Graf 2. Udio prometnih nesreća na autocestama u 2015. godini .....	25
Graf 3. Udio prometnih nesreća na autocestama u 2016. godini .....	26
Graf 4. Udio prometnih nesreća na autocestama u 2017. godini .....	27

## PRILOZI

**Prilog 1.** Prikaz broja prometnih nesreća sa lakše ozlijeđenim osobama, teže ozlijeđenim osobama, poginulim osobama te materijalnom štetom za 2015., 2016., 2017. godinu za cijelu dionicu autoceste A4.

km odsječak	PN s lakše ozlijeđenim osobama				PN s teže ozlijeđenim osobama				PN s poginulim osobama				PN s materijalnom štetom			
	2015	2016	2017	UKUPNO	2015	2016	2017	UKUPNO	2015	2016	2017	UKUPNO	2015	2016	2017	UKUPNO
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	1	6
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
8	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
10	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	8	15
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	4
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3

km odsječak	PN s lakše ozlijeđenim osobama				PN s teže ozlijeđenim osobama				PN s poginulim osobama				PN s materijalnom štetom			
	2015	2016	2017	UKUPNO	2015	2016	2017	UKUPNO	2015	2016	2017	UKUPNO	2015	2016	2017	UKUPNO
31	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	4
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	5	14
33	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	5
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	3	7
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
38	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	4	7
39	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	1	1	2
40	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	6
41	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	7
42	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	6
45	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
46	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
47	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	2	7
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	5
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	5
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	1	3
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	5
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	4
56	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	2	7
57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	5
58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
59	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	5
61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	5
62	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	3
64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	4
65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
66	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	7
67	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	4

km odsječak	PN s lakše ozlijeđenim osobama				PN s teže ozlijeđenim osobama				PN s poginulim osobama				PN s materijalnom štetom			
	2015	2016	2017	UKUPNO	2015	2016	2017	UKUPNO	2015	2016	2017	UKUPNO	2015	2016	2017	UKUPNO
68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	6
69	0	1	2	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	5
71	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	5
72	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3
73	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3
74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
75	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	9
76	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3
77	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	2	14
78	0	1	1	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3	3	6
79	0	1	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	4	10
80	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	2	0	3
81	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5	4	9
82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	1	7
83	1	1	0	2	1	0	1	2	0	0	0	0	3	2	2	7
84	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	5
85	1	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	2	6
86	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	11
87	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	2	11
88	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	5	3	3	11
89	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3
90	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	7	5	17
91	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	7	15
92	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	3	9
93	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	6	4	8	18
94	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	6	12
95	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	9	13
96	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	6	4	11
97	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3	4	15

**Prilog 2.** Identifikacija opasnih mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s lakše ozlijeđenim osobama na cijeloj dionici autoceste A4.

km odsječak	PN s lakše ozlijeđenim osobama			Opasno mjesto
	Cr	Ccr	Cr/Ccr	
1	0	0,692167095	0	Ne
2	0	0,692167095	0	Ne
3	0	0,692167095	0	Ne
4	0	0,692167095	0	Ne
5	0	0,692167095	0	Ne
6	0	0,692167095	0	Ne
7	0	0,692167095	0	Ne
8	0,524098714	0,692167095	0,757185249	Ne
9	0	0,692167095	0	Ne
10	0,262049357	0,692167095	0,378592624	Ne
11	0	0,692167095	0	Ne
12	0	0,692167095	0	Ne
13	0	0,692167095	0	Ne
14	0	0,692167095	0	Ne
15	0	0,55552483	0	Ne
16	0	0,55552483	0	Ne
17	0	0,55552483	0	Ne
18	0	0,55552483	0	Ne
19	0	0,55552483	0	Ne
20	0	0,55552483	0	Ne
21	0	0,55552483	0	Ne
22	0	0,55552483	0	Ne
23	0	0,511397859	0	Ne
24	0	0,511397859	0	Ne
25	0	0,511397859	0	Ne
26	0	0,511397859	0	Ne
27	0	0,511397859	0	Ne
28	0	0,511397859	0	Ne
29	0	0,511397859	0	Ne
30	0	0,511397859	0	Ne
31	0,079766094	0,408156228	0,1954303	Ne
32	0	0,408156228	0	Ne
33	0,079766094	0,408156228	0,1954303	Ne
34	0	0,408156228	0	Ne
35	0	0,408156228	0	Ne
36	0	0,408156228	0	Ne
37	0	0,42056379	0	Ne
38	0,086098049	0,42056379	0,204720547	Ne
39	0	0,42056379	0	Ne

PN s lakše ozlijeđenim osobama				
km odsječak	Cr	Ccr	Cr/Ccr	Opasno mjesto
40	0,086098049	0,42056379	0,204720547	Ne
41	0,172196099	0,42056379	0,409441095	Ne
42	0,086098049	0,42056379	0,204720547	Ne
43	0	0,42056379	0	Ne
44	0	0,42056379	0	Ne
45	0,170174603	0,418606582	0,406526344	Ne
46	0,085087302	0,418606582	0,203263172	Ne
47	0,085087302	0,418606582	0,203263172	Ne
48	0	0,418606582	0	Ne
49	0,085087302	0,418606582	0,203263172	Ne
50	0	0,418606582	0	Ne
51	0	0,418606582	0	Ne
52	0	0,418606582	0	Ne
53	0	0,418606582	0	Ne
54	0	0,418606582	0	Ne
55	0	0,411108819	0	Ne
56	0,081256518	0,411108819	0,197652093	Ne
57	0	0,411108819	0	Ne
58	0	0,411108819	0	Ne
59	0,162513037	0,411108819	0,395304185	Ne
60	0,081256518	0,411108819	0,197652093	Ne
61	0	0,411108819	0	Ne
62	0,081256518	0,411108819	0,197652093	Ne
63	0	0,411108819	0	Ne
64	0	0,411108819	0	Ne
65	0	0,411108819	0	Ne
66	0,081256518	0,411108819	0,197652093	Ne
67	0,156444027	0,405075482	0,386209569	Ne
68	0	0,405075482	0	Ne
69	0,234666041	0,405075482	0,579314353	Ne
70	0	0,405075482	0	Ne
71	0,078222014	0,405075482	0,193104784	Ne
72	0,078222014	0,405075482	0,193104784	Ne
73	0,078222014	0,405075482	0,193104784	Ne
74	0	0,405075482	0	Ne
75	0,078222014	0,405075482	0,193104784	Ne
76	0,078222014	0,405075482	0,193104784	Ne
77	0,078222014	0,405075482	0,193104784	Ne
78	0,156444027	0,405075482	0,386209569	Ne
79	0,391110068	0,405075482	0,965523921	Ne
80	0	0,405075482	0	Ne



PN s lakše ozlijeđenim osobama				
km odsječak	Cr	Ccr	Cr/Ccr	Opasno mjesto
81	0	0,405075482	0	Ne
82	0	0,405075482	0	Ne
83	0,156444027	0,405075482	0,386209569	Ne
84	0,078222014	0,405075482	0,193104784	Ne
85	0,234666041	0,405075482	0,579314353	Ne
86	0,156444027	0,405075482	0,386209569	Ne
87	0,156444027	0,405075482	0,386209569	Ne
88	0,078222014	0,405075482	0,193104784	Ne
89	0,078222014	0,405075482	0,193104784	Ne
90	0,078222014	0,405075482	0,193104784	Ne
91	0,078222014	0,405075482	0,193104784	Ne
92	0,078222014	0,405075482	0,193104784	Ne
93	0	0,405075482	0	Ne
94	0	0,405075482	0	Ne
95	0,156444027	0,405075482	0,386209569	Ne
96	0	0,405075482	0	Ne
97	0,078222014	0,405075482	0,193104784	Ne

**Prilog 3.** Identifikacija opasnih mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s teže ozlijeđenim osobama na cijeloj dionici autoceste A4.

km odsječak	PN s teže ozlijeđenim osobama			Opasno mjesto
	Cr	Ccr	Cr/Ccr	
1	0	0,599418708	0	Ne
2	0	0,599418708	0	Ne
3	0	0,599418708	0	Ne
4	0	0,599418708	0	Ne
5	0	0,599418708	0	Ne
6	0	0,599418708	0	Ne
7	0	0,599418708	0	Ne
8	0	0,599418708	0	Ne
9	0	0,599418708	0	Ne
10	0	0,599418708	0	Ne
11	0	0,599418708	0	Ne
12	0	0,599418708	0	Ne
13	0	0,599418708	0	Ne
14	0	0,599418708	0	Ne
15	0	0,474934145	0	Ne
16	0	0,474934145	0	Ne
17	0	0,474934145	0	Ne
18	0	0,474934145	0	Ne
19	0	0,474934145	0	Ne
20	0	0,474934145	0	Ne
21	0	0,474934145	0	Ne
22	0	0,474934145	0	Ne
23	0	0,434958557	0	Ne
24	0	0,434958557	0	Ne
25	0	0,434958557	0	Ne
26	0	0,434958557	0	Ne
27	0	0,434958557	0	Ne
28	0	0,434958557	0	Ne
29	0	0,434958557	0	Ne
30	0	0,434958557	0	Ne
31	0	0,341947136	0	Ne
32	0	0,341947136	0	Ne
33	0	0,341947136	0	Ne
34	0	0,341947136	0	Ne
35	0	0,341947136	0	Ne
36	0	0,341947136	0	Ne
37	0	0,353083033	0	Ne
38	0	0,353083033	0	Ne
39	0,172196099	0,353083033	0,487692929	Ne

PN s teže ozlijeđenim osobama				
km odsječak	Cr	Ccr	Cr/Ccr	Opasno mjesto
40	0	0,353083033	0	Ne
41	0	0,353083033	0	Ne
42	0	0,353083033	0	Ne
43	0	0,353083033	0	Ne
44	0	0,353083033	0	Ne
45	0	0,351325601	0	Ne
46	0	0,351325601	0	Ne
47	0	0,351325601	0	Ne
48	0	0,351325601	0	Ne
49	0	0,351325601	0	Ne
50	0	0,351325601	0	Ne
51	0	0,351325601	0	Ne
52	0	0,351325601	0	Ne
53	0	0,351325601	0	Ne
54	0	0,351325601	0	Ne
55	0	0,344595986	0	Ne
56	0	0,344595986	0	Ne
57	0	0,344595986	0	Ne
58	0	0,344595986	0	Ne
59	0	0,344595986	0	Ne
60	0	0,344595986	0	Ne
61	0	0,344595986	0	Ne
62	0	0,344595986	0	Ne
63	0	0,344595986	0	Ne
64	0	0,344595986	0	Ne
65	0	0,344595986	0	Ne
66	0	0,344595986	0	Ne
67	0	0,339184074	0	Ne
68	0	0,339184074	0	Ne
69	0,078222014	0,339184074	0,230618179	Ne
70	0	0,339184074	0	Ne
71	0	0,339184074	0	Ne
72	0	0,339184074	0	Ne
73	0	0,339184074	0	Ne
74	0	0,339184074	0	Ne
75	0	0,339184074	0	Ne
76	0	0,339184074	0	Ne
77	0	0,339184074	0	Ne
78	0,078222014	0,339184074	0,230618179	Ne
79	0	0,339184074	0	Ne
80	0,078222014	0,339184074	0,230618179	Ne

PN s teže ozlijeđenim osobama				
km odsječak	Cr	Ccr	Cr/Ccr	Opasno mjesto
81	0,078222014	0,339184074	0,230618179	Ne
82	0	0,339184074	0	Ne
83	0,156444027	0,339184074	0,461236358	Ne
84	0	0,339184074	0	Ne
85	0	0,339184074	0	Ne
86	0	0,339184074	0	Ne
87	0	0,339184074	0	Ne
88	0,078222014	0,339184074	0,230618179	Ne
89	0	0,339184074	0	Ne
90	0	0,339184074	0	Ne
91	0	0,339184074	0	Ne
92	0	0,339184074	0	Ne
93	0,078222014	0,339184074	0,230618179	Ne
94	0	0,339184074	0	Ne
95	0	0,339184074	0	Ne
96	0,078222014	0,339184074	0,230618179	Ne
97	0	0,339184074	0	Ne

**Prilog 4.** Identifikacija opasnih mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s poginulim osobama na cijeloj dionici autoceste A4.

km odsječak	PN s poginulim osobama			Opasno mjesto
	Cr	Ccr	Cr/Ccr	
1	0	0,800015821	0	Ne
2	0	0,800015821	0	Ne
3	0	0,800015821	0	Ne
4	0	0,800015821	0	Ne
5	0	0,800015821	0	Ne
6	0	0,800015821	0	Ne
7	0	0,800015821	0	Ne
8	0	0,800015821	0	Ne
9	0	0,800015821	0	Ne
10	0	0,800015821	0	Ne
11	0	0,800015821	0	Ne
12	0	0,800015821	0	Ne
13	0,262049357	0,800015821	0,327555219	Ne
14	0	0,800015821	0	Ne
15	0	0,649987998	0	Ne
16	0	0,649987998	0	Ne
17	0	0,649987998	0	Ne
18	0	0,649987998	0	Ne
19	0	0,649987998	0	Ne
20	0	0,649987998	0	Ne
21	0	0,649987998	0	Ne
22	0	0,649987998	0	Ne
23	0	0,601290382	0	Ne
24	0	0,601290382	0	Ne
25	0	0,601290382	0	Ne
26	0	0,601290382	0	Ne
27	0	0,601290382	0	Ne
28	0	0,601290382	0	Ne
29	0	0,601290382	0	Ne
30	0	0,601290382	0	Ne
31	0	0,486785349	0	Ne
32	0	0,486785349	0	Ne
33	0	0,486785349	0	Ne
34	0	0,486785349	0	Ne
35	0	0,486785349	0	Ne
36	0	0,486785349	0	Ne
37	0	0,500593007	0	Ne
38	0	0,500593007	0	Ne
39	0	0,500593007	0	Ne

PN s poginulim osobama				
km odsječak	Cr	Ccr	Cr/Ccr	Opasno mjesto
40	0	0,500593007	0	Ne
41	0	0,500593007	0	Ne
42	0	0,500593007	0	Ne
43	0	0,500593007	0	Ne
44	0	0,500593007	0	Ne
45	0	0,498415847	0	Ne
46	0	0,498415847	0	Ne
47	0	0,498415847	0	Ne
48	0	0,498415847	0	Ne
49	0	0,498415847	0	Ne
50	0	0,498415847	0	Ne
51	0	0,498415847	0	Ne
52	0	0,498415847	0	Ne
53	0,085087302	0,498415847	0,170715482	Ne
54	0	0,498415847	0	Ne
55	0	0,490072357	0	Ne
56	0	0,490072357	0	Ne
57	0	0,490072357	0	Ne
58	0	0,490072357	0	Ne
59	0	0,490072357	0	Ne
60	0	0,490072357	0	Ne
61	0	0,490072357	0	Ne
62	0	0,490072357	0	Ne
63	0	0,490072357	0	Ne
64	0	0,490072357	0	Ne
65	0	0,490072357	0	Ne
66	0	0,490072357	0	Ne
67	0	0,483354836	0	Ne
68	0	0,483354836	0	Ne
69	0	0,483354836	0	Ne
70	0	0,483354836	0	Ne
71	0	0,483354836	0	Ne
72	0	0,483354836	0	Ne
73	0	0,483354836	0	Ne
74	0	0,483354836	0	Ne
75	0	0,483354836	0	Ne
76	0	0,483354836	0	Ne
77	0	0,483354836	0	Ne
78	0	0,483354836	0	Ne
79	0	0,483354836	0	Ne
80	0	0,483354836	0	Ne

PN s poginulim osobama				
km odsječak	Cr	Ccr	Cr/Ccr	Opasno mjesto
81	0	0,483354836	0	Ne
82	0	0,483354836	0	Ne
83	0	0,483354836	0	Ne
84	0	0,483354836	0	Ne
85	0	0,483354836	0	Ne
86	0	0,483354836	0	Ne
87	0	0,483354836	0	Ne
88	0	0,483354836	0	Ne
89	0	0,483354836	0	Ne
90	0	0,483354836	0	Ne
91	0	0,483354836	0	Ne
92	0	0,483354836	0	Ne
93	0	0,483354836	0	Ne
94	0	0,483354836	0	Ne
95	0	0,483354836	0	Ne
96	0	0,483354836	0	Ne
97	0	0,483354836	0	Ne

**Prilog 5.** Identifikacija opasnih mjesta prema kriteriju prometnih nesreća s materijalnom štetom na cijeloj dionici autoceste A4.

km odsječak	PN s materijalnom štetom			Opasno mjesto
	Cr	Ccr	Cr/Ccr	
1	0,262049357	1,454764843	0,180131764	Ne
2	0	1,454764843	0	Ne
3	0,262049357	1,454764843	0,180131764	Ne
4	0,262049357	1,454764843	0,180131764	Ne
5	1,572296142	1,454764843	1,080790582	Opasno mjesto
6	0,262049357	1,454764843	0,180131764	Ne
7	0,524098714	1,454764843	0,360263527	Ne
8	0,262049357	1,454764843	0,180131764	Ne
9	0,262049357	1,454764843	0,180131764	Ne
10	0,262049357	1,454764843	0,180131764	Ne
11	0,524098714	1,454764843	0,360263527	Ne
12	0	1,454764843	0	Ne
13	0	1,454764843	0	Ne
14	0	1,454764843	0	Ne
15	0	1,235408052	0	Ne
16	0,33094474	1,235408052	0,267882939	Ne
17	2,482085548	1,235408052	2,009122041	Opasno mjesto
18	0,16547237	1,235408052	0,133941469	Ne
19	0,33094474	1,235408052	0,267882939	Ne
20	0,661889479	1,235408052	0,535765878	Ne
21	0,33094474	1,235408052	0,267882939	Ne
22	0	1,235408052	0	Ne
23	0,137557164	1,163037298	0,118274078	Ne
24	0,412671491	1,163037298	0,354822233	Ne
25	0,550228654	1,163037298	0,47309631	Ne
26	0,137557164	1,163037298	0,118274078	Ne
27	0,275114327	1,163037298	0,236548155	Ne
28	0,137557164	1,163037298	0,118274078	Ne
29	0,550228654	1,163037298	0,47309631	Ne
30	0,412671491	1,163037298	0,354822233	Ne
31	0,319064376	0,990194766	0,322223856	Ne
32	1,116725315	0,990194766	1,127783496	Opasno mjesto
33	0,39883047	0,990194766	0,40277982	Ne
34	0,239298282	0,990194766	0,241667892	Ne
35	0,159532188	0,990194766	0,161111928	Ne
36	0,558362657	0,990194766	0,563891748	Ne
37	0,344392197	1,011254061	0,34055952	Ne
38	0,602686345	1,011254061	0,59597916	Ne
39	0,172196099	1,011254061	0,17027976	Ne



PN s materijalnom štetom				
km odsječak	Cr	Ccr	Cr/Ccr	Opasno mjesto
40	0,516588296	1,011254061	0,51083928	Ne
41	0,602686345	1,011254061	0,59597916	Ne
42	0,172196099	1,011254061	0,17027976	Ne
43	0,172196099	1,011254061	0,17027976	Ne
44	0,516588296	1,011254061	0,51083928	Ne
45	0,170174603	1,007937683	0,168834449	Ne
46	0,170174603	1,007937683	0,168834449	Ne
47	0,595611112	1,007937683	0,590920572	Ne
48	0	1,007937683	0	Ne
49	0,170174603	1,007937683	0,168834449	Ne
50	0,425436508	1,007937683	0,422086123	Ne
51	0,425436508	1,007937683	0,422086123	Ne
52	0,255261905	1,007937683	0,253251674	Ne
53	0,255261905	1,007937683	0,253251674	Ne
54	0,425436508	1,007937683	0,422086123	Ne
55	0,325026073	0,995213848	0,326589179	Ne
56	0,568795628	0,995213848	0,571531063	Ne
57	0,406282591	0,995213848	0,408236473	Ne
58	0,081256518	0,995213848	0,081647295	Ne
59	0	0,995213848	0	Ne
60	0,406282591	0,995213848	0,408236473	Ne
61	0,406282591	0,995213848	0,408236473	Ne
62	0,081256518	0,995213848	0,081647295	Ne
63	0,243769555	0,995213848	0,244941884	Ne
64	0,325026073	0,995213848	0,326589179	Ne
65	0,081256518	0,995213848	0,081647295	Ne
66	0,568795628	0,995213848	0,571531063	Ne
67	0,312888055	0,984952669	0,317668112	Ne
68	0,469332082	0,984952669	0,476502167	Ne
69	0,078222014	0,984952669	0,079417028	Ne
70	0,391110068	0,984952669	0,39708514	Ne
71	0,391110068	0,984952669	0,39708514	Ne
72	0,234666041	0,984952669	0,238251084	Ne
73	0,234666041	0,984952669	0,238251084	Ne
74	0,312888055	0,984952669	0,317668112	Ne
75	0,703998123	0,984952669	0,714753251	Ne
76	0,234666041	0,984952669	0,238251084	Ne
77	1,095108191	0,984952669	1,111838391	Opasno mjesto
78	0,469332082	0,984952669	0,476502167	Ne
79	0,782220136	0,984952669	0,794170279	Ne
80	0,234666041	0,984952669	0,238251084	Ne

PN s materijalnom štetom				
km odsječak	Cr	Ccr	Cr/Ccr	Opasno mjesto
81	0,703998123	0,984952669	0,714753251	Ne
82	0,547554095	0,984952669	0,555919195	Ne
83	0,547554095	0,984952669	0,555919195	Ne
84	0,391110068	0,984952669	0,39708514	Ne
85	0,469332082	0,984952669	0,476502167	Ne
86	0,86044215	0,984952669	0,873587307	Ne
87	0,86044215	0,984952669	0,873587307	Ne
88	0,86044215	0,984952669	0,873587307	Ne
89	0,234666041	0,984952669	0,238251084	Ne
90	1,329774232	0,984952669	1,350089474	Opasno mjesto
91	1,173330204	0,984952669	1,191255419	Opasno mjesto
92	0,703998123	0,984952669	0,714753251	Ne
93	1,407996245	0,984952669	1,429506502	Opasno mjesto
94	0,938664164	0,984952669	0,953004335	Ne
95	1,016886177	0,984952669	1,032421363	Opasno mjesto
96	0,86044215	0,984952669	0,873587307	Ne
97	1,173330204	0,984952669	1,191255419	Opasno mjesto



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ diplomski rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako 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 \_\_\_\_\_ diplomskog rada

pod naslovom **IDENTIFIKACIJA OPASNIH MJESTA NA AUTOCESTI A4**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 1.3.2019 \_\_\_\_\_

Student/ica:

*Stanić J.*  
\_\_\_\_\_  
(potpis)