

# Nalet vozila na pješaka

---

Lizatović, Hrvoje

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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:119:969367>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-04**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Hrvoje Lizatović**

**NALET VOZILA NA PJEŠAKA**

**DIPLOMSKI RAD**

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**NALET VOZILA NA PJEŠAKA**

**PEDESTRIAN AND VEHICLE COLLISION**

**Mentor:** Prof. dr. sc. Ljupko Šimunović

**Student:** Hrvoje Lizatović, 0135216233

Zagreb, 2016.

# NALET VOZILA NA PJEŠAKA

## SAŽETAK

U diplomskom radu analiziraju se osnovne fizikalne zakonitosti temeljem kojih je moguće opisati nalet vozila na pješaka. Pored teorijskog izučavanja sudara obavlja se analiza na zamišljenom sudaru koji se događa u svakodnevnom životu. Opisuje se kinematika gibanja vozila i pješaka, način određivanja brzine vozila na početku kočenja, u trenutku udara u pješaka i nakon udara u pješaka.

Radi utvrđivanja uzroka i okolnosti pod kojima dolazi do nesreće često puta je potrebno obaviti prometnu ekspertizu (tehničku analizu) kako bi sud mogao ocijeniti odgovornost pojedinih sudionika u nesreći. Za analizu prometnih nesreća, osim klasičnih metoda rada, danas postoje računalni programi koji sve više postaju poželjan, a nerijetko i nužan alat za rad. Programi za simulaciju prometnih nezgoda, za razliku od analitičkih metoda, uzimaju u obzir gotovo sve relevantne parametre kinematike naleta vozila na pješaka.

Svrha istraživanja diplomskog rada je upoznavanje s fizikalnim osnovama gibanja sudionika u sudaru, načinom prikupljanja podataka o tragovima kočenja, deformaciji vozila, odbačenim i razbijenim dijelovima, te načinom uzimanja izjava očevidaca kako bi se dobio objektivni i cjelovit uvid u vremenski i prostorni tok nastanka nesreće, odnosno kako i gdje se ona dogodila.

**KLJUČNE RIJEČI:** Nalet vozila, vrste naleta, analiza sigurnosti pješaka

# PEDESTRIAN AND VEHICLE COLLISION

## SUMMARY

This thesis is analyzing the basic physical principles based on which it is possible to describe a vehicle hitting a pedestrian. In addition to the theoretical study of collisions there is an analysis of an imaginary collision that happens in everyday life. There is a description of the kinematics of movement of the vehicle and the pedestrian, the method of determining the speed of the vehicle at the beginning of braking, at the moment of impact with the pedestrian and after hitting the pedestrian.

In order to determine the causes and circumstances which lead to accidents it is often needed to perform a car expertise (technical analysis) in order for the court to assess the responsibility of individual participants in the accident. For the analysis of traffic accidents, in addition to conventional methods, today there are software programs that are becoming increasingly desirable, and often a necessary tool for work. Programs for the simulation of traffic accidents, as opposed to analytical methods, take into account almost all relevant kinematics parameters in vehicle impact on pedestrians.

The purpose of the thesis is to explore the physical basis of the movement of participants in the collision, the method of collecting data on the braking skid marks, deformation of the vehicle, discarded and broken parts, and the method of taking statements from eyewitnesses in order for to obtain an objective and comprehensive understanding of the temporal and spatial course of the accident, and how and where it happened.

**KEYWORDS:** Rush of vehicles, type of rush, analysis of pedestrian safety

# SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 2. PJEŠACI U PROMETU .....  | 3  |
| 2.1. Analiza prometnih nesreća s pješacima na području RH u 2015. godini.....                 | 4  |
| 2.1.1. Vrste, posljedica i broj prometnih nesreća .....                                       | 4  |
| 2.1.2. Pogreške pješaka .....   | 5  |
| 2.1.3. Svojstva sudionika prometnih nesreća .....   | 9  |
| 2.1.4. Dobna struktura nastradalih pješaka.....   | 13 |
| 2.2. Ozlijede pješaka prilikom naleta vozila.....   | 17 |
| 2.2.1. Ozlijede glave.....  | 18 |
| 2.2.2. Ozlijede koljena .....   | 19 |
| 3. NALET NA PJEŠAKA .....   | 20 |
| 3.1. Potpuni frontalni nalet vozila na pješaka.....   | 22 |
| 3.2. Djelomični frontalni nalet vozila na pješaka.....  | 23 |
| 3.3. Bočno okrznuće vozila i pješaka .....  | 24 |
| 3.4. Pregaženje pješaka .....   | 25 |
| 4. KINEMATIKA NALETA VOZILA NA PJEŠAKA.....   | 26 |
| 4.1. Oblici profila prednjeg dijela vozila .....  | 27 |
| 4.1.1. Nalet vozila klinastog oblika.....   | 27 |
| 4.1.2. Nalet vozila pontonskog oblika.....  | 28 |
| 4.1.3. Nalet vozila sandučastog oblika .....  | 29 |
| 4.2. Uzdužni i poprečni odbačaj pješaka .....   | 31 |
| 5. ELEMENTI OČEVIDA PRI PROMETNIM NESREĆAMA .....   | 33 |
| 5.1. Vrste, određivanje i postupak vještačenja .....  | 33 |
| 5.2. Faze očevida prometnih nesreća .....   | 34 |
| 5.3. Tragovi prometnih nesreća.....   | 36 |
| 5.2.1. Određivanje mjesta sudara na osnovu tragova kočenja i zanošenja vozila .....           | 39 |
| 5.2.2. Određivanje mjesta sudara na osnovu tragova otpale nečistoće sa vozila .....           | 39 |
| 5.2.3. Određivanje mjesta sudara na osnovu tragova čestica boje, stakla i plastike na kolniku | 40 |
| 5.2.4. Određivanje mjesta sudara na osnovu tragova struganja cipele pješaka po kolniku        | 40 |
| 5.2.5. Određivanje mjesta sudara na osnovu krajnjeg položaja predmeta koje je nosio pješak    | 41 |
| 5.4. Tragovi kao materijalni dokaz u analizi prometne nesreće .....                           | 41 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 5.4.1. | Oštećenja vozila, tereta, objekata i povreda osoba.....                               | 41 |
| 5.4.2. | Fiksiranje tragova prema vremenu i mjestu njihovog nastajanja .....                   | 42 |
| 5.5.   | Određivanje mjesta sudara prema daljini odbačaja pješaka.....                         | 43 |
| 6.     | ODREĐIVANJE BRZINE SUDIONIKA U PROMETU .....  | 44 |
| 6.1.   | Određivanje brzine kretanja pješaka .....   | 45 |
| 6.2.   | Određivanje brzine vozila očitavanjem tahografa .....                                 | 45 |
| 6.3.   | Određivanje brzine vozila na osnovu daljine odbačaja predmeta i dijelova vozila ..... | 47 |
| 6.4.   | Određivanje sudarne brzine vozila prema daljini odbačaja pješaka .....                | 48 |
| 6.5.   | Matematički izračun svih brzina vozila kod naleta na pješaka – primjer .....          | 48 |
| 7.     | PRIMJENA RAČUNALNIH PROGRAMA U EKSPERTIZAMA .....                                     | 52 |
| 7.1.   | Primjena programskog paketa PC Crash u analizi naleta vozila na pješaka.....          | 53 |
| 7.2.   | Princip rada softvera Virtual Crash kod analize naleta vozila na pješaka.....         | 57 |
| 8.     | ZAŠTITA PJEŠAKA .....   | 60 |
| 8.1.   | Administrativne mjere .....   | 60 |
| 8.2.   | Tehničke mjere .....  | 61 |
| 8.3.   | Ostale mjere .....  | 64 |
| 9.     | ZAKLJUČAK .....   | 67 |
|        | LITERATURA .....  | 69 |
|        | POPIS SLIKA.....  | 71 |
|        | POPIS TABLICA.....  | 72 |
|        | POPIS GRAFIKONA .....   | 73 |

# 1. UVOD

Jedna od najčešćih vrsta prometnih nesreća je nalet vozila na pješaka. Kako bi se dobio jasniji uvid u broj i posljedice prometnih nesreća u kojima su sudjelovali pješaci, u prvom djelu diplomskog rada, analizirat će se prometne nesreće s nastradalim pješacima u 2015. godini. U istom djelu govorit će se i o ozljedama pješaka, odnosno njenoj kategorizaciji u sudsko medicinskom postupku kao i o dijelovima tijela koja najčešće stradavaju prilikom naleta vozila na pješaka. Težina ozljeda pješaka ovisi o nizu čimbenika, poput onih s kakvim oblikom vozila je tijelo pješaka došlo u kontakt, mase vozila i brzine u trenutku naleta, visini, težini i položaju težišta pješaka, karakteristikama podloge na koju je odbačeno tijelo pješaka nakon naleta i slično.

Razlikuju se tri vrste naleta vozila na pješaka: frontalni, koji može biti potpuni i djelomični, bočno okrznuće te pregaženje tijela pješaka. Svaka od navedenih vrsta naleta ima svoje specifičnosti stoga će u radu biti detaljno opisana svaka vrsta.

Jedan od važnijih čimbenika je oblik profila prednjeg dijela vozila, pa će se u jednom od poglavlja ovom čimbeniku posvetiti najviše pažnje. Danas se u prometu susreće veliki broj različitih oblika profila prednjeg djela vozila. Oni se mogu grupirati u tri osnovna oblika: klinasti, pontonski i sandučasti. Svi čimbenici koji utječu na kretanje pješaka tijekom procesa naleta i odbačaja biti će detaljno opisani i objašnjeni.

Očevid prometnih nesreća često je ključan u sudskom postupku i razjašnjenju nastalog događaja, stoga je jedan od ciljeva ovoga diplomskog rada ukazati i na njegovu veliku važnost. Često se događa da vještaci obavljaju očevid na teškim prometnim nesrećama u kojima ima teško stradalih i poginulih osoba, stoga se očevidu mora pristupiti profesionalno i ozbiljno kako zbog sudskog postupka tako i zbog rodbine unesrećenih.

Iz tog razloga, u diplomskom radu reći će se nešto više o elementima očevida pri prometnim nesrećama. Ovdje će biti nabrojane i opisane sve faze očevida prometnih nesreća kako bi se čitatelja upoznalo sa onim elementima koji su prilikom očevida najvažniji. Bez tih saznanja nemoguće je obaviti kvalitetnu rekonstrukciju prometnih nesreća. Iz toga razloga, potrebno je poznavati tematiku jer ako se prilikom očevida odrede krivi ulazni parametri te načine greške u orijentacijsko-informativnoj fazi, cijeli očevid za posljedicu će imati slabiju kvalitetu.



Postoji veliki broj metoda za određivanje brzine vozila a u diplomskom radu biti će objašnjene 3 metode: određivanje brzine vozila očitavanjem tahografa, određivanje brzine na osnovu daljine odbačaja predmeta i dijelova vozila te određivanje sudarne brzine vozila prema daljini odbačaja pješaka.

U slučajevima kada treba proučavati kompletne pojave kao što su prometne nesreće, koje predstavljaju komplicirane i složene probleme, bez dovoljno pouzdanih podataka, pristup preko simulacije predstavlja najbolji način za prikaz i rješenje ovih problema. Simulacijom se eliminiraju problemi nepostojanja odgovarajuće skupe opreme i laboratorija. Stoga će dio rada biti posvećen definiranju i opisivanju dva računalna programa koja služe za analizu sudarnih procesa – PC-CRASH i Virtual Crash.

Na kraju rada, prije zaključka, predložit će se mjere neophodne za povećanje prometne sigurnosti. One podrazumijevaju administrativno, tehničko i preventivno djelovanje. U istom poglavlju govoriti će se i o sustavu zračnih jastuka i sustavu detekcije pješaka. Ovom tehnologijom povećava se aktivna i pasivna sigurnost pješaka u prometu.

Završni dio sačinjava zaključak u kome su istaknute najbitnije spoznaje do kojih se došlo analizirajući probleme koji se javljaju prilikom sudara vozila i pješaka.

Diplomski rad sastoji se od devet poglavlja i to su:

1. Uvod
2. Pješaci u prometu
3. Nalet na pješaka
4. Kinematika naleta vozila na pješaka
5. Elementi očevida pri prometnim nesrećama
6. Određivanje brzine sudionika u prometu
7. Primjena računalnih programa u ekspertizama
8. Zaštita pješaka
9. Zaključak

## 2. PJEŠACI U PROMETU

*Pješaci* su ljudi koji hodaju nogama, koriste kolica ili druge vrste prijevoza pokretane ljudskom snagom, osim bicikla. Osobe na koturaljkama, klizaljkama i skijama također su pješaci. Osoba koja vlastitom snagom gura ili vuče ručna kolica, zaprežno ili motorno vozilo, dječje prijevozno sredstvo, bicikl ili prijevozno sredstvo na osobni ili motorni pogon smatra se pješakom. Pješačenje je temeljni, najstariji, najrasprostranjeniji i ekološki najprihvatljiviji oblik kretanja ljudi. [1]

Pješak posjeduje veći stupanj pokretljivosti od svih oblika prometa u gradu, što mu omogućava najrazličitija kretanja. Potpuno je pokretljiv u vodoravnoj ravnini gdje lako i spontano mijenja smjer, ide naprijed, natrag, okreće se itd. Pored ova dva stupnja slobode pješak djelomično raspolaže i trećim. Može savladati manje prepreke kao što su rubovi nogostupa, prag na vratima, može se penjati i spuštati stubištem, savladavati uspone, prelaziti s vodoravnih površina na pokretne stube i sl. [1]



**Slika 1.** Stupnjevi slobode pješaka [1]

Osim zdravih osoba u pješačke su tokove uključene i osobe koje imaju određene smetnje u kretanju a to su ponajprije invalidi, djeca, osobe starije životne dobi, trudnice te ljudi koji guraju kolica i nose teret. Njihove se smetnje očituju razlikama u osobnoj brzini, snazi, izdržljivosti i mogućnosti prosuđivanja. U ovu skupinu ubrajaju se i skupine pješaka kao što su obitelji, prijatelji, slijepi, gluhi i sl. koji imaju svoje posebne potrebe.

Smatra se kako je udio osoba koje imaju nekih problema u prometu od 25% do 30% ukupnoga stanovništva (ovdje se ubrajaju majke s djecom, starije osobe, ljudi s prtljagom), odnosno oko

8% u užem smislu. Javnim se prometom ne može koristiti oko 2% stanovništva a oko 0.8% stanovništva uopće ne sudjeluje u prometu. [1]

## **2.1. Analiza prometnih nesreća s pješacima na području RH u 2015. godini**

Pješaci su najslabija karika prometnog sustava u pogledu sigurnosti. Iznimno su ugroženi i imaju veći rizik od ozljeda u sudaru s vozilom. Nezaštićeni su izvana, nemaju pojaseve ni zračne jastuke koji će apsorbirati energiju vozila pri sudaru.

Pješaci čine između 18 % i 37 % poginulih na cestama širom svijeta. U 14 zemalja EU-a 2006. godine poginulo je ukupno 3547 pješaka. Udio poginulih pješaka u Hrvatskoj iznosi oko 17 %, a na području Policijske uprave zagrebačke oko 16 %, što je nešto manje od prosjeka EU-a [1]

U razvijenim zemljama najviše se nesreća događa dok pješaci prelaze cestu. Manji broj nesreća događa se dok pješak hoda uzduž ceste između raskrižja. U nerazvijenim zemljama te zemljama u razvoju nešto je veći broj nesreća koji se događa za vrijeme dok pješaci hodaju uzduž ceste.

Djeca i starije osobe imaju nešto veći udio sa smrtnim ishodom u zemljama u razvoju. Djeca zbog fizičkih osobina (niskog rasta, nedovoljno razvijenog vida i sl.), mentalnih i kognitivnih sposobnosti (impulzivni, teško procjenjuju brzinu i udaljenost vozila) dok su starije osobe zbog slabijih refleksa i nemoći više izloženi riziku od nesreće.

Siromašni ljudi s niskim dohotkom više pješače pa su time i više izloženi opasnosti od prometnih nesreća. U slučaju nesreće često nisu u mogućnosti platiti medicinske i pogrebne troškove. Ovdje je važno istaknuti i strukturu prometnog toka i prometnu kulturu koja je u nerazvijenim zemljama vrlo heterogena. To za posljedicu nosi velike razlike u brzinama kod prometnih entiteta, što također povećava rizik među samim sudionicima. [1]

### **2.1.1. Vrste, posljedica i broj prometnih nesreća**

Da bi se dobio jasni uvid u stanje sigurnosti pješaka, potrebno je statistički obraditi elemente povezane s nesrećama u kojima sudjeluju pješaci. Za mjerodavnu statistiku uzeti su službeni podatci Ministarstva unutarnjih poslova Republike Hrvatske, točnije podatci iz biltena o

sigurnosti na cestama koje MUP izdaje svake godine. Ako se analiziraju podaci o prometnim nesrećama u 2015. godini vidljivo je kako je došlo do pogoršanja u sigurnosti u odnosu na godinu prije.

Ukupno je u 2014. godini zabilježeno 10 607 prometnih nesreća s nastradalim osobama dok je u 2015. godini taj broj narastao na 11 038 što predstavlja porast od 4.1%.

Statistike ne ohrabruju ni kada je riječ o poginulim osobama. U 2015. godini zabilježeno je 348 poginulih osoba naspram 308 poginulih u 2014. godini. Detaljniji uvid o broju, vrstama i posljedicama prometnih nesreća moguće je dobiti iz tablice 1.

**Tablica 1.** Vrste, posljedice i broj prometnih nesreća u 2015. godini [7]

| Vrste prometnih nesreća         | Nesreće s nastradalim osobama |               |             | Poginuli   |            | Ozlijeđeni    |               |
|---------------------------------|-------------------------------|---------------|-------------|------------|------------|---------------|---------------|
|                                 | 2014.                         | 2015.         | + - %       | 2014.      | 2015.      | 2014.         | 2015.         |
| Sudari vozila u pokretu         | 4.880                         | 5.117         | +4,9        | 108        | 136        | 7.643         | 8.046         |
| Udar vozila u parkirano vozilo  | 120                           | 131           | +9,2        | 7          | 2          | 150           | 156           |
| Slijetanje vozila s ceste       | 2.294                         | 2.483         | +8,2        | 88         | 101        | 2.909         | 3.252         |
| Nalet na bicikl                 | 470                           | 432           | -8,1        | 11         | 23         | 471           | 422           |
| Nalet na pješaka                | 1.497                         | 1.476         | -1,4        | 73         | 58         | 1.548         | 1.514         |
| Nalet na motocikl ili moped     | 174                           | 170           | -2,3        | 6          | 7          | 190           | 183           |
| Sudar s vlakom                  | 14                            | 13            | -7,1        | 4          | 4          | 25            | 16            |
| Udar vozila u objekt na cesti   | 77                            | 87            | +13,0       |            | 3          | 91            | 109           |
| Udar vozila u objekt kraj ceste | 234                           | 249           | +6,4        | 5          | 6          | 271           | 332           |
| Nalet na životinju              | 47                            | 43            | -8,5        |            | 1          | 51            | 56            |
| Ostalo                          | 800                           | 837           | +4,6        | 6          | 7          | 873           | 938           |
| <b>UKUPNO</b>                   | <b>10.607</b>                 | <b>11.038</b> | <b>+4,1</b> | <b>308</b> | <b>348</b> | <b>14.222</b> | <b>15.024</b> |

### 2.1.2. Pogreške pješaka

Ako se analiza podataka dobivenih iz tablice 1 ograniči samo na prometne nesreću koje uključuju pješake dolazi se do zanimljivih zaključaka. Iako je broj prometnih nesreća 2015. bio veći nego godinu prije, iz tablice 1 može se vidjeti kako je broj nesreća u kojima sudjeluju pješaci ipak bio manji. Ukupno je u 2015. godini bilo 1476 prometnih nesreća s naletom na pješaka, što predstavlja pad od 1.4% u odnosu na 2014. godinu kada ih je bilo 1497. Ono što također ohrabruje je podatak kako se i broj poginulih pješaka smanjio. Ukupno je u 2015. godini poginulo 58 pješaka zbog posljedice naleta vozila naspram 73 poginula godinu dana ranije.

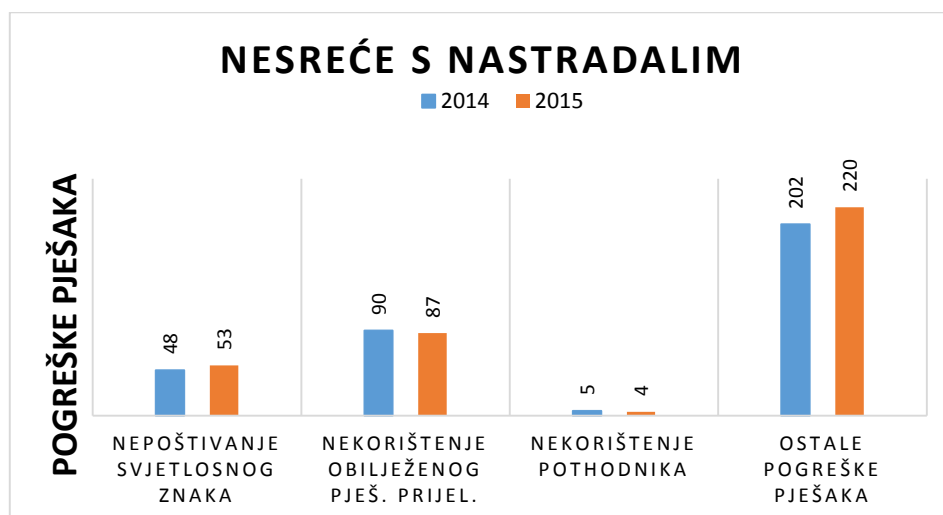
Najčešće pogreške pješaka koje su dovele do nastanka prometne nesreće su nepoštivanje svjetlosnog znaka, nekorištenje obilježenog pješačkog prijelaza i nekorištenje pothodnika.

Analizirajući takve pogreške, može se uočiti kako je u 2015. godini došlo do porasta prometnih nesreća koje su uzrokovali pješaci u odnosu na 2014. godinu. U 2015. je zabilježeno ukupno 364 nesreća s nastradalim osobama u odnosu na 345 stradalih godinu dana ranije što predstavlja porast od 5.5 %. Broj poginulih osoba ipak se neznatno smanjio. U 2015. godini zbog pogrešaka pješaka poginulo je 13 dok je godinu dana ranije bilo 15 poginulih osoba.

**Tablica 2.** Pogreške pješaka koje su dovele do prometne nesreće [7]

| Pogreške pješaka                       | Nesreće s nastradalim |            |             | Poginuli  |           | Ozlijeđeni |            |
|--|-----------------------|------------|-------------|-----------|-----------|------------|------------|
|  | 2014.                 | 2015.      | + - %       | 2014.     | 2015.     | 2014.      | 2015.      |
| Nepoštivanje svjetlosnog znaka         | 48                    | 53         | +10,4       |           | 2         | 63         | 59         |
| Nekorištenje obilježenog pješ. prijel. | 90                    | 87         | -3,3        | 4         | 1         | 88         | 92         |
| Nekorištenje pothodnika                | 5                     | 4          | -20,0       |           |           | 5          | 4          |
| Ostale pogreške pješaka                | 202                   | 220        | +8,9        | 11        | 10        | 205        | 228        |
| <b>UKUPNO</b>                          | <b>345</b>            | <b>364</b> | <b>+5,5</b> | <b>15</b> | <b>13</b> | <b>361</b> | <b>383</b> |

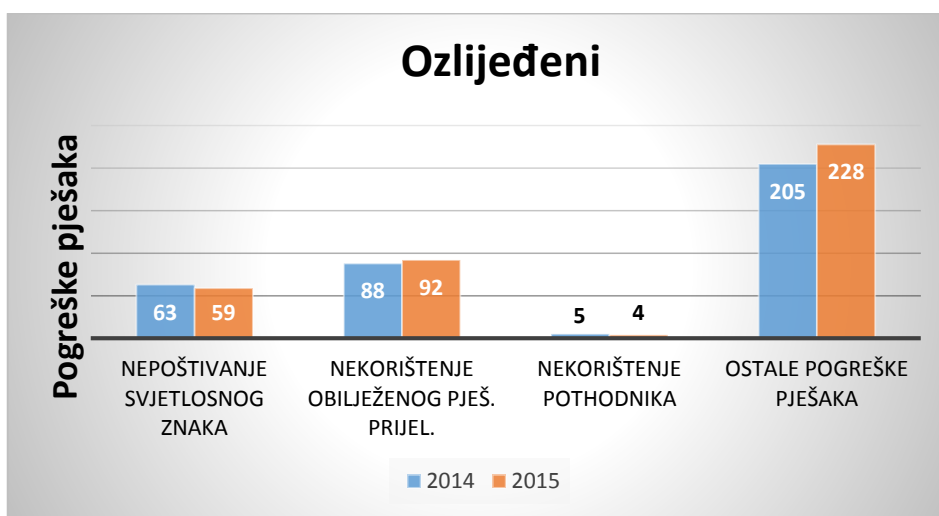
Grafički prikaz najčešćih pogrešaka pješaka koje su dovele do stradavanja pješaka dan je na Grafikonu 1.



**Grafikon 1.** Broj prometnih nesreća izazvanih pogreškama pješaka

Izvor: Izradio autor prema [7]

Iz Grafikona 1 može se zaključiti kako je nekorištenje obilježenog pješačkog prijelaza najčešća pogreška pješaka koja je prethodila prometnoj nesreći. U 2015. godini takva pogreška dovela je do 87 prometnih nesreća s nastradalim osobama u prometu što je za tri osobe manje nego godinu dana prije. Nepoštivanje svjetlosnog znaka kao pogreška pješaka bio je uzrok 53 prometne nesreće u 2015. godini dok je godinu dana ranije ta pogreška uzrokovala 48 prometnih nesreća. Nekorištenje pothodnika bio je uzrok najmanjem broju prometnih nesreća. U 2015. godini zbog takve pogreške pješaka dogodilo se 5 prometnih nesreća, a godinu dana ranije 4 prometne nesreće.



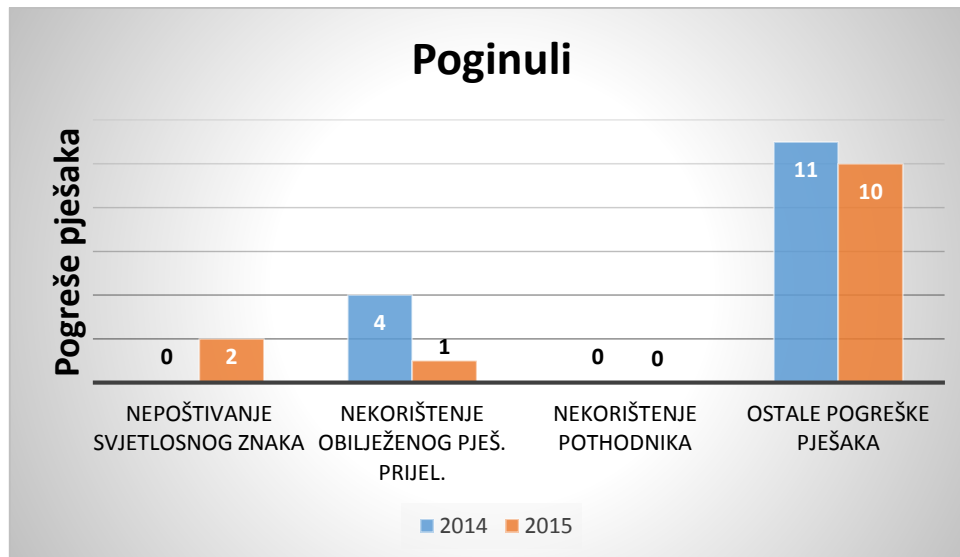
**Grafikon 2.** Broj ozlijeđenih osoba izazvanih pogreškama pješaka

Izvor: Izradio autor prema [8]

Grafikon 2 daje uvid u kretanje broja ozlijeđenih osoba izazvanih pogreškama pješaka. Iz njega proizlazi kako je najveći broj osoba ozlijeđeno zbog pogreške nekorištenja obilježenog pješačkog prijelaza. Ukupno je u 2015. godini zbog takve pogreške pješaka ozlijeđeno 92 osobe što predstavlja porast u odnosu na godinu ranije kada je zbog iste pogreške ozlijeđeno 88 osoba.

Nepoštivanje svjetlosnog znaka bio je uzrok nešto manjem broju ozlijeđenih osoba. U 2015. godini zbog takve pogreške pješaka ukupno je ozlijeđeno 59 osoba što predstavlja pozitivan trend smanjenja ozlijeđenih osoba u odnosu na 2014. godinu kada je zbog iste pogreške pješaka bilo 63 ozlijeđene osobe.

Ostale pogreške pješaka uzrokovale su 228 ozlijeđenih osoba dok je taj broj u 2014. bio nešto manji i iznosio je 205 ozlijeđenih osoba.



**Grafikon 3.** Broj poginulih osoba izazvanih pogreškama pješaka

Izvor: Izradio autor prema [8]

Iz Grafikona 3 dobiva se uvid u broj poginulih osoba izazvanih pogreškama pješaka u 2015. i 2014. godini. Može se zaključiti kako broj poginulih osoba izazvanih pogreškama pješaka nije velik što je i razumljivo. Najčešće pogreške pješaka koje su dovele do smrtno stradalih osoba razlikuju se u analiziranom razdoblju. Tako su zbog nepoštivanja svjetlosnog znaka, 2015. godine, poginule dvije osobe dok zbog iste pogreške pješaka godinu dana ranije nije poginula niti jedna osoba. Zbog nekorištenja obilježenog pješačkog prijelaza u 2014. godini poginule su 4 osobe dok je u 2015. godini došlo do smanjenja i poginula je 1 osoba.

Zbog nekorištenja pothodnika, kao pogreške pješaka u analiziranom razdoblju, nije poginula niti jedna osoba.

Od ostalih pogrešaka pješaka, u 2015. godini smrtno je stradalo 10 osoba, a godinu dana ranije njih 11.

Pogreške pješaka uzrokuju višestruko manji broj prometnih nesreća od pogrešaka vozača, a kada se one i dogode sa sobom nose dosta blaže posljedice što je i razumljivo. Vozač u automobilu, osim što se kreće većom brzinom, je zaštićeniji od pješaka te njegova pogreška dovodi u najveću opasnost nemotorizirani promet. Jasno je da pogreške pješaka dovode u najveću opasnost same pješake jer će oni u kontaktu s vozilom gotovo uvijek teže nastradati. U tom pogledu, vozači i putnici u vozilu daleko manje ovise o pogreškama pješaka nego obrnuto.

### 2.1.3. Svojstva sudionika prometnih nesreća

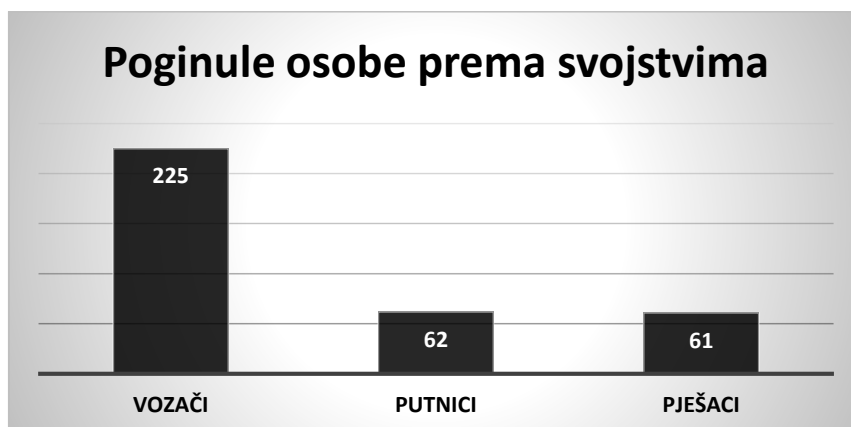
Ako se promatraju podaci nastradalih sudionika u prometu prema svojstvima, uvidom u tablicu 3 može se vidjeti kako je najveći broj poginulih i ozlijeđenih sudionika u prometu bilo u svojstvu vozača.

**Tablica 3.** Nastradali sudionici u prometu prema svojstvu u 2015. godini [8]

| Svojstvo sudionika | Poginuli   |              | Ozlijeđeni   |              |               |              |
|--------------------|------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
|                    | ukupno     | %            | teško        | %            | lakše         | %            |
| Vozači             | 225        | 64,7         | 1.727        | 61,2         | 7.313         | 59,9         |
| Putnici            | 62         | 17,8         | 607          | 21,5         | 3.812         | 31,2         |
| Pješaci            | 61         | 17,5         | 488          | 17,3         | 1.075         | 8,8          |
| Ostali             |            |              |              |              | 2             | 0,0          |
| <b>UKUPNO</b>      | <b>348</b> | <b>100,0</b> | <b>2.822</b> | <b>100,0</b> | <b>12.202</b> | <b>100,0</b> |

Ukupno je u analiziranom razdoblju poginulo 225 vozača, što predstavlja 64,7 % ukupnog broja poginulih. Slijede ih putnici u automobilu sa 62 poginula (17,8 %) te pješaci sa 61 poginulim (17,5 %). Kod teško ozlijeđenih sudionika također prednjače vozači.

U Grafikonu 4 prikazana su svojstva poginulih osoba u prometu u 2015. godini.



**Grafikon 4.** Svojstva poginulih osoba u prometu u 2015. godini

Izvor: Izradio autor prema [8]

Grafikon 5 prikazuje udio poginulih osoba prema svojstvima.



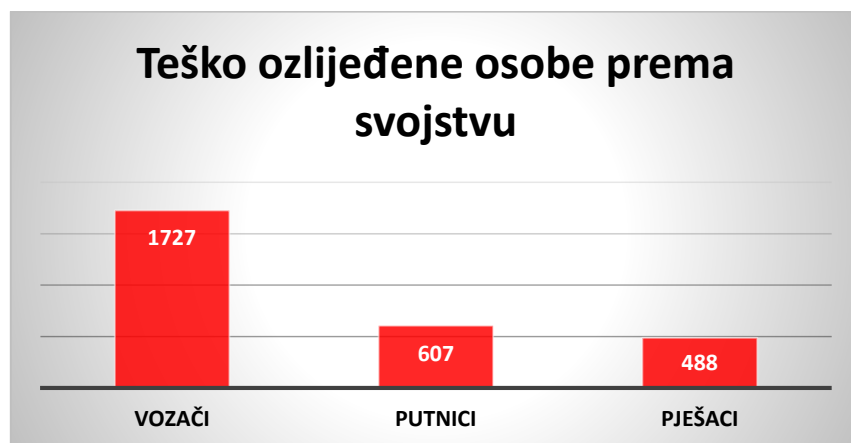


**Grafikon 5.** Udio poginulih osoba prema svojstvu u 2015. godini

Izvor: Izradio autor prema [8]

Iz njega je vidljivo kako je najveći broj poginulih osoba u prometu u svojstvu vozača (gotovo 65 %) dok je broj poginulih putnika u vozilu skoro izjednačen s brojem poginulih pješaka.

Grafikon 6 prikazuje teško ozlijeđene osobe prema svojstvu u 2015. godini.

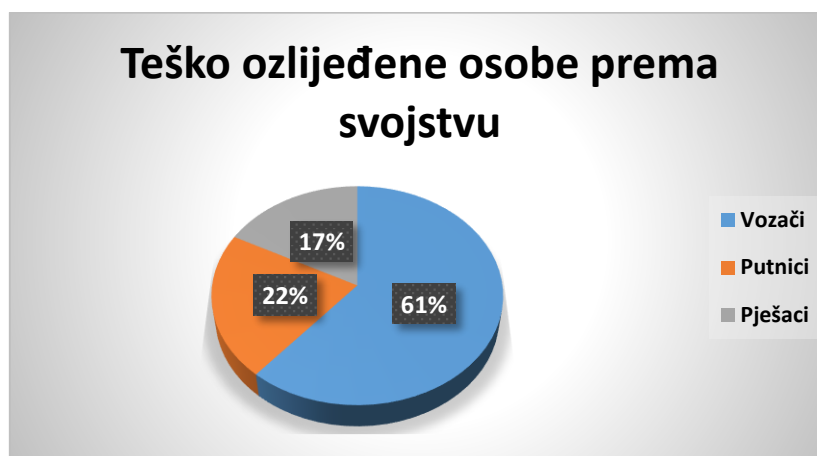


**Grafikon 6.** Svojstva teško ozlijeđenih osoba u 2015. godini

Izvor: Izradio autor prema [8]

Ukupno je teško ozlijeđeno 1727 vozača (61,2 %), 607 putnika (21,5 %) te 488 pješaka (17,3 %). Ako se promatra odnos udjela poginulih i teško ozlijeđenih osoba, vidljivo je kako je udio teško ozlijeđenih putnika porastao dok se udio teško ozlijeđenih vozača malo smanjio. Udio teško ozlijeđenih pješaka na sličnoj je razini kao i kod udjela u poginulim osobama i iznosi oko 17 %.

Slikoviti prikaz udjela teško ozlijeđenih osoba prema svojstvima vidljiv je iz Grafikona 7.

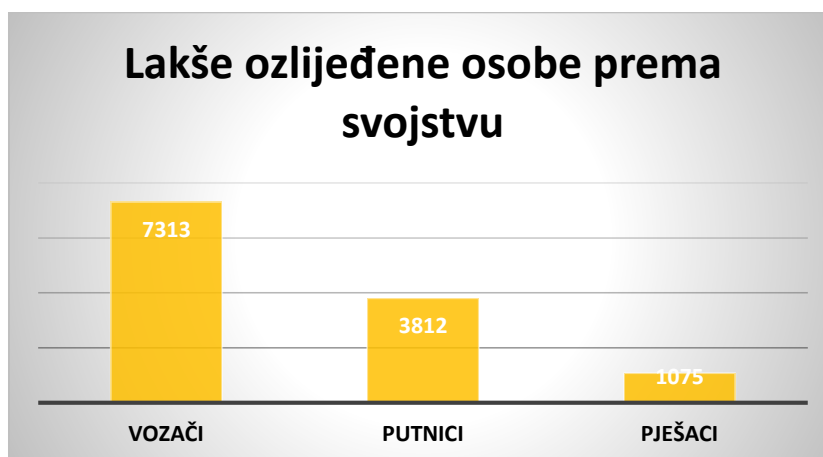


**Grafikon 7.** Udio teško ozlijeđenih osoba prema svojstvu u 2015. godini

Izvor: Izradio autor prema [8]

I ovdje je, kao i kod poginulih osoba, najveći postotak u svojstvu vozača (61 %). Slijede putnici sa 22 % a najmanji udio kod teško ozlijeđenih osoba bio je kod pješaka i iznosio je 17 %.

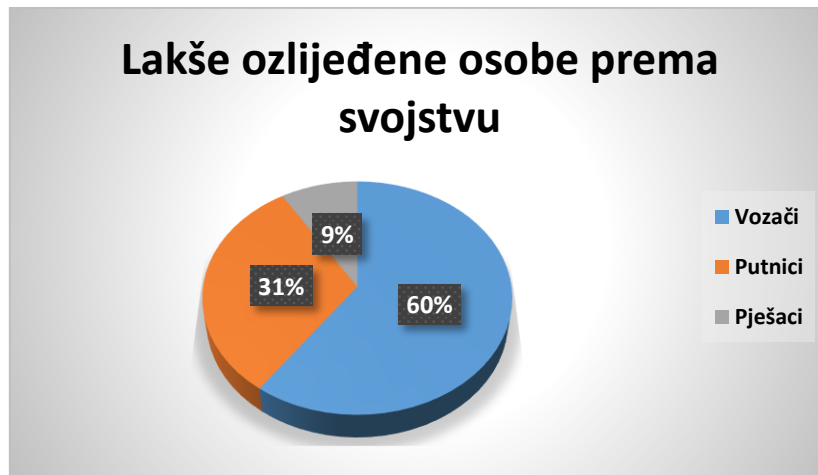
Svojstva lakše ozlijeđenih osoba moguće je vidjeti iz Grafikona 8.



**Grafikon 8.** Svojstva lakše ozlijeđenih osoba u 2015. godini

Izvor: Izradio autor prema [8]

Kod lakše ozlijeđenih osoba, također prednjače vozači i to je vidljivo iz grafikona 8. Ukupno je u 2015. godini u svojstvu vozača lakše ozlijeđeno čak 7313 osoba. Slijede ih putnici u vozilu sa 3812 lakše ozlijeđenih. Najmanje lakše ozlijeđenih osoba bilo je u svojstvu pješaka sa 1075 ozlijeđenih osoba.



**Grafikon 9.** Udio teško ozlijeđenih osoba prema svojstvu u 2015. godini

Izvor: Izradio autor prema [8]

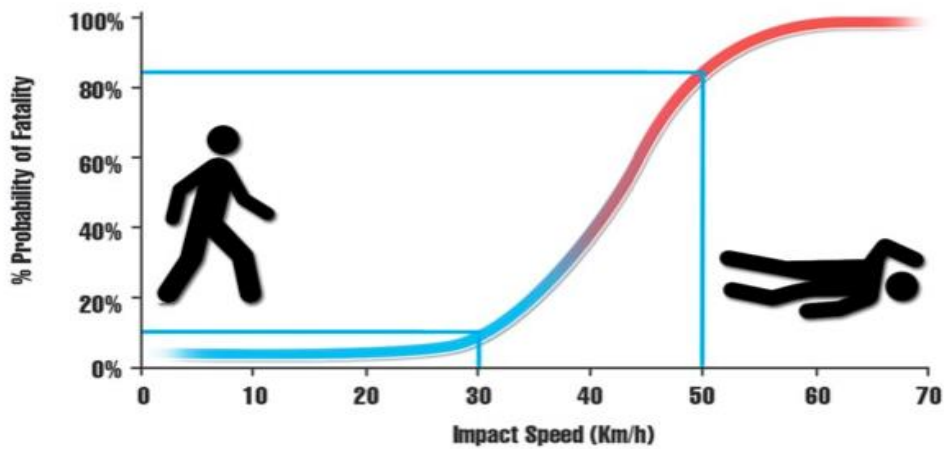
Ako se promatra udio lakše ozlijeđenih osoba može se zaključiti kako lakše ozlijede uglavnom zadobivaju putnici u vozilu i sami vozači. Više od polovice ukupnog broja lakše ozlijeđenih osoba bilo je u svojstvu vozača (60 %) dok je u svojstvu ozlijeđenih putnika bilo 31 % osoba. Ako se udio lakše ozlijeđenih osoba usporedi sa udjelima teško ozlijeđenih osoba, vidljivo je da se udio lakše ozlijeđenih osoba povećao kod vozača i putnika u vozilu dok se istovremeno smanjio kod pješaka i iznosio je samo 9 % lakših ozljeda.

Ovakav udio ozlijeđenih pješaka je razumljiv jer kada pješak dolazi u kontakt s vozilom, gotovo uvijek se radi o naletnim brzinama koje su veće od 30 km/h. Ispitivanja su pokazala kako i pri takvim, relativno malim brzinama, mogu nastati teške ozlijede. Stručnjaci su proveli eksperiment naleta vozila pri brzinama od 30 km/h i 50 km/h. Pokazalo se kako osoba može zadobiti teške ozlijede i pri naletnim brzinama od samo 30 km/h dok pri brzinama od 50 km/h, ukoliko se radi o mlađim ili starijim osobama, ozlijede mogu biti opasne po život.

Primjerice, ukoliko vozilo udari pješaka s 30 km/h pješak će se zaustaviti oko 3 [m] od mjesta naleta dok će se pri naletnoj brzini od 50 km/h tijelo pješaka zaustaviti gotovo 14 [m] od mjesta naleta, što znači da se udaljenost povećala za gotovo 5 puta iako je naletna brzina veća za samo 20 km/h.

Iz toga razloga puno je veća vjerojatnost da će pješak, ukoliko dođe do prometne nesreće sa vozilom, stradati teže od osoba u vozilu.

Grafikon 10 prikazuje odnos naletnih brzina vozila sa posljedicama, odnosno vjerojatnost smrtnog ishoda u ovisnosti o brzini kojom je vozilo udarilo pješaka.



**Grafikon 10.** Odnos naletnih brzina i vjerojatnosti smrtnog ishoda [19]

Ukoliko vozilo udari pješaka sa brzinom od 30 km/h, vjerojatnost smrtnog ishoda je manja od 10 % no ukoliko vozilo udari pješaka pri brzini od 50 km/h, vjerojatnost pješakove smrti penje se na 85 %. To znači da povećanje brzine za samo 20 km/h, u slučaju naleta na pješaka, povećava vjerojatnost smrti za više od 8 puta.

#### **2.1.4. Dobna struktura nastradalih pješaka**

Analiziranjem dobne strukture moguće je dobiti uvid u one skupine pješaka koji su najugroženije. Tablica 4 prikazuje dobnu strukturu nastradalih pješaka u 2015. godini.

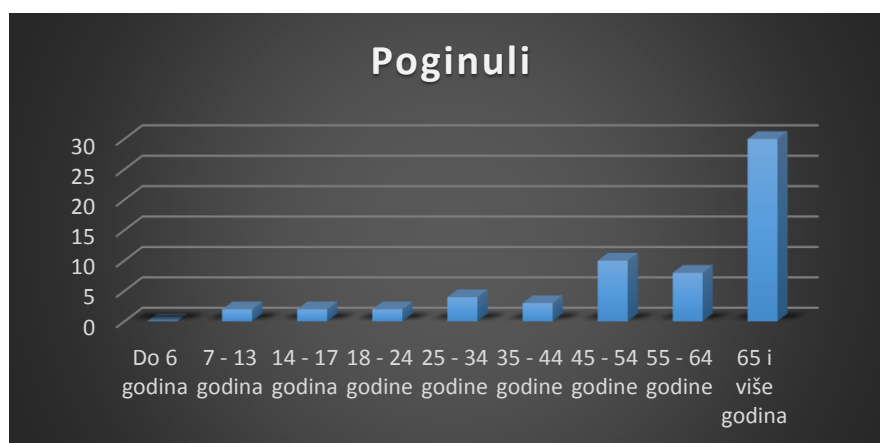
**Tablica 4.** Dobna struktura nastradalih pješaka u 2015. godini [8]

| Dob pješaka      | Poginuli  |              | Ozlijeđeni |              |              |              |
|------------------|-----------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|
|                  | ukupno    | %            | teško      | %            | lakše        | %            |
| Nepoznato        |           |              |            |              | 1            | 0,3          |
| do 6 godina      |           |              | 15         | 3,1          | 63           | 5,9          |
| 7-13 godina      | 2         | 0,6          | 39         | 8,0          | 144          | 13,4         |
| 14-17 godina     | 2         | 3,3          | 32         | 6,6          | 117          | 10,9         |
| 18-24 godine     | 2         | 3,3          | 29         | 5,9          | 133          | 12,4         |
| 25-34 godine     | 4         | 6,6          | 24         | 4,9          | 106          | 9,9          |
| 35-44 godine     | 3         | 4,9          | 42         | 8,6          | 84           | 7,8          |
| 45-54 godine     | 10        | 16,4         | 57         | 11,7         | 99           | 9,2          |
| 55-64 godine     | 8         | 13,1         | 81         | 16,6         | 127          | 11,8         |
| 65 i više godina | 30        | 49,2         | 169        | 34,6         | 201          | 18,7         |
| <b>UKUPNO</b>    | <b>61</b> | <b>100,0</b> | <b>488</b> | <b>100,0</b> | <b>1.075</b> | <b>100,0</b> |

Najveći broj poginulih, teško i lakše ozlijeđenih pješaka u 2015. godini bio je u dobnoj skupini od 65 i više godina. Zabrinjavajući je podatak kako ta dobna skupina ima udio od čak 49,2 % od ukupnog broja poginulih pješaka u prometu. U analiziranom razdoblju ukupno je poginulo 30 pješaka sa 65 i više godina. Jednako tako, teško ozlijeđenih je bilo najviše u toj dobi te je zabilježeno 169 teško ozlijeđenih i 201 lakše ozlijeđeni pješak u dobi od 65 i više godina.

Najsigurnija dobna skupina pješaka je ona do 6 godina starosti što je i razumljivo s obzirom da takve osobe još uvijek ne pohađaju školu i nisu bitno izložene prometnim rizicima.

Grafikon 11 prikazuje dobnu strukturu poginulih pješaka u 2015. godini.



**Grafikon 11.** Dobna struktura poginulih pješaka u 2015. godini

Izvor: Izradio autor prema [8]

Iz njega je vidljivo kako je daleko najveći broj smrtno stradalih pješaka bio u dobnoj skupini od 65 i više godina i iznosio je 30. Sljedeće dvije dobne skupine sa relativno velikim brojem smrtno stradalih bile su one od 45 – 54 godina sa 10 smrtno stradalih osoba te 55 – 64 godina sa 8 smrtno stradalih osoba.

Nakon najstarijih dobni skupina može se uočiti trend bitno manje poginulih osoba.

Grafikon 12 daje grafički prikaz dobne strukture teško ozlijeđenih pješaka u 2015. godini.



**Grafikon 12.** Dobna struktura teško ozlijeđenih pješaka u 2015. godini

Izvor: Izradio autor prema [8]

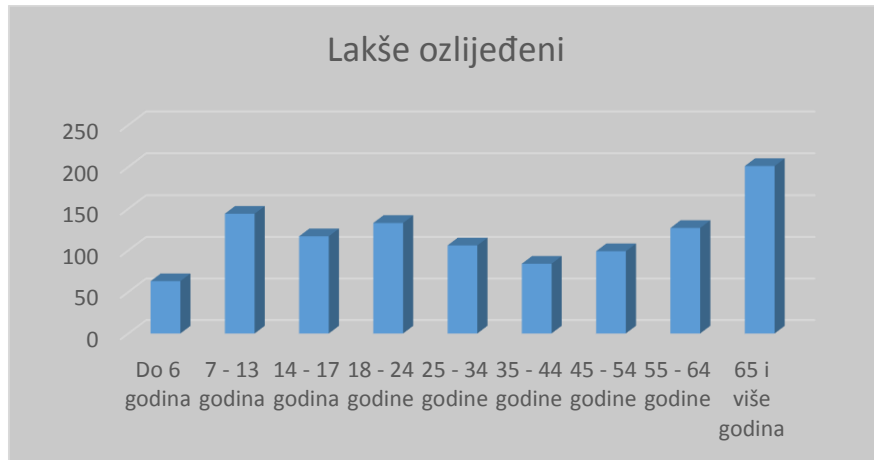
Ovdje je bitno primijetiti 2 ključna trenda stradavanja.

Prvi trend visokog stradavanja počinje u dobnoj skupini 7 – 13 godina s 39 teško ozlijeđenih pješaka te počinje njegov pad sve do dobne skupine 25 – 34 godine s 24 teže ozlijeđene osobe. Ako se izuzme dobna skupina do 6 godina u ovoj se skupini dogodio najmanji broj teško ozlijeđenih osoba.

Drugi trend, ovog puta povećanja teže stradalih osoba, započinje u dobnoj skupini 35 – 44 godine te taj negativan trend traje u svim sljedećim dobnim skupinama i završava na dobnoj skupini 65 i više godina koja je ujedno i posljednja analizirana skupina.

Kod teško stradalih osoba daleko najviše teško ozlijeđenih osoba bio je u najstarijoj dobnoj skupini. Ako se promatraju mlađe dobne skupine, može se zaključiti da je najugroženija skupina od 7 do 13 godina.

I kod lakše ozlijeđenih osoba moguće je utvrditi 2 trenda stradavanja po dobnim skupinama što je vidljivo iz Grafikona 13.



**Grafikon 13.** Dobna struktura lakše ozlijeđenih pješaka u 2015. godini

Izvor: [8]

Prvi trend pada broja lakše ozlijeđenih osoba započinje u dobnoj skupini 18 do 24 godine i traje sve do dobne skupine od 35 do 44 godine. Ovdje započinje drugi, ovaj puta negativan trend povećanja lakše ozlijeđenih osoba koji traje sve do najstarije analizirane skupine 65 i više godina koja ujedno ima i najveći broj lakše stradalih pješaka.

Kod mlađih dobnih skupina primjetan je puno veći broj lakše ozlijeđenih osoba nego što je to slučaj kod teško ozlijeđenih osoba. Tako je u dobnoj skupini od 7 do 13 godina zabilježen 2. najveći broj stradalih osoba u svim obrađenim dobnim skupinama sa ukupno 144 ozlijeđena pješaka.

Kod lakše ozlijeđenih pješaka uočljiv je bitno drugačiji udjel stradalih po dobnoj strukturi. Za razliku od teško stradalih pješaka, gdje su osobe od 65 i više godina činile gotovo polovicu svih teško ozlijeđenih pješaka, kod lakše ozlijeđenih ova starosna skupina čini 19 % svih stradavanja pješaka. To se može pripisati činjenici kako starije osobe u kontaktu sa vozilom češće dobivaju teže tjelesne ozlijede. Gotovo u svim situacijama pri istim naletnim brzinama teže ozlijede će zadobiti starije osobe od onih u 30-im i 40-im godinama. To je i razlog zašto je ta „srednja“ dobna skupina u analiziranom periodu imala najmanji broj lakše ozlijeđenih osoba.

Djeca i starije osobe dvije su skupine koje su, zbog ograničenih mogućnosti, najranjiviji sudionici u prometu, djeca zbog uzrasta i nedostatka iskustva a starije osobe zbog slabljenja

psihofizičkih i kognitivnih sposobnosti. Obje skupine su usmjerene na javni prijevoz i na pješaćenje. Djeca zbog dobi ne mogu voziti automobil a starijim osobama zbog slabljenja refleksa i fizičkih ograničenja može biti zabranjeno upravljanje osobnim automobilom. Udio i jedne i druge populacije u Republici Hrvatskoj iznosi približno 17% (Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, 2001. godine) od ukupnog stanovništva.

## 2.2. Ozljede pješaka prilikom naleta vozila

Radi sudskomedicinskog vještačenja ozljede se mogu podijeliti na:

- lake
- teške
- smrtonosne

**Lake tjelesne ozljede** su površinska oštećenja tijela, većinom se liječe ambulantno i ne ostavljaju trajne posljedice ni funkcionalno ni estetski. Tu uglavnom pripadaju površinske rane i nagnječena mekih tkiva, uganuća zglobova i sl.

**Teške tjelesne ozljede** su znatnija tjelesna oštećenja koja većinom zahtijevaju bolničko liječenje a ostavljaju trajne štetne posljedice, bilo estetski ili u smanjenju radne sposobnosti. Tu pripadaju prijelomi kostiju, otvorena iščašenja zglobova, ozljede mozгова i ostalih organa važnih za život, teže opekline, unutarnja i vanjska krvarenja koja ugrožavaju život bolesnika.

**Smrtonosne ozljede** su one koje uzrokuju neposrednu smrt na mjestu prometne nesreće ili, prema preporuci Svjetske zdravstvene organizacije (WHO), najkasnije nakon trideset dana. Nakon toga vremena smatra se da je smrt nastala zbog neke druge dodatne bolesti. [18]

Težina, vrsta i brojnost ozljeda kod pješaka direktno ovisi o tipu osobnog vozila, izgledu karoserije, naletnom položaju, visini i načinu kretanja pješaka.

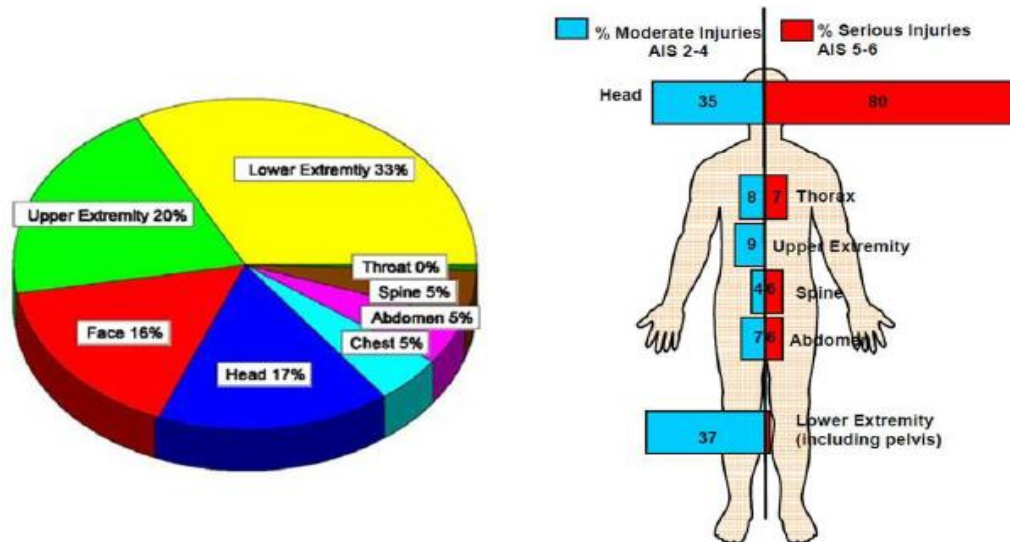
U sudsko – medicinskom vještačenju smrt u prometnoj nesreći se dijeli na:

- **smrt na mjestu prometne nesreće** – nastaje trenutačno tijekom prometne nesreće ili neposredno nakon toga ali svakako dok je ozljeđenik na mjestu gdje se prometna nesreća dogodila.
- **smrt u transportu** – nastaje tijekom prevoženja ozljeđene osobe od mjesta prometne nesreće do zdravstvene ustanove u kojoj je trebalo obaviti liječenje.



- **smrt u bolnici** – nastaje za vrijeme liječenja ozlijeđene osobe u bolnici, ali najdulje do trideset dana. [18]

Kod naleta vozila na pješaka, najčešće ozlijede koje pješak zadobiva su u području glave i koljena. Iako kod prvog kontakta vozila s pješakom najčešće dolazi do kontakta sa nogama a tek zatim sa glavom, ozlijede glave daleko su ozbiljnije i opasnije od ozlijede zadobivenih ispod težišta tijela. Na Slici 3 prikazana je raspodjela ozljeda prema razini ozbiljnosti.



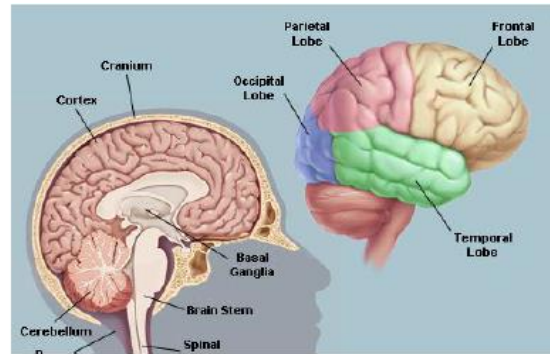
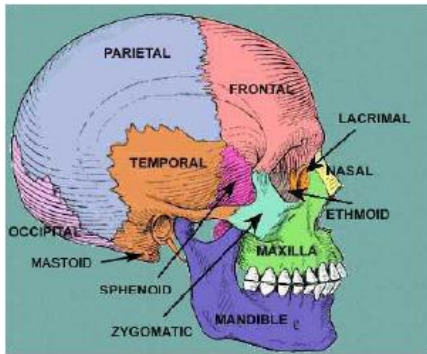
**Slika 2.** lijevo – raspodjela svih ozljeda na tijelu. Desno – raspodjela ozljeda prema razini ozbiljnosti i učestalosti [14]

Prema Slici 2. može se zaključiti kako su ozlijede glave daleko najopasnije i najozbiljnije vrste ozljeda prilikom naleta vozila (80%). Ako se promatraju lakše ozlijede, one su najčešće u području donjih ekstremiteta (37 %) i područja glave (35%). Ostali dijelovi tijela pod jednakim su rizikom bilo da se radi o teškim ili lakšim ozljedama zadobivenih prilikom naleta vozila.

### 2.2.1. Ozlijede glave

Ozlijede lubanje su najčešće ozlijede u prometnim nesrećama kada glava pješaka biva udarena direktno od strane auta ili kada pješak pada na podlogu.

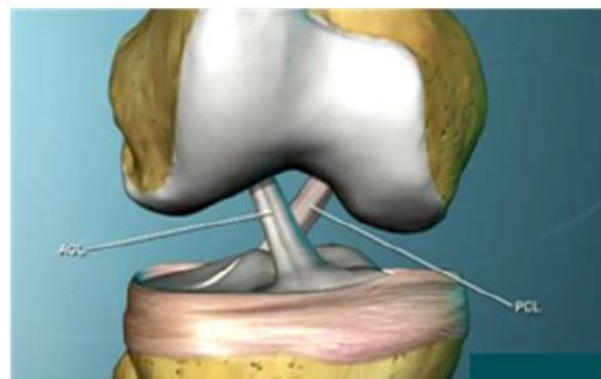
Fraktura lubanje se može pojaviti sa ili bez oštećenja mozga i same po sebi nisu opasne po život ali mogu prouzročiti teške ozlijede mozga zbog kojeg unesrećene osobe mogu imati trajne posljedice. [14]



**Slika 3.** Bočni pogled lubanje i mozga [14]

### 2.2.2. Ozlijede koljena

Među najčešćim ozljedama donjih ekstremiteta tijekom naleta vozila na pješaka su potkoljenica, natkoljenica i koljeno.



**Slika 4.** Zglob i ligament koljena [14]

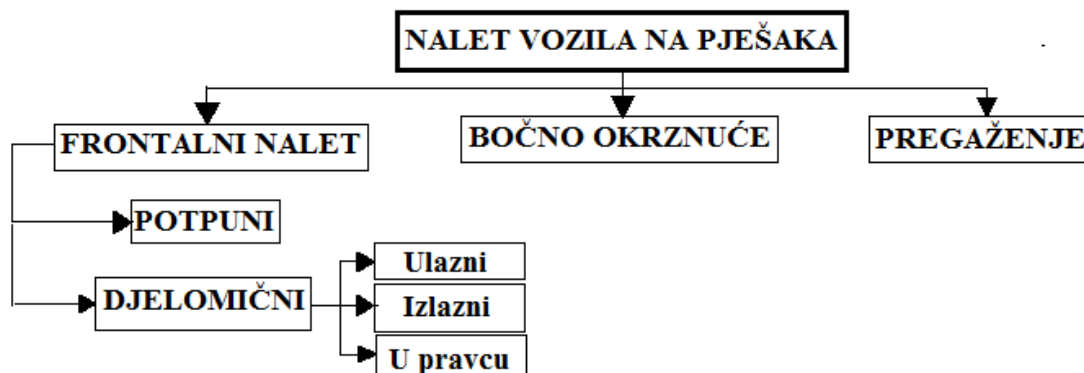
### 3. NALET NA PJEŠAKA

Nalet vozila na pješaka je takva prometna nesreća u kojoj pješak, od udara vozila u pokretu, doživi tjelesnu povredu. Pri tome vozilo može udariti pješaka čeonom, bočnom ili zadnjom stranom ili da pješak naleti (udari) u bočnu stranu vozila. U takvim sudarima pješak može zadobiti povrede od udara u dijelove vozila ili pri odbacivanju ili udaru u drugu podlogu ili prepreku. Uzrok povreda ili smrtnog stradanja pješaka može nastati pod utjecajem gaženja, uklještenja ili nagnječenja tijela između vozila, vozila i podloge kolnika, vozila i nepokretne prepreke (objekta), npr. ograde na mostu, zida zgrade, parkiranog vozila i sl. [13]

Sudar vozila i pješaka je najmasovnija vrsta prometnih nesreća, posebno u naseljima. Uzrok ovih nesreća je, najčešće, nedisciplinacija pješaka. Najčešće se te nesreće događaju pri prelaženju kolnika van pješačkog prijelaza, pri nepravilnom i neopretnom kretanju kolnikom duž puta, nepoštivanje svjetlosnog signala na semaforu za pješake i dr.

Nalet vozila na pješaka može se podijeliti na:

- a) **Frontalni nalet** – potpuni ili djelomični
- b) **Bočno okrznuće**
- c) **Pregaženje**



Slika 5. Vrste naleta vozila na pješaka [13]

Izvor: Izradio autor prema [13]

U vještačenju prometnih nesreća vozila sa učešćem pješaka, osnovni zadatak je utvrđivanje međusobnog položaja učesnika nesreće u momentu stvaranja opasne situacije.

Moment pojave i definiranje opasne situacije najčešće određuje vještak, jer to sud obično ne određuje ali o tome raspravlja i odlučuje.

Pješak u kretanju može mijenjati pravac i brzinu a da pri tome ne ostavi trag koji to može definirati. U pojednostavljenju proračuna uzima se da se pješak kretao pravolinijski i ravnomjernom brzinom. Smatra se da su putanje pješaka i vozila proporcionalne, a poprečno kretanje se zanemaruje.

U prometnim situacijama kada se putanje vozila i pješaka presijecaju, nesreća se može izbjeći na jedan od sljedećih načina:

- a) ako se vozilo kočenjem zaustavi prije dospijevanja do mjesta gdje pješak, u prelaženju kolnika, presijeca putanju vozilu;
- b) ako vozilo presiječe putanju pješaku prije dospijevanja pješaka u konfliktnu zonu sa automobilom i
- c) ako pješak prijeđe put u širini vozila i ispred vozila prije dospijevanja vozila do mjesta prelaženja pješaka.

U slučaju kada su putanje vozila i pješaka paralelne i međusobno se preklapaju, nesreća se može izbjeći kočenjem ili skretanjem sa bočnim izmicanjem vozila radi pretjecanja, obilaženja ili mimoilaženja prepreke (pješaka).

Važnu ulogu u sprečavanju nesreća ima vid vozača i mogućnost da on na vrijeme primijeti opasnost od sudara (naleta) sa pješakom. Mogućnost primjećivanja zavisi o stupnju osvijetljenosti promatranog predmeta na putu. Ona se karakterizira daljinom i stupnjem vidljivosti, koja zavisi od putnih i meteoroloških uvjeta.

Pod **daljinom vidljivosti** podrazumijeva se daljina sa koje se objekt više ne može razlikovati u odnosu na pozadinu.

**Stupanj vidljivosti** određuje mogućnost razlikovanja karakteristika objekata: boju, oblik i dr. Vidljivost u okružujućoj sredini (ambijent vožnje) može biti pogoršana zbog loše osvijetljenosti puta u vrijeme svitanja i sumraka, uz prisustvo magle, kiše, snijega, dima, prašine i sl.

**Daljina vidljivosti** predstavlja razmak, mjereno po putanji vozila, do pješaka kada ga vozač iz automobila jasno vidi i raspoznaje na putu.

Preglednost je uvjetovana prisustvom objekata na i pored puta. Ona daje mogućnost vozaču da izvidi situaciju na putu i to, kolnik i putnu okolinu na određenoj udaljenosti (po dužini, širini i visini), odnosno ispred, iza, sa strane i iznad vozila. [13]

### 3.1. Potpuni frontalni nalet vozila na pješaka

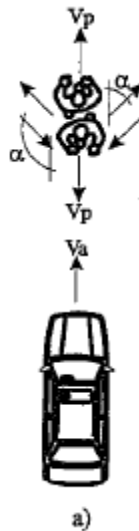
Kod većine prometnih nesreća naleta vozila na pješake dolazi do kočenja vozila, stoga su sva ispitivanja u vezi s naletom vozila na pješake vršena u trenutku dok vozilo koči. Kod naleta kočenog vozila na pješaka, prvu fazu čine sam udar i nošenje pješaka vozilom. U drugoj fazi dolazi do odvajanja tijela pješaka od vozila i let tijela kroz zrak, sve dok tijelo ne dodirne kolnik. Treću fazu naleta vozilom čini klizanje tijela pješaka kolnikom sve do trenutka kada se tijelo, zbog trenja o podlogu, ne zaustavi. [5]



**Slika 6.** Faze frontalnog naleta [16]

Primarne i sekundarne ozljede čine najbrojniji i najteži dio ukupnih ozljeda koje tijelo pješaka dobiva u toku prometne nesreće. Na osnovi ovih primarnih i sekundarnih ozljeda može se odrediti i približna naletna brzina vozila na pješaka. Ozljede koje nastaju na tijelu pješaka u kontaktu s kolnikom, u pravilu su mnogo lakše od primarnih i sekundarnih i nazivaju se tercijarne ozljede. [5]

Slika 7 prikazuje potpuni frontalni nalet vozila na pješaka.



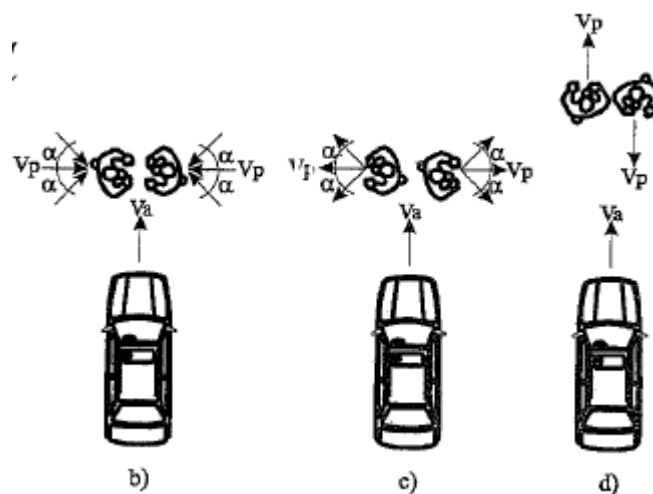
Slika 7. Potpuni frontalni nalet na pješaka [13]

### 3.2. Djelomični frontalni nalet vozila na pješaka

Kod *djelomičnog frontalnog naleta vozila na pješaka* tipično je da se na prednjem djelu vozila nalaze oštećenja samo na krajnjem lijevom ili desnom djelu, što ovisi s kojom stranom vozila je pješak došao u kontakt.

Nakon 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 dobiva od vozila tzv. „obodnu brzinu rotacije“.

Slika 8. prikazuje vrste djelomičnog frontalnog naleta vozila na pješaka.



Slika 8. Vrste djelomičnog frontalnog naleta na pješaka [13]

Ovdje je bitno razlikovati tri vrste djelomičnog frontalnog naleta. To su djelomični frontalni (ulazni) nalet – slika b); djelomični frontalni (izlazni) nalet – slika c) te djelomični frontalni nalet u pravcu – slika d).

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 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 niz osobitosti i prijelaznih stanja u odnosu na potpuni frontalni nalet pa analiza ovakvih vrsta naleta na pješaka zahtijeva veliku stručnost i iskustvo, što se posebno odnosi na prometne vještace. [5]

### **3.3. Bočno okrznuće vozila i pješaka**

*Bočno okrznuće* je vrsta naleta vozila na pješaka kada tijelo pješaka dolazi u dodir isključivo s bočnom stranom vozila. Važno je naglasiti da prednji dio vozila do trenutka kontakta s pješakom već prođe pored njega i da se stoga na tom djelu vozila ne nalazi nikakav trag koji bi potjecao od kontakta s pješakom.

Intenzitet i trajanje kontakta tijela pješaka s bočnom stranom vozila ovisi u većoj mjeri o brzini kojom se pješak kreće i nalijeće na bok vozila koje prolazi mimo njega. Nakon što je došlo do bočnog okrznuća tijelo pješaka uvijek bude odbačeno prema naprijed i u stranu a zaustavlja se iza linije zaustavljanja prednjeg djela vozila. Naletna brzina kod bočnih okrznuća ne može se odrediti na osnovi uobičajenih pravila i parametara, kao što su duljina odbačaja tijela ili oštećenje na vozilu osim u iznimnim situacijama i to isključivo kada se pješak kreće prema vozilu. U tom slučaju, na osnovu intenziteta i vrsta ozljeda može se nešto reći i o naletnoj brzini vozila ali ona se ne može sa sigurnošću utvrditi. [5]

### 3.4. Pregaženje pješaka

*Pregaženje pješaka* je vrsta prometne nesreće kod koje vozilo prelazi preko ili iznad tijela pješaka koje leži na kolniku. Kod pregaženja treba razlikovati dva oblika i to s obzirom na način na koji nastaje mogućnost da tijelo pješaka bude pregaženo.

Ukoliko se pješak nalazi u ležećem položaju na kolniku, a u taj je položaj dospio uslijed alkoholiziranosti, bolesti, poskliznuća i sl., pa bude pregažen od nailazećeg vozila, govori se o *jednostavnom* pregaženju. *Složeno* pregaženje nastaje onda kada pješak biva oboren vozilom a zatim pregažen istim ili nekim drugim nailazećim vozilom.

Kod pregaženja na tijelu pješaka nastaju tipični otisci od kotača vozila. U trenutku gaženja tijelo pješaka se zbog svojeg sastava, a pod djelovanjem težine vozila, deformira, uslijed čega nastaje kosina po kojoj se blokirani kotač penje i bez većih poteškoća prelazi preko tijela.

Prelazak blokiranog kotača vozila preko tijela pješaka olakšava i odjeća pješaka, koja ne priliježe čvrsto uz tijelo. Kod izrazito niskog donjeg djela vozila i malih kotača može doći do „ukliještenja“ tijela pješaka pod prednjim djelom vozila ispred kotača. U takvim slučajevima ne dolazi do pregaženja tijela, ali uslijed gnječenja i guranja tijela nastaju vrlo opsežne ozljede na tijelu.

Prilikom pregaženja i gnječenja tijela pješaka donjim djelom vozila, na tim mjestima uvijek ostaju vidljivi tragovi. Nerijetko se na tim dijelovima vozila nađu i tragovi mekog tkiva tijela pješaka ili odjeće. Zbog toga je uvijek važno pregledati vozilo s donje strane, čak i u slučajevima kada je na vozilu oštećen i prednji dio. To je potrebno iz razloga što je pješak s istim vozilom mogao biti oboren a potom i pregažen. [5]



## 4. KINEMATIKA NALETA VOZILA NA PJEŠAKA

Na kinematiku naleta vozila na pješaka utječu:

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

Kod kinematike naleta vozila na pješaka postoji niz pojmova koji ga karakteriziraju poput uzdužnog i poprečnog odbačaja pješaka nakon naleta vozila.

*Uzdužni odbačaj* pješaka predstavlja razmak između mjesta naleta vozila na pješaka i mjesta gdje se tijelo pješaka nakon nesreće zaustavilo na kolniku.

*Poprečni odbačaj* tijela pješaka predstavlja bočni razmak između položaja pješaka u trenutku naleta vozila i konačnog položaja tijela pješaka na kolniku nakon nesreće.

Kretanje pješaka tijekom procesa naleta i odbačaja ovisi o nizu čimbenika:

- obliku profila prednjeg dijela vozila odnosno točke udara
- dimenzijama vozila
- masi i brzini vozila u trenutku naleta na pješaka
- svojstvima dijelova vozila kojima je udaren pješak
- položaju tijela pješaka u odnosu na širinu frontalnog djela vozila
- pravcu, smjeru i brzini kretanja pješaka u trenutku naleta
- visini, težini i položaju težišta tijela pješaka
- karakteristikama podloge na koju je odbačeno tijelo pješaka nakon naleta.

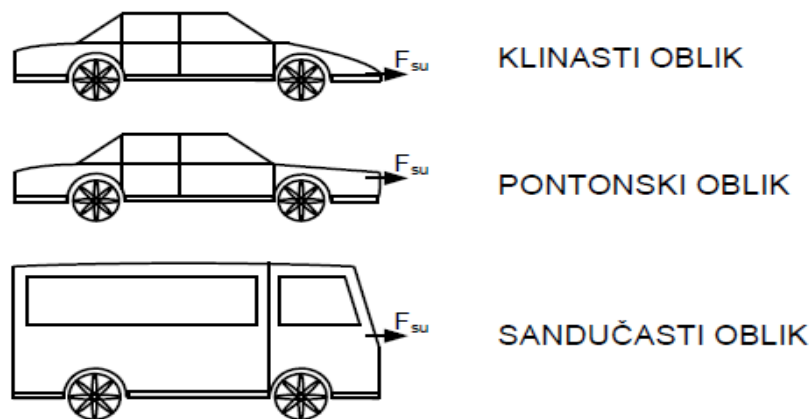
Gore navedeni čimbenici također definiraju veličinu i način djelovanja **rezultirajuće sudarne sile (FSU)**. Položaj rezultirajuće sudarne sile prvenstveno ovisi o obliku profila prednjeg djela vozila, stoga će ona različito djelovati na tijelo odrasle osobe i djeteta i to zbog razlike u visini položaja težišta tijela.

## 4.1. Oblici profila prednjeg dijela vozila

Postoje tri osnovna oblika profila prednjeg dijela vozila i to:

- **Klinasti**
- **Pontonski**
- **Sandučasti**

Na slici vizualno su prikazana sva tri oblika kao i mjesto djelovanja sudarne sile ( $F_{su}$ ).



**Slika 9.** Oblici profila prednjeg dijela vozila [6]

### 4.1.1. Nalet vozila klinastog oblika

Klinasti oblik vozila karakterističan je po svome oštrom i niskom položenom profilu prednjeg dijela. Ovakav oblik najčešće je prisutan kod sportskih tipova vozila ali sve je češći i kod ostalih vozila zbog manjeg koeficijenta otpora zraka. [4]



**Slika 10.** Klinasti oblik prednjeg dijela vozila [6]

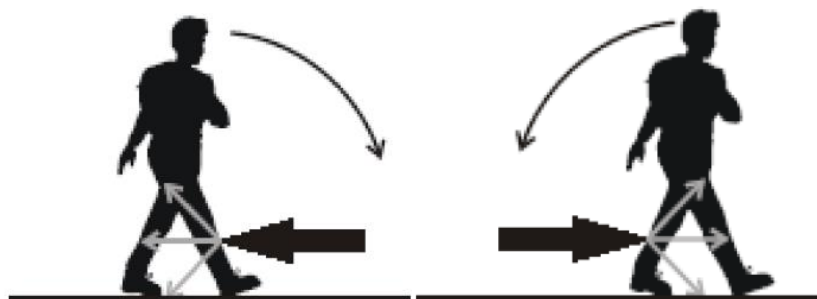
Kod klinastog prednjeg djela vozila, u prvi kontakt s tijelom pješaka dolazi prednji branik. Ovdje treba razlikovati mjesto kontakta kod odraslih osoba i djece. Kod odraslih osoba, prednji branik dolazi u kontakt s potkoljenicom a kod djece s predjelom natkoljenice, gdje će i nastati različite ozljede.

Važno je naglasiti kako će u oba slučaja, a pogotovo kod odraslih osoba, udar prednjeg djela vozila uslijediti u predio koji se nalazi **znatno ispod težišta tijela pješaka**. To je i osnovni razlog zbog kojega će u nastavku doći do nabacivanja tijela pješaka na vozilo.

Dakle, u prvom kontaktu vozila s pješakom, uslijed udara znatno ispod težišta, dolazi do izbijanja nogu pješaka prema naprijed odnosno u smjeru kretanja vozila. Kao posljedica toga, gornji će se dijelovi pješakova tijela nabaciti na vozilo a koliko daleko će se tijelo biti prebačeno na vozilo ovisi o naletnoj brzini vozila, dužini prednjeg djela vozila te visini tijela pješaka. Ovisno o tome, pješak će udariti glavom o poklopac motora, vjetrobransko staklo ili čak prednji dio krova vozila. Kao posljedica naglog prebacivanja tijela pješaka na vozilo, što slijedi nakon primarnog kontakta, brzina udara glave o vozilo može biti čak do 40% veća od naletne brzine samog vozila.

Nakon što bude izbačeno na prednje dijelove vozila, tijelo pješaka zadobiva brzinu vozila. Kada vozilo zakoči, tijelo pješaka se odvaja od vozila, leti kroz zrak i dolazi u kontakt sa kolnikom, gdje se zaustavlja trenjem o podlogu kolnika.

Kod klinastog oblika prednjeg djela vozila, ispitivanja su pokazala da brzina tijela pješaka u trenutku odvajanja od vozila može biti manja do 40% od same naletne brzine vozila. [5]



**Slika 11.** Mjesto prvog kontakta pješaka i vozila sa klinastim oblikom [4]

#### **4.1.2. Nalet vozila pontonskog oblika**

Pontonski oblik karoserije danas ima najveći broj osobnih vozila. Kod naleta vozila pontonskog oblika, primarni udarac vozila kod odraslih osoba djeluje također **ispod njihovog težišta, ali znatno više, odnosno blizu težišta tijela**. Najčešće mjesto udara je između visine

prednjeg branika i prednjeg brida poklopca motora dok je kod manje djece udarac ove vrste najčešće iznad težišta njihovih tijela.



**Slika 12.** Pontonski oblik prednjeg djela vozila [6]

S obzirom da je kinematika nabacivanja tijela pješaka na vozilo nešto drugačija od one kod vozila s klinastim oblikom, mjesto prvog kontakta vozila s nogama pješaka biti će povišeno. Donji dio potkoljenica i stopala podvlače se pod prednji branik i vezni lim. Stoga će na tim dijelovima vozila nastati otisci kontakta sa tijelom a kod pješaka različite ozljede na donjem djelu potkoljenice i stopala. Istovremeno, kao i u slučaju klinastog oblika, dolazi do okretnog impulsa pa se gornji dio tijela također savija preko prednjeg djela haube.

Budući da udarna sila djeluje znatno bliže težištu nego kod vozila sa klinastom karoserijom, okretni impuls pri istoj naletnoj brzini biti će daleko manji. Usljed toga, težište tijela pješaka biti će podignuto i nabačeno na vozilo samo pri većim naletnim brzinama.

Kod vozila s pontonskim oblikom prednjeg djela, tijelo pješaka u trenutku odvajanja od vozila ima brzinu manju i do 25% od naletne brzine vozila, u trenutku samog naleta na pješaka. [5]

#### **4.1.3. Nalet vozila sandučastog oblika**

Sandučasti oblik prednjeg djela karoserije vozila karakterističan je za kombi vozila, autobuse, teretna, dostavna i druga vozila sličnog oblika.

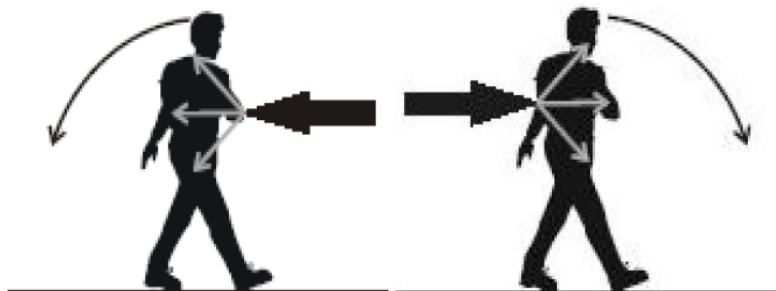


Slika 13. Sandučasti oblici prednjeg djela vozila [6]

Bitno je reći kako pri naletu vozila sa sandučastim oblikom prednjeg djela udarna sila djeluje istim intenzitetom na čitavo tijelo istovremeno. Uslijed toga, tijelo pješaka u trenutku naleta odmah dobiva brzinu samog vozila.

Kod manjih vozila sandučastog oblika, kao što su kombi vozila, centar udara prednjeg djela vozila nalazi se **približno u visini težišta tijela pješaka**, dok se kod većih vozila (teretna vozila i autobusi) centar udara može naći čak i **iznad težišta tijela pješaka**. U takvom slučaju, budući da je centar udara pješaka iznad njegova težišta, izostaje efekt nošenja tijela pješaka vozilom jer se stvara „obrnuti“ okretni impuls. Uslijed ovakvog obrnutog okretnog impulsa, gornji dio pješaka biva odbačen prema naprijed i pred vozilo, što kasnije može rezultirati i gaženjem tijela pješaka.

Treba naglasiti da je ovo bitna razlika nasuprot kinematici naleta vozila sa klinastim i pontonskim oblikom prednjeg djela karoserije, jer kod njih, u slučaju kočenja, ne može doći do gaženja tijela pješaka. Kod vozila sa sandučastim tipom prednjeg djela, brzina tijela pješaka u trenutku naleta može biti manja za 20% od naletne brzine vozila. [5]



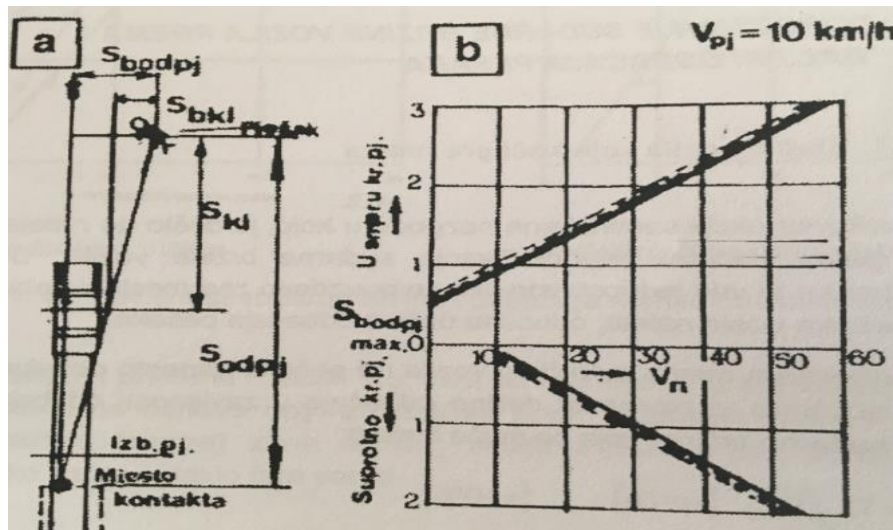
Slika 14. Područje prvog kontakta sa sandučastim oblikom vozila [4]

## 4.2. Uzdužni i poprečni odbačaj pješaka

Put nabacivanja i nošenja tijela pješaka na vozilu ovisi o brzini vozila u trenutku naleta, obliku vozila, visini pješaka i intenzitetu kočenja vozila. Dužina leta tijela pješaka kroz zrak ovisi o brzini vozila u trenutku odvajanja tijela i daljini nabacivanja tijela na vozilo, dok put klizanja tijela kolnikom ovisi o vrsti i stanju podloge, vrsti odjeće pješaka i sl. [5]

Poprečni odbačaj pješaka je razmak između točke kontakta i krajnjeg položaja pješaka, mjereno normalno na smjer kretanja vozila.

Kao što se vidi sa Grafikona 14, udaljenost bočnog odbačaja raste sa povećanjem naletne brzine. Grafikon je napravljen tako da se na osnovu bočnog odbačaja može izvesti zaključak o minimalnoj sudarnoj brzini vozila. [2]

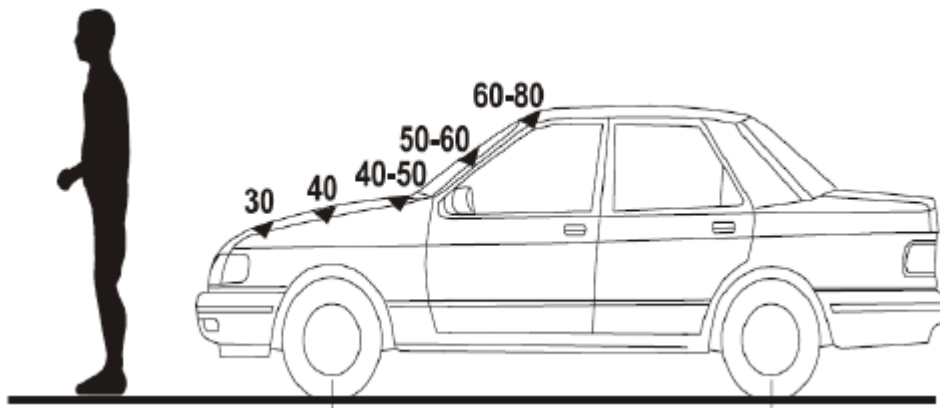


Grafikon 14. Sudarna brzina u zavisnosti od bočne daljine odbacivanja pješaka [2]

Poprečni odbačaj tijela pješaka ovisi o brzini i obliku prednjeg djela vozila, mjestu prvog kontakta na prednjem djelu vozila te o visini, brzini i smjeru kretanja pješaka preko kolnika. On raste s brzinom naleta vozila i s brzinom kretanja pješaka, a veći je kada je pješak zahvaćen dijelom vozila iza sredine prednjeg dijela, gledano u smjeru kretanja pješaka. [2]

Pri manjim naletnim brzinama tijelo pješaka u prvom kontaktu biva nošeno na prednjem djelu vozila a zatim odbačeno prema naprijed. Međutim, ukoliko je vozilo sa nižim profilom prednjeg djela udarilo pješaka velikom naletnom brzinom, postoji mogućnost da se tijelo neće odbaciti prema naprijed već da će se „prebaciti“ preko vozila i završiti u položaju iza vozila.

Slika 15 prikazuje mjesto udarca glave pješaka u ovisnosti o naletnoj brzini vozila.



**Slika 15.** Mjesto udarca glave pješaka u ovisnosti o naletnoj brzini vozila [4]

Ako se kinetička i potencijalna energija izjednače, uvrštavanjem mase i visine u njihovu formulu moguće je odrediti zavisnost visine pada pješaka sa naletnom brzinom vozila.

Npr. ako na pješaka mase 75 [kg] naleti vozilo pri brzini od 50 [km/h], jačina udarca biti će kao da je pješak pao sa visine od gotovo 10 [m]. Vrijednost se dobila po sljedećoj formuli:

$$E_K = E_P$$

$$\frac{1}{2} m * v^2 = m * g * h$$

$$7233,796 = 735,75 * h$$

$$h = 9,83 \text{ [m]}$$

Ako na pješaka mase 75 [kg] naleti vozilo brzinom 100 [km/h], sila udarca jednaka je padu s visine od gotovo 40 [m] što bi uzrokovalo gotovo sigurnu smrt pješaka:

$$E_K = E_P$$

$$\frac{1}{2} m * v^2 = m * g * h$$

$$28935,185 = 735,75 * h$$

$$h = 39,32 \text{ [m]}$$

## 5. ELEMENTI OČEVIDA PRI PROMETNIM NESREĆAMA

Vještačenje je procjena, stručni pregled ili ispitivanje koje vrši ekspert, odnosno upotreba vještaka u pronalaženju materijalne i objektivne istine u javno-pravnim odnosima.

S obzirom na specifičnost prometnih delikata i činjenicu da se oni događaju vrlo često bez prisustva svjedoka, a očevid vrši po proteku određenog vremena od momenta nastanka nesreće, kad se sa zakašnjenjem prikupljaju materijalni elementi i drugi dokazi o postojanju kaznenog djela, prometno-tehničko vještačenje prometnih nesreća ima poseban značaj, mjesto i ulogu u sudskom postupku. [13]

### 5.1. Vrste, određivanje i postupak vještačenja

Vještačenja se mogu klasificirati prema različitim kriterijima. Zakon određuje izvjesne vrste vještačenja i klasificira ih prema:

- predmetu vještačenja: pregled i obdukcija leša, vještačenje tjelesnih povreda; vještačenje duševnog zdravlja okrivljenog; tjelesni pregled okrivljenog i drugih osoba i vještačenje poslovnih knjiga,
- specijalnosti potrebnog znanja: sudsko-psihijatrijsko, sudsko-medicinsko, knjigovodstveno i kriminalističko vještačenje.
- redoslijedu izviđanja: prvo, dopunsko i ponovno vještačenje.
- broju lica koja vrše vještačenje: individualno i kolektivno vještačenje.

Određivanje vještačenja vrši sud, pismenom naredbom, i to istražni sudac u pretkaznenom postupku i istrazi i sudsko vijeće, odnosno predsjednik vijeća.

Vještačenje se može povjeriti:

- poduzeću ili ustanovi osnovanoj za obavljanje djelatnosti vještačenja;
- državnom organu, ukoliko se u okviru njegove djelatnosti može izvršiti vještačenje;
- drugoj stručnoj ili obrazovnoj ustanovi (fakultet, zavod, institut i dr.);
- fizičkim osobama upisanim u registar sudskih vještaka, bilo da tu djelatnost obavljaju profesionalno ili povremeno, kao sporedno zanimanje; [13]



## 5.2. Faze očevida prometnih nesreća

**Orijentacijsko – informativna faza** – Po dolasku na mjesto događaja, ekipa za očevid prikuplja obavijest od osoba koje su osiguravale mjesto događaja u vezi svih mjera koje su poduzete, prikupljenih informacija o načinu i vremenu saznanja o događaju, početku osiguravanja mjesta i o vremenu koje je proteklo od prometne nesreće.

Osobe koje su osigurale mjesto izvješćuju tko je pružio prvu pomoć ozlijeđenima, kuda su prevezeni, tko je ozlijeđen i njihovo svojstvo u nesreći (da li je u pitanju putnik, pješak ili vozač), jesu li prije odlaska u zdravstvenu ustanovu dali kakvu informaciju u vezi prometne nesreće i sl.

Utvrđuju se eventualne promjene prvobitnog stanja položaja (vozila i tragova), mjere u vezi upravljanja prometom te omogućavanja nesmetanog odvijanja prometa. Ukoliko mjesto događaja nije osigurano, obavijesti se prikupljaju od nazočnih na mjestu događaja (svjedoka, očevidaca, sudionika) te se nastoji pregledom mjesta događaja i okoline prikupiti saznanja o tome što se dogodilo.

U ovoj fazi donosi se odluka o načinu provođenja očevida (od centra prema periferiji ili obratno). [5]

**Statička (pasivna) faza** – U ovoj fazi ekipa za očevid se kreće po mjestu događaja i vrši planiranje očevida i zapažanja, a kriminalistički tehničar obilježava tragove i predmete u vezi s događajem te obavlja mjerenje, snimanje i skiciranje.

U ovoj fazi radi se pregled mjesta događaja i fiksiranje te se nastoji rekonstruirati činjenično stanje odnosno utvrditi uzrok nastanka nesreće na temelju tragova, obavijesti i pribavljenih dokaza.

U statičkom djelu očevida ekipa promatra i utvrđuje mjesto događaja u nepromijenjenom stanju što znači da se tragovi i predmeti ne smiju dodirivati ili pomicati.

Potrebno je točno utvrditi osobine ceste, vrstu kolničkog zastora, stanje i širinu kolnika, opremu ceste, stanje prometa, vremenske prilike, vidljivost, postojeće prometne znakove, signalizaciju i sl.

Svaki propust u ovoj fazi očevida za posljedicu ima greške koje direktno utječu na slabiju kvalitetu obavljenog očevida. Posebnu pozornost treba posvetiti uočavanju i fiksiranju detalja i tragova na kolniku i vozilima koji ukazuju na mjesto kontakta između vozila ili naleta vozila na pješaka.

U vezi vozila potrebno je utvrditi sve podatke o vrsti, registarsku oznaku, broj šasije, tip, godinu proizvodnje, vlasništvo, policu osiguranja i sl. [5]

**Dinamička (aktivna) faza** – U dinamičkoj ili aktivnoj fazi očevida, očevici pregledavaju i proučavaju sve što se nalazi na mjestu događaja do najmanjih detalja. U tu svrhu, pojedini predmeti (koji su bili fotografirani, skicirani i opisani u svom prvobitnom položaju) mogu se pomicati kako bi ih se pregledalo.

U ovoj fazi mogu se vršiti promjene, jer je stanje prethodno fiksirano, te se obavljaju izuzimanja predmeta u slučaju iskazivanja potrebe za vještačenjem. U ovoj fazi dolazi do otkrivanja zaklonjenih tragova. Nađene predmete koji su u vezi s prometnom detaljno se pregledava i potom uz prethodno fiksiranje u slučaju potrebe izuzima.

Kriminalistički tehničar mora izmjeriti, fiksirati, fotografirati i zapisati sve elemente značajne za tehnički opis mjesta događaja. Navedeni podatci naknadno se unose u Zapisnik o očevidu, u opis mjesta nesreće, tragova i položaj nastradalih. [5]

**Kontrolno – završna (finalna) faza** – U kontrolnoj fazi ekipa za očevide rezimira rezultate obavljenog očevida te u slučaju određenog propusta pokušava to nadoknaditi. Tom prilikom imaju se u vidu najčešće prethodne pogreške kao što su površan pregled mjesta nesreće, nekvalitetno fiksiranje tragova, ne izuzimanje tragova sa vozila i sl.

U završnoj fazi se odlučuje kamo proslijediti izuzete predmete i tragove (na vještačenje, pohranu i dr.). Nakon obavljenog očevida, stanje kolnika potrebno je dovesti u stanje koje je prethodilo te na siguran način ukloniti vozila i tragove krhotina stakla i plastike, isprati tragove krvi i ulja, izvijestiti o nužnosti žurnog popravka ili postavljanja prometne signalizacije te omogućiti nesmetano odvijanje prometa. [5]

### 5.3. Tragovi prometnih nesreća

Problem identifikacije i tumačenja tragova formiranih kotačima motornih i drugih vozila, aktualan je kod vršenja uviđaja i analize prometnih nesreća. Vozač motornog vozila je u cilju izbjegavanja iznenadne i opasne prepreke na putu primoran vršiti ekstremno kočenje vozila. Pri takvom kočenju motornog vozila dolazi do blokiranja kotača, koji po pravilu na asfaltnoj površini formiraju tragove kočenja klizanjem blokiranih kotača.

Pored tragova kočenja, postoje i druge vrste tragova. Svi ti tragovi moraju se fiksirati (opisuju se, crtaju, fotografiraju). Zbog toga je potrebno da očevici prilikom uviđaja otkriju i utvrde postojanje i porijeklo svih tragova na mjestu i u zoni mjesta nesreće, da bi se kasnije, prilikom očevida prometne nesreće, isključile eventualne suprotne verzije toka nezgode i da bi se na njima (kao pouzdanim materijalnim elementima) temeljila analiza vještaka o tijeku i uzroku nesreće. [13]

Prema načinu nastajanja, u tragove pneumatika spadaju:

1. Tragovi vožnje
2. Tragovi klizanja
3. Tragovi zanošenja
4. Tragovi blokiranih kotača, i
5. Tragovi kočenja

**Tragovi vožnje** – Prilikom kretanja vozila po kolniku ili van njega, pneumatici vozila ostavljaju tragove. Ako se radi o kretanju vozila po snježnom pokrivaču, blatu, prašini ili drugim površinama na kojima se otiskuju tragovi pneumatika, oni se jasno uočavaju, tako da se dobro otisnut profil gume lako raspoznaje, pa se veoma lako može utvrditi vrsta i izgled šara protektora, a preko njih i katalog guma, vrsta i dimenzije gume, zatim proizvođač gume a ponekad i vrsta te tip vozila. Ovi su tragovi značajni za prometno-tehničkog vještaka radi rekonstrukcije putanje (trajektorije) kretanja vozila. U slučaju napuštanja mjesta nezgode, tragovi vožnje su od naročitog značaja za identifikaciju vozila koje je učestvovalo u nesreći i smjera kretanja pri napuštanju mjesta nesreće. [13]

Opća karakteristika ovim tragovima je velika podložnost promjenama uslijed vremenskih uvjeta (kiše, snijega, vrućine i sl.) što znači da su u velikom broju slučajeva tragovi vožnje slabo vidljivi. [5]

**Tragovi klizanja** – Ovakvi tragovi najčešće nastaju na klizavom (zaprljanom ili zamašćenom kolniku) i zaleđenom kolniku pri nekontroliranoj vožnji izazvanoj ubrzanim kotrljanjem ili jednog jače a drugog manje kočenog pneumatika. Jedna nekontrolirana zakrivljena putanja vožnje raspoznaje se i po promjeni međusobnog rastojanja između pojedinih tragova guma.

Poprečni profil gume se ocrtava putem crta koje imaju ukošen, a ne ravan položaj u odnosu na pravac tragova (kotač se kotrlja i klizi). Ako je kotač blokiran ili uslijed poprečnog kretanja miruje, tada se ove crte formiraju približno paralelno pravcu vožnje, a u određenim slučajevima ovi tragovi mogu biti toliko zacrnjeni i kontinuirano zakrivljeni, da po izgledu odgovaraju tragovima koji nastaju kod ekstremnog kočenja pri pravolinijskoj vožnji. [13]

**Tragovi zanošenja** – Tragovi zanošenja su posljedica nagle promjene smjera vožnje, intenzivnog kočenja pri skretanju vozila, različitog usporavanja pojedinih kotača pri kočenju (ispravnog ili neispravnog sustava za kočenje), različitog trenja pojedinih kotača i podloge (npr. dio kolnika prekriven šljunkom, pijeskom, uljem, lišćem) ili različite vrste i stanja pneumatika na kotačima iste osovine. Tragovi zanošenja mogu nastati na svim vrstama i stanjima podloga. [5]

Tragovi zanošenja nastaju pri istovremenom translatornom kretanju i rotaciji vozila oko okomice kojom prolazi težištem. Posljedica su istovremenog djelovanja kinetičke energije i centrifugalne sile. Karakterističan je jači otisak vanjskog ruba traga a u većem broju slučajeva, ovi se tragovi pojavljuju u kombinaciji sa tragovima klizanja i kočenja. [13]

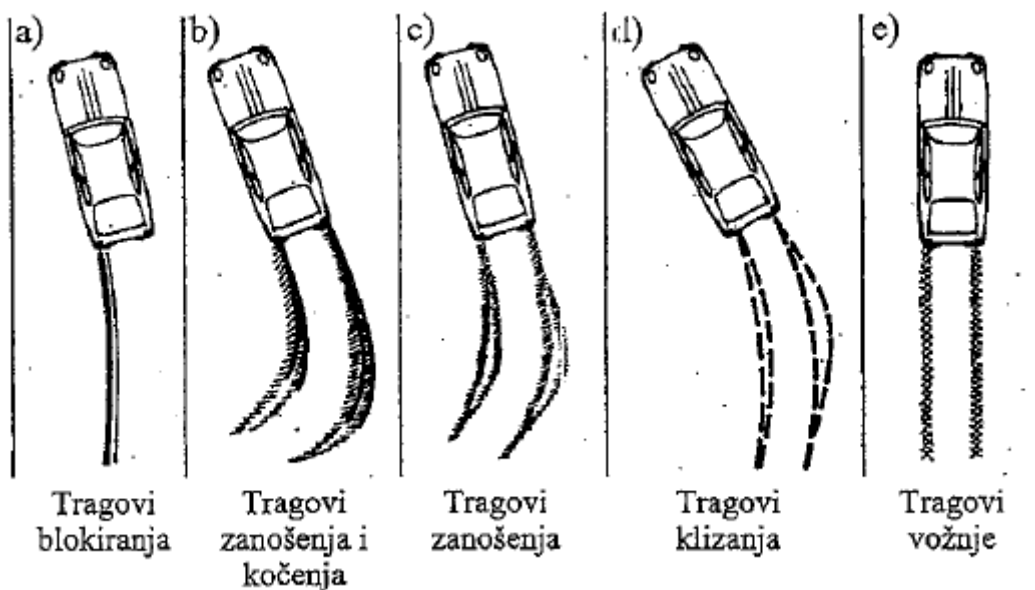
**Tragovi blokiranog kotača** – Ovakve tragove ostavljaju pojedini kotači vozila kada su potpuno blokirani. Pojavljuju se uslijed određenih neispravnosti ili oštećenja vozila, tako da nastupi blokiranje jednog ili više kotača na vozilu. Kako se blokirani kotači ne okreću već stalno kližu, oni formiraju tragove izrazitog intenziteta. Pod utjecajem sila izazvanih blokadom nekog od kotača, stvara se obrtni moment oko vertikalne osovine blokiranog kotača koji proizvodi rotaciju i zanošenje vozila koje skreće sa pravolinijske putanje. [13]

**Tragovi kočenja** – Nastaju kao rezultat proizvedene sile kočenja na kočionim uređajima vozila, koje se preko pneumatika prenijela – ocrtała na kolničkom zastoru. Tragovi kočenja su dobro uočljivi kod kolnika izgrađenih od asfalta ili betona, dok su manje primjetni

na kolniku od kamene podloge. Kada je u pitanju mokar kolnik ili u slučaju kada se koči pri kiši na suvremenim kolnicima ne uočavaju se tragovi kočenja. Oni nisu vidljivi ni u slučajevima kočenja na suhim suvremenim kolničkim zastorima (asfalt ili beton) kada se koči sa usporenjima manjim od oko  $3,5 \text{ m/s}^2$  tj. u slučajevima kada se u kočenju ne postiže maksimalna sila aktiviranja kočnog uređaja (kočenje pod utjecajem straha ili kočenje neispravnim kočnim uređajima i sl.).

Posebno treba istaknuti i uočiti razlike između: puta kočenja, traga kočenja i zaustavnog puta motornog vozila. Trag kočenja je vidljivo formiran trag nastao pri kočenju motornog vozila. On je uvijek manji od puta kočenja, zato što se put kočenja sastoji od vidljivog i nevidljivog traga kočenja motornog vozila.

Tragovi kočenja se simbolički prikazuju punim crnim linijama u slučaju kada se radi o tragovima kočenja koje formiraju zadnji kotači vozila. [13]



**Slika 16.** Shematski prikaz tragova motornog vozila [13]

Pod tragom prometne nesreće podrazumijeva se svaka vidljiva ili prostim okom nevidljiva postojeća materijalna promjena, koja je nastala tijekom prometne nesreće.

Osim navedenih i opisanih tragova pneumatika, postoje i ostali tragovi bitni za proces očevida poput tragova dijelova vozila, tragova osoba i tragova na vozilu i u njemu.

### 5.2.1. Određivanje mjesta sudara na osnovu tragova kočenja i zanošenja vozila

Određivanje sudara vozila ili naleta vozila na prepreku, u ovom slučaju na pješaka, na vozilo djeluju vanjske sile čiji intenzitet zavisi od snage, mjesta i pravca djelovanja koje izaziva veće ili manje promjene u ponašanju vozila. To može uzrokovati promjenu opterećenja na pojedinim kotačima a može izazvati i promjenu u smjeru i pravcu kretanja vozila. U toku tragova kočenja mogu se uočiti karakteristike kočenja blokiranih kotača, tragovi na granici proklizavanja i tragovi nastali kotrljanjem kotača što treba redovno razlikovati. U slučajevima naleta na nestabilnu prepreku (pješaka) mogu nastati promjene u tragu kočenja koje direktno ukazuju na mjesto naleta. [2]

### 5.2.2. Određivanje mjesta sudara na osnovu tragova otpale nečistoće sa vozila

Prilikom sudara vozila sa pješakom i sudara između vozila može doći do razdvajanja (stresanja) nečistoće (zemlje, blata, prašine) koja je nalijepljena ispod blatobrana i padanja na kolnik gdje se formira trag od te nečistoće. Nečistoća se odvaja uslijed „potresa“ vozila prilikom sudara i to prvenstveno sa onih dijelova i površine karoserije vozila koji su najbliži mjestu primarnog kontakta i pada na kolnik najbliže mjestu sudara. Pošto se nanijeta nečistoća odvoji, ona pada pod utjecajem zemljine teže po putanji koja odgovara zakonitosti horizontalnog hica. Udaljenost između mjesta sudara i mjesta na koje je nečistoća pala na kolnik može se izračunati na osnovu sljedećih izraza:

$$S = V \cdot t$$

$$t = \sqrt{2h/g}$$

gdje je:

S – udaljenost od mjesta sudara do mjesta pada nečistoće na kolnik [m];

V – horizontalna brzina odbacivanja nečistoće [m/s];

h – visina mjesta na vozilu sa kojega se odvojila nečistoća [m]

U korištenju tragova nečistoće u određivanju mjesta sudara treba biti obazriv jer su moguće pogrešne interpretacije i zaključci, naročito onih tragova blata koji sa karoserije mogu otpasti tek na kraju puta kočenja, a što sigurno ukazuje na mjesto sudara odnosno naleta. Ovo se objašnjava time što se u trenutku sudara ta prljavština nije potpuno odvojila od tijela karoserije nego se to desilo upravo na kraju procesa kočenja. [2]

### **5.2.3. Određivanje mjesta sudara na osnovu tragova čestica boje, stakla i plastike na kolniku**

Komadići razbijenog stakla, otpale boje i razbijeni plastični dijelovi vozila koji se prilikom sudara između vozila i pješaka odvajaju od vozila bivaju odbačeni po putanji horizontalnog hica.

Čestice boje uslijed svoje neznatne mase padaju na kolnik neposredno iza mjesta kontakta, ali samo tada kada se u toku kontakta one prvo odvajaju. Kada listići boje sa vozila padnu na kolnik oni čvrsto pripajaju uz kolnik pa je zanemariva mogućnost da se ove čestice raznesu nailaskom i prelaskom drugih vozila.

Smjer rasporeda čestice plastike od pokazivača pravca na kolniku može poslužiti kao podloga za utvrđivanje mjesta kontakta u poprečnom smislu. Pomoću položaja komadića razbijenog stakla farova ili vjetrobrana vozila mogu se odrediti sudarna brzina i mjesto sudara pri utvrđivanju mjesta kontakta.

Raspored čestica razbijenog stakla koje je palo sa vozila na kolnik može biti od značaja, pri čemu se mora imati u vidu da čestice razbijenog stakla fara padaju bliže mjestu kontakta nego krhotine stakla vjetrobrana. Prema tome, vrlo je važno utvrditi porijeklo krhotine stakla, da li potječu od fara ili vjetrobrana. Pored toga, pri analizi rasipanja čestice stakla bitno je utvrditi da li one potiču od kočenog ili nekočenog vozila. Ukoliko vozilo nije kočeno, rasip krhotina stakla može biti znatno duži, jer one padaju do potpunog zaustavljanja vozila. [2]

### **5.2.4. Određivanje mjesta sudara na osnovu tragova struganja cipele pješaka po kolniku**

Pozicija pješaka na kolniku u trenutku naleta vozila najtočnije se može utvrditi ako se nađe trag koji sigurno potječe od cipele pješaka. Tragovi na osobama, odjeći i obući praćeni su odgovarajućim tragovima na podlozi, na vozilu i u vozilu.

Prilikom obaranja pješaka mogu nastati tragovi đona na podlozi. Ako se na đonu cipele nađu tipični tragovi, onda se planskim pretraživanjem lica mjesta nesreće na kolniku mogu naći odgovarajući tragovi u zoni ostalih tragova sudara (tragovi boje, zemlje, stakla farova).

Tragovi na donu i tragovi đona na kolniku su najznačajniji tragovi prometnih nesreća sa pješakom jer se jednostavno i vrlo precizno određuje mjesto sudara. Takvi tragovi pomažu kod određivanja sudarne brzine i olakšava prostorno – vremensku analizu nesreće i analizu mogućnosti izbjegavanja sudara. [2]

### **5.2.5. Određivanje mjesta sudara na osnovu krajnjeg položaja predmeta koje je nosio pješak**

Nakon kontakta, uslijed naglog ubrzanja tijela pješaka, od njega se odvajaju predmeti koje je pješak nosio (kapa, štap, paket, torba itd.), kao i dijelovi odjeće ili obuće. Svi ovi dijelovi po pravilu padaju uvijek prema naprijed u smjeru kretanja vozila. Istraživanja prometnih nesreća između vozila i pješaka pokazala su da se predmeti koje je nosio pješak nalaze u neposrednoj blizini mjesta sudara. To je i fizički razumljivo jer se u momentu sudara predmet odvaja od pješaka i ne ubrzava se kao tijelo pješaka na brzinu vozila koje na njega naliže.

Ovdje treba napomenuti i to da krajnji položaj cipela ili pojedinih odjevnih predmeta sa pješaka (izuzev kape i šešira) ne mogu poslužiti za određivanje mjesta kontakta, jer ovi predmeti prilikom njihovog zatečenog položaja ne podliježu ni jednom prirodnom zakonu. [2]

## **5.4. Tragovi kao materijalni dokaz u analizi prometne nesreće**

Tragovi prometne nesreće prikupljaju se pri očevidu i predstavljaju skiciranjem, fotografiranjem i opisivanjem. Tragovi mogu biti pokretni ili nepokretni. Oni su često presudni za analizu tijeka prometne nesreće, pa ih pri očevidu treba evidentirati označavanjem svih karakteristika koje su od značaja za utvrđivanje porijekla, oblika, izgleda, lokacije, dimenzije i dr.

Pri utvrđivanju tragova treba konstatirati da li su oni do momenta snimanja bili osigurani tj. da li od trenutka nastanka nesreće do očevida pod utjecajem eventualnog prometa nisu mijenjani, pomicali, uništavani ili naknadno formirani.

Pod pojmom traga treba razumjeti ne samo fizičke tragove, nego i drugu važnu grupu tragova a to su tragovi o promjenama na ljudima i stvarima. [13]

### **5.4.1. Oštećenja vozila, tereta, objekata i povreda osoba**

Očevidom se utvrđuje postojanje oštećenja na vozilima, teretu, cesti i opremi ceste. Potrebno je utvrditi oštećenja kao što su:

- Oštećenja ili uništenja vozila,



- Povrede na tijelu nastradalog i njegov položaj poslije nesreće,
- Razbijeni ili otpali svjetlosno-signalni uređaji vozila,
- Razbijeno staklo vjetrobrana, razbijena bočna ili zadnja stakla vozila,
- Otpali metalni i plastični dijelovi,
- Slomljene brave vozila,
- Otkinuta vrata vozila,
- Stanje i položaj tereta sa vozila,
- Oštećenje gume vozila,
- Oštećenje odjeće i obuće osoba i dr. [13]

#### **5.4.2. Fiksiranje tragova prema vremenu i mjestu njihovog nastajanja**

Lice mjesta je širi pojam od pojma „mjesto prometne nesreće“. Lice mjesta je mjesto izvršenja krivičnog djela, mjesto nastale posljedice, svako mjesto na kojem se nalaze predmeti i tragovi prometne nesreće.

Mjesto prometne nesreće može se podijeliti na tri faze i to:

1. Faza koja prethodi sudaru,
2. Sudarna faza,
3. Faza nakon sudara do zaustavljanja.

U 1. fazi nalazi se mjesto reagiranja i djelovanja sudionika prometne nesreće (mjesto reagiranja na nastalu opasnost). U ovoj fazi očekuje se utjecaj učesnika nesreće manevriranjem, kočenjem i ubrzavanjem, pa postojanje takvog reagiranja treba utvrditi da bi se moglo analizirati.

U 2. fazi nalazi se mjesto sudara sudionika prometne nesreće (mjesto sudara). U ovoj fazi vozila se sudaraju i tada nastupa najveći utjecaj sila koje, osim na vozilima, utječu i na kolnik gdje se očekuje pojava tragova na koje treba obratiti pažnju i fiksirati ih da bi se moglo pouzdano utvrditi mjesto sudara i položaj sudionika.

U 3. fazi dolazi do pomicanja sudionika prometne nesreće do krajnjeg položaja (npr. klizanje okrenutog vozila nakon sudara). Dakle, u ovoj fazi vozila se nakon sudara pomiču do zaustavljanja. Na tom putu su izložena otporima (klizanje, kočenje, zanošenje i dr.), pa tragove formirane u toj fazi treba pažljivo istražiti i fiksirati da bi se utvrdile izlazne brzine vozila iz sudara i drugi parametri za analizu prometne nesreće.

Tragovi se vremenski i po lokaciji formiraju po navedenim sektorima (fazama) tijekom nesreće. Postoje oni koji se mogu pojaviti samo unutar određenih sektora, kao što ima tragova koji se mogu protezati na dva ili sva tri sektora.

Fiksiranje činjeničnog stanja obuhvaća mjesto nesreće, tragove vozila, sudionike nesreće, atmosferske prilike i dr. Sve što može poslužiti za utvrđivanje mjesta i uzroka nesreće prilikom očevida mora biti fiksirano i osigurano. [13]

## **5.5. Određivanje mjesta sudara prema daljini odbačaja pješaka**

Jedan od elemenata za određivanje mjesta sudara je i daljina odbačaja pješaka ( $S_{odp}$ ). U slučaju kočenog automobila (sa tragovima) i pješaka može se odrediti brzina automobila u svakom trenutku, ali je za određivanje mjesta sudara vrlo bitna daljina odbačaja pješaka. Mjesto sudara, brzina automobila u trenutku sudara, put zaustavljanja automobila poslije sudara i daljina odbačaja pješaka moraju činiti suglasnu i kompatibilnu cjelinu da bi analiza bila kompletna i kvalitetna. Udaljenost mjesta sudara i krajnjeg položaja pješaka naziva se daljina odbačaja pješaka i zavisi od više faktora i to:

- sudarne brzine automobila ( $V_s$ ),
- dimenzija automobila,
- oblika čeonog tipa automobila,
- mase automobila,
- visine pješaka,
- težine pješaka,
- karakteristikama podloge na koju je odbačen pješak. [2]

## 6. ODREĐIVANJE BRZINE SUDIONIKA U PROMETU

Prilikom rekonstrukcije prometne nesreće vrlo je važno da se pravilno i što preciznije odrede brzine svih sudionika jer se praktično niti jedna nesreća ne može objektivno rekonstruirati ako je ovaj parametar neizvjestan. U tom slučaju ne mogu se ustanoviti pravi uzroci prometne nesreće što za posljedicu ima slabiju kvalitetu obavljenog očevida. [2]

Određivanje brzine vrlo je složen i odgovoran postupak koji od vještaka zahtjeva detaljno poznavanje određenih zakonitosti iz područja fizike, kinematike, dinamike i sl., a sve u cilju argumentiranog objašnjenja pojedinih pojava. Osim složenosti, postupak određivanja brzine je i veoma odgovoran, što se ogleda u pravilnom, objektivnom i detaljnom razjašnjenju svih činjenica koje su od značaja i utjecaja na nastajanje prometne nesreće. Spomenute činjenice do kojih vještak dolazi utječu na pravilan i zakonit ishod sudskog postupka. [2]

Pravosudni organi po pravilu od vještaka traže da se izjasni o veličini brzine kojom su se kretali sudionici prometne nesreće, u trenutku kada je nastala opasnost i u momentu sudara. Drugo pitanje koje se najčešće postavlja vještaku je određivanje „sigurne“ ili uvjetno sigurne brzine, odnosno brzine izbjegavanja nesreće.

Pri izračunavanju brzine vještaci koriste veliki broj metoda a najčešće korištene su definirane na osnovi:

- Tragova kočenja ili zanošenja vozila;
- Oštećenja i deformacije vozila;
- Očitavanje sa tahografa;
- Daljine odbačaja predmeta i dijelova vozila;
- Daljine odbačaja pješaka;
- Daljine odbačaja motocikla;
- Zakona o održavanju količine kretanja i momenta količine kretanja;
- Povreda sudionika u prometnoj nesreći;
- Simulacija na računalu i sl. [2]

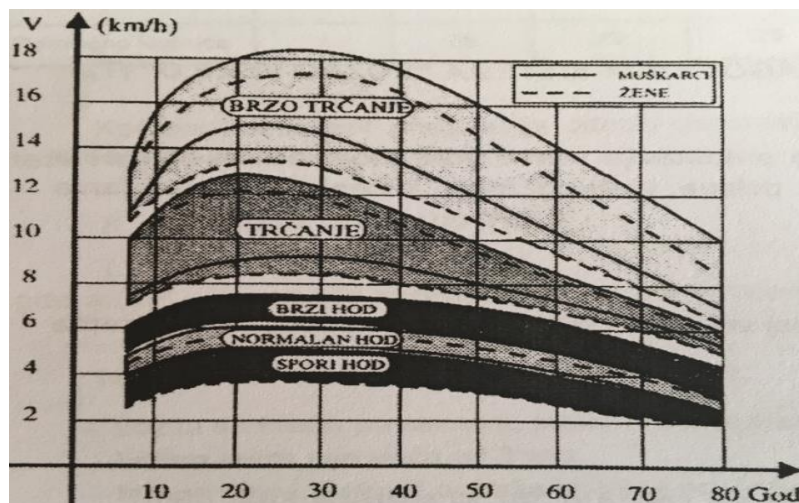
U nastavku poglavlja opisat će se načini određivanja brzine kretanja pješaka i one metode određivanja brzine vozila koja su bitna za predmet istraživanja, odnosno nalet vozila na pješaka.

## 6.1. Određivanje brzine kretanja pješaka

Prilikom prometnih nesreća sa sudjelovanjem pješaka i sporih vozila (traktor, zaprežno vozilo, radni stroj, bicikl i sl.) ne postoje metode pomoću kojih bi se odredila točna brzina kretanja ovih sudionika jedne prometne nesreće. Za određivanje brzine kretanja ovih sudionika koriste se raspoloživi podaci o karakteristikama sudionika prometne nesreće koji su dati u uvidajnoj dokumentaciji. Na osnovu tih podataka vještak procjenjuje odgovarajuće brzine koje su date u tablicama, a u zavisnosti od konkretnih uvjeta nastanka nesreće. [2]

Brzina kretanja pješaka na putu, za svaki konkretni slučaj ove vrste nesreće, treba biti utvrđena u tijeku očevida ili istražnih radnji suda. Prometno-tehnički vještak mora raspolagati podacima u dokumentaciji iz koje se može zaključiti veličina brzine kretanja pješaka (lagani hod, normalni hod, pretrčavanje). U praksi prometnih i sudskih stručnjaka sreću se različite tablice prema kojima se može odrediti vjerojatna brzina kretanja pješaka. Brzina kretanja ovisi od spola, starosti, vrste kretanja, nošenja tereta, alkoholiziranosti i sl. [2]

Odnos brzine kretanja u ovisnosti o starosti moguće je vidjeti na Grafikonu 15.



Grafikon 15. Prosječna brzina kretanja pješaka [2]

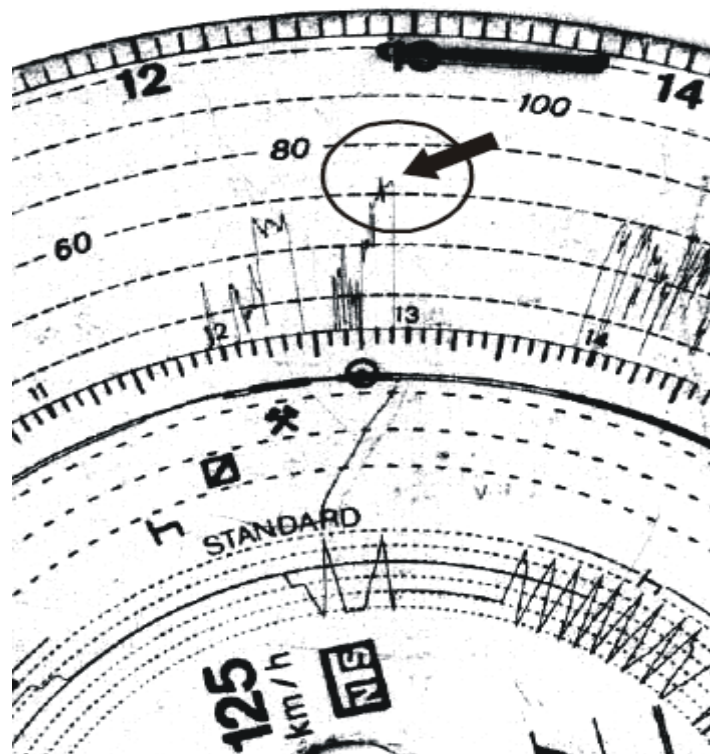
## 6.2. Određivanje brzine vozila očitavanjem tahografa

Prema pravilniku o uređajima na motornim vozilima, ugradnja tahografa (uređaj za mjerenje i upisivanje brzine kretanja vozila) je predviđena na svim autobusima, osim za gradski i prigradski promet, na svim teretnim vozilima kod kojih najveća dozvoljena masa prelazi preko

5 t i na svim specijalnim vozilima osim onih koja na ravnom putu ne mogu razviti brzinu kretanja veću od 30 km/h. [2]

Ako se dogodi da u nesreći sudjeluje vozilo koje posjeduje tahograf, očitavanjem podataka može se pouzdano odrediti brzina njegovog kretanja u momentu sudara. Pored brzine, tahograf registrira prijeđeni put i vrijeme pa se ovi registrirani podatci mogu uzeti kao dokazni materijal u sudskom ili prekršajnom postupku. Za analizu je potrebno uzeti originalni listić tahografa na kojemu će se obraditi dio konkretne situacije i odrediti tok vožnje vozila po svakom metru i sekundi. [2]

Navedene analize vrše se u specijaliziranim institucijama, koje rezultate vještačenja dostavljaju pravosudnim organima u obliku kakav je prikazan na slici 17.



**Slika 17.** Određivanje brzine vozila na osnovi registriranih podataka na tahogramu [12]

Iz primjera sa slike 17 može se vidjeti kako je brzina vozila neposredno prije sudara iznosila 60 km/h. Korištenje ove metode daje prilično pouzdane i precizne rezultate pri određivanju brzine. Iz tog razloga, prilikom očevida treba obavezno uzimati tahograme iz vozila koja ih imaju. Prije nego što se pristupi određivanju brzine, treba obavezno provjeriti ispravnost tahografskog uređaja, iz razloga što se vozači koriste raznim sredstvima u cilju prikrivanja i registriranja manje brzine kretanja. [2]

### 6.3. Određivanje brzine vozila na osnovu daljine odbačaja predmeta i dijelova vozila

Prilikom naleta vozila na pješaka, on zbog utjecaja sile teže pada po putanji koja odgovara zakonitostima horizontalnog hica.

Ukupna daljina odbačaja se sastoji iz daljine leta i klizanja.

$$S_{od} = S_1 + S_k$$

$$S_1 - [m];$$

$S_k$  – daljina klizanja [m].

Poletna brzina odnosno daljina horizontalnog hica računa se prema formuli:

$$S_1 = V_0 * t [m]$$

gdje je:  $V_0$  – horizontalna komponenta brzine horizontalnog hica [m/s];

$t$  – vrijeme leta ( $t = \sqrt{2h/g}$ ) [s];

$h$  – visina mjesta odbacivanja [m];

$g$  – ubrzanje Zemljine teže.

Kada predmet padne na zemlju on pod utjecajem sile trenja usporava do potpunog zaustavljanja.

Put klizanja se izračunava kao:

$$S_k = V_0^2 / 2b_p [m/s]$$

$b_p$  = usporenje klizanja koje zavisi od vrste materijala i podloge [m/s<sup>2</sup>]

Određivanje brzine vozila po zakonitosti horizontalnog hica može se izvršiti na osnovu daljine odbačaja:

- Komadića stakla vjetrobrana
- Komadića stakla farova
- Pješaka
- Motocikala
- Boje vozila

- Predmeta koje je nosio pješak. [2]

#### **6.4. Određivanje sudarne brzine vozila prema daljini odbačaja pješaka**

Pri rekonstrukciji prometne nesreće u kojoj je došlo do naleta vozila na pješaka glavni zadatak je određivanje sudarne brzine vozila. Određivanje sudarne brzine je vrlo jednostavno ako se pouzdano zna mjesto naleta i konačan položaj pješaka poslije naleta odnosno daljina odbačaja pješaka. [2]

Simuliranjem naleta putničkog vozila na pješaka dobivena je zavisnost daljine odbačaja u zavisnosti od brzine naleta, odnosno sudarne brzine, koja se može izraziti:

$$V_S = 12 \sqrt{S_{odp}} \text{ [km/h] } [\pm 10\%]$$

$V_S$  – brzina u momentu sudara [km/h];

$S_{odp}$  – daljina odbačaja pješaka [m].

Ova aproksimativna jednadžba vrijedi samo u slučajevima kada je putnički automobil potpuno zakočen, ako je pješak u sudaru zahvaćen cijelom figurom, a ne samo okrznut te da je usporenje prilikom kočenja veće od 3 [m/s<sup>2</sup>]. [2]

#### **6.5. Matematički izračun svih brzina vozila kod naleta na pješaka – primjer**

Prilikom naleta vozila na pješaka nekoliko je brzina važnih za očevid i pravni postupak. To su:

- a) Brzina vozila u trenutku naleta na pješaka;
- b) Brzina vozila na početku tragova kočenja;
- c) Brzina vozila u trenutku reakcije vozača;
- d) Brzina vozila nakon sudara

Svaka brzina vozila je specifična i određuje se na temelju drugačijih formula, što znači da će se iznos pojedinih brzina međusobno razlikovati. Iz toga razloga, potrebno je zasebno proučiti svaku od njih. U nastavku će se dati jedan od primjera naleta vozila na pješaka iz svakodnevnog života. Na tom primjeru svaka od brzina će se opisati formulom te će se matematički izračunati njena vrijednost.

**PRIMJER** – Vozilo mase 748 kg je u potpunom frontalnom (čeonom) naletu, na suhoj podlozi, udarilo je u pješaka težine 83 kg te ga je odbacilo 12,75 [m]. Od mjesta početka tragova kočenja vozila do naleta na pješaka izmjerena je udaljenost od 23,18 [m] a udaljenost od mjesta naleta do zaustavljanja vozila iznosila je 9,32 [m]. Ispitivanjem je utvrđeno usporenje 7,31 m/s<sup>2</sup>. Potrebno je izračunati:

- a) brzinu vozila nakon sudara  $V_N$
- b) brzinu vozila u trenutku naleta  $V_S$
- c) brzinu vozila na početku tragova kočenja  $V_1$
- d) brzinu vozila u trenutku reakcije vozača  $V_0$
- e) put koje je vozilo prešlo za vrijeme reakcije vozača
- f) ukupni zaustavni put vozila
- g) vrijeme kočenja proteklo od reakcije do naleta
- h) vrijeme kočenja od naleta do zaustavljanja vozila
- i) vrijeme proteklo u zaustavnom putu vozila

**RJEŠENJE:**

$$m_v = 748 \text{ [kg]}$$

$$m_p = 83 \text{ [kg]}$$

$$S_{od} = 12,75 \text{ [m]}$$

$$b = 7,31 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$S_{DS} = 23,18 \text{ [m]} \text{ – put koje je vozilo prešlo do sudara (naleta)}$$

$$S_{DZ} = 9,32 \text{ [m]} \text{ – put koje je vozilo prešlo od mjesta sudara (naleta) do zaustavljanja}$$



Na početku primjera, može se odrediti **brzina vozila nakon sudara**  $V_N$  pomoću formule:

$$V_N = \sqrt{2b Sdz} = \sqrt{2 * 7,31 * 9,32} = 11,67 \left[\frac{m}{s}\right] = 42 \text{ [km/h]}$$

Nakon toga, moguće je odrediti **brzinu vozila u trenutku naleta**  $V_S$  i to pomoću formule:

$$V_S = V_N * \left(1 + \frac{mp}{mv}\right) = 11,67 * \left(1 + \frac{83}{748}\right) = 12,96 \text{ [m/s]} = 46,66 \text{ [km/h]}$$

Nakon što se računski odredila brzina vozila u trenutku naleta  $V_S$ , moguće je odrediti **brzinu vozila na početku tragova kočenja**  $V_1$  i **brzinu vozila u trenutku reakcije vozača**  $V_0$  :

$$V_1 = \sqrt{V_S^2 + 2b * Sds} = \sqrt{(12,96)^2 + 2 * 7,31 * 23,18} = 22,51 \text{ [m/s]} \\ = 81,04 \text{ [km/h]}$$

$$V_0 = \sqrt{V_S^2 + 2b * Sds} + 0,5 t_3 * b = 22,51 + 0,5 * 0,2 * 7,31 = 23,241 \\ \text{ [m/s]} = 83,67 \text{ [km/h]}$$

**Napomena:**  $t_3$  predstavlja vrijeme od početka povećanja sile u kočnom cilindru do ostavljanja tragova. Ispitivanjima je utvrđeno da takvo vrijeme iznosi između 0,18 [s] i 0,20 [s].

Nakon što se odredila brzina vozila u trenutku reakcije vozača, moguće je odrediti **i put koje je vozilo prešlo za vrijeme reakcije vozača**  $S_R$ :

$$S_R = V_0 * t - \frac{b * t^3}{6} = 23,24 * 1 - \frac{7,31 * 0,18}{6} = 22,92 \text{ [m]}$$

**Napomena:**  $t = t_1 + t_2 + t_3 = 1$

$t_1$  – vrijeme reakcije vozača (oko 0,8 [s])

$t_2$  – vrijeme prihvata kočnog sustava (0,06 [s])

$t_3$  – vrijeme od početka povećanja sile u kočnom cilindru do ostavljanja tragova (oko 0,18 [s])

Kada se odredio put za vrijeme reakcije vozača  $S_R$ , moguće je odrediti ukupni zaustavni put vozila  $S_Z$ , koji se dobije sumom puta reakcije vozača  $S_R$ , puta koje je vozilo prešlo do trenutka naleta na pješaka  $S_{DS}$  i puta koje je vozio prešlo od mjesta naleta na pješaka do potpunog zaustavljanja  $S_{DZ}$ .

$$S_Z = S_R + S_{DS} + S_{DZ} = 22,92 + 23,18 + 9,32 = 55,42 \text{ [m]}$$

Vrijeme kočenja proteklo od reakcije do sudara  $t_{RS}$  računa se po formuli:

$$t_{RS} = \frac{V_1 - V_s}{b} = 1,32 \text{ [s]}$$

Vrijeme kočenja od sudara do zaustavljanja  $t_{SZ}$  može se odrediti prema formuli:

$$t_{SZ} = \frac{V_s}{b} = \frac{12,78}{7,31} = 1,75 \text{ [s]}$$

Ukupno vrijeme kočenja  $t_K$  dobiva se pomoću formule:

$$t_K = t_{RS} + t_{SZ} = 1,32 + 1,75 = 3,07 \text{ [s]}$$

Na kraju, moguće je odrediti vrijeme proteklo u zaustavnom putu vozila  $t_Z$  koje se sastoji od vremena reakcije vozača i ukupnog vremena kočenja vozila:

$$t_Z = 1 + t_K = 1 + 3,07 = 4,07 \text{ [s]}$$

## **7. PRIMJENA RAČUNALNIH PROGRAMA U EKSPERTIZAMA**

Sudar vozila i pješaka jedan je od najčešćih oblika prometnih nesreća. Kod ovoga tipa prometne nesreće karakteristična je velika razlika između masa vozila i pješaka a time i njihovih kinetičkih energija uvjetovanih vlastitim masama i brzinama kretanja. Vozilo je u odnosu na tijelo pješaka kruto, pa se zbog toga najveći dio deformacijske energije utrošen pri sudaru prenese na tijelo pješaka, koje ne posjeduje nikakvu zaštitu a kao rezultat toga su teške ozlijede pješaka. Osim ozljeda zadobivenih u kontaktu sa vozilom, pješak zadobiva ozlijede i prilikom pada na tlo. [3]

Osnovni cilj ekspertiza prometnih nesreća je utvrđivanje uzroka i okolnosti u kojima je došlo do nesreće. Osim klasičnih metoda rada u analizi prometnih nesreća, danas na raspolaganju postoje računalni programi za analize prometnih nesreća, koji s obzirom na ubrzani razvoj znanosti i tehnologije postaju poželjan a nerijetko i nužan alat za rad. [3]

Softveri za simulaciju prometnih nesreća, za razliku od analitičkih metoda, kod analize nesreća tipa naleta vozila na pješaka uzimaju u obzir gotovo sve relevantne parametre kao što su oblik vozila, visina i težina pješaka, pravac i smjer kretanja vozila i pješaka, režim kretanja vozila, brzina kretanja vozila i pješaka, međusobni položaj u trenutku sudara i sl. Jednako tako, softver omogućuje vizualni prikaz kretanja pješaka od trenutka primarnog kontakta sa vozilom, sve do njegovog zaustavljanja. Na taj način, utvrđeno mjesto naleta i naletna brzina, mogu biti potkrijepljeni usporednom analizom oštećenja na vozilu i ozljedama pješaka sa kinematikom naleta dobivenom simulacijom. [3]

Danas na tržištu postoji nekoliko programskih paketa namijenjeni analizama prometnih nesreća poput CARAT-a, PC Crash-a, Virtual Crash-a, Analyzer Pro-a itd. Svaki od postojećih programa ima svoje posebnosti, međutim, zajedničke osobine tih programa su isti principi rada rješavanja sudarnih procesa, simulacija, reakcija vozača, ubrzanja, kočenja i drugih parametara bitnih za analizu prometnih nesreća. [10]

Većina programa za analizu prometnih nesreća sadrži module za vizualizaciju provedenih simulacija u dvodimenzionalnom i trodimenzionalnom obliku. Ovakav oblik prezentacije olakšava interpretaciju složenih računskih operacija što omogućuje predstavljanje rezultata rada na jasan i razumljiv način. [10]

## **7.1. Primjena programskog paketa PC Crash u analizi naleta vozila na pješaka**

Razvoj programskog paketa PC – Crash počeo je 1990. godine. Danas sučelje grafičkog okruženja ima podršku na 18 svjetskih jezika, tako da se može reći da je ovaj programski paket, namijenjen simulaciji i rekonstrukciji prometnih nesreća, najrašireniji na svijetu. Najbitnija tržišna prednost PC – Crash-a u odnosu na ostale programske alate je pristup njegovom razvoju koji omogućava maksimalno približavanje zahtjevima korisnika u pogledu upotrebljivosti. [10]

Za pravilnu upotrebu programa PC Crash, neophodno je stručno znanje iz područja prometa (posebno analize prometnih nesreća) kao i poznavanje rada na računalu. PC Crash predstavlja samo pomoć pri analizi prometnih nesreća, a kvaliteta ulaznih podataka na osnovu kojih program vrši proračune ovisi od kvalitete rada vještaka i kvalitete materijalnih dokaza. [3]

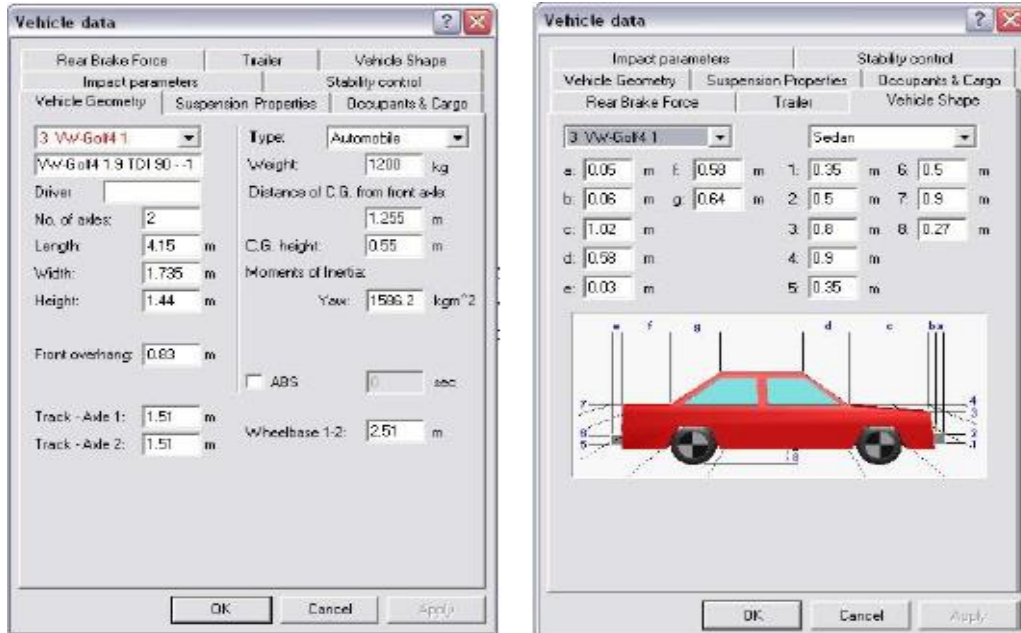
Osnovu ovog računalnog programa čini klasičan „Kudllich – Slibar“ sudarni model, koji je zasnovan na zakonu promjene količine kretanja i zakonu o promjeni momenta količine gibanja, uz uvažavanje koeficijenta restitucije kod potpunih sudara i koeficijenta trenja između vozila kod sudara koji imaju karakter okružuća. Pored analize sudara vozila, ovaj programski paket pruža mogućnost analize naleta vozila na pješake. U trodimenzionalnoj simulaciji prometne nesreće sa pješacima, vozila se tipično tretiraju kao jedinstvena kruta tijela. Međutim, da bi se dobila realna slika naleta vozila na pješaka, tijelo pješaka se mora tretirati kao sustav međusobno povezanih tijela sa svojim specifičnom karakteristikama. [10]

To je omogućeno pomoću Multibody simulacijskog modula. PC Crash je opremljen ovim modulom od verzije 5.1. a koristi se koristi u biomehaničkoj simulaciji pokreta pješaka na kojega je naletjelo vozilo.

Model pješaka sastoji se od 16 elemenata međusobno povezanih zglobovima, uz mogućnost definiranja položaja po x, y i z osi za svaki od njih. Na taj način moguće je u potpunosti definirati položaj pješaka u trenutku kontakta sa vozilom. [10]

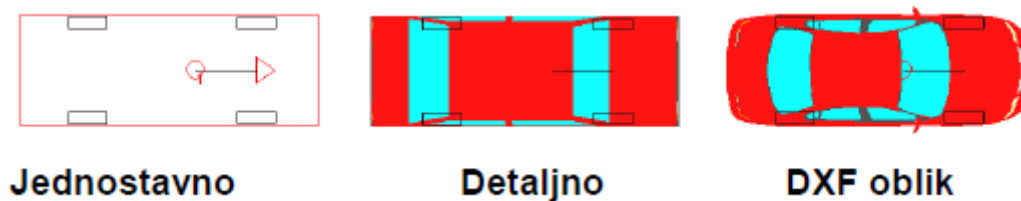
Prije same analize potrebno je izvesti izradu skica mjesta prometne nesreće koja će poslužiti kao podloga za simulaciju. U samom programu postoji alat za crtanje koji omogućava izradu skice a kao podloga može poslužiti i ranije skenirana policijska skica.

Simulacija naleta vozila na pješaka vrši se tako što se u odgovarajućim prozorskim izbornicima PC Crash –a podešavaju parametri vezani za vozilo i pješaka, što se može vidjeti na slici 18.



**Slika 18.** Izgled izbornika za definiranje parametara vozila [10]

Program ima veliku bazu podataka sa svim vrstama i tipovima vozila. Isto tako, postoji mogućnost učitavanja različitog prikaza oblika vozila (slika 19) [5]



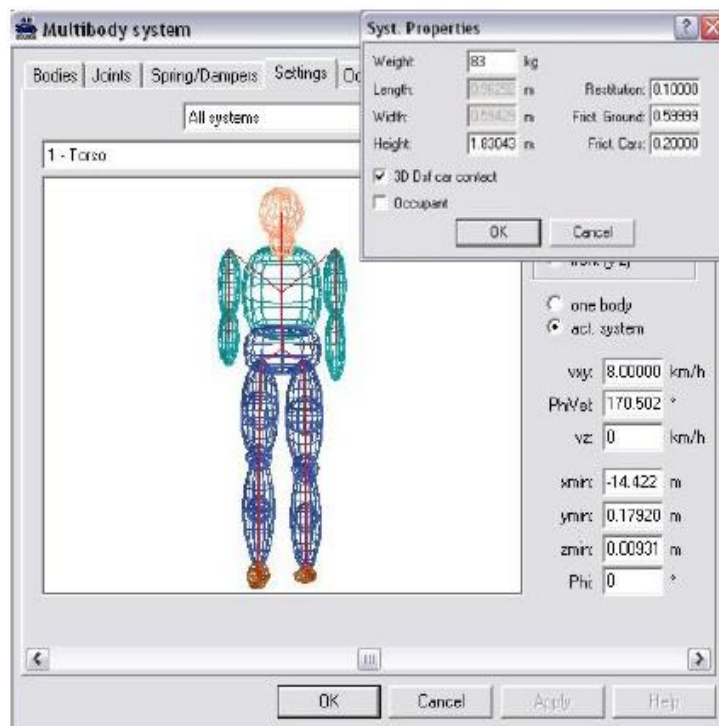
**Slika 19.** Različiti prikazi oblika vozila [5]

Najprije se iz baze podataka ovoga programa unosi marka i tip vozila a zatim, ukoliko je to potrebno, vrši se korekcija parametara mase i geometrije vozila, kako bi ono po svojim karakteristikama odgovaralo vozilu koje je sudjelovalo u stvarnoj nesreći. Pritom se definira početna brzina vozila i intenzitet usporenja ukoliko je ono bilo kočeno ali i ostale karakteristike određenih elemenata kao što su pneumatici, opruge, amortizeri i sl. Prilikom odabira

pneumatika moguće je definirati model pneumatika, dimenzije, promjer kotača te maksimalni kut bočnog skretanja dok je kod opruga i amortizera moguće odrediti krutost opruge, maksimalni progib opruge te koeficijent prigušenja.

Osim mase praznog vozila, koja je ponuđena učitavanjem vozila u početnoj fazi, postoji mogućnost određivanja mase putnika i tereta u vozilu [5]

Priprema pješaka za simulaciju vrši se tako da se odredi položaj pješaka u odnosu na vozilo. Bitno je napomenuti kako „Multibody“ sistem nije stabiliziran u stojećoj poziciji i da on djeluje po zakonu gravitacije. To znači da ako položaj pješaka zauzima veliku distancu u odnosu na vozilo i počne simulacija, poslije nekoliko sekundi pješak može pasti čak i prije nego dođe u kontakt sa vozilom. [10]

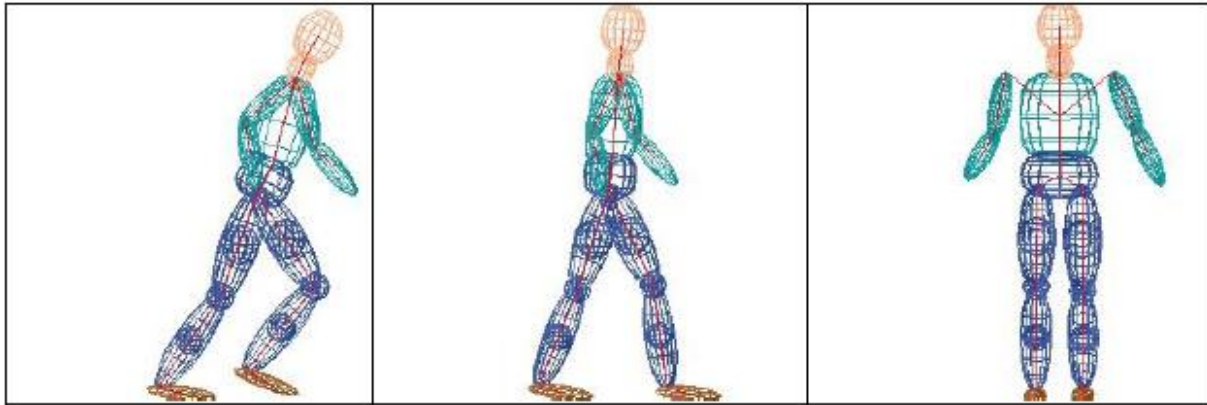


**Slika 20.** Izgled izbornika za definiranje parametara Multibody modela pješaka [10]

PC-Crash omogućava korigiranje mase pješaka, koeficijenta restitucije prilikom naleta na pješaka, koeficijenta trenja između pješaka i podloge te koeficijenta trenja između pješaka i vozila. U okviru samog „Multibody“ modula, može se vršiti i usklađivanje položaja pojedinih dijelova tijela pješaka u odnosu na vozilo, kao i unos mase i visine pješaka, koji imaju značajan utjecaj na visinu težišta odnosno kinematiku nakon naleta.

Jednako tako, može se mijenjati i ugao te položaj pješaka u odnosu na vozilo i na taj način po potrebi definirati raskorak prilikom naleta, zakrenutost u odnosu na vozilo, pognutost i sl. Mogućnost realizacije ovakvih položaja u kontaktu je veoma važna jer pješak, kojemu prijete nalet vozila, na sve načine taj kontakt pokušava izbjeći ili se instinktivno zaštititi tako da se uvija, skače ili nagnje. Iz toga razloga je sve parametre vezane za položaj pješaka važno definirati što je moguće točnije i realnije. [10]

Položaj pješaka Multibody modela u odnosu na vozilo može se definirati na osnovu usporedne analize oštećenja na vozilu i povrede pješaka, nastalih u realnoj nesreći. Sudari pojedinačnih elemenata Multibody sistema sa dijelovima vozila i podlogom se proračunavaju automatski. Osnovni integracijski korak za izračunavanje pokreta pješaka je 1 [ms]. Nakon završenog proračuna, simulacija naleta može se kreirati kao *avi* format. [10]



**Slika 21.** Karakteristični položaji pješaka kreiranih u Multibody modulu [10]

Simulacijama je teže postići zaustavne pozicije vozila i pješaka koje su definirane u zapisničkoj dokumentaciji, uz kinematiku naleta koja je u skladu sa oštećenjima na vozilu i povredama pješaka. U zavisnosti od brzine računala, svaka simulacija može potrajati i po nekoliko minuta.

Nakon sprovedene simulacije, vozilo se može prebaciti u *dxf* format kako bi se dobio njegov realističan izgled. [10]

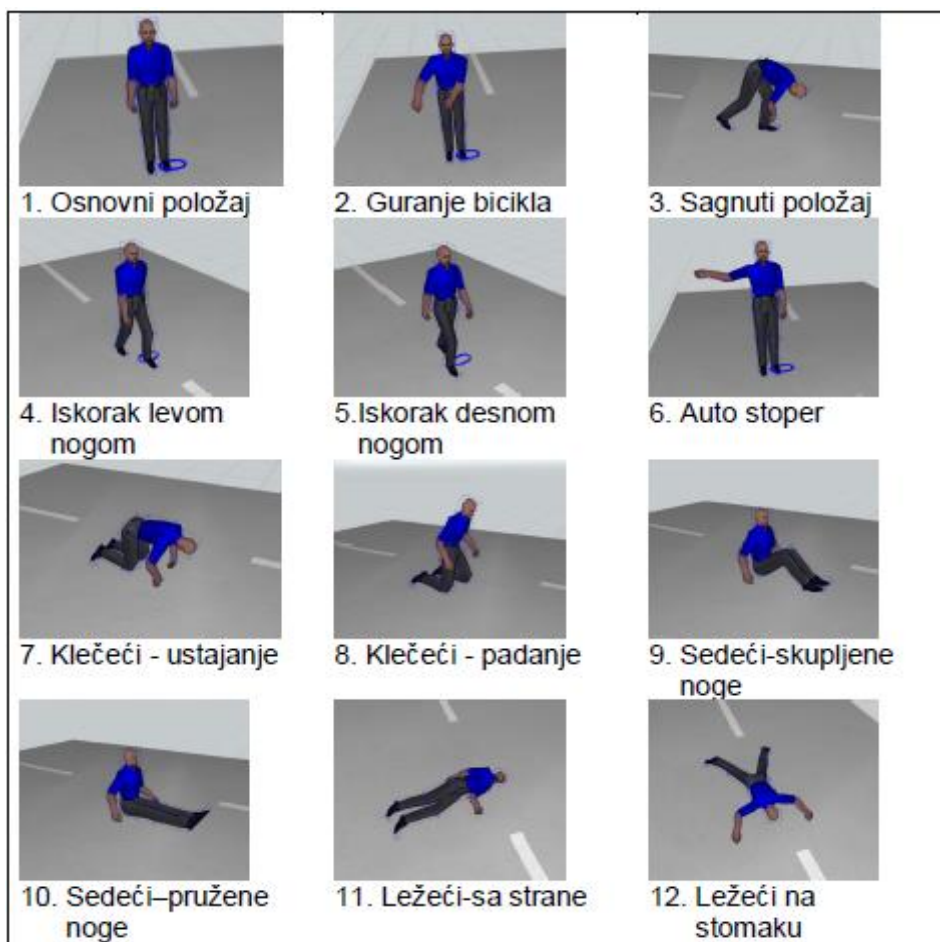
## 7.2. Princip rada softvera Virtual Crash kod analize naleta vozila na pješaka

Virtual Crash je jedan od novijih softvera za simulaciju i rekonstrukciju prometnih nesreća. Program raspolaze bazom od nekoliko tisuća vozila realnog oblika, koji se skoro svakodnevno nadograđuje.

Rad ovog softvera se temelji na *Kudlich – Slibar* sudarnom modelu, koji je zasnovan na zakonu o količini kretanja sustava i zakonu o momentu količine gibanja, uz uvažavanje koeficijenta restitucije i koeficijenta trenja između kontaktnih površina sudarenih vozila. Pored analize sudara vozila, ovaj program omogućuje analizu naleta vozila na pješake, motocikle, bicikle i dr. U simulaciji prometnih nesreća tipa nalet vozila na pješaka, tijelo pješaka se mora tretirati kao sustav međusobno povezanih tijela sa svojim specifičnim karakteristikama, što je omogućeno primjenom *multibody* simulacijskog modela. [3]

Dakle, i ovaj programski paket pruža mogućnost simulacije naleta vozila na pješaka primjenom *multibody* simulacijskog modela. Multibody model posjeduje standardna svojstva koja imaju pješaci, kao što su veličina i težina. Ovi parametri su promjenjivi u skladu sa svojstvima pješaka u pojedinoj nezgodi. Za razliku od PC Crash *multibody* modula, u programu Virtual Crash nije moguće modelirati položaj pješaka u odnosu na vozilo u trenutku kontakta, već se za potrebe simulacije koriste karakteristični položaji pješaka koji su već definirani. Na raspolaganju je šest položaja pješaka u stajaćem položaju, dva klečeća, dva sjedeća i dva ležeća položaja. Grafički opis položaja pješaka moguće je vidjeti na slici 22. [10]





**Slika 22.** Mogući položaji pješaka u programskom paketu Virtual Crash [10]

Zbog svoje krutosti, na vozilu prilikom naleta na pješaka ne nastaju značajnija oštećenja. Razlika između težine vozila i pješaka je velika, pa tijelo pješaka zbog naleta vozila zadobije veliku promjenu brzine a raspored deformacijskog rada je nepovoljan za pješaka. To je razlog zašto program Virtual Crash u pogledu vozila kao krutog tijela ne uzima u obzir deformacije vozila kod naleta na pješaka. [3]

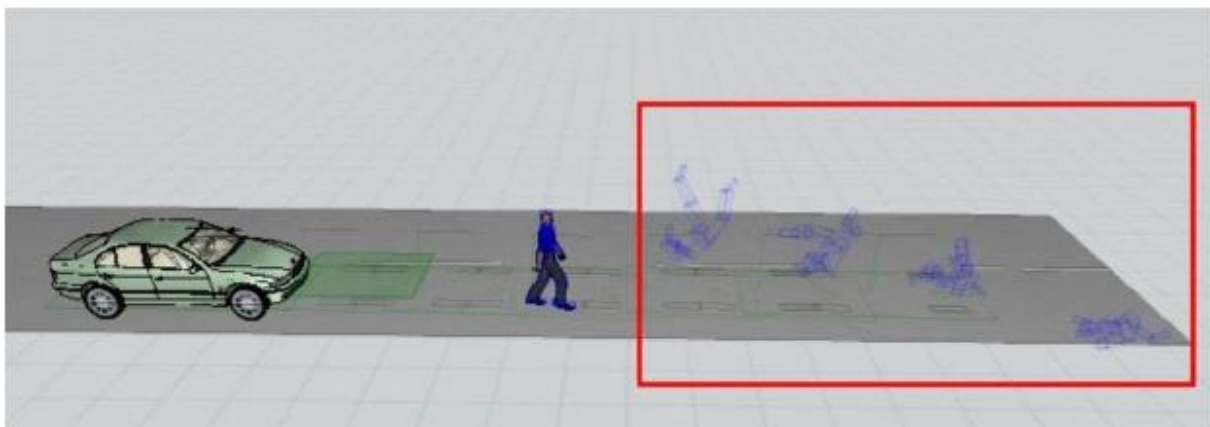
Analiza započinje odabirom vozila odgovarajuće marke i tipa iz baze. Odabirom iz glavnog izbornika selektira se Multibody sistem a potom se on prevlačenjem dovodi na mjesto nesreće. Nakon toga se osnovni položaj pješaka, po potrebi, zamjenjuje jednim od ponuđenih položaja koji su u skladu sa oštećenjima na vozilu, povredama pješaka i pretpostavljenom kinematikom naleta.

Model pješaka se ponaša kao svaki drugi model u programu Virtual Crash, što znači da se u okviru podizbornika mogu promijeniti osnovni parametri modela, kao što su brzina, pravac kretanja, vektor brzine kretanja i adhezija prema podlozi. [10]

U okviru ostalih podizbornika moguće je izvršiti korekcije osnovnih kinematičkih parametara kretanja pješaka, kao što su položaj i ukošenost pješaka u odnosu na X, Y i Z osi, parametre brzine kao i osnovnih podataka o karakteristikama pješaka (visina i masa) i parametara sudara (restitucije i trenje).

Nakon pozicioniranja vozila i pješaka u pretpostavljenu naletnu poziciju, definiraju im se brzine, a vozilu i usporenje, odnosno koeficijent prljanjanja, za slučaj da je bilo kočeno.

Pokretanjem simulacije, grafički se prikazuje putanja kretanja sudionika u prometu, tako da se za svega nekoliko sekundi može vidjeti približna zaustavna pozicija i automobila i pješaka. [10]



**Slika 23.** Kretanje vozila i pješaka nakon zadanih ulaznih parametara u programskom paketu Virtual Crash [10]

## 8. ZAŠTITA PJEŠAKA

Mjere za povećanje sigurnosti cestovnog prometa i zaštitu svih sudionika u prometu mogu se podijeliti u tri skupine; to su **administrativne, tehničke i ostale mjere**.

1. Administrativne mjere uključuju zakonske propise, zabrane, uređenje prometa, ulaz/izlaz prometa kroz gradsko središte i sl.
2. Tehničke mjere vezane su, uglavnom, za infrastrukturu („safety infrastructure“), vozila („safety vehicle“) i sigurnije okruženje („safety environment“).
3. Ostale mjere prvenstveno podrazumijevaju edukaciju, treninge, diseminaciju i sl.

### 8.1. Administrativne mjere

Uz pomoć administrativnih mjera moguće je utjecati na povećanje prometne sigurnosti. Te mjere uključuju prometnu legislativu odnosno zakone i propise koji se odnose na uređenje prometa. Neki od njih su: Zakon o sigurnosti prometa na cestama, Zakon o cestama, Zakon o prijevozu u cestovnom prometu, Pravilnik o prometnim znakovima itd.

Za problematiku koja nije obuhvaćena zakonima i pravilnicima preporučuju se smjernice preuzete od drugih država.

Osim navedenog nemali je broj direktiva koje propisuje Europska komisija.

Tim povodom proizašlo je izvješće o obuci vozača i sustavu izdavanja vozačkih dozvola. Usredotočenost misije bila je usmjerena na način obuke vozača za B-kategorije, a sadrži sljedeće prijedloge:

- Teorijska obuku unaprijediti u cilju povećanja prometne kulture i poštivanja prometnih propisa;
- Obuku kandidata za vozače provoditi i u uvjetima smanjene vidljivosti i noću;
- Obuku kandidata za vozača započeti znatno ranije od dosadašnje granice od 18 godina;
- Potrebno je razviti nove metode vozačke prakse (defenzivna vožnja);
- Potrebno je poboljšati opremljenost centara za vožnju;
- Vozačke dozvole ograničiti na određeno razdoblje (probne vozačke dozvole). [15]

## 8.2. Tehničke mjere

Tehnički nedostaci ceste često su uzrok nastanka prometnih nesreća, a oni mogu nastati pri projektiranju cesta i pri njihovoj izvedbi. Kako bi se povećala sigurnost cestovnog prometa potrebno je:

**a) za trasu ceste** koja se sastoji od pravaca, zavoja i prijelaznica potrebno je osigurati dobro optičko vođenje trase ceste te smjer i visinski položaj ceste.

**b) tehničke elemente ceste** planirati na način da se prema mogućnostima planiraju kolnici s četiri prometna traka s odvojenim smjerovima, te da se pravilno primjene ostali elementi ceste poput uzdužnog i poprečnog nagiba, širine kolnika i ostalih oblikovnih elemenata. Na cestama gdje se odvija mješovit promet potrebno je predvidjeti biciklističke i pješачke.

**c) održavati kolnik u cilju osiguranja optimalnog** koeficijenta trenja radi osiguranja što kraćeg zaustavnog puta vozila.

**d) opreмати ceste** sa uređajima i opremom kako bi se osigurali optimalni uvjeti odvijanja prometa danju i noću ali i u uvjetima smanjene vidljivosti

**e) cestu opreмати rasvjetom cesta** – nužan preduvjet za siguran promet jer se velik dio prometa odvija noću. Prema svim ispitivanjima broj nesreća noću je daleko veći. Dobrom rasvjetom na duljim dijelovima ceste smanjuje se broj prometnih nesreća 30-35 % u usporedbi s prometnicama koje nisu osvijetljene ili su slabo osvijetljene. Da bi se povećala sigurnost prometa na opasnim dijelovima ceste i noću potrebno je osigurati što bolju vidljivost i preglednost ceste, eliminirati sve žarulje koje blješte, izvor svjetla mora biti izvan vidnog polja vozača itd. Dobrom rasvjetom povećava se udobnost vožnje, smanjuje umor vozača a prometno opterećenje raspoređuje jednoliko tijekom dana.

**f) raskrižja zbog** velikog broja prometnih nesreća koja se na njima događaju potrebno je projektirati na način da osiguravaju optimalnu propusnu moć a oblikovni elementi raskrižja poput preglednosti i broja prometnih traka za razdvajanje prometa trebaju se primijeniti na mjestima velike gustoće prometa kako bi se povećala sigurnost. Na mjestima gdje za to postoji opravdani razlog potrebno je izgraditi raskrižja u dvije ili više razina.

**g) utjecaj bočne zapreke** – nepovoljno utječu na sigurnost prometa. Gotovo trećina vozača pogine zbog udara u stalne zapreke koje se nalaze na bankinama. Stoga se na bankinama ne

smiju postavljati stalne ili povremene zapreke, kao što su ograde, drveće, telefonski stupovi, reklamne ploče i sl.

**h) održavanje ceste** – radovi na održavanju ceste moraju se obavljati redovito i brzo tijekom cijele godine. Tu pripadaju popravci kolničkog zastora, zemljanog trupa ceste, potpornih i obložnih zidova, mostova i propusta, čišćenje kolnika, zaštita nasipa, usjeka i zasjeka i sl. [16]

U tehničke mjere, pored kvalitetnog projektiranja i izvedbe cestovne infrastrukture, spadaju i mjere efikasnog povećanja aktivne i pasivne sigurnosti vozila. Novija vozila, osim što su sigurnija, bitno utječu na povećanje opće prometne sigurnosti, kako samih putnika tako i pješaka.

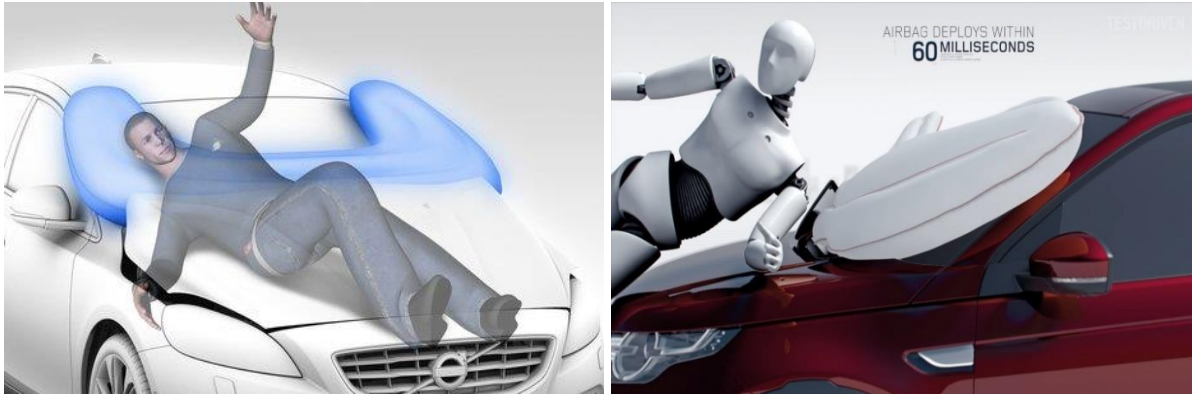
Svake godine veliki broj proizvođača automobila ulaže velike napore kako bi povećali sigurnost svojih vozila. Ipak, i dalje se djelomično zanemaruje pasivna sigurnost pješaka. Ta činjenica možda je uzrokovana time da je tvrtkama primaran cilj prodati proizvod a proizvod sa dobrom reputacijom ostvaruje bolje prodajne rezultate što dovodi do većeg profita tvrtkama. Iz tog razloga, tvrtkama je u interesu ulagati veća sredstva u sigurnost samih putnika u vozilu dok se sigurnost ostalih sudionika u prometu od strane kompanija više marginalizira i stavlja u podređeni položaj. Iako ta činjenica nije pozitivna, ona je razumljiva. Za veću prometnu sigurnost pješaka najveću odgovornost trebala bi imati državna tijela i prometni stručnjaci koji bi svojim djelovanjem trebali doprinijeti smanjenju broja i posljedica prometnih nesreća. Unatoč tomu, postoje određeni bitni pomaci na polju sigurnosti pješaka a koji su plod upravo proizvođača automobila.

U nastavku se navode po jedna pasivna i jedna aktivna mjera koje se, u zadnje vrijeme, dosta primjenjuju u automobilskoj industriji u svrhu zaštite sudionika u sudaru.

### **Sustav zračnih jastuka za pješake**

Sigurnost je jedna od glavnih značajki Volvovih automobila pa stoga ne čudi činjenica da su jedni od prvih proizvođača automobila koji su predstavili sustav zračnih jastuka za pješake. Sustav se sastoji od sedam senzora i zračnog jastuka koji se aktivira u djeliću sekunde kada jedan od senzora registrira pješaka ispred vozila, te se otvara na području vjetrobranskog stakla. Volvo se odlučio na razvoj ovog sustava potaknut podacima istraživanja koji govore da u Kini čak 25% svih žrtava prometa čine pješaci. U Europi je ta brojka nešto niža. Također su došli do zaključka kako najozbiljnije ozljede pješaka nastaju zbog udarca u poklopac motora ili vjetrobransko staklo.

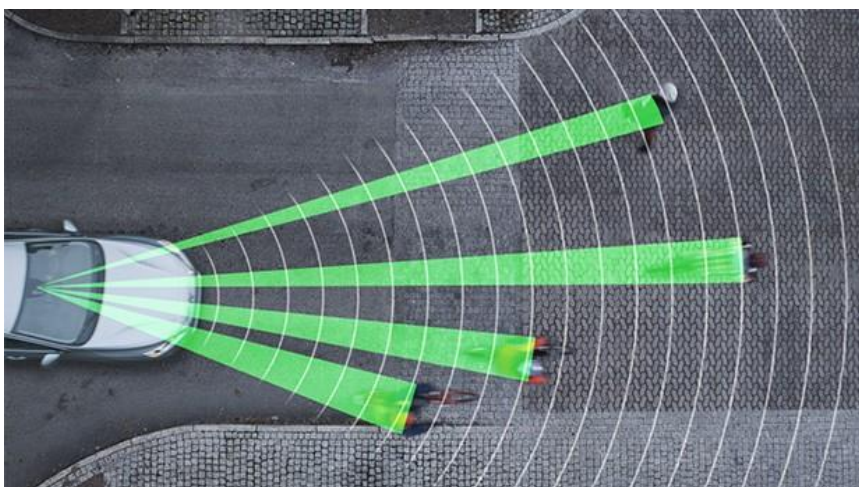
Sustav zračnih jastuka za pješake predstavlja pasivnu tehničku mjeru, koja ne može spriječiti nastanak prometne nesreće ali može bitno ublažiti njenu posljedicu.



**Slika 24.** Princip rada zračnih jastuka za pješake [20]

### Sustav detekcije pješaka

Osim sustava zračnih jastuka za pješake, koji predstavlja pasivnu sigurnost u prometu, Volvo je prije dvije godine predstavio sustav koji i aktivno povećava sigurnost pješaka u prometu. Radi se o sustavu detekcije pješaka, koji automatski pokreće mehanizam kočnica pri brzini do 35 km/h i koji se aktivira ako vozač ne reagira na vrijeme. Ako pješak izađe na cestu ispred automobila, bit će primijećen od strane kamera i radara, te će računalo u automobilu prvo zvučno obavijestiti vozača a zatim i sam pokrenuti mehanizam kočnica ako vozač ne reagira na upozorenja. Slični sustavi koji funkcioniraju prema istom principu su sve češći i kod ostalih proizvođača automobila.



**Slika 25.** Princip rada sustava za detekciju pješaka [20]

Implementacijom sustava detekcije pješaka u vozila nastoji se spriječiti prometna nesreća naleta vozila na pješaka dok se sa sustavom zračnih jastuka za pješake nastoji ublažiti posljedica naleta na pješaka ukoliko do nesreće ipak dođe. Stoga je jasno kako ova dva sustava u kombinaciji jedan s drugim mogu znatno doprinijeti sigurnosti pješaka u prometu, te smanjiti ozljeđivanje i pogiblju u budućnosti.

Glavni nedostatak ova dva sustava su njihova cijena. Vrlo je upitno da li su proizvođači jeftinijih vozila spremni ulagati velika sredstva u implementaciju takvih sustava u svoja vozila. Kod jeftinijih vozila to je praktički nemoguće, jer bi to značilo povećanje cijena automobila što bi kupci teško prihvatili. Slijedom toga, za pretpostaviti je kako će se u narednom periodu ovakvi sustavi ugrađivati samo u skuplja vozila sve dok tehnologiju ne pojeftini i postane standardna u svim novim automobilima.

### **8.3. Ostale mjere**

Jedno od područja gdje bi se promocija prometne sigurnosti trebala povećati su elektronički mediji. Veća promocija na TV-u i novinama povećala bi svijest svih sudionika u prometu o važnosti poštivanja prometnih propisa.

Do 1990. godine povremeno su izrađivani sveobuhvatni nacionalni programi za poboljšanje prometne sigurnosti. Međutim, ti programi nisu bili ostvareni kako radi manjka novčanih sredstva, tako i radi slabe usklađenosti među onima koji bi ih provodili. Posljednja dva programa krajem 90-ih ostala su samo na papiru zbog istih razloga. [17]

Prometni odgoj i obučavanje sudionika u prometu treba biti jedna od osnovnih zadaća autoškola i HAK-a, jer su oni po svojoj društvenoj funkciji dužni da permanentno rade na podizanju prometno-tehničke kulture svih sudionika u prometu, a prije svega djecu i mlade koji su u prometu najugroženiji.

Neophodno je da uz program rada prometno-odgojnih aktivnosti HAK-a i svaka autoškola izradi program mjera koji mora odražavati specifičnosti područja na kojemu određeni subjekti djeluju.

Za realizaciju programa neophodno je ostvariti suradnju s prosvjetno-pedagoškom službom, osnovnim i srednjim školama kao i sa svim ostalim subjektima neposredno odgovornima za razvijanje i unapređivanje društvene samozaštite u cestovnom prometu.

Za povećanje sigurnosti cestovnog prometa kao dio preventivnih mjera predlažu se:

1. Akcije s vozačima-instruktorima na realizaciji programa prometne preventive odraslih s vozačima i s pješacima;
2. Organiziranje obuke u predškolskim ustanovama i osnovnim školama u praktičnim vježbama u prometnom odgoju djece i mladeži;
3. Rad s nastavnicima u odgojno obrazovnim ustanovama na pružanju stručne pomoći u realizaciji sadržaja iz prometnih propisa;
5. Organizacija tečajeva i ispita za vozače bicikla i mopeda u osnovnim školama;
6. Uvođenje prometnog odgoja za roditelje kao važnog subjekta u odgoju djece;
7. Provođenje cjeloživotnog obrazovanja vozača; [17]

Primjenom predloženih mjera moguće je osigurati veću prometnu kulturu a što je preduvjet i za veću sigurnost svih sudionika u cestovnom prometu.

Sustav sprječavanja prometnih nesreća složen je i „višedimenzionalan“. Svi dosadašnji pokušaji rješavanja ovoga problema bili su uglavnom tehničke prirode. Takav pristup, zbog pogrešaka u organizaciji i nesagledavanja interakcija između svih elemenata do sada nije doveo do bitnijeg smanjenja broja nesreća. Sprečavanje prometnih nesreća mora biti sustavno, plansko i koordinirano djelovanje, na svim razinama, s jasno podijeljenom odgovornošću i precizno određenim nositeljima. [1]

U nastavku će se predložiti niz mjera i strategija za jačanje svih dijelova sustava kojemu je ključni cilj sprječavanje stradavanja pješaka i drugih ranjivih korisnika na cestama. To su:

- Sustavno provođenje mjera za poboljšanje svih dijelova sustava za sprječavanje nesreća
- Stalno smanjivanje nepovoljnih okolnosti koje uzrokuju nesreće (posebnu pozornost treba posvetiti rizicima koji dovode do teških nesreća, kao i visokorizičnim skupinama poput mladih i starih pješaka)
- Poštivanje i dostojno provođenje zakona što uključuje pojačanu kontrolu sudionika u prometu od strane policije a vozila od strane Državne uprave za ceste.
- Prihode od prometnih kazna preusmjeriti na poboljšanje cestovne sigurnosti
- Dijeljenje odgovornosti između planera, operatera i korisnika ceste
- Današnje ceste prilagoditi nemotoriziranom prometu a buduće dizajnirati i konstruirati da zadovoljavaju potrebe pješaka i biciklista.



- Sigurnija vozila odnosno povećanje aktivne i pasivne zaštite – više o ovoj mjeri reći će se u nastavku.
- Povećanje svijesti o važnost nemotoriziranog prometa kao i povećanje prometne kulture i tolerancije svih sudionika u prometu i njihovo međusobno uvažavanje.

## 9. ZAKLJUČAK

Diplomski rad sustavno i cjelovito obrađuje problematiku kolizije pješaka i vozila. Radi dobivanja potpunog uvida u problematiku, u uvodnom dijelu se daje pregled prometnih nesreća u kojima su sudjelovali pješaci. Tablicama i grafikonima opisane su najčešće pogreške pješaka koje su dovele do nastanka prometne nesreće. Najčešće pogreške pješaka koje su dovele do prometne nesreće godinama je isti – nekorištenje obilježenog pješačkog prijelaza i nepoštivanje svjetlosnog znaka. Usporedbom sa 2014. godinom može se zaključiti kako se broj nastradalih pješaka nije smanjio u 2015. godini.

Dio analize odnosio se i na dobnu strukturu pješaka koji su nastradali u prometnim nesrećama. Ovdje se pokazalo kako najveći broj teško ozlijeđenih osoba pripada starijoj životnoj skupini dok su lakše tjelesne ozljede uglavnom bile prisutne kod mlađe generacije koja tek kreću u školu i koja još uvijek nisu u potpunosti razvili prometnu kulturu.

Jednako tako, obradom statistike obuhvaćeno je i svojstvo sudionika prometnih nesreća. Iako su pješaci najugroženija skupina u prometu, vozači svojim greškama daleko više utječu na nastanak prometne nesreće. Stoga ne čudi da je 65% smrtno stradalih sudionika u 2015. godini bilo u svojstvu vozača.

Proizvođači automobila najveću pažnju obraćaju na sigurnost putnika u automobilu ali neosporno je da novija vozila povećavaju i sigurnost pješaka. Jedan od najboljih primjera je švedska tvrtka Volvo koja se godinama trudi povećati sigurnost pješaka. Plod tog truda su zračni jastuci za pješake. Iako sama tehnologija ne može spriječiti uzrok prometne nesreće, može bitno ublažiti njenu posljedicu.

Težina ozljeda prilikom naleta vozila ovisi o mnogo faktora. Najvažniji je brzina kojom je vozilo udarilo pješaka te oblik profila prednjeg djela vozila. Iz toga razloga od iznimne je važnosti poznavati kinematiku naleta vozila na pješaka. U diplomskom radu detaljno su opisane metode na temelju kojih se može odrediti naletna brzina vozila.

Način fiksiranja i evidentiranja tragova prometne nesreće značajan su element za analizu dinamike nastanka nesreće, ali i element prema kojemu se planiraju preventivne i represivne aktivnosti kako bi se smanjio broj i posljedice prometnih nesreća.

Za veću razinu sigurnosti cestovnog prometa potrebno je poduzeti i strukturne promjene i pristup u provođenju svih mjera, od preventivnih, administrativnih, tehničkih i zakonskih te

usporedno s njima razvijati prometnu kulturu. S obzirom na vrste pogrešaka pješaka koje su dovele do prometnih nesreća, nameće se zaključak da bi na tom polju trebalo djelovati edukacijom. Država bi kroz veća novčana izdvajanja trebala pomoći u edukaciji i povećanju prometne kulture svih sudionika u prometu.

Ovakva stajališta su na crti zaštite najviše ugroženih, a daleko su još od u nekim zemljama primjenjivane apsolutne odgovornosti vozača prema pješacima, čak i kad su sami pješaci uzročnici nesreće u cijelosti (npr. Francuski Zakon iz 1985.g.).

U diplomskom radu također su opisana i dva alata pomoću kojih se obavljaju ekspertize prometnih nesreća. To su PC Crash i Virtual Crash programski paketi.

## LITERATURA

- [1] Šimunović Lj., Ćosić M. : „Nemotorizirani promet“, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.
- [2] Kostić S.: „Ekspertize saobraćajnih nezgoda“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2009.
- [3] Sikirić D., Fuzul Ž. : „Primjena softvera za simulaciju prometnih nezgoda tipa naleta vozila na pješaka“, <http://www.promet-ekspert.hr/>
- [4] Mihajlović M. : „Nalet vozila na pešca“, Univerza v Mariboru fakulteta za gradbeništvo“, diplomski rad, Maribor, 2009.
- [5] Zovak G., Šarić Ž. : „Prometno tehničke ekspertize i sigurnost – nastavni materijal“, autorizirana predavanja, Zagreb, 2011.
- [6] Vrbančić T. : „Analiza opasnih mjesta u Koprivničko – Križevačkoj županiji“, diplomski rad, Zagreb, 2015.
- [7] Ministarstvo unutarnjih poslova: „Statistički pregled temeljnih sigurnosnih pokazatelja i rezultata rada u 2015. godini“, Zagreb.
- [8] Ministarstvo unutarnjih poslova: „Bilten o sigurnosti cestovnog prometa 2015., Zagreb.
- [10] Papić Z., Kostić S. : „Primena računarskih programa u ekspertizama naleta vozila na pešake“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [11] Bilješke sa predavanja iz kolegija „Prometne tehničke ekspertize i sigurnost“
- [12] „Određivanje brzine učesnika u saobraćajnim nezgodama“, pdf
- [13] Dragač R. : „Bezbednost drumskog saobraćaja III“, Beograd, 1999.
- [14] Gupta V. : „Pedestrian head protection during car to pedestrian accidents“, Detroit, Michigan, 2014.
- [15] Mumuzić, I, „Mladi vozači i sigurnost cestovnog prometa“
- [16] Kovač, L.: „Sigurnost prometa“, udžbenik, Zagreb, 2009.
- [17] Rotim, F. (1990.). Elementi sigurnosti cestovnog prometa: Ekspertize prometnih nezgoda, svezak 1, Zagreb: Znanstveni savjet za promet JAZU.
- [18] Skripta iz kolegija „Prometna medicina“.

[19] <http://transportblog.co.nz/tag/speed-limits/> (pristupano 1. rujna 2016.).

[20] <http://automobili.dnevnik.hr/novosti/clanak/zracni-jastuci-za-pjesake-novi-sustav-volva>  
(pristupano 3. rujna 2016.).

[21] Neptune J. : „Traffic Accident Reconstruction“, Florida, 2009.

## POPIS SLIKA

|   |    |
|---|----|
| <b>Slika 1.</b> Stupnjevi slobode pješaka .....   | 3  |
| <b>Slika 2.</b> lijevo – raspodjela svih ozljeda na tijelu. Desno – raspodjela ozljeda prema razini ozbiljnosti i učestalosti ..... | 18 |
| <b>Slika 3.</b> Bočni pogled lubanje i mozga .....  | 19 |
| <b>Slika 4.</b> Zglob i ligament koljena.....   | 19 |
| <b>Slika 5.</b> Vrste naleta vozila na pješaka.....   | 20 |
| <b>Slika 6.</b> Faze frontalnog naleta .....  | 22 |
| <b>Slika 7.</b> Potpuni frontalni nalet na pješaka .....  | 23 |
| <b>Slika 8.</b> Vrste djelomičnog frontalnog naleta na pješaka.....   | 23 |
| <b>Slika 9.</b> Oblici profila prednjeg djela vozila .....  | 27 |
| <b>Slika 10.</b> Klinasti oblik prednjeg djela vozila.....  | 27 |
| <b>Slika 11.</b> Mjesto prvog kontakta pješaka i vozila sa klinastim oblikom.....   | 28 |
| <b>Slika 12.</b> Pontonski oblik prednjeg djela vozila .....  | 29 |
| <b>Slika 13.</b> Sandučasti oblici prednjeg djela vozila .....  | 30 |
| <b>Slika 14.</b> Područje prvog kontakta sa sandučastim oblikom vozila.....   | 30 |
| <b>Slika 15.</b> Mjesto udarca glave pješaka u ovisnosti o naletnoj brzini vozila .....   | 32 |
| <b>Slika 16.</b> Shematski prikaz tragova motornog vozila .....   | 38 |
| <b>Slika 17.</b> Određivanje brzine vozila na osnovi registriranih podataka na tahogramu .....                                      | 46 |
| <b>Slika 18.</b> Izgled izbornika za definiranje parametara vozila.....   | 54 |
| <b>Slika 19.</b> Različiti prikazi oblika vozila.....   | 54 |
| <b>Slika 20.</b> Izgled izbornika za definiranje parametara Multibody modela pješaka.....   | 55 |
| <b>Slika 21.</b> Karakteristični položaji pješaka kreiranih u Multibody modulu .....  | 56 |
| <b>Slika 22.</b> Mogući položaji pješaka u programskom paketu Virtual Crash .....   | 58 |
| <b>Slika 23.</b> Kretanje vozila i pješaka nakon zadanih ulaznih parametara u programskom paketu Virtual Crash .....                | 59 |
| <b>Slika 24.</b> Princip rada zračnih jastuka za pješake .....  | 63 |
| <b>Slika 25.</b> Princip rada sustava za detekciju pješaka.....   | 63 |

## POPIS TABLICA

|  |    |
|--|----|
| <b>Tablica 1.</b> Vrste, posljedice i broj prometnih nesreća u 2015. godini .....    | 5  |
| <b>Tablica 2.</b> Pogreške pješaka koje su dovele do prometne nesreće .....          | 6  |
| <b>Tablica 3.</b> Nastradali sudionici u prometu prema svojstvu u 2015. godini ..... | 9  |
| <b>Tablica 4.</b> Dobna struktura nastradalih pješaka u 2015. godini .....           | 14 |

## POPIS GRAFIKONA

|  |    |
|--|----|
| <b>Grafikon 1.</b> Broj prometnih nesreća izazvanih pogreškama pješaka .....               | 6  |
| <b>Grafikon 2.</b> Broj ozlijeđenih osoba izazvanih pogreškama pješaka .....               | 7  |
| <b>Grafikon 3.</b> Broj poginulih osoba izazvanih pogreškama pješaka.....                  | 8  |
| <b>Grafikon 4.</b> Svojstva poginulih osoba u prometu u 2015. godini .....                 | 9  |
| <b>Grafikon 5.</b> Udio poginulih osoba prema svojstvu u 2015. godini .....                | 10 |
| <b>Grafikon 6.</b> Svojstva teško ozlijeđenih osoba u 2015. godini.....                    | 10 |
| <b>Grafikon 7.</b> Udio teško ozlijeđenih osoba prema svojstvu u 2015. godini .....        | 11 |
| <b>Grafikon 8.</b> Svojstva lakše ozlijeđenih osoba u 2015. godini .....                   | 11 |
| <b>Grafikon 9.</b> Udio teško ozlijeđenih osoba prema svojstvu u 2015. godini .....        | 12 |
| <b>Grafikon 10.</b> Odnos naletnih brzina i vjerojatnosti smrtnog ishoda .....             | 13 |
| <b>Grafikon 11.</b> Dobna struktura poginulih pješaka u 2015. godini.....                  | 14 |
| <b>Grafikon 12.</b> Dobna struktura teško ozlijeđenih pješaka u 2015. godini .....         | 15 |
| <b>Grafikon 13.</b> Dobna struktura lakše ozlijeđenih pješaka u 2015. godini .....         | 16 |
| <b>Grafikon 14.</b> Sudarna brzina u zavisnosti od bočne daljine odbacivanja pješaka ..... | 31 |
| <b>Grafikon 15.</b> Prosječna brzina kretanja pješaka.....                                 | 45 |