

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер студије

Модул: Друмски саобраћај

Предмет: Методе вештачења саобраћајних незгода

Број индекса: 352/2013

Сања И. Ђорђевић

Реконструкција судара возило – пешак, студија случаја налета возила на пешака који прелази пут

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др.Александра Јанковић - ментор

2. _____

3. _____

Датум
одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру мастер рада потребно је урадити следеће тезе:

- Врсте судара возила и пешака
- Модели одбачаја пешака при судару са фронталним делом возила
- Структура Налаза и Мишљења саобраћајно-техничког вештачења
- Пример вештачења судара возила и пешака
- Реконструкција саобраћајних незгода помоћу софтвера
- Анализа даљине одбачаја пешака
- Закључак
- Литература

Препоручена литература:

- [1] С. Костић: Технике безбедности и контроле саобраћаја, ФТН, Нови Сад, 2002.
- [2] М. Вујанић, Приручник за саобраћајно-техничко вештачење, Београд 1996.
- [3] Brach, R. M., Brach, R. M.: Vehicle Accident Analysis and Reconstruction Methods. SAE International, 2005

Крагујевац, јул 2015.

Ментор:

Проф. др. Александра Јанковић

Abstract:

By analysing the traffic accident statistics, it is concluded that there is a high number of pedestrians injured or killed in traffic accidents. In contrast to the traffic accidents with vehicles, in the accidents with pedestrians, the pedestrians suffer bigger consequences because they are more vulnerable and weaker than vehicles. For the just observing and analysing the way an accident happened, it is necessary to do detailed and careful analysis of all damages on vehicles and connect them to the pedestrians' injuries during the traffic accident expertise, so the valid conclusions could be made. The analysis of the vehicle damages is the base for the precise determining of the position of the body of the pedestrian in the moment traffic accident occurred. In this work were analyzed traffic accidents in which pedestrians appear as participants, where, after a theoretical part, an example is given of expertise specific accident with participation of pedestrians. Also, the dependence distance dismissals pedestrians from vehicle speed and the speed of pedestrians at the moment of impact, and the age of pedestrians.

Keywords: reconstruction, traffic accidents, vehicle, pedestrian.

Резиме:

Анализом саобраћајних статистика долази се до података да у саобраћајним незгодама страда велики број пешака. За разлику од судара возила, у сударима возила и пешака пешаци трпе веће последице јер су далеко рањивији и слабији од возила. За правилно сагледавање и вршење анализе тока саобраћајне незгоде у саобраћајно техничком вештачењу је неопходно детаљно и пажљиво анализирати сва настала оштећења на возилима и довести их у везу са повредама пешака, како би се могло доћи до правилних закључака. Анализа насталих оштећења на возилима је основ за правилно утврђивање положаја тела пешака у судару са возилом. У оквиру овог рада анализиране су саобраћајне незгоде у којима се као учесници појављују и пешаци, где је након теориског дела, дат пример вештачења конкретне саобраћајне незгоде са учешћем пешака. Такође, утврђена је зависност даљине одбачаја пешака од брзине возила и брзине пешака у тренутку судара, као и од старосне доби пешака.

Кључне речи: реконструкција, саобраћајна незгода, возило, пешак.

Садржај:

1. Увод	2
2. Врсте судара возила и пешака	4
2.1 Потпуни чеони налет.....	4
2.2 Делимично чеони налет	5
2.3 Бочно окрзнуће	6
2.4 Гажење	6
3. Модел одбачаја пешака при судару са фронталним делом возила.....	7
3.1 Модел удара возила у пешака	9
3.1.1 Модел даљине одбачаја пешака	9
3.1.2 Путања возила.....	11
3.1.3 Индекс даљине одбачаја	11
3.2 Реконструкциони модел одбачаја	12
4. Упрошћени модел одбачаја пешака при фронталном налету возила.....	13
4.1 Претпоставке модела.....	13
4.1.1 Фаза контакта.....	14
4.1.2 Фаза лета.....	15
4.1.3 Додир са подлогом	16
4.1.4 Фаза клизања.....	16
4.2 Укупно време одбачаја и даљина одбачаја	17
5. Неопходни елементи Налаза и Мишљења саобрћајно-техничког вештачења	18
5.1 Основни подаци	18
5.2 Налаз	19
5.3 Мишљење	21
5.4 Закључак.....	21
6. Пример вештачења судара возила и пешака.....	22
6.1 Основни подаци	22
6.1.1 Учесници незгоде	22
6.1.2 Подаци о путу и времену	22
6.2 Налаз	23
6.2.1 Повреде учесника незгоде	23
6.2.2 Оштећења возила голф.....	24

6.2.3 Трагови и зауставни положаји учесника незгоде	25
6.2.4 Место судара возила голф и пешака.....	27
6.2.5 Брзина возила голф и пешака	31
6.2.6 Временско-просторна анализа	33
6.3 Мишљење	37
7. Реконструкција саобраћајних незгода помоћу софтвера.....	38
7.1 Програм Carat 3.0 i 4.0.....	40
7.2 Програм PC Crash 6	41
7.3 Програм VIRTUAL CRASH	42
8. Зависност даљине одбачаја пешака	44
8.1 Даљина одбачаја пешака у зависности од брзине аутомобила и тежине и висине пешака у случају када аутомобил не кочи	44
8.2 Даљина одбачаја пешака у зависности од брзине возила и брзине пешака у случају када аутомобил кочи	51
8.3 Даљина одбачаја пешака у зависности од тежине и висине пешака и брзине аутомобила у тренутку судара, када возило кочи	56
9. Закључна разматрања.....	68
10. Литература	70

1. Увод

Напори од светског значаја начињени су ради побољшања заштите рањивих учесника у саобраћају, посебно пешака. Ипак, безбедност пешака је и даље озбиљна и забрињавајућа ситуација. Кина је била константно рангирана као земља са високим процентом пешачких незгода са фаталним исходом због мешовитог саобраћаја и начина транспорта. Пешаци сачињавају 26,01% међу жртвама у саобраћају [1]. Просечно је у Кини на сваких пет минута повређен један пешак, а један је усмрћен на сваких седамнаест минута. Чак и у земљама где је управљање саобраћајем релативно добро организовано, на пример у Сједињеним Америчким Државама, пешаци чине 12% жртава саобраћајних незгода [2]. У Србији су 16% настрадалих у саобраћајним незгодама пешаци [3]. Поред година и здравственог стања пешака, врсте удара и облика возила, за исход повреда, примарни фактор је сударна брзина возила. Утицај брзине возила је првенствени фокус истраживача незгода.

Истраживање незгода са учешћем пешака је вероватно почело средином шездесетих година, углавном зарад реконструкције незгода. Од тада је развијено неколико модела који описују кретање пешака после контакта са возилом. Начелно постоје два типа модела: теоретски - који је базиран на законима механике и емпиријски. Теоретски модел пружа бројне поуздане резултате али му је ипак потребна значајна количина података (варијабли) из незгода у реалним ситуацијама да би се једначине решиле. Са друге стране емпиријски модел који се обично састоји од само једне формуле која повезује кретања возила приликом удара са даљином одбачаја пешака, не захтева никакве посебне податке али ипак његова примена је ограничена само на добро дефинисане сценарије и тачност модела је у оквиру од ± 10 km/h. Типични емпиријски модел не укључује стање пута које може бити фактор од великог утицаја када желимо да одредимо брзину возила на основу даљине одбачаја. Постоје хибридни модели који комбинују по нешто од оба основна модела.

На самом почетку, модел реконструкције употребљен за процену брзине возила базиран је на закону очувања енергије $V_c = \sqrt{2\mu gs}$, где је μ коефицијент трења пнеуматика по подлози, s је дужина трагова кочења, а g је гравитационо убрзање, док се V_c односи на брзину возила.

Међутим, велики број незгода у којима учествују возило и пешак су без трагова кочења. Како је у данашње време распрострањена употреба ABS (Antilock Break System) возило ће приликом кочења оставити мање трагова. Поред тога, на површини пута под утицајем временских услова као што су снег и киша, неће бити остављених трагова. У циљу решавања овог проблема, модел дужине одбачаја пешака процењује почетни утицај брзине возила, базирајући се на закону кинематике развијеном од стране аутора Schmidt–Nageld [4].

Многи аутори радили су бројне тестове не би ли детерминисали коефицијенте у моделу одбачаја пешака и начинили су изванредан број измена параметара. Шта више, заједно са моделом наилази још један проблем у виду потешкоће одређивања даљине одбачаја

пешака због тога што трагови који указују место судара возила и пешака нису једноставни за добијање на месту незгоде. Стога, Braun [5] и Strobl користе даљину одбачаја комадића стакла фара и ветробрана ради процене сударне брзине возила.

Коришћење математике и физике за моделирање даљине одбачаја пешака и брзине возила представља изазов из више разлога. Први и најбитнији је чињеница да је у односу на возило људско тело артикулисано, савитљиво и меко иако скелет пружа ограничену крутост (са могућношћу лома).

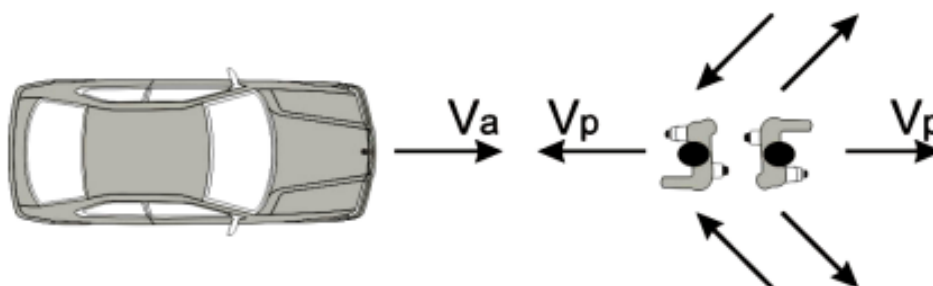
Саобраћајно-техничко вештачење представља један од најважнијих доказа и полазну основу за доношење одлуке у судским поступцима из области саобраћајних незгода. Ова чињеница упућује на то да је са посебним значајем и одговорношћу потребно приступити анализи саобраћајне незгоде, посебно у оном делу у коме се анализирају позиције возила непосредно пре незгоде и могућност избегавања незгоде, јер се управо на основу ових анализа указује на пропусте учесника незгоде.

2. Врсте судара возила и пешака

Да би се приступило анализи саобраћајне незгоде неопходно је претходно утврдити у коју врсту налета можемо сврстати предметну саобраћајну незгоду. Најважније је дефинисати о каквој врсти налета се ради, с обзиром на начин контакта између возила и тела пешака. Према начину контакта између возила и тела пешака налети се деле на чеоне налете, бочна окрзнућа и прегажења. Најчешћа врста налета возила на пешака је чеони налет под којим се подразумева удар предњег дела возила у тело пешака. С обзиром на сам начин налета, односно на део предњег дела возила са којим је тело пешака дошло у контакт, разликујемо потпуни чеони налет и делимични чеони налет [6].

2.1 Потпуни чеони налет

Код потпуно чеоног налета читаво тело пешака налази се испред возила, а унутар габарита возила (слика 2.1). Тело пешака у тренутку налета возила, код потпуно чеоног налета, добија (прима) брзину возила које га је ударило. Потпуни чеони налет може бити кочени и некочени.



Слика 2.1 - Потпуни чеони налет возила и пешака [6]

а) Налети при којима је возило кочено

Саобраћајне незгоде овог типа, где је возило кочено, имају три фазе реализације (слика 2.2):



Слика 2.2 - Фазни приказ динамике тока незгоде [6]

Прва - примарна фаза састоји се од контакта, то јест удара предњег дела возила у тело пешака, набацивање тела на возило и ношење тела на возилу. У току примарног контакта са предњим делом возила и набацивањем на возило, тело пешака добија од возила велику кинетичку енергију у врло кратком времену.

Друга фаза се састоји од одвајања тела пешака од возила и лет кроз ваздух, све док тело не додирне коловоз.

Трећу фазу чини клизање тела по коловозу све до момента када се тело, због трења о подлогу не заустави.

б) Налети при којима возило није кочено

Као што је већ наведено, разлика између коченог и некоченог налета је у томе што код некоченог возила, тело пешака остане на возилу све док возач не започне интензивно кочење возила. Тек након тога тело пешака се одваја од возила. Међутим, уколико је интензитет кочења слаб, тело пешака може остати на возилу све до заустављања. Због ове особености некоченог налета, код кога се тело дужи задржава на возилу, одбачај пешака ће бити знатно дужи него код коченог налета.

2.2 Делимично чеони налет

У случају делимично чеоног налета, тело пешака у тренутку примарног контакта једним делом се налази ван габарита возила, а другим делом тела се налази унутар габарита возила.

а) Делимично чеони улазни налет

Делимично чеони улазни налет је врста саобраћајне незгоде код које пешак улази у путању кретања возила са стране и бива захваћен најближим предњим углом возила у најистуренији део тела често само у искорачну ногу.

б) Делимично чеони излазни налет

Код делимично чеоног излазног налета, пешак такође долази према возилу са његове бочне стране и скоро успева да изађе ван габарита возила.

в) Делимично чеони налет у правцу

Делимични чеони налет у правцу је врста саобраћајне незгоде код које возило крајњим предњим углом захвата само део тела пешака који стоји или се креће у истом или супротном смеру као возило.

2.3 Бочно окрзнуће

Бочно окрзнуће је облик налета возила на пешака код којег тело пешака долази у контакт искључиво са бочном страном возила. Приликом бочног окрзнућа, тело пешака добија ротацију око своје уздужне осе, при чему може, али не мора у наставку и даље бити у контакту са боком возила. Постоје две врсте окрзнућа: типично и атипично [6].

а) Типично бочно окрзнуће

Код типичног бочног окрзнућа возило се креће у правцу, а пешак наилази са стране возила и долази у контакт са бочним делом возила, након што је предњи део возила већ прошао уз тело пешака. До овог окрзнућа може доћи и када се пешак креће паралелно са смером кретања возила у истом или супротном правцу.

б) Атипично бочно окрзнуће

Атипично бочно окрзнуће настаје у случајевима у којима пешак, који стоји или се креће паралелно са смером кретања возила, буде ударен неким истуреним деловима који се налазе на бочном делу возила. То може бити бочни ретровизор, отворено лептир стакло, товарни сандук код теретног возила, итд.

2.4 Гажење

Гажење је врста саобраћајне незгоде код које возило прелази преко или изнад тела пешака који је у лежећем положају. Под прелажењем се подразумева случај када бар један точак возила пређе преко тела пешака или када доњи делови возила прелазећи изнад пешака изазову повреду пешака. Обзиром на начин на који настаје могућност да тело буде прегажено, разликујемо једноставно и сложено гажење.

а) Једноставно гажење

Овај тип незгоде наступа када се пешак налази на коловозу у лежећем положају, а у исти је приспео услед алкохолисаности, болести, пада због клизавог коловоза, услед удара другог возила и сл. и бива прегажен од надолazeћег возила.

б) Сложено гажење

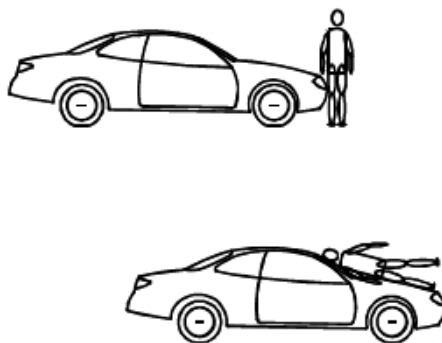
Уколико возило најпре налети на пешака, а затим га прегазу, ради се о сложеном гажењу. Случај сложеног гажења је веома комплексан за вештачење. Приликом вештачења ових врста налета обавезан је преглед возила са доње стране где се често могу наћи делови одеће, меког ткива и друго [6].

3. Модел одбачаја пешака при судару са фронталним делом возила

Преко 400 стручних радова је написано у протеклих 30 година на тему незгода са учешћем пешака. Значајан број ових чланака представљају и дискутују статистику пешачких незгода, врсте повреда, врсте и карактеристике предње геометрије возила, деформацију возила итд. Други презентују физичке и математичке моделе за анализу и реконструкцију таквих пешачких незгода. Облик ових модела варира као и опсег статистичких и емпиријских једначина, у односу на релативно софистициране математичко механичке моделе. Примери за ово су Evans и Smith [10], Harper [11] и Limpert [12]. Компилацију бројних реконструкционих формула за незгоде са учешћем пешака дали су Russell [13] и Eubanks [14]. Књига даје широко покриће пешачких незгода укључујући табеларне брзине пешака. Компилација стручних радова која представља опште студије и резултате налази се у издању измењеном од стране Backaitis [15].

Постоје три фазе незгоде у којима учествују возило и пешак, посматрано према кретању пешака: први ударац браника возила у ноге пешака односно такозвана „фаза удара“; удар главе пешака о ветробран, поклопац мотора или стуб такозвана „фаза лета“; пад пешака на подлогу као последња фаза „фаза клизања“ [7].

За ниске предње облике возила уобичајено је имати судар између предњег дела возила (браник) и доњег дела пешака праћено секундарним сударом горњих делова пешака са поклопцем мотора, ветробраном или кровом или као што је приказано на слици 3.1.



Слика 3.1 - Приказ примарног и секундарног судара између пешака и возила, [7]

У сударима при малим брзинама секундарни судар може бити мали, или не мора да постоји. Велике варијације се јављају у форми човека. Велике варијације постоје у величини и геометрији (облику) возила. Варијације се јављају и у почетним условима контакта. За дату људску форму, за дату тежину и висину и за дату предњу геометрију возила, резултујућа путања пешака увелико зависи од сударне брзине возила. Сви ови ефекти се сабирају из разлога што локација и озбиљност секундарног судара зависи од брзине. Пешакова путања при заустављању уз контакт са површином, због артикулисаног облика људског тела, може да се састоји само из клизања, а може и из

комбинације котрљања, превртања, одскакивања што зависи од услова приањања на подлогу, реакције тела пешака и сл. Ове врсте путања су задобиле значајну пажњу.

Bratten [16] и Searle [17] поделили су судар са пешаком у III фазе. I фаза удара; II фаза лета; III фаза клизања. Пет категорија судара је описано од стране Ravani [18], Brooks и осталих. Brach дефинише „Wrap“ судар као врсту судара када се значајан део пешаковог тела истеже изнад предњег дела возила и пешаково тело се „замотава“ на други део возила као што је поклопац мотора, ветробран, кров као на слици 1.

Код судара које Brach [8] дефинише као „Fender Vault“ пешак падне или се скотрља на страну. У случају судара „Roof vault“ возило пролази испод пешака док пешак улази у салто, где пешак прелази преко крова и ротира (најчешће изврнут, са главом доле). За „Wrap“ судар се сматра да има примарни и секундарни удар, а да судар „Forward Projection“ има само примарни удар тј. да пешак бива одбачен директно напред. Постоји само један примарни судар, али наравно неправилности се јављају. Пример ове категорије је случај када се пешак подиже на поклопац мотора, вероватно претрпи секундарни судар и остаје на поклопцу мотора без да буде одбачен напред. У случајевима као што је овај, пешак најчешће склизне са поклопца мотора или на страну у зависности од кочења и управљања возилом. У овом случају постоји фаза ношења између удара и лета.

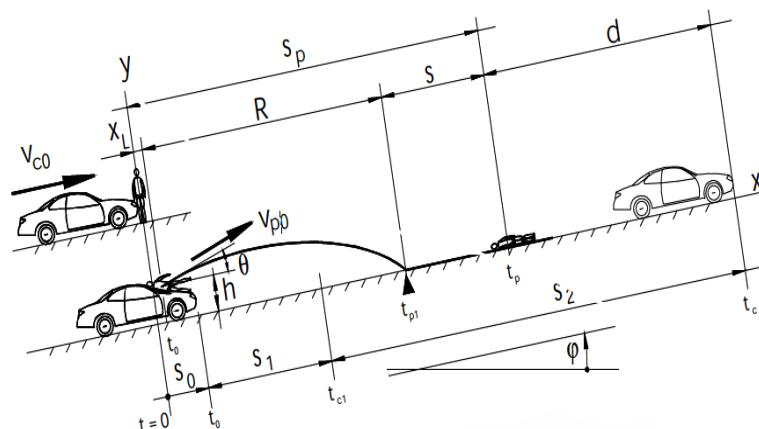
После удара, пешак је одбачен напред од возила и почиње фазу лета поготово ако возило успорава. „Forward“ судар обично је дефинисан за тип судара где се пешаково тело не истеже превише изнад предњег дела возила и први контакт гура пешака директно напред у фазу лета, после једног удара. Механика фазе лета може бити описана једначином слободног пада под утицајем земљине теже. Обично се отпор ваздуха занемарује у фази лета, па је и овде занемарен. Фаза лета је праћена ударцем у земљу [7].

Величина и облик предњег дела возила су фактори који утичу на даљину одбачаја пешака. Многи аутори су проучавали ове аспекте судара: Ashton и Mackay, Sturtz и Suren и Evans и Smith [10]. Изгледа да постоји неслагање око значаја предњег облика возила са једне стране. Limpert [12] тврди да предњи облик возила, идентификација и мере локације секундарног удара могу бити критичне у реконструкцији у мери да мале грешке могу резултовати значајну разлику у брзини реконструкције. Ипак, Evans и Smith [10] кажу да су утицаји предњег облика прецењени. Предњи облик вероватно утиче на механику и реконструкцију судара са учешћем пешака, али нема посебан значај. Такође је вероватно да фактори: облик возила, висина пешака, тежина и брзина имају везе или се збрајају. За дати облик, локација и озбиљност секундарног удара зависе од брзине и геометрије пешака [7].

Увек се мора водити рачуна при коришћењу било којих математичко-механичких модела судара са пешаком. Судари нису идеални, јер пешак није круто тело. Контакт се често јавља између пешака и возила у току почетног дела фазе лета. Кретање по подлози је комбинација клизања, котрљања и превртања. Сходно томе могу се очекивати велике варијације између теорије и праксе, и уствари велике варијације се јављају у експериментима. Ово се мора узети у обзир.

3.1 Модел удара возила у пешака

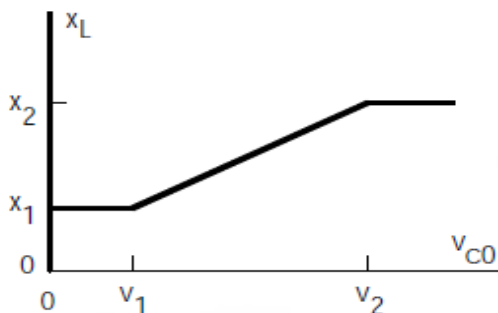
На следећој слици приказане су координате, променљиве и догађаји који одговарају судару са пешаком.



Слика 3.2 - Координате, променљиве и догађаји који одговарају судару са пешаком, [7]

3.1.1 Модел даљине одбачаја пешака

На слици 3.2 приказан је дијаграм који показује координате, параметре и неке догађаје у незгоди са учешћем пешака. Циљ је да се утврди укупна даљина одбачаја пешака S_p , као функција почетне брзине возила, V_{c0} , са свим другим вредностима. Други циљ је да се измоделира путања возила и да се повеже са даљином одбачаја пешака.



Слика 3.3 - Узорак везе између x_L и почетне брзине возила,[7]

Даљина одбачаја може бити написана као:

$$S_p = X_L + R + s \quad (1)$$

Где је x_L даљина коју пешак пређе у времену између примарног и секундарног удара. Параметар x_L је укључен да представља комбинован утицај предњег изгледа возила,

висине центра гравитације пешака при удару и зависност брзине возила од секундарног удара. R је раздаљина на земљи пређена у фази лета, а s је растојање између удара о тло и места заустављања пешака. Неки аналитичар и као што је Limpert [12] представљају почетну брзину пешака V_{p0} , као део брзине возила. Из тог разлога почетна брзина лансирања пешака изражена је као :

$$V_{p0} = \alpha v'_{c0} \quad (2)$$

Те је α константа и V_{c0} брзина аутомобила у тренутку када је пешак оборен. Пешак је одбачен после секундарног судара, или примарног ако не дође до секундарног. Између првог контакта и одбацивања пешак је убрзан а возило губи количину кретања. На основу очувања количине кретања следи:

$$V_{co} = \frac{m_c}{m_c + m_p} V_{c0} \quad (3)$$

Где је V_{c0} брзина возила при примарном контакту, m_c маса возила, m_p маса пешака. Домет R може бити изражен као:

$$R = V_{p0} \cos\theta t_R - g \sin\varphi t_R^2 / 2 \quad (4)$$

Вредност t_R је време лета од одбацивања до тренутка контакта са подлогом

$$t_R = \frac{V_{p0} \sin\theta}{g \cos\varphi} + \frac{\sqrt{V_{p0}^2 \sin^2\theta + 2gh \cos\varphi}}{g \cos\varphi} \quad (5)$$

Компоненте брзине пешака до тренутка удара у подлогу су:

$$V_{pRx} = V_{p0} \cos\theta - g \sin\varphi t_R \quad (6)$$

и

$$V_{pRy} = V_{p0} \sin\theta - g \cos\varphi t_R \quad (7)$$

Две последње компоненте брзине су компоненте у тренутку удара пешака у подлогу. Могући су пратећи удари, могуће је вертикално одбијање, чак и одскакивање. Ипак може бити показано да хоризонтална дужина путовања није толико зависна од вишеструког поскакивања. Стога претпоставља се да постоји само један удар нормалан на земљу. Тако да је брзина после ударног одбијања:

$$V_{pRy} = 0 \quad (8)$$

Претпоставља се да при удару у подлогу важи:

$$\dot{V}_{pRx} = V_{pRx} + \mu V_{pRy} \quad (9)$$

Вредност μ је однос трансляторног и нормалног импулса у току удара. Фактор трења клизања пешака се користи као μ . Финални део даљине одбачаја је даљина клизања s . Она се израчунава коришћењем фактора отпора пешака:

$$S = \frac{(\dot{V}_{pRx})^2}{2g(f_p \cos \phi + \sin \phi)} \quad (10)$$

Модел даљине одбачаја пешака је сада комплетан, где је $S_p = f(V_c)$.

Поменуто је да x_L представља даљину коју пешак пређе у времену између првог и секундарног судара са возилом. У тестовима са луткама Kallieris i Schmidt проналазе да локација секундарног судара зависи од брзине возила. Сличне резултате је добио и Wijk из реконструкција незгода. Билинеарна функција се користи да представља ову дистанцу како варира са брзином возила. По дефиницији, $x_L = 0$ за „forward projection“ судар. До одређене мере нелинеарне функције на слици 3.3 су произвољне и захтевају експериментална потврђивања, али дозвољавају да „roof vaults“ и „somersaults“ буду измоделирани [7].

3.1.2 Путања возила

Путања возила постоји истовремено са путањом пешака, и раздвојена је у три дела. Први део је даљина S_0 . Као груба процена предпоставља се да даљина x_L коју пешак пређе на пола своје брзине лансирања $t_0 \approx x_L / (\dot{V}_{c0}/2)$ и $S_0 \approx V_{c0} t_0$. Следеће растојање возило може да пређе константном брзином и коначно следећи део путање S_2 , уз константно успорење a_2 . Наравно S_1 може бити и нула ако успоравање постоји од t_0 до заустављања, због тога је:

$$d = S_0 + S_1 + S_2 - S_p$$

$$d = V_{c0} t_0 + V'_{c0} (t_{c1} - t_0) + \frac{a_2}{2} (t_c - t_{c1})^2 - s_p \quad (11)$$

3.1.3 Индекс даљине одбачаја

Evans и Smiths [10] и Harper [11] користе технику постављања кривих да дођу до везе између даљине одбачаја и почетне брзине возила. Сређен облик њихове везе је:

$$S_p = c_1 (V_{c0} + c_2)^2 \quad (12)$$

За „wrap“ сударе, Evans и Smiths узимају да је $C_2=0$ и добијају (уврштавањем једначине у одређене експерименталне податке) да је $c_1=1/3,58^2 s^2/m$. Наррег за ове „wrap“ сударе користи широк спектар експерименталних података, као средство поређења. Индекс отпора даљине одбачаја дефинисан је једначином 12 уз $C_2=0$ представља еквивалентност константног убрзања:

$$f_{eq} = \frac{v_{C0}^2}{2gS_p} \quad (13)$$

Примећује се да је фактор еквивалентан фактору константног отпора који одговара укупној даљини одбачаја S_p , а не само даљини S , када је пешак у додиру са подлогом. Величина f_{eq} одговара фактору просечног успорења даљине одбачаја, од удара до заустављања [7].

3.2 Реконструкциони модел одбачаја

Ако је вредност нагиба пута φ , приближно једнак нули, добијени модел даљине одбачаја пешака (дат једначинама 1,4,10) може бити стављен у облик који се користи за реконструкцију брзине возила. Тако се добија да је једначина за почетну брзину лета пешака V_{p0} :

$$V_{p0} = A_p \sqrt{S_p - B} \quad (14)$$

$$A_p = \sqrt{\frac{2f_p g}{f_p^2 \sin^2 \theta + f_p \sin 2\theta + \cos^2 \theta}} \quad (15)$$

$$B = X_L + f_p h \quad (16)$$

Коришћењем једначина 2,3,14 брзина возила може бити изражена као:

$$V_{C0} = A \sqrt{S_p - B} \quad (17)$$

где је

$$A = A_p \frac{m_C + m_p}{\alpha m_C} \quad (18)$$

Овај модел је инверзан у односу на претходни са изузетком када је $\varphi \approx 0$. Подсећања ради, једначина 12 решена за брзину V_{C0} такође је једначина коришћења за реконструкцију. Једначине 17 и 12 имају малу, али битну разлику. Прво како су изведене аналитички, а не емпиријски параметри који се налазе у A и B имају физичку интерпретацију чинећи једначину 17 значајном и флексибилном. До душе вредност параметара A и B није увек лако проценити за одређену реконструкцију. Друга разлика

између 17 и 12 тиче се њиховог облика. Једначина 12 је дата у односу на брзину, а једначина 17 је дата у односу на одбачај.

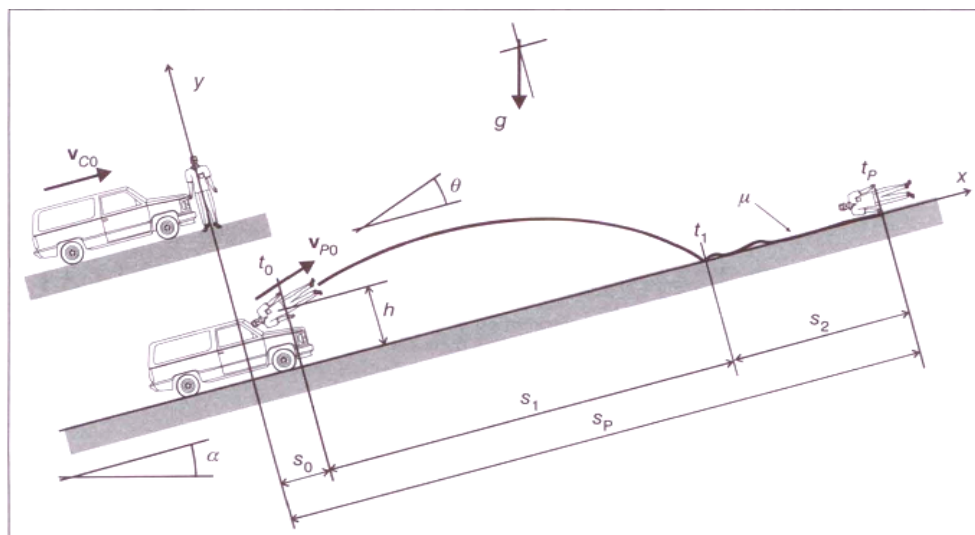
4. Упрошћени модел одбачаја пешака при фронталном налету возила

Овај део рада објашњава једноставан теоретски модел одбачаја пешака при фронталном налету возила [9]. Модел је базиран на претпоставци да се кретање пешака после удара може наслутити кроз померање тежишта масе. Две методе реконструкције возило-пешак незгоде су објашњене; једна је када је позната даљина одбачаја а друга када је позната и даљина првог контакта пешака са земљом после удара.

4.1 Претпоставке модела

Разматра се само фронтална колизија возила и пешака. У овом случају када возило има довољну брзину или кочи, пешак ће после контакта бити збачен са поклопца мотора возила, полетети у ваздух, ударити у подлогу и одбијати се, окретати или клизати по подлози све док не стане. Могући контакт пешака са препрекама на путу је последња фаза и није укључена у разматрање. Да би се ови догађаји математички објаснили, направљене су следеће претпоставке:

- контакт аутомобила и пешака је симетричан тако да се све догађа у једној равни;
- почетна брзина пешака је 0;
- после лансирања (одбијања) пешак се сматра материјалном тачком;
- подлога је равна;
- трење између пешака и подлоге је константа;
- занемарен је отпор ваздуха.



Слика 4.1 - Варијабле судара пешак - возило,[9]

На основу описа догађаја и горе наведених претпоставки следеће варијабле су укључене у модел:

- гравитационо убрзање $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- маса возила m_c и маса пешака m_p
- почетна висина одбачаја h (није центар гравитације пешака)
- укупно растојање одбачаја пешака S_p (што је растојање које пешак пређе од тачке контакта до тачке заустављања на земљи)
- укупно време одбачаја t_p
- брзина возила при контакту V_{c0}
- брзина пешака при одбачају V_{p0}
- угао нагиба пута α
- угао одбачаја пешака θ
- коефицијент трења између пешака и земље μ

Надаље претпоставља се да су укупна дужина одбачаја и укупно време одбачаја изражени као збир три фазе: фаза контакта, фаза летења, фаза клизања-окретања-одскакивања [14]. Укупна дистанца одбачаја је стога:

$$S_p = S_0 + S_1 + S_2 \quad (19)$$

а укупно време одбачаја је

$$t_p = t_0 + t_1 + t_2 \quad (20)$$

где је индекс 0 контакт, индекс 1 лет, а 2 је клизање.

4.1.1 Фаза контакта

Ова фаза се у грубим начелима састоји од [14]:

- контакта између пешака и возила
- импулса пешаковог тела
- кретања по поклопцу мотора возила

Кретање тела по поклопцу мотора може имати два типа:

- путања увијања (где се пешак пресавија преко поклопца мотора, а то се обично дешава са возилом које успорава)
- „forward projection“ (у овом случају центар гравитације пешака је испод прве ивице возила приликом удара и јавља се директан одбачај) [9].

Главни циљ у овој фази је да се повежу брзина кретања возила при удару V_{c0} са брзином одбачаја пешака и такође да се одреди дужина путање контакта S_0 и време контакта t_0 . Ипак, у случају „forward projection“ (директног одбачаја) може се претпоставити да је $S_0 = 0$ и $t_0 = 0$. Ради једноставности модела претпоставља се да је контакт између возила и пешака пластичан. У овом случају добијамо брзину после удара V_{c0} на основу одржања импулса..

$$m_C V_{C0} = (m_C + m_P) u_{C0}$$

$$u_{C0} = \frac{V_{C0}}{1+m_P/m_C} \quad (21)$$

Пошто се брзина u_{C0} и једначина одбијања пешака V_{PO} разликују за случај путање увијања, уводи се коефицијент μ који је коефицијент трења пешака.

$$V_{PO} = \mu u_{C0} = \frac{\mu V_{C0}}{1+m_P/m_C} \quad (22)$$

У глобалу, коефицијент μ не може бити константа и зависи од различитих фактора као што су брзина возила при удару, облик предњег дела возила, висина пешака итд.

4.1.2 Фаза лета

Посматрајући слику 4.1 и Други Њутнов закон, једначина покрета пешаковог центра гравитације је добро позната једначина пројектила у вакууму:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= V_x & m_P \frac{dv_x}{dt} &= -m_P g \sin \alpha \\ \frac{dy}{dt} &= V_y & m_P \frac{dv_y}{dt} &= -m_P g \cos \alpha \end{aligned} \quad (23)$$

Где је t време, X, Y координате центра гравитације пешака, а V_x и V_y су компоненте брзине кретања. Једначина се решава на основу следећих почетних услова:

$$\begin{aligned} x(0) &= 0 & V_x(0) &= V_{PO} \cos \theta \\ y(0) &= 0 & V_y(0) &= V_{PO} \sin \theta \end{aligned} \quad (24)$$

Изводећи интеграцију и намећући почетне услове може се израчунати брзина:

$$\begin{aligned} V_x(t) &= V_{PO} \cos \theta - g \sin \alpha \cdot t \\ V_y(t) &= V_{PO} \sin \theta - g \cos \alpha \cdot t \end{aligned} \quad (25)$$

и да се одреде координате

$$\begin{aligned} x(t) &= V_{PO} \cos \theta \cdot t - g \sin \alpha \cdot \frac{t^2}{2} \\ y(t) &= h + V_{PO} \sin \theta \cdot t - g \cos \alpha \cdot \frac{t^2}{2} \end{aligned} \quad (26)$$

Надаље, користећи једначине (25) и (26) долази се до времена лета:

$$t_1 = \frac{V_{P0} \sin \theta + \sqrt{V_{P0}^2 \sin^2 \theta + 2gh \cos \alpha}}{g \cos \alpha} \quad (27)$$

и дужина лета

$$S_1 = V_{P0} \cos \theta \cdot t_1 + g \sin \alpha \cdot \frac{t_1^2}{2} \quad (28)$$

4.1.3 Додир са подлогом

У додиру пешака са подлогом, Њутнове једначине добијају следећу импулсну форму:

$$m(V_y^+ - V_y^-) = I_y \quad m(V_x^+ - V_x^-) = -I_x \quad (29)$$

где симболи изнад слова + и – раздвајају брзине пре и после контакта, а I_x и I_y представљају импулс хоризонталног и вертикалног смера. Овде су потребне следеће претпоставке природе судара. Најједноставније су [9]:

- судар је пластичан када $V_y^+ = 0$
- Кулонов закон трења $I_x = \mu \cdot I_y$

На основу ових претпоставки можемо закључити као прво из једначине (29) да нађемо импулс вертикалног смера $I_y = -m \cdot V_y^-$ и из друге ставке у (29) на основу хоризонталне брзине после контакта $V_x^+ = V_x - I_x/m$. Из овог, користећи закон трења добија се $V_x^+ = V_x^- + \mu \cdot V_y^-$ користећи (25) то постаје

$$V_x^+ = V_{P0} (\cos \theta + \mu \sin \theta) - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t_1 \quad (30)$$

4.1.4 Фаза клизања

После додира са подлогом, пешак клиза све док не стане. Динамичке једначине по којима се ово дешава су:

$$\frac{dx}{dt} = V_x \quad (31)$$

$$m \frac{dv_x}{dt} = -m \sin \alpha - N_x$$

$$0 = -mg \cos \alpha + N_y$$

где су N_x и N_y хоризонталне и нормалне реакције од подлоге, а почетни услови су

$$x(0)=0 \quad V_x(0)=V_x^+ \quad (32)$$

Претпостављајући да важи Кулонов закон трења онда је $N_x=\mu N_y$. Када се примене почетни услови добија се брзина:

$$V_x(t) = V_x^+ - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) t \quad (33)$$

и дистанца:

$$X(t) = V_x^+ t - g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \frac{t^2}{2} \quad (34)$$

На крају клизања пешака добија се $V_x(t_2)=0$ и $x(t_2)=S_2$. Одатле, користећи (33) и (34), време клизања t_2 је:

$$t_2 = \frac{V_x^+}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \quad (35)$$

а дужина клизања S_2 је:

$$S_2 = \frac{(V_x^+)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \quad (36)$$

4.2 Укупно време одбачаја и даљина одбачаја

Укупно време одбачаја и даљина одбачаја са могу добити после израчунавања сабирањем времена и дистанце лета и фазе клизања. Ипак испада да једноставна формула постоји и користећи једначину (20) и елиминишући V_x^+ из (30) и (35) добија се укупно време одбачаја t_p :

$$t_p = t_0 + \frac{V_{p0}(\cos \theta + \mu \sin \theta)}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \quad (37)$$

Користећи једначине (28) и (36) у једначини (19) и елиминишући из резултата V_x^+ и t_1 уз помоћ једначина (27) и (30) добија се укупна дужина одбачаја

$$S_p = S_0 + \mu h + \frac{V_{p0}^2(\cos \theta + \mu \sin \theta)^2}{2g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} \quad (38)$$

5. Неопходни елементи Налаза и Мишљења саобраћајно-техничког вештачења

Саобраћајно-техничко вештачење је основ за правилно утврђивање и адекватно квалификовање пропуста учесника саобраћајне незгоде. Да би вештак имао могућности вршења квалитетног вештачења неопходно је да претходно изврши све потребне анализе и на основу спроведених анализа изнесе закључке и свој став о настанку и могућностима избегавања саобраћајне незгоде. За правилно доношење адекватних закључака неопходно је испоштовати одређену процедуру и поступак вршења анализе података, па је у циљу добијања што квалитетнијих вештачења неопходно утврдити правилну процедуру у саобраћајно-техничком вештачењу [18].

За израду саобраћајно-техничког вештачења неопходно је извршити детаљну анализу целокупних материјалних елемената из Списа и њихову упоредну анализу. Да би вештак био у могућности да изведе правилне закључке о могућем начину настанка саобраћајне незгоде неопходно је да прво анализира место на коме је дошло до саобраћајне незгоде, време настанка саобраћајне незгоде, атмосферске прилике и услове и могућности за безбедно одвијање саобраћаја на месту незгоде. Одговори на сва постављена питања чине основне податке везане за саобраћајну незгоду, налазе се у Списима и неизоставни су део Налаза и Мишљења вештака. Поред основних података о саобраћајној незгоди, који се већ налазе у Судским Списима, обавезни делови вештачења су Налаз и Мишљење [19].

Најважнији делови саобраћајно-техничког вештачења су:

1. Основни подаци
 - 1.1. Подаци о учесницима незгоде
 - 1.2. Подаци о путу и времену
2. Налаз
 - 2.1. Повреде учесника незгоде
 - 2.2. Оштећења возила
 - 2.3. Трагови и зауставне позиције учесника незгоде
 - 2.4. Место судара
 - 2.5. Брзине учесника незгоде
 - 2.6. Временско–просторна анализа
3. Мишљење
4. Закључак

5.1 Основни подаци

Подаци које треба навести и анализирати као основне податке већ се налазе јасно наведени у Списима, па је неопходно сагледати све наведене чињенице, међусобно их анализирати и упоредити, а како би се могла створити јасна слика о саобраћајним условима на месту незгоде и разјаснити евентуална могућа неслагања у основним подацима наведеним у Списима. Основни циљ анализе и навођења основних података је

да и после протока дужег временског периода, свако коме је то потребно, може да на лак, једнозначан и недвосмислен начин утврди (позиционира) тачну позицију места судара, а по потреби изврши додатни преглед места незгоде. Како би се то постигло у оквиру основних података је неопходно навести тачан датум када се догодила саобраћајна незгода (СН), најприближније могуће време (у колико сати и минута), прецизну локацију (град, општина, место, улица и број), као и смер кретања возила и смер посматрања у опредељивању позиције објекта (кућног броја) за који се везује место незгоде [18].

✓ Подаци о учесницима незгоде

Након прецизног навођења локације (места) настанка саобраћајне незгоде неопходно је јасно навести и све учеснике у саобраћајној незгоди, при чему треба водити рачуна да су учесници саобраћајне незгоде: возила, пешаци, бициклисти и остала саобраћајна средства, а не њихови возачи. У оквиру података о учесницима саобраћајне незгоде потребно је навести битне карактеристике возила која су учествовала у незгоди, ко је управљао возилима, да ли је било путника и/или терета у возилу, категорију возила, марку и тип возила, регистарску ознаку, ко је управљао (име, презиме, пребивалиште и старост).

✓ Подаци о путу и времену

Прва и најважнија анализа материјалних елемената из Списа се састоји у томе како на адекватан начин утврдити која су правила саобраћаја важила на месту незгоде, а које је возач био дужан да поштује.

Након утврђивања места саобраћајне незгоде утврђују се временски услови у време настанка незгоде. Наиме, битна је разлика у видљивости у зависности да ли је дан сунчан, ноћ, почетак падања кише, магла или сумрак, а од чега зависе и услови везани за безбедно одвијање саобраћаја и могућност уочавања препрека на коловозу. У зависности од наведених параметара зависиће даљина уочавања, па и могућност избегавања саобраћајне незгоде.

5.2 Налаз

У оквиру НАЛАЗА потребно је анализом материјалних елемената из Списа утврдити потребне елементе за спровођење анализе тока саобраћајне незгоде. Наиме, потребно је утврдити начин настанка незгоде, сударни положај, брзине учесника незгоде, место судара и позиције возила непосредно пре судара. За утврђивање наведених чињеница неопходно, а у оквиру Налаза треба навести све налазе до којих се дошло анализом, па и у погледу неких од основних података уколико су они анализирани од стране вештака.

✓ Повреде учесника незгоде

Након прецизног утврђивања услова за одвијање саобраћаја и могућег утицаја пута и путне околине на настанак саобраћајне незгоде потребно је извршити анализе насталих повреда учесника незгоде.

✓ Оштећења возила

По извршеној анализи повреда учесника саобраћајне незгоде потребно је извршити анализу степена и локације оштећења насталих на возилима. Анализа оштећења возила је обично најважнија анализа у саобраћајно-техничком вештачењу, јер се овом анализом утврђује начин настанка оштећења на возилима, а што је основ за утврђивање сударног положаја.

✓ Трагови и зауставне позиције учесника незгоде

Када се поуздано утврди међусобни положај учесника незгоде, тада се јавља следећи проблем, а то је просторна локација места судара, односно питање где су се на коловозу налазили учесници незгоде. Пре започете анализе положаја трагова неопходно је утврдити и једнозначно навести почетну тачку мерења (Фиксну тачку ФТ, фиксни и непроменљиви објекат у непосредној близини), затим уколико је потребно оријентирну тачку (ОТ, тачку на коловозу која се лако може довести у везу са ФТ) и оријентирни правац (ОП, правац дуж ког се врше сва посматрања).

✓ Брзине учесника незгоде

У неким случајевима није могуће поуздано утврдити место судара, а да се претходно не утврде брзине учесника незгоде. У оваквим случајевима је неопходно прво утврдити брзине учесника саобраћајне незгоде и то поуздано (анализом тахографског улошка) или их проценити (на основу степена повреда, процене изгубљене кинетичке енергије у судару, анализом оштећења).

✓ Временско–просторна анализа

По утврђивању места судара, брзина учесника саобраћајне незгоде, њиховог међусобног положаја и положаја у односу на коловоз, долази се до питања шта је претходило настанку саобраћајне незгоде, односно шта се то десило па је дошло до настанка незгоде. На ово питање је могуће правилно одговорити само спровођењем временско-просторне анализе, односно враћањем учесника незгоде од сударне позиције уназад по правцу и усмерености претходног кретања.

Наиме, није дозвољено произвољно враћати учеснике незгоде уназад, већ је неопходно вршити враћање учесника незгоде у позиције које су имали у тренутку стварања опасне ситуације, а која је претходила саобраћајној незгоди. Дакле, враћањем возила уназад по траговима и путањама којима су се претходно кретала долази се до тренутка и места где је створена опасна ситуација која је проузроковала настанак незгоде. У оквиру

временско-просторне анализе неопходно је утврдити начин настанка незгоде, положаје учесника саобраћајне незгоде у карактеристичним тренуцима [18].

5.3 Мишљење

Када се изврше све претходне анализе и када су поуздано утврђене позиције где су се у тренутку стварања опасне ситуације налазили учесници незгоде могуће је извести закључке и навести пропусте свих учесника саобраћајне незгоде. У оквиру мишљења је неопходно навести све претходно утврђено; мишљења, налазе и закључке, везане за услове одвијања саобраћаја на месту незгоде, утицај пута и путне околине, повреде учесника саобраћајне незгоде, оштећења возила, брзине и међусобне положаје учесника незгоде у карактеристичним позицијама. По навођењу утврђених мишљења, налаза и закључака, а који су резултат претходно спроведених анализа, на основу међусобне и упоредне анализе могуће је дати мишљење вештака о пропустима учесника саобраћајне незгоде.

5.4 Закључак

Закључак је део у ком се сажето наводе сви резултати налаза и мишљења, односно најважнији ставови мишљења везани за квалификацију пропуста учесника саобраћајне незгоде. Веома често се у оквиру мишљења обухвати и закључак па се на једном месту изнесу сви најважнији закључци и ставови произашли из претходно спроведених анализа [18].

6. Пример вештачења судара возила и пешака

У овом поглављу приказано је вештачење конкретног примера саобраћајне незгоде.

6.1 Основни подаци

Дана 04.04.2014. године, око 14 часова и 40 минута, догодила се саобраћајна незгода на коловозу улице Даничићеве у Крагујевцу, код кућног броја 109. Према подацима са видео снимка из апотеке „Марина“ незгода се догодила у 14 часова и 47 минута. У овој саобраћајној незгоди дошло је до судара путничког аутомобила и пешака.

6.1.1 Учесници незгоде

У овој саобраћајној незгоди учествовало је путничко возило *volkswagen golf 4*, регистарске ознаке KG111-AA (у даљем тексту *голф*), којим је у време незгоде управљао Петар Петровић из Доброг Дола, крећући се коловозом улице Даничићеве према Булевару Краљице Марије.

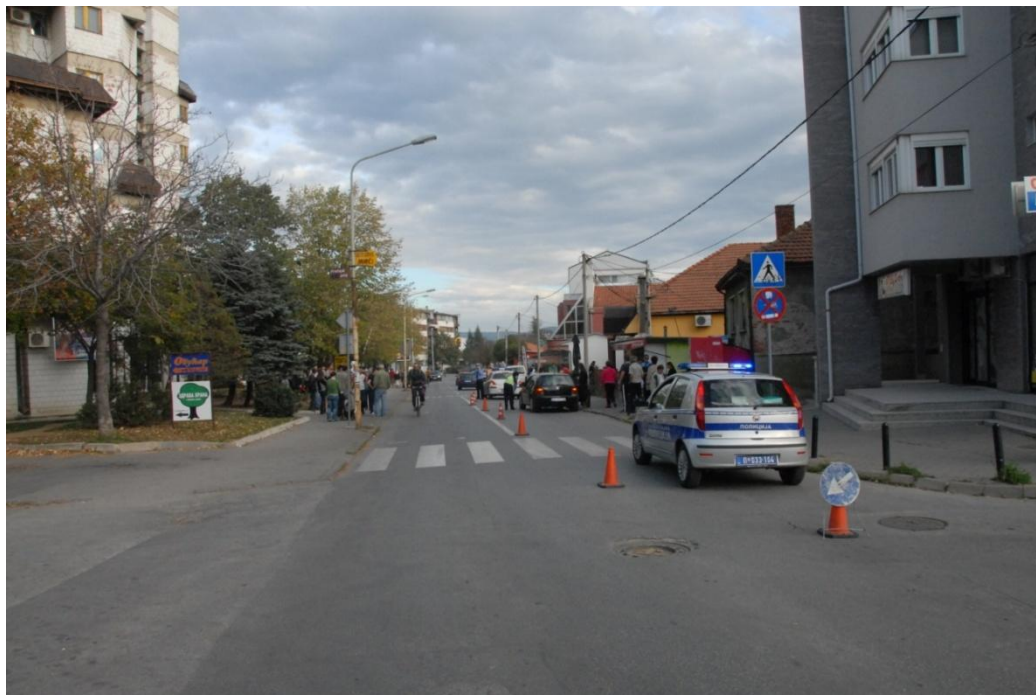
Према подацима из Записника о увиђају и Кривичне пријаве, у даху возача *голфа* провером на месту незгоде алкометром, није утврђено присуство алкохола, као ни према анализи крви на алкохол Клиничког центра Крагујевац.

Други учесник ове незгоде био је пешак, Никола Николић из Крагујевца, стар 7 година, који је у време незгоде прелазио коловоз улице Даничићеве на пешачком прелазу с леве на десну страну посматрано према Булевару Краљице Марије.

6.1.2 Подаци о путу и времену

Према Записнику о увиђају, асфалтни коловоз улице Даничићеве је на месту и у време вршења увиђаја био хрпав, раван, без оштећења, сув и чист. Видљивост је била добра, дневна. Време облачно, без падавина.

Коловоз улице Даничићеве је подељен на две коловозне траке за одвијање саобраћаја у оба смера, са по једном саобраћајном траком и укупне је ширине 7,0 m. Са обе стране коловоза налазе се тротоари. Испред пешачког прелаза постављен је знак (III-6) „означени пешачки прелаз”, а непосредно пре места незгоде налазе се натписи на коловозу (V-25.1) „ШКОЛА” (види Сliku 6.1).



*Слика 6.1 – Улица Даничићева на месту незгоде
(посматрано према Булевару Краљице Марије)*

У Записнику о увиђају, нема података о ограничењу брзине кретања у време и на месту незгоде. На основу података из Записника о увиђају о саобраћајним знаковима на месту незгоде, на основу тога што се место незгоде налази у насељу, као и непосредним увидом приликом изласка на место незгоде, мишљења сам да је брзина кретања на месту незгоде ограничена према општем ограничењу у насељу на 50 km/h. Имајући у виду да је Законом о безбедности саобраћаја на путевима прописано да на путу у насељу, возач не сме возилом да се креће брзином већом од 50 km/h, односно брзином већом од брзине дозвољене постављеним саобраћајним знаком, као и да нема знакова који се односе на ограничење брзине, то би по мом мишљењу важило ограничење брзине од 50 km/h.

6.2 Налаз

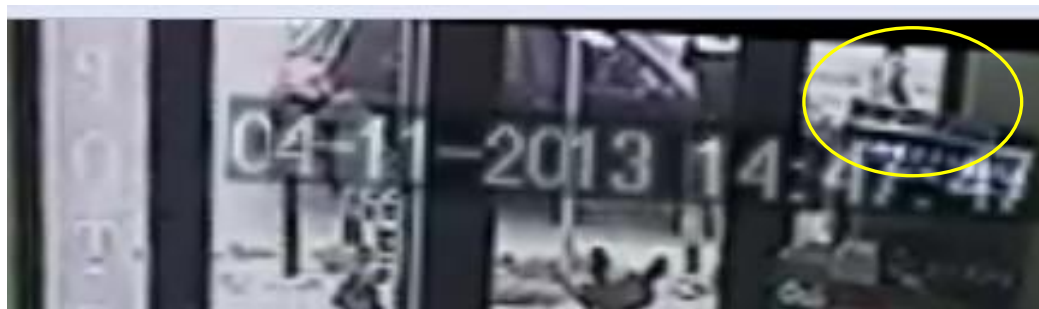
У оквиру Налаза дефинисане су: повреде учесника незгоде, оштећења возила голф, трагови и зауставни положаји учесника незгоде, место судара возила голф и пешака, брзина возила голф и брзина пешака као и временско-просторна анализа.

6.2.1 Повреде учесника незгоде

У овој саобраћајној незгоди пешак је задобио повреде у виду огуљотина у пределу леве стране лица, прелома десне бутне кости, прелома десне рамењаче и прелома десне лопатичне кости.

Према Налазу и мишљењу вештака медицинске струке, механизам повређивања пешака се могао одвијати на следећи начин: „примарни контакт остварен је спољашњом страном десне бутине и левим фаром ПМВ-а марке „Голф“, којом приликом настаје повреда у виду прелома десне бутне кости, а када се оштећени налазио у једном од стојећих положаја десном страном окренут надоласке возилу, након чега оштећени бива набачен на возило (оштећења на поклопцу мотора), када настају повреде у виду прелома десне рамењаче и десне лопатице. У следећој фази оштећени малолетни Николић пада на асфалтну подлогу када је могао задобити повреде у виду огуљотина у пределу леве стране лица“.

На основу анализе видео снимка из апотеке „Марина“, сагласна сам са наводима вештака медицинске струке о сударном положају пешака у односу на *голф* и механизму настанка повреда пешака.



Слика 6.2 – Сударни положај пешака и возила према видео снимку из апотеке „Марина“

Имајући у виду тежину повреда пешака процењујем да је брзина *голфа* у тренутку судара са пешаком била до 40 km/h. Наиме, како код сударних брзина од 35 до 40 km/h код пешака долази до настанка примарних повреда у виду прелома натколеничне кости приказано у [20], а што је овде био случај, то сам мишљења да је брзина *голфа* у тренутку судара са пешаком била до 40 km/h.

6.2.2 Оштећења возила *голф*

Према подацима из Записника о увиђају на *голфу* се уочавају следећи трагови брисања прашине и оштећења (види Сliku 6.3):

- траг брисања прашине на поклопцу мотора који почиње од горње ивице поклопца, а од леве ивице почиње на удаљености од 0,17 m и пружа се целом дужином поклопца, ширине 0,86 m,
- горње улубљење са центром удаљеним од леве ивице поклопца мотора 0,26 m и од горње ивице поклопца мотора 0,28 m,
- доње улубљење са центром удаљеним од леве ивице поклопца мотора 0,29 m и од доње ивице поклопца мотора 0,40 m.

Осим оштећења на поклопцу моторног простора у виду улубљења, на *голфу* је поломљен и леви фар (види Слику бр. 3).

На основу упоредне анализе повреда пешак оштећења и трагова брисања на возилу *голф* налазим да је до судара возила *голф* и пешака дошло левом чеоном страном возила *голф*, а у пределу левог дела браника возила *голф* и левог фара и спољашњом страном десне ноге пешака у пределу бутине. Оштећења на поклопцу моторног простора *голфа* у виду улубљења могла су настати приликом секундарног судара са пешаком у пределу десне рамењаче и десне лопатице.

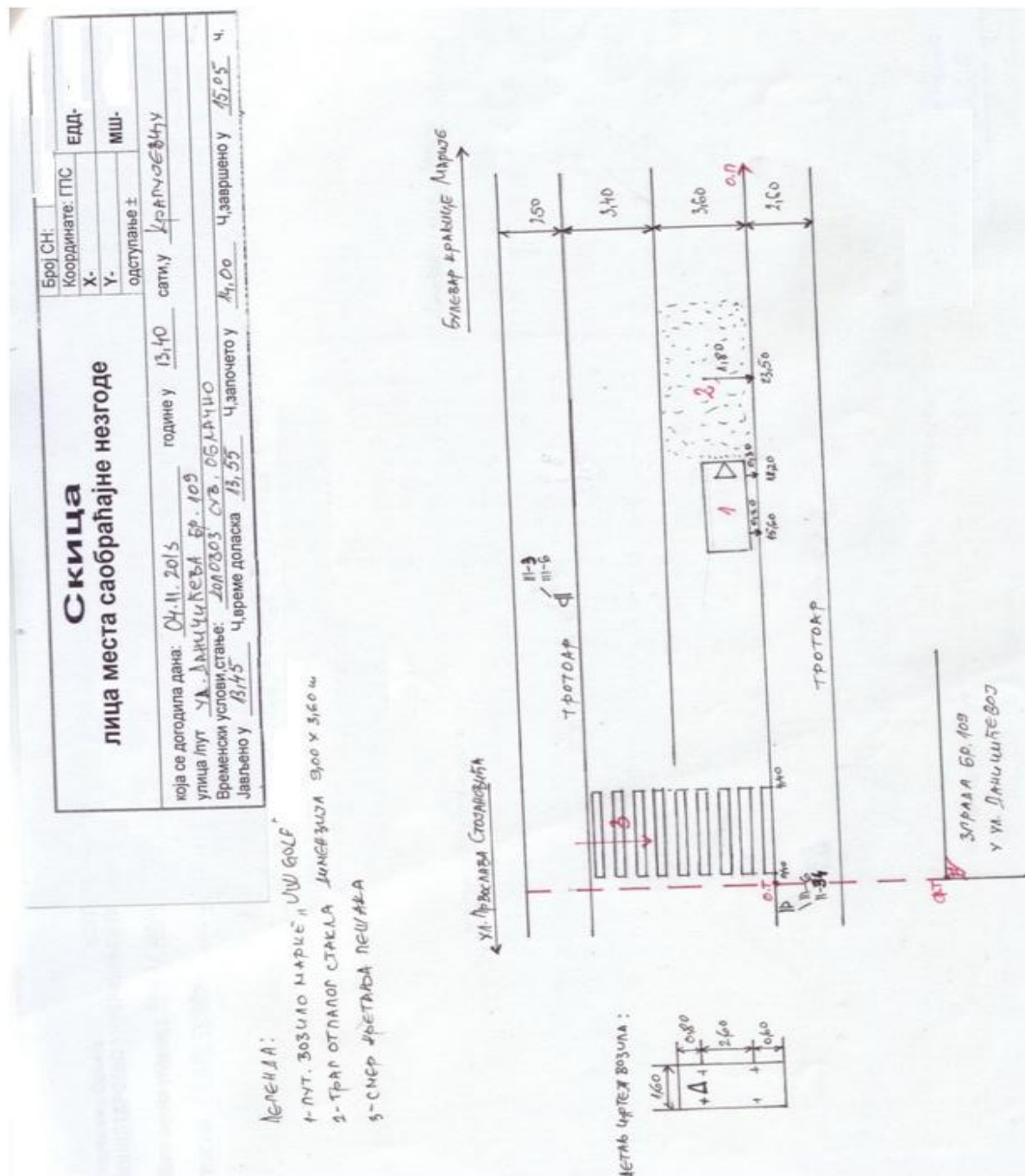


Слика 6.3 – Трагови брисања и оштећења на возилу *голф*

На основу анализе правца пружања трагова брисања на предњем делу возила *голф*, њихове ширине, а нарочито на основу њиховог растојања у односу на оштећења голфа којим је остварен судар са пешаком, мишљења сам да је пешак у тренутку судара трчао, јер при већим брзинама пешака између примарног и секундарног судара долази до контактирања пешака са широм зоном на возилу, што је овде био случај (од оштећења предњег левог ћошка до брисотина на средини чеоног дела).

6.2.3 Трагови и зауставни положаји учесника незгоде

За фиксну тачку (ФТ) лица места саобраћајне незгоде узет је десни угао зграде број 109 у улици Даничићевој, посматрано са коловоза улице Даничићеве. Оријентирна тачка (ОТ) је тачка на оријентирном правцу, која представља ортогоналну пројекцију ФТ на ОП. Оријентирни правац (ОП) је десна ивица коловоза улице Даничићеве посматрано према Булевару Краљице Марије (Записник о увиђају).



Слика 6.4— Скица лица места саобраћајне незгоде

Возило *голд* (позиција бр. 1 на Скици лица места, слика 6.4) затечено је на коловозу улице Даничићеве, задњим десним точком удаљено 15,60 m од ОТ и 0,20 m од ОП, док је предњим десним точком удаљено 18,20 m од ОТ и 0,30 m од ОП.

Траг стакла (позиција бр. 2 на Скици лица места) затечен је у десној саобраћајној траци ул. Даничићеве, посматрано ка Булевару Краљице Марије, са центром удаљеним од ОТ 23,50 m и од ОП 1,80 m, димензија (9,00 m x 3,60 m).

6.2.4 Место судара возила *голф* и пешака

На основу материјалних елемената из Списа, а нарочито на основу детаљне анализе видео снимка из апотеке „Марина“ (слике 6.5, 6.6 и 6.7) и мерења на месту незгоде, налазимо следеће:

- *голф* се непосредно пре судара десним точковима кретао уз поклопац шахте на коловозу, па имајући у виду његов положај пре судара и приликом заустављања, то би се *голф* у тренутку судара десном бочном страном налазио на 1 m од десне ивице коловоза (од ОП),
- *голф* је од поклопца шахте на коловозу до места судара прешао пут од 7,5 m за време од 0,7 s,
- пешак је од ивице коловоза до места судара прешао пут од 4,5 m за време од 1,5 s,



Слика 6.5 – Снимак из апотеке „Марина“

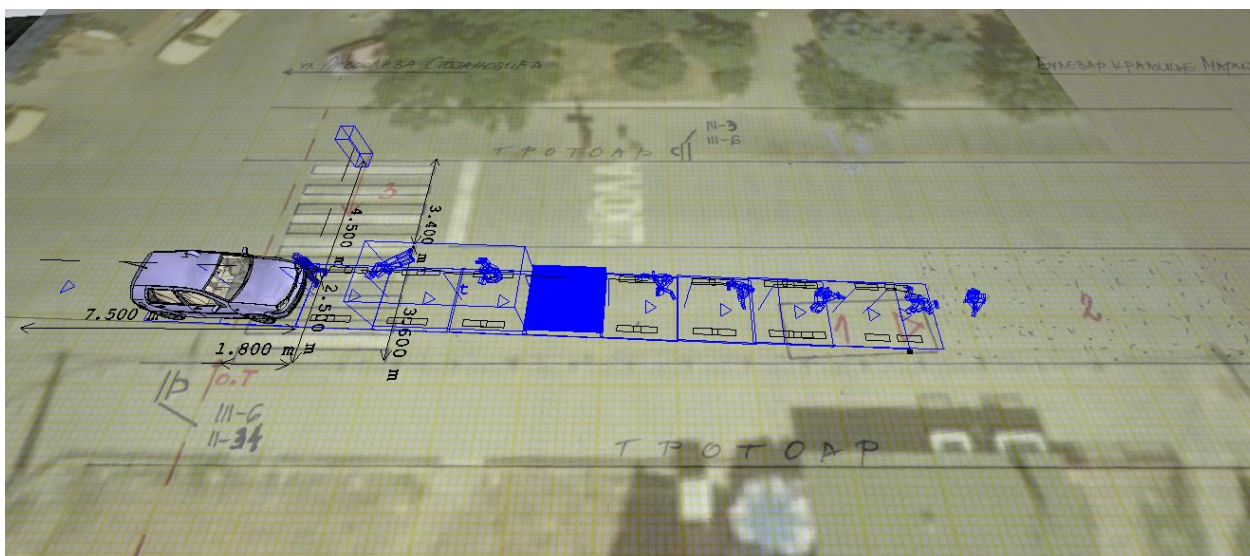


Слика 6.6 – Снимак из апотеке „Марина“



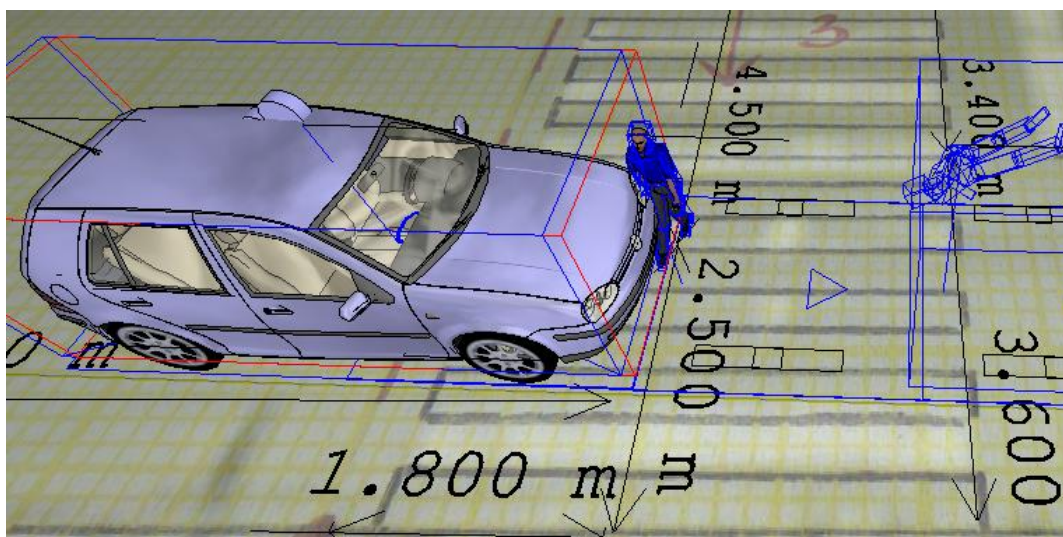
Слика 6.7 – Снимак из апотеке „Марина“

На основу анализе видео снимка из апотеке „Марина“ и мерења на месту незгоде, налазимо да је место судара возила *голф* и пешака било на пешачком прелазу и то на 1,8 m после ОТ и 2,5 m од ОП, што одговара и компјутерској анализи ове саобраћајне незгоде применом програма Virtual CRASH (слика 6.8).



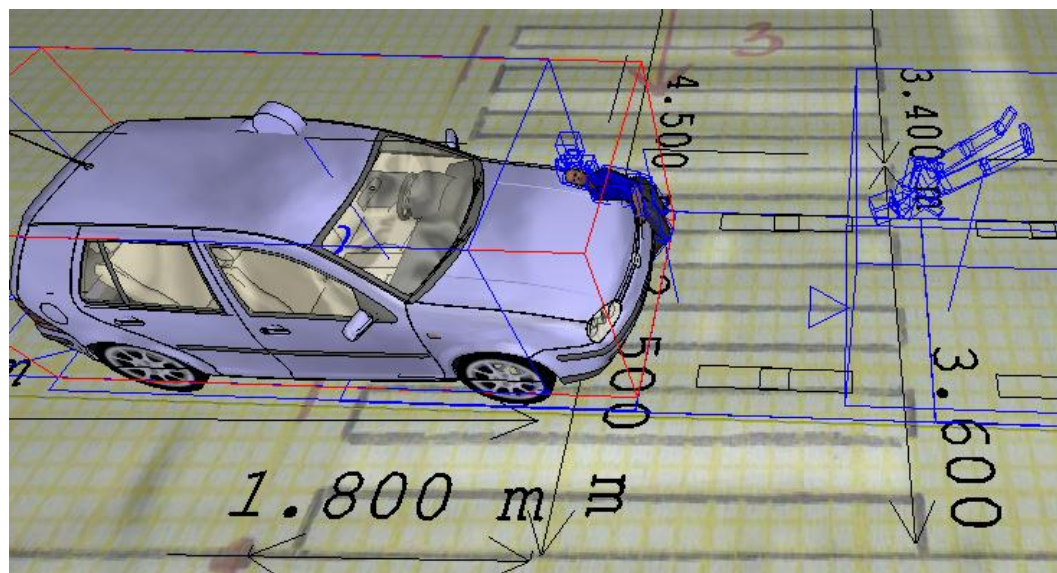
Слика 6.8 – Место судара возила *голф* и пешака, према програму Virtual CRASH

Према компјутерској анализи ове саобраћајне незгоде применом програма Virtual CRASH у тренутку судара возило *голф* било би укошено удесно у односу на уздужну осу коловоза под углом од 2° . Пешак би се у тренутку судара био у стојећем положају у раскораку десном ногом испред леве, десним боком окренут наилазећем возилу *голф*. Применом програма Virtual CRASH, у компјутерској симулацији саобраћајне незгоде примарни контакт између возила *голф* и пешака остварен је предњим левим ћошком *голфа* у пределу левог дела браника и левог фара и спољашњом страном десне ноге пешака у пределу бутине (слика 6.9).



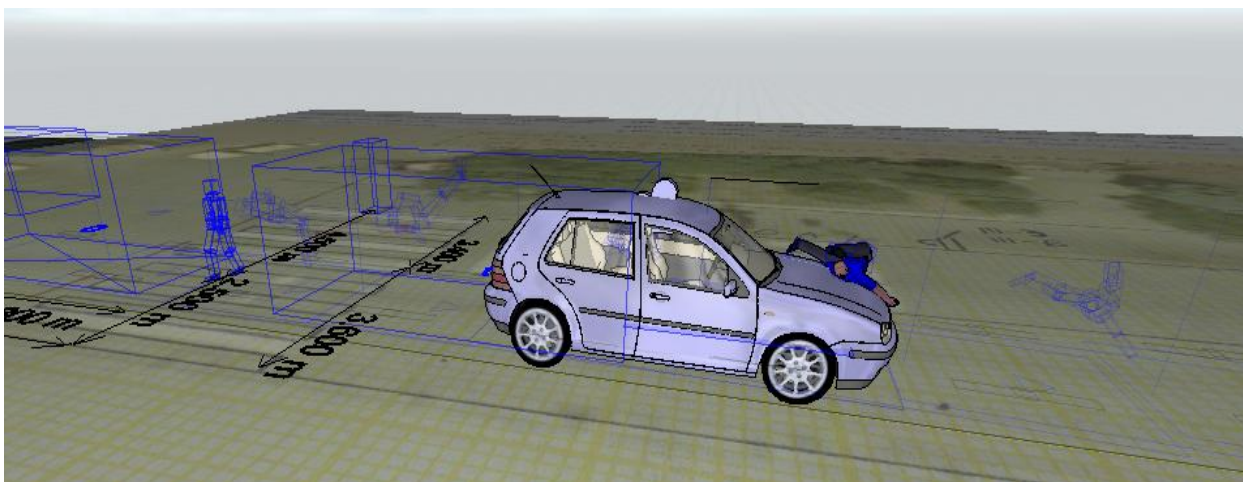
Слика 6.9 – Примарни контакт возила *голфи* пешака према програму *Virtual CRASH*

Након примарног судара између возила *голф* и пешака, дошло је до секундарног судара поклопца моторног простора возила *голф* (на месту фиксираних улубљења) и десне рамењаче и десне лопатице пешака (слика 6.10).

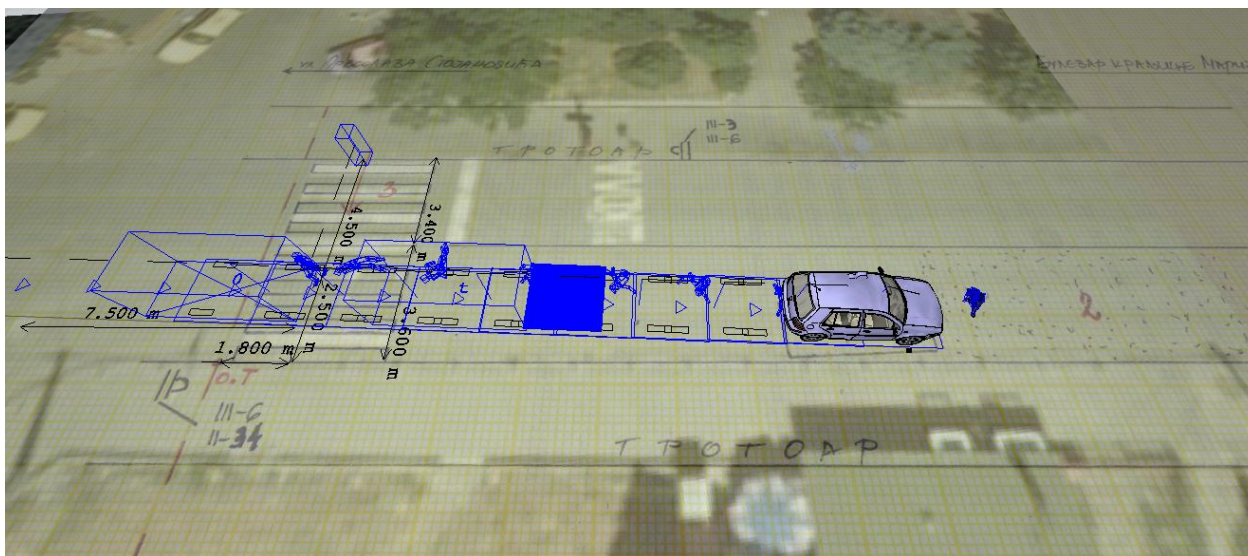


Слика 6.10 – Секундарни контакт возила *голфи* пешака према програму *Virtual CRASH*

Након судара *голф* је наставио кретање унапред, а пешак је, након ношења на поклопцу моторног простора (слика 6.11), одбачен испред возила *голф* до зауставне позиције на коловозу (слика 6.12), која одговара наводима сведока: „Истрчала сам из салона и видела да дете лежи у несвести на супротној траци тј. лево од булевара, док је мало изнад стајало возило марке *голф*“.



Слика 6.11- Ношење пешака на поклопцу моторног простора



Слика 6.12 – Зауставни положај возила *голф* и пешака према програму *Virtual CRASH*

6.2.5 Брзина возила *голф* и пешака

Брзина возила *голф* у тренутку судара са пешаком, рачуната на основу пута који је *голф* прешао од места судара до места заустављања није била већа од:

$$V = \sqrt{2 \cdot 3,5 \cdot 17,3} \quad (39)$$

$$V = 11,0 \frac{m}{s} = 39,6 \frac{km}{h} \quad (40)$$

Имајући у виду да је према анализи видео снимка из апотеке „Марина“ и мерења на месту незгоде *голф* од поклопца шахте на коловозу (која се налази испред пешачког прелаза) до места судара прешао пут од 7,5 m за време од 0,7 s, то би се *голф* непосредно испред пешачког прелаза кретао брзином од:

$$V = \frac{7,5}{0,7}$$

$$V = 10,71 \frac{m}{s} = 38,6 \frac{km}{h} \quad (41)$$

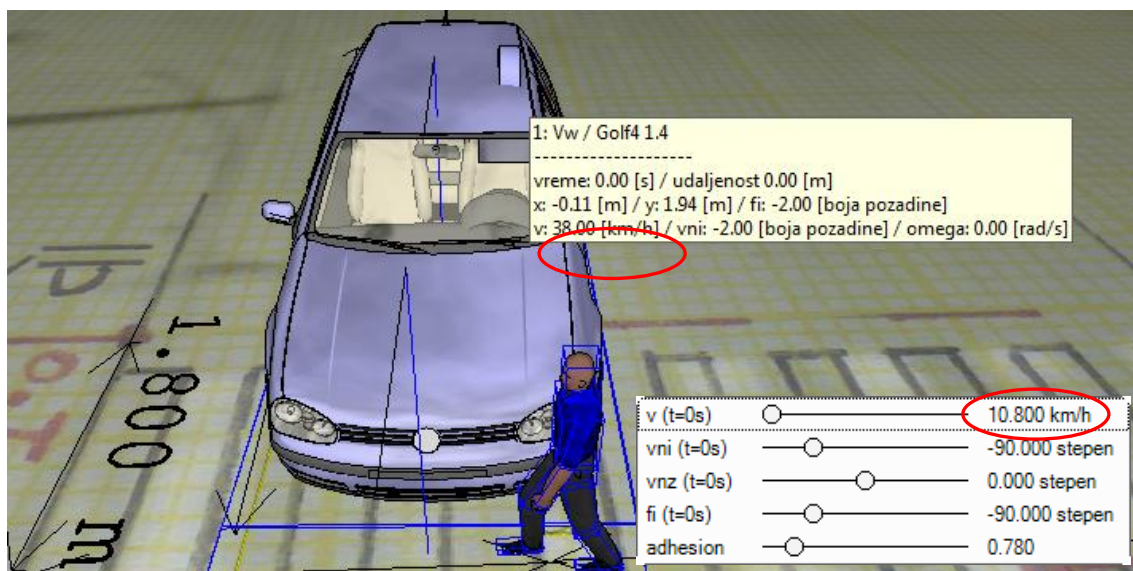
Имајући у виду да је према анализи видео снимка из апотеке „Марина“ и мерења на месту незгоде пешак од ивице коловоза до места судара прешао пут од 4,5 m за време од 1,5 s, то би се пешак кретао брзином од:

$$V = \frac{4,5}{1,5}$$

$$V = 3 \frac{m}{s} = 10,8 \frac{km}{h} \quad (41)$$

што одговара брзини при трчању за узраст и пол пешака, приказано у [21] и одговара траговима на возилу *голф*.

За контролу прорачуна брзине возила *голф* у тренутку судара са пешаком, користила сам програм за компјутерску симулацију саобраћајних незгода Virtual CRASH и добила да путањи кретања возила, зауставним положајима, положају оштећења и трагова на возилу и повредама пешака одговарају брзине возила *голф* од 38 km/h и пешака од 10,8 km/h (види слику 6.13), па ћу ове брзине користити у даљој анализи ове незгоде.



Слика 6.13 – Брзина голфа и пешака у тренутку судара према програму Virtual CRASH

6.2.6 Временско-просторна анализа

Узимајући у обзир да временско-просторна анализа представља "реконструисање" позиција учесника непосредно пре незгоде, као и у тренутку судара, а с обзиром на брзине учесника незгоде, подразумева се да су ови елементи (брзине и место судара) већ утврђени на основу претходних анализа и применом специфичних саобраћајно-техничких метода. Како би се на једноставан начин појаснио поступак временско-просторне анализе, неопходно је најпре дефинисати основне параметре који се користе у конкретној анализи. Узимајући то у обзир, за почетак је поред брзине којом се возило кретало непосредно пре незгоде (Најчешће се у домаћој литератури означава V_0), важно разликовати брзину на почетку кочења (Означену са V_1) и брзину у тренутку судара (V_s) [22].

Дужина зауставног пута јасно показује колико је простора било потребно учеснику незгоде за заустављање при брзини којом се кретао непосредно пре незгоде, док време заустављања јасно показује колико би времена било потребно за заустављање израчунатом брзином. Зауставни пут се израчунава применом обрасца [22]:

$$S = V_0 \cdot t_r + \frac{V_1^2}{2 \cdot b} \quad (42)$$

где је:

V_0 – брзина непосредно пре незгоде

t_r - време реаговања,

V_1 – брзина на почетку кочења

b – успорење возила

Време реаговања је тесно повезано са врстом кочног система и врстом возила које је учествовало у незгоди. Наиме, комерцијална возила са пнеуматским кочним системом могу имати време реаговања и до 1,6 s, време реаговања путничких аутомобила је најчешће 1 – 1,1 s, док време реаговања савремених мотоцикала може бити свега 0,6 s. Разлика у времену реаговања комерцијалних и путничких возила је у конструкционим карактеристикама кочног система (бржи одзив диск кочница у односу на добош кочнице) и различитом преносу силе, јер је ваздух у пнеуматском систему стишљивији од уља у хидрауличном кочном систему [22].

Величина успорења је следећи параметар који је такође значајан за правилан прорачун зауставног пута. Уколико су измерене кочне силе возила које је учествовало у незгоди, тада је успорење могуће прорачунати, при чему то успорење (израчунато на основу интензитета кочних сила са техничког прегледа) представља највеће могуће успорење које је то возило могло остварити.

Разлог за то је што при мерењу сила кочења точкови не блокирају и тада се остварује највеће успорење. С обзиром на то, брзина израчуната на основу тако утврђеног успорења је највећа брзина, јер у реалним условима успорење може бити само мање. Наравно, ако се за прорачун зауставног пута за одређену брзину узме успорење на основу интензитета кочних сила, израчуната вредност ће представљати најкраћи зауставни пут. Ако интензитети сила кочења нису утврђивани тада је успорење неопходно проценити на основу врсте и стања коловоза [22].

При брзинама возила већим од 60 km/h, у случајевима када су трагови кочења дужи од 20 m, услед значајне дужине трагова долази до пада учинка оствареног кочења, и то за 5 % - 10 % код трагова дужих од 20 m, а 10 % до 15 % код трагова дужих од 30 m. Узимање у обзир пада учинка оствареног кочења, довешће до продужења зауставног пута и времена заустављања.

Дакле, зауставни пут возила поред утврђене брзине, зависи и од времена реаговања система возач-возило и успорења возила, па је тим параметрима током израде саобраћајно-техничког вештачења важно посветити значајну пажњу.

Време заустављања представља следећи елемент који би требало да буде садржан у временско просторној анализи саобраћајне незгоде. Слично зауставном путу и време заустављања, поред брзине, зависи од времена реаговања система возач-возило и успорења возила, па претходно описане препоруке важе и за време заустављања које се израчунава применом обрасца:

$$t = t_r + \frac{v_1}{b} \quad (43)$$

Зауставни пут возила $golf$, при брзини од 38 km/h, за минимално исправан кочни уређај, био би:

$$S = 10,56 \cdot 1,1 + \frac{10,06^2}{2 \cdot 5} \quad (44)$$

$$S = 11,61 + 10,12 = 21,73 \text{ m} \quad (45)$$

А за време од:

$$t = 1,1 + \frac{10,06}{5}$$
$$t = 3,1 \text{ s}$$
(46)

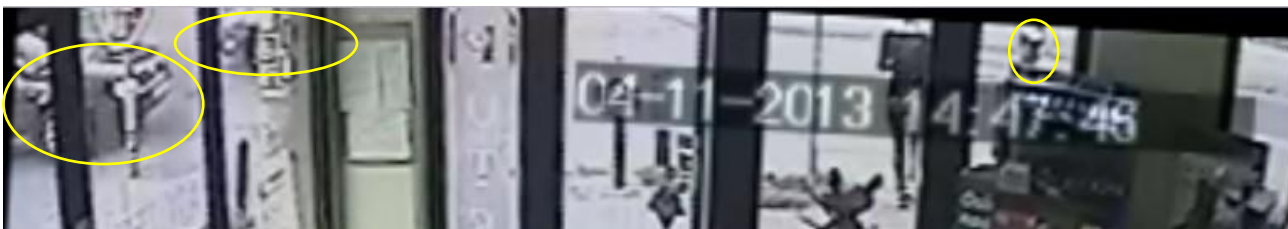
Пешак је од ивице коловоза до места судара прешао пут од 4,5 m, брзином од 10,8 km/h, за време од 1,5 s. Враћајући *голф* уназад константном брзином од 38 km/h за време од 1,5 s, *голф* би се у тренутку ступања пешака на коловоз налазио испред места судара за:

$$S = 10,56 \cdot 1,5$$
$$S = 15,84 \text{ m}$$
(47)

На Записник о саслушању осумњиченог, возач *голфа* изјавио је следеће: „...са моје леве стране видео сам паркирано возило делом на коловозу, а делом на тротоару. Одједном је из аута истрчало дете и кренуло ка мом ауту...“

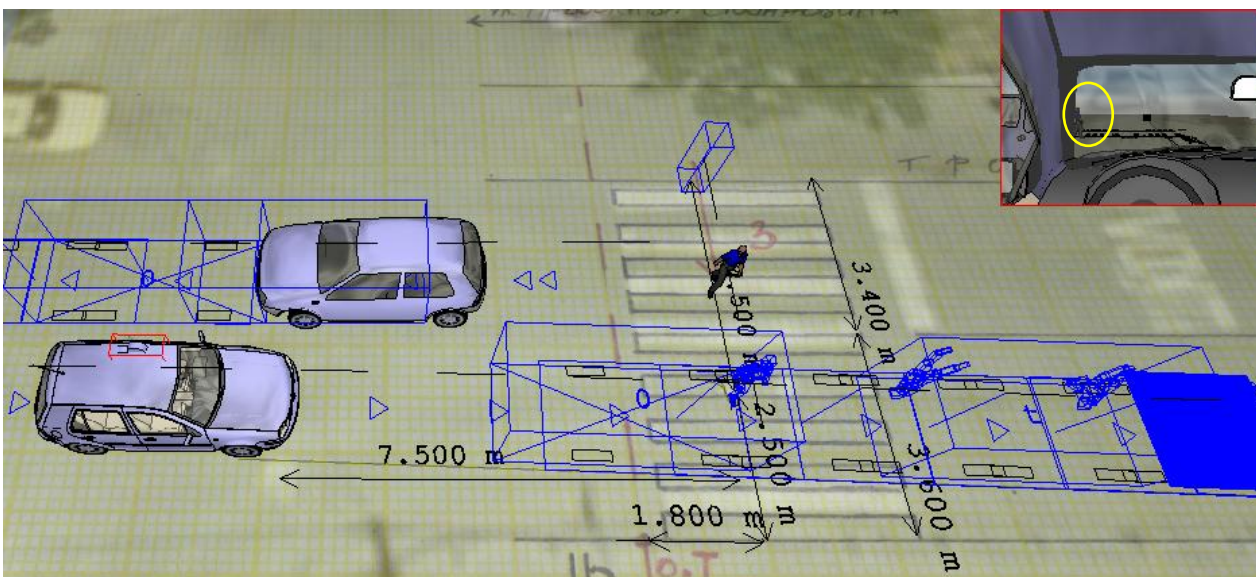
На основу анализе видео снимка из апотеке „Марина“, налазим да је непосредно пре ступања пешака на коловоз, који се пре тога кретао тротоаром, у сусрет *голфу* прошао путнички аутомобил (види слику 6.14).





Слика 6.14 – Снимак из апотеке „Марина“

Након проласка путничког аутомобила, пешак је ступио на коловоз, па с обзиром на позицију овог аутомобила и *голфа* у тренутку ступања пешака на коловоз, применом програма Virtual CRASH налазимо да је постојала могућност да уочавање пешака док је на левој коловозној траци (посматрано у смеру кретања *голфа*) возачу *голфа* буде онемогућено положајем путничког аутомобила (слика 6.15) све до 0,7 s пре судара, тј. све док се пешак није нашао испред места судара на 2,1 m, односно када се *гольф* налазио на 7,4 m пре места судара.



Слика 6.15 – Прегледност возача *голфа* у односу на пешака приликом мимоилажења са путничким аутомобилом, према програму Virtual CRASH

Уколико се посматра простор који је возач имао на располагању, односно пут који је возило прешло од позиције предузимања реаговања кочењем, до места судара, брзина при којој би возач, реаговањем на исти начин, и са истог места, имао могућност заустављања на путу (S_{rs}) до места судара може се израчунати применом следећег обрасца:

$$V_u \leq \sqrt{(b \cdot t_s)^2 + 2 \cdot b \cdot S_{rs}} - b \cdot t_s \quad (48)$$

Возач *голфа* би имао могућност да кочењем заустави *гольф* на путу дужине 7,4 m, уколико би *гольф* био вожен брзином до:

$$V = \sqrt{(5 \cdot 1)^2 + 2 \cdot 5 \cdot 7,4} - 5 \cdot 1$$

$$V = 4,95 \text{ m/s} \quad \text{или} \quad 17,8 \text{ km/h}$$
(49)

6.3 Мишљење

До ове незгоде дошло је у улици Даничићевој, на пешачком прелазу испред којег је постављен знак „означени пешачки прелаз”, као и натпис на коловозу „ШКОЛА”, тако што је *голф* предњим левим делом налетео на пешака који је трчећи прелазио коловоз преко пешачког прелаза, с леве на десну страну посматрано у смеру кретања *голфа*. Место судара возила *голф* и пешака било је на пешачком прелазу и то на 1,8 m после ОТ и 2,5 m од ОП. У тренутку судара возило *голф* кретало се брзином од 38 km/h, а пешак брзином од 10,8 km/h.

У тренутку судара возило *голф* било је укошено удесно у односу на уздужну осу коловоза под углом од 2°. Пешак је у тренутку судара био у стојећем положају у раскораку, десним боком окренут наилазећем возилу *голф*.

Примарни контакт између возила *голф* и пешака остварен је предњим левим ћошком *голфа* у пределу левог дела браника и левог фара и спољашњом страном десне ноге пешака у пределу бутине. Након примарног судара између возила *голф* и пешака, дошло је до секундарног судара поклопца моторног простора возила *голф* и десне рамењаче и десне лопатице пешака. Након судара *голф* је наставио кретање унапред, а пешак је одбачен испред возила *голф* до зауставне позиције.

На основу анализе видео снимка који се налази у Спису, нашла сам да се приликом ступања пешака на коловоз, возач *голфа* мимоилазио са путничким аутомобилом, па с обзиром на позицију овог аутомобила и *голфа* у тренутку ступања пешака на коловоз, нашла сам да је постојала могућност да уочавање пешака док је на левој коловозној траци (посматрано у смеру кретања *голфа*) возачу *голфа* буде онемогућено положајем путничког аутомобила све до 0,7 s пре судара, тј. све док се пешак није нашао испред места судара на 2,1 m, односно када се *голф* налазио на 7,4 m пре места судара. Возач *голфа* би имао могућност да кочењем заустави *голф* на путу дужине 7,4 m, уколико би *голф* био вожен брзином до 17,8 km/h.

Анализом свих околности под којима се догодила ова незгода, мишљења сам да је ова саобраћајна незгода настала као последица пропуста оба учесника саобраћајне незгоде. Мишљења сам да је ова незгода настала као последица неопрезног и небезбедног покушаја преласка коловоза од стране пешака. Наиме, пешак је покушајем преласка коловоза испред и у близини наилазећег возила *голф* створио опасну, блиску и покретну препреку, а што би био пропуст пешака узрочно везан за стварање опасне ситуације и настанак ове незгоде, по мом мишљењу.

Пешак није требало да изненада ступи на коловоз и прелазак преко коловоза врши трчањем преко пешачког прелаза, као ни да започне прелазак коловоза, а да се

претходно не увери да коловоз може прећи на безбедан начин, па према томе на страни пешака стајали би пропусти узрочно везани за стварање опасне ситуације и настанак ове незгоде, по мом мишљењу.

И на страни возача *голфа* стајали би пропусти узрочно везани за настанак ове незгоде јер није пропустио пешака који је већ ступио на пешачки прелаз, а био је дужан да га пропусти. Возач *голфа* би имао техничке могућности за избегавање ове саобраћајне незгоде само ако би *гольф* био вожен брзином до 17,8 km/h. Мишљења сам да је возач *голфа* имао разлога да вози *гольф* брзином до 17,8 km/h јер је имао разлога да на пешачком прелазу очекује прелазак пешака преко коловоза, па да може безбедно да заустави возило испред пешачког прелаза и пропусти пешака који је већ ступио на пешачки прелаз. На делу пута на коме су постављени саобраћајни знакови о учешћу деце у саобраћају, возач *голфа* је био дужан да вози са нарочитом опрезношћу, па би благовременим кочењем и заустављањем возила и пропуштањем пешака имао могућност избегавања стварања опасне ситуације и настанак ове саобраћајне незгоде, по мом мишљењу.

У овако описаној ситуацији не може се саобраћајно-техничким вештачењем утврдити разлог неблаговременог реаговања и начина вожње од стране возача *голфа*, односно начина преласка пешака преко коловоза, а могао би бити непажња, погрешна процена или неки други разлог и/или дејство више разлога истовремено, а што ће Суд ценити на основу других доказа из Списа.

7. Реконструкција саобраћајних незгода помоћу софтвера

Судар возила и пешака један је од најчешћих облика саобраћајних незгода. Карактеристично за ове типове незгода јесте велика разлика између маса возила и пешака, а тиме и њихових кинетичких енергија условљених властитим масама и брзинама кретања. Возило је у односу на тело пешака круто, па због тога највећи део деформацијске енергије утрошен при судару пренесе се на тело пешака, које не поседује никакву заштиту, а резултат тога јесу тешке повреде пешака. Осим повреда добијених у контакту са возилом, пешак додатно задобије повреде и приликом пада на тло.

Основни циљ експертиза саобраћајних незгода је утврђивање узрока и околности у којима је дошло до незгоде. Осим класичних метода рада у анализи саобраћајних незгода, данас постоје на располагању компјутерски програми за анализе саобраћајних незгода, који с обзиром на убрзани развој знаности и технологије постају пожељан, а неретко и нужан алат за рад.

Кинематика налета возила на пешака зависи од више параметара као што су: облик возила, висина и тежина пешака, правац и смер кретања возила и пешака, режим кретања возила (кочено или некочено возило), брзине кретања возила и пешака, међусобни положај у тренутку судара и слично. Расположиве аналитичке методе многе

од ових параметара уопште не узимају у обзир, па би се на основу тога могао извести погрешан закључак да даљина одбачаја пешака зависи само од налетне брзине возила.

Софтвери за симулацију саобраћајних незгода, за разлику од аналитичких метода, код анализе незгоде типа налета возила на пешака узимају у обзир готово све релевантне параметре који су горе наведени. Осим тога, софтвер омогућује визуални приказ кретања пешака од тренутка примарног контакта са возилом, све до његовог заустављања. На тај начин, утврђено место налета и налетна брзина, могу бити поткрепљени упоредном анализом оштећења на возилу и повредама пешака са кинематиком налета добијеном симулацијом.

Данас на тржишту постоји неколико програмских пакета намењени анализама саобраћајних незгода (CARAT, PC Crash, Virtual Crash, Analyzer Pro, итд). Сваки од постојећих програма има своје посебности, међутим, заједничке особине тих програма јесу исти принцип рада решавања сударних процеса, симулација, реакција возача, убрзања, кочења и других параметара битних за анализу незгода. Осим тога, сваки од програма пре пуштања на тржиште, морао је проћи кроз сложен поступак верификације у виду упоредбе добијених резултата са резултатима експеримената проведених на испитним полигонима. Да би се то постигло, њихову основу је морао чинити одговарајући симулацијски модел, заснован на темељу сложених математичких, физичких и емпиријских функција.

Већина програма за анализу саобраћајних незгода садржи модуле за визуализацију проведених симулација у дводимензионалном и тродимензионалном облику. Овакав облик презентације олакшава интерпретацију сложених рачунских операција што омогућује представљање резултата рада на јасан и разумљив начин [23].

Инжењерска канцеларија за вештачење је лидер у дифузији нових технологија у области вештачења саобраћајних незгода. Редовно користи сва три софтвера која се налазе у комерцијалној употреби у Европи. У току седмогодишњег рада, готово искључиво помоћу софтвера, формирано је богато искуство у могућностима и начинима коришћења [24]. У наставку приказане су специфичности, предности и мане сва три софтвера.

За разлику од Crash тестова типа судар два возила, који се уз пажљиво планирање и адекватну заштиту возача који њима управљају могу без већих проблема спровести на испитним полигонима, експериментално испитивање налета возила на пешака је веома комплексно и скупо и захтева примену посебно дизајнираних лутака (HYBRID II, POLAR II,...). И поред тога, применом ових лутака не може се симулирати кретање пешака непосредно пре и у тренутку самог контакта, које је од великог значаја за саму кинематику налета. Из тог разлога, најбољи начин за упоредну анализу најчешће примењиваних програмских пакета у експертизама налета возила на пешаке је њихово сагледавање кроз анализу реалне саобраћајне незгоде.

Да би се то могло реализовати, поред облика возила и антропометријских карактеристика пешака, неопходно је познавати и тачну позицију пешака у тренутку контакта, његов правац и смер кретања, налетну брзину возила др. [25].

7.1 Програм Carat 3.0 i 4.0

Могућности софтвера су:

- **CARAT 3.0** има додатак за сударе са пешацима и возилима са једним трагом као кинематичким (не кинетичким) објектима.
- **CARAT 4.0** је софтвер за симулацију судара у којима учествују возила са различитим типовима приколица и тегљачи са полуприколицама, односно скупови возила.
- Кретања су кинетичка и кинематичка, дводимензионална и веома штура тродимензионална.
- Припрема детаљног плана места судара, као и скенираних битмапа подлоге са детаљним планом раскрснице у хоризонталној равни и под нагибом, највише 8 возила одједном.
- Кретање возила се веома лако врши у функцији времена и путем дириговања на волан, педалу (гаса) акцелератора и кочнице, или праћења унапред задате-познате путање.
- Анализа самог сударног процеса, за шта је потребна знатна вештина, искуство и инжењерско знање, као и сасвим нове теоријске подлоге, са низом резултата истраживања који су у области саобраћајних незгода постигнути у Европи.
- Временско-просторна анализа у оквиру овог софтвера може се изузетно јасно приказати у више облика.
- Сударни процес се изводи у три фазе.

Добре стране софтвера су [24]:

- Јасан временски и просторни приказ
- Брз приказ кинематике уназад и унапред
- Тачност
- Проверљивост
- Веома добар приказ диманике кретања возила након судара и временско-просторне анализе
- Јасни дијаграмски прикази

Лоше стране софтвера су [24]:

- Генерално спорији рад у поређењу са пешачким
- Лоше упутство за употребу
- Ограничен тродимензионални приказ
- Незавршен CARAT 4.0
- Веома компликовано извођење сударног процеса
- Софтвер се даље не развија.

7.2 Програм PC Crash 6

Развој програмског пакета PC-Crash почео је 1990. године. Данас интерфејс графичког окружења има подршку на 18 светских језика, тако да се може рећи да је овај програмски пакет, намењен симулацији и реконструкцији саобраћајних незгода најраширенији у свету. Једна од најбитнијих тржишних предности PC-Crash-a је такав приступ његовом развоју, који омогућава максимално приближавање захтевима корисника у погледу употребљивости [25].

Могућности софтвера су:

- **PC Crash** је софтвер за симулацију судара и кретања аутомобила, аутобуса, камиона, скупова возила, радних машина (виљушкар, комбајни ...), возила са једним трагом и уопште возила свих димензија и динамичких карактеристика.
- **PC Crash** има подпрограм за сударе са пешацима променљивих димензија са возилима конкретних карактеристичних димензија.
- Приказ практично свих врста подлога на којима се може изводити и превртање возила.
- Инплементиран је подпрограм за комуникацију са софтвером мерног уређаја за мерење убрзавања XL Meter.
- Могућност симулације кретања тела путника у путничком простору Madumo.
- Дobar дводимензионални и тродимензионални приказ.
- Сачињавање кратких AVI анимација.
- Припрема детаљног плана места судара, као и скенираних битмапа подлоге са детаљним планом раскрснице у хоризонталној равни и под нагибом, највише 8 возила одједном.
- Кретање возила се веома лако врши у функцији времена и простора.
- Анализа самог сударног процеса полуаутоматски и аутоматски са оптимизацијом Кудлих-Слибаровом методом преко полова убрзања.
- Временско-просторна анализа се у оквиру овог софтвера изузетно јасно може приказати у више облика.
- Недостатак је извођење временско-просторне анализе уназад тј. улаз у сударни процес уз приказивање више узастопних синхронизованих положаја учесника у судару.
- Сударни процес се изводи у две или три фазе.
- Инплементиран је EES каталог, метода растера и др.

Добре стране софтвера су [24]:

- Јасан временски и просторни приказ
- Тачност
- Проверљивост
- Веома добар приказ динамике кретања возила након судара и временско-просторне анализе (са бољом графиком од Carata)
- Јасни дијаграмски прикази

- Извођење кретања и судара свих врста возила
- Богато логистичко окружење (PC Rect; XL Meter, битмапе, EES...)
- Судари са пешацима
- Тродимензионално кретање возила (превртања, падови са мостова, улетања у канале, провалије)
- Поједностављено извођење сударног процеса у односу на Carat.

Лоше стране софтвера су [24]:

- Генерално спорији рад у поређењу са пешачким, приближно једнако дуг као у Carat-у
- Обимно упутство за употребу за чије савладавање је потребно знатно време
- Бољи дводимензионални и посебно тродимензионални приказ
- Веома споро извођење симулација, са пешацима као и свим осталима, на подлогана са густим растерима
- Спорије, уочљиво лошије извођење приказа кинематике уназад и унапред, у односу на Carat, што је с обзиром на потребе у пракси у вештачењима велик недостатак.

7.3 Програм VIRTUAL CRASH

Virtual Crash је је један од новијих софтвера за симулацију и реконструкцију саобраћајних незгода. Програм располаже базом од неколико хиљада возила реалног облика, који се скоро свакодневно надограђује.

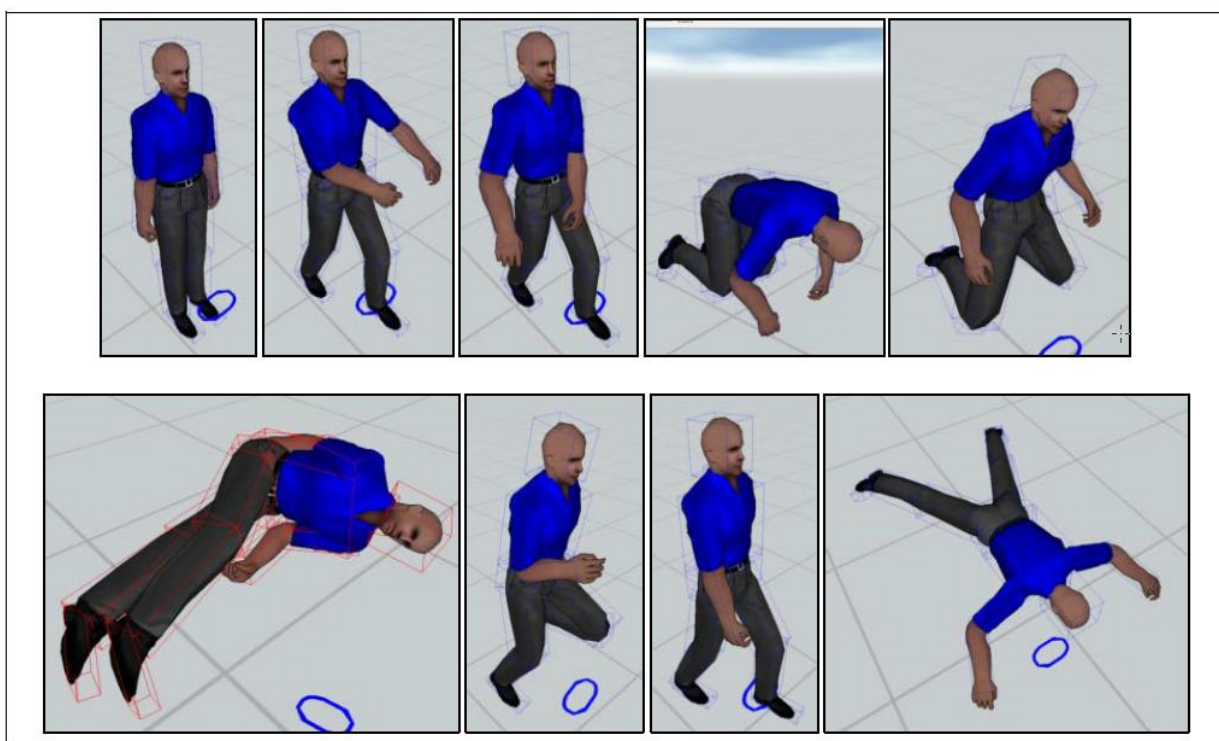
Рад овог софтвера се заснива на Kudlich - Slibar сударном моделу, који је заснован на закону о количини кретања система и закону о моменту количине кретања, уз уважавање коефицијента реституције и коефицијента трења између контактних површина сударених возила.

Поред анализе судара возила, овај програм омогућава анализу налета возила на пешаке, мотоцикле, бицикле и др. У симулацији саобраћајних незгода типа налета возила на пешаке, возила се третирају као крута тела. Међутим, да би се добила реална слика налета возила на пешака, тело пешака се мора третирати као систем међусобно повезаних тела са својим специфичним карактеристикама, што је омогућено применом мултибоди симулацијског модела [23].

Због своје крутости (посебно у односу на тело пешака), на возилу приликом налета на пешака не настану значајнија оштећења. Разлика између тежина возила и пешака је велика, па тело пешака због налета возила задобије велику промену брзине, а распоред деформацијског рада је неповољан за пешака. То је разлог што програм *Virtual Crash* у погледу возила као крутог тела не узима у обзир деформације возила код налета на пешака. Судар између возила и пешака могу се симулирати помоћу мултибоди модела готово једнако као и судари између два возила.

Мултибоди модел поседује стандардна својства која имају пешаци, као што су величина и тежина. Ови параметри су променљиви у складу са својствима пешака у појединој незгоди. За реконструкције саобраћајних незгода са пешацима, у програму су доступни укупно 29 положаја мултибоди модела, од којих се 21 односи на могуће положаје пешака. То су: стандардни положај, гурање бицикла са леве и десне стране - искорак са левом и десном ногом, мирно стајање држећи бицикл са леве и десне стране, сагнути положај, искорак левом и десном ногом, трчећи положај, ауто стопер, клечећи - устајање, клечећи - падање, седећи са скупљеним ногама, седећи са испруженим ногама, лежећи са стране, на стомаку и на леђима, искорак десном ногом са испруженим рукама. Осталих 8 положаја односи се на возаче аутомобила, путнике, возаче бицикла и мотоцикла.

Virtual Crash осим својстава пешака, узима у обзир и облик различитих типова возила.



Слика 7.1 - Неки од могућих положаја пешака у програму *Virtual Crash* [23]

Мултибоди модел је систем крутих тела међусобно повезаних одговарајућим спојевима карактеристичним људском телу. Делови тела (глава, труп, руке, ноге итд.) су израђени из више степени - "хипер - елипсоида". То су посебне елипсоиде различитих величина - параметара и различитих степена делова тела. Елементи тела међусобно су повезани са зглобовима [23].

Могућности софтвера и његове добре стране су:

- **Virtual CRASH** је најновији софтвер за симулацију СН који је конципиран тако да на бази најновијих софтверских процедура превазиђе све системске недостатке и концептуално застареле идеје на којима се претходна два базирају.
- Будући да је то најновији софтвер, у њега нису имплементирани подпрограми попут PC Rest и XL Meter, али следећа варијанта софтвера, на којој се управо ради, подржаваће и ове опције.
- Наредна верзија ће у себи садржавати визуелни приказ деформација које ће морати одговарати оним нађеним на лицу места, а који ће бити у вези са самим параметрима сударног процеса, односно биће у вези са EES каталогом, односно методом растера.
- Подржава сва кретања и све врсте возила по свим подлогама и конфигурацијама терена.
- У односу на друге софтвере визуелни приказ, посебно тродимензионални, најбољи је до сада.
- Софтвер нема писано упутство. Оно је визуелног типа тако да се преко миша, без потребе познавања језика, за веома кратко време може у потпуности самостално научити.
- Употреба софтвера најједноставнија је до сада.
- Посебно се мора истаћи брзина којом се завршавају комплетне симулације, без обзира какве су, са колико учесника, којим возилима, на каквим подлогама.

Лоше стране софтвера

- Што се тиче Virtual CRASH-а 2.2 нису утврђене лоше стране или неке негативности које би се истакле у поређењу са претходна два софтвера.

8. Зависност даљине одбачаја пешака

У овом поглављу биће обрађена три случаја, и то:

1. Зависност даљине одбачаја када је пешак дете и када је пешак одраса особа, од брзине возила, у случају када возило не кочи
2. Зависност даљине одбачаја када је пешак одраса особа, од брзине пешака и брзине возила, у случају када возило кочи
3. Зависност даљине одбачаја када је пешак дете и када је пешак одраса особа, од брзине возила, у случају када возило кочи

У сва три случаја долази до чеоног судара возила и пешака.

8.1 Даљина одбачаја пешака у зависности од брзине аутомобила и тежине и висине пешака у случају када аутомобил не кочи

У табели 8.1 приказани су коришћени параметри у анализи даљине одбачаја пешака. У првом случају пешак је дете, док је у другом одрасла особа. У оба случаја аутомобил

левым предњим крајем удара пешака и возило не кочи. Варира брзина кретања возила, док је брзина пешака у оба случаја непромењена.

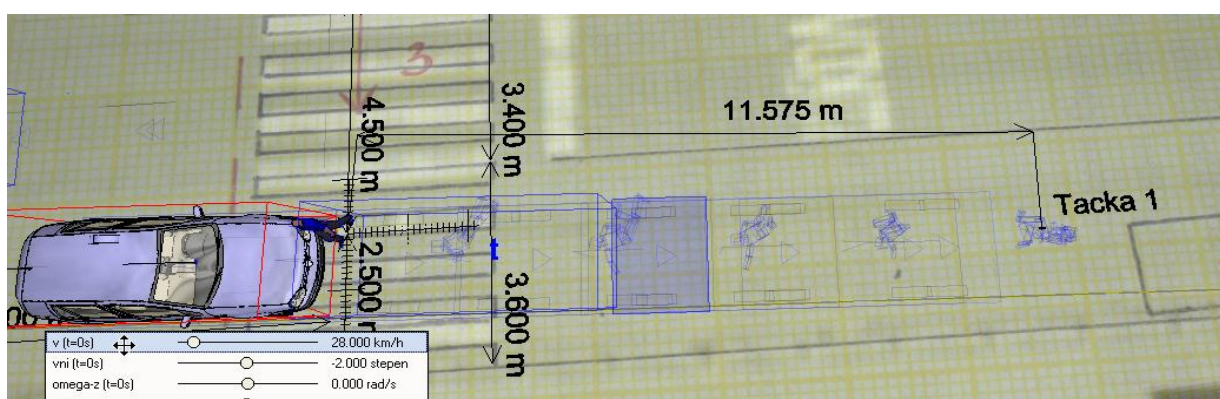
За испитивање коришћено је возило WW Golf 1.4, са две осовине, дужине 4,15 m, ширине 1,74 m, висине 1,69 m, висине тежишта 0,54 m, клиренса 0,2 m, масе 1170 kg, без терета и путника, са возачем масе 75 kg.

Табела 8.1 – Коришћени параметри у анализи

Ознака	Брзина аутомобила	Маса пешака	Висина пешака	Брзина пешака
Тачка 1	28 km/h	23 kg	1,25 m	10,8 km/h
Тачка 2	38 km/h	23 kg	1,25 m	10,8 km/h
Тачка 3	48 km/h	23 kg	1,25 m	10,8 km/h
Тачка 4	58 km/h	23 kg	1,25 m	10,8 km/h
Тачка 5	68 km/h	23 kg	1,25 m	10,8 km/h

Тачка 1*	28 km/h	78 kg	1,835 m	10,8 km/h
Тачка 2*	38 km/h	78 kg	1,835 m	10,8 km/h
Тачка 3*	48 km/h	78 kg	1,835 m	10,8 km/h
Тачка 4*	58 km/h	78 kg	1,835 m	10,8 km/h
Тачка 5*	68 km/h	78 kg	1,835 m	10,8 km/h

На слици број 8.1 приказана је „Тачка 1“ која означава крајњи положај пешака (висине 1.25 m и тежине 23 kg), након судара, док је у тренутку судара брзина аутомобила била 28 km/h. Даљина одбачаја, мерено од тачке судара, износи 11,575 m.

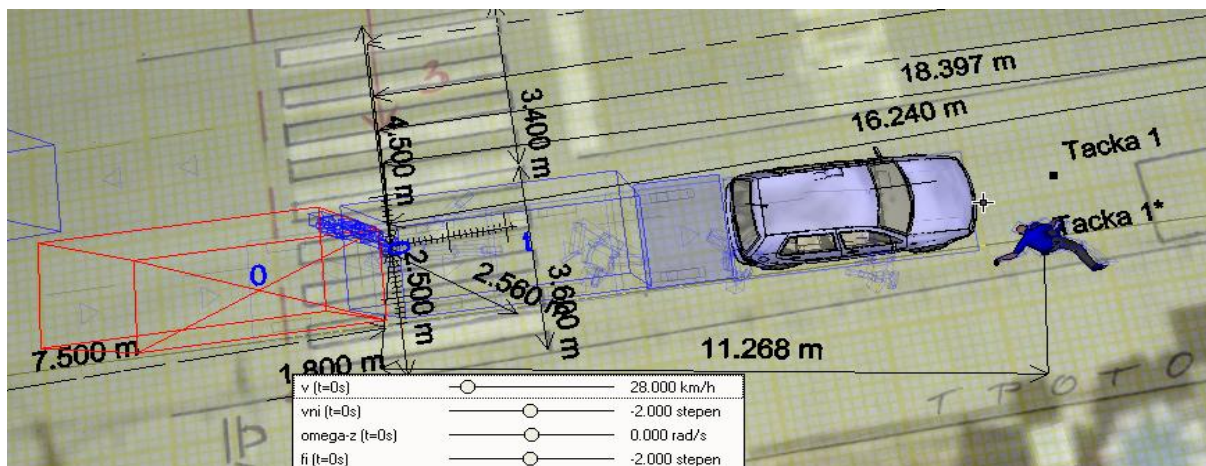


Слика 8.1 – Положај тачке 1

На слици 8.2 приказана је „Тачка 1*“ која означава крајњи положај пешака висине 1,835 m и тежине 78 kg. Даљина одбачаја износи 11,268 m.

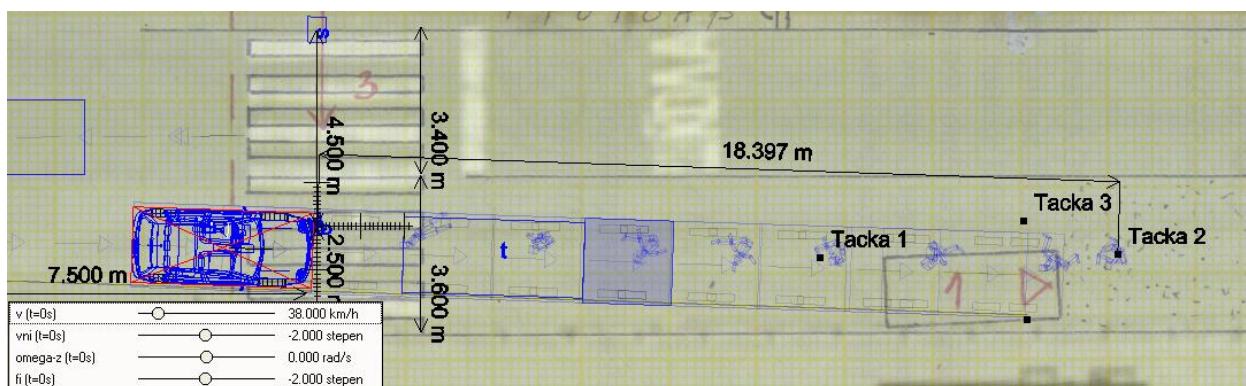
У оба случаја возило удара пешака предњим левим крајем, пешак бива набачен на поклопац моторног простора, а затим, у првом случају (слика 8.1) одбачен испред

возила, док је у другом случају (слика 8.2) пешак одбачен у десну страну. Ни у једном случају не долази до гажења.



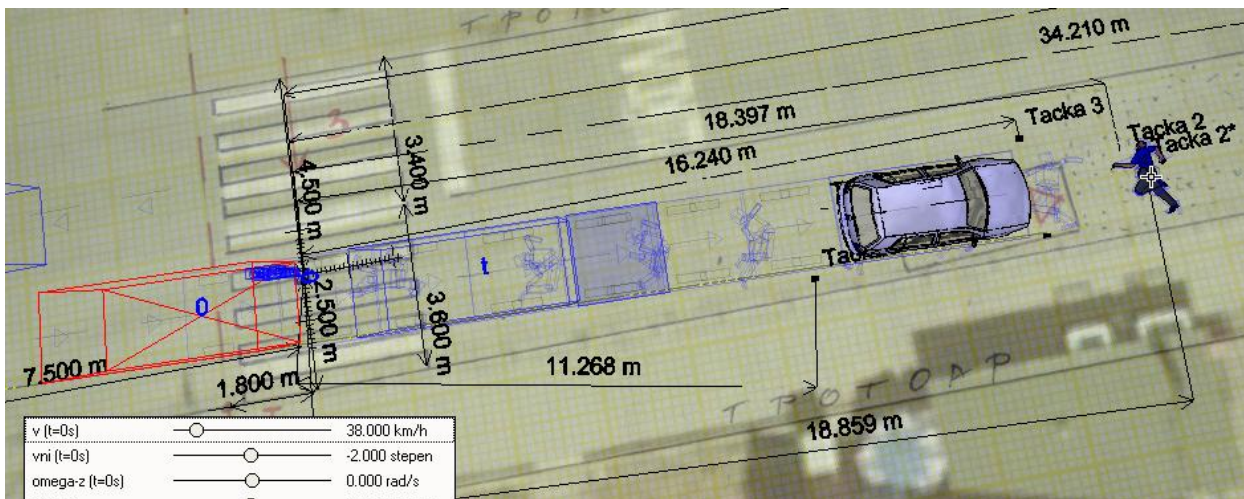
Слика 8.2 – Положај тачке 1*

На сликама 8.3 и 8.4 приказани су крајњи положаји пешака, где је брзина судара била 38 km/h. У случају када је пешак дете, даљина одбачаја је 18,397 m, док је у случају када је пешак одрасла особа 18,859 m.



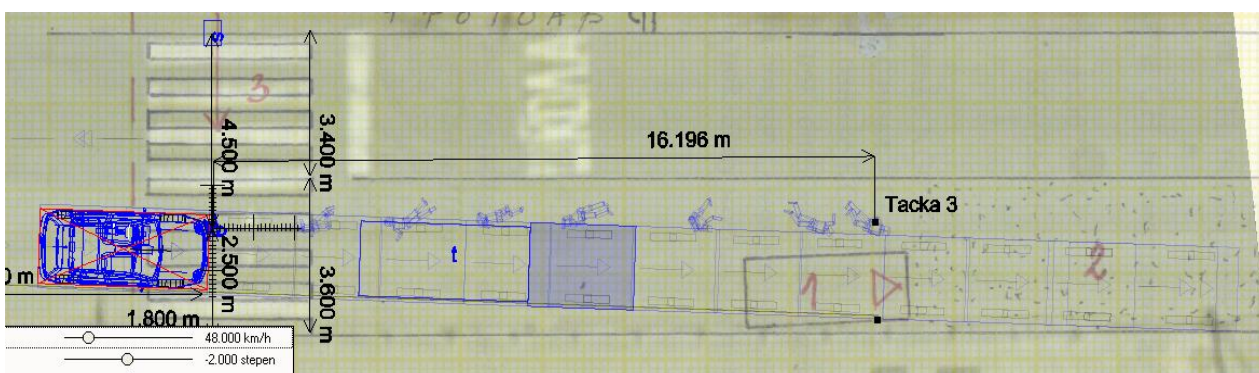
Слика 8.3 – Положај тачке 2

При брзини од 38 km/h, ни у једном случају не долази до гажења, већ до набацивања пешака на поклопац моторног простора и одбацивања испред возила.



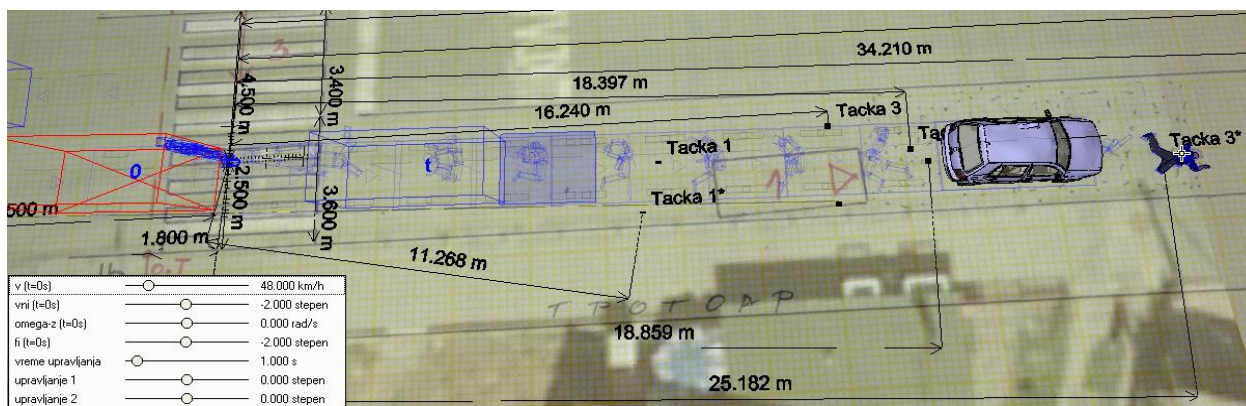
Слика 8.4 – Положај тачке 2*

На сликама 8.5 и 8.6 приказани су крајњи положаји пешака, где је брзина судара била 48 km/h. У случају када је пешак дете, даљина одбачаја је 16,196 m, док је у случају када је пешак одрасла особа, 25,182 m. У случају када је пешак дете, при брзини од 48 km/h (слика 8.5), долази до краткотрајног набацивања пешака на поклопац моторног простора а затим следи одбацивање у леву страну, док у случају када је пешак одрасла особа (слика 8.6), долази до одбацивања пешака испред аутомобила.



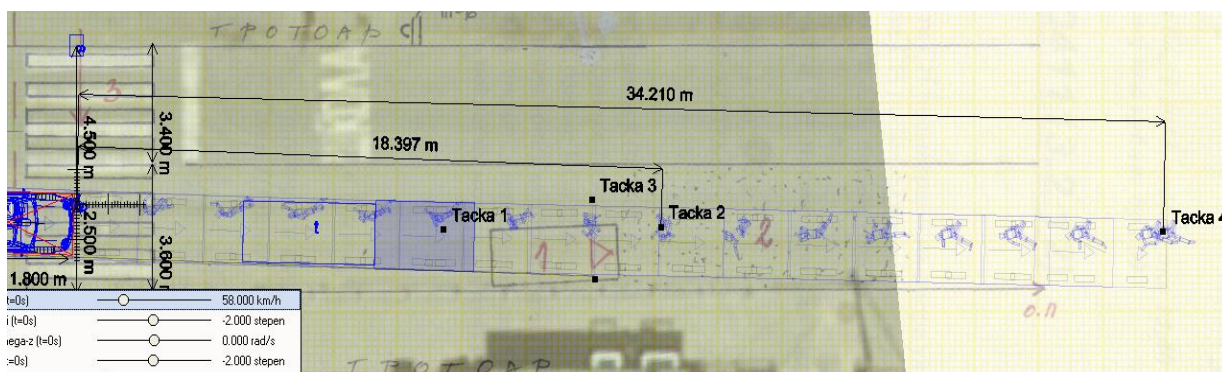
Слика 8.5 – Положај тачке 3

У случају са слике 8.5 и 8.6 не долази до гажења.

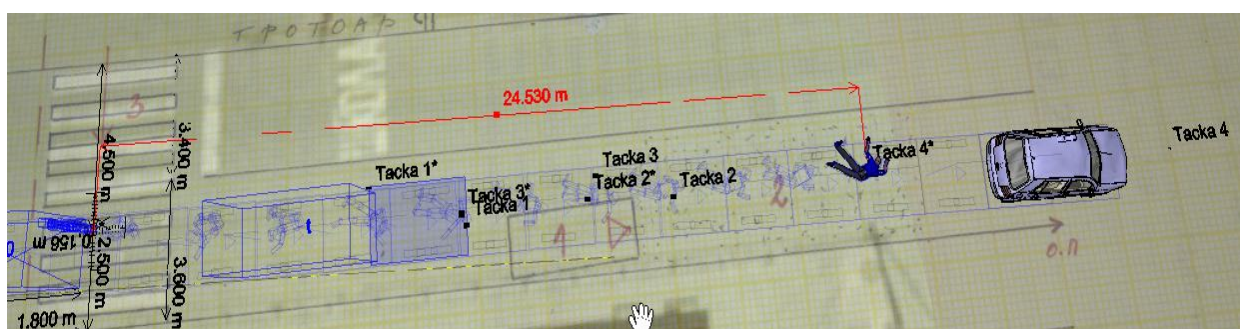


Слика 8.6 – Положај тачке 3*

На сликама 8.7 и 8.8 приказани су крајњи положаји пешака, где је брзина судара била 58 km/h. У случају када је пешак дете, даљина одбачаја је 34,21 m, док је у случају када је пешак одрасла особа, 24,530 m. У случају када је пешак дете, при брзини од 48 km/h (слика 8.7), долази до краткотрајног набацивања пешака на поклопац моторног простора а затим следи гажење пешака до зауставног положаја, као и у случају када је пешак одрасла особа (слика 8.8).



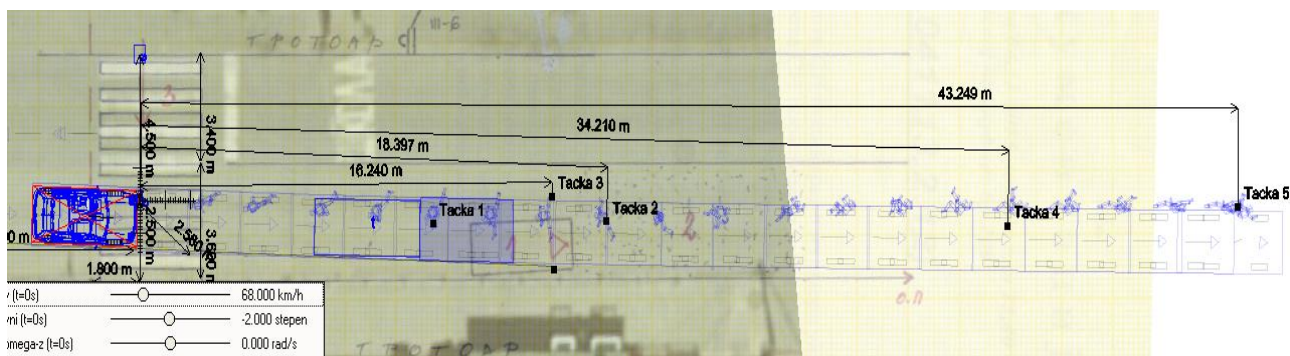
Слика 8.7 – Положај тачке 4



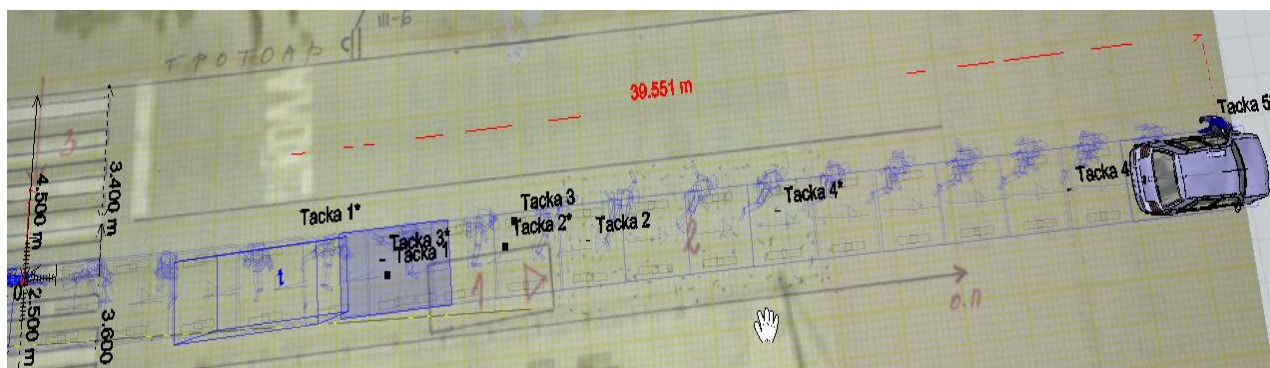
Слика 8.8 – Положај тачке 4*

На сликама 8.9 и 8.10 приказани су крајњи положаји пешака, где је брзина судара била 68 km/h. У случају када је пешак дете, даљина одбачаја је 43,249 m, док је у случају када је пешак одрасла особа, 39,551 m. У случају када је пешак дете, при брзини од 48 km/h (слика 8.7), долази до краткотрајног набацивања пешака на поклопац моторног

простора а затим следи котрљање пешака до зауставног положаја, при крају долази до гажења пешака, у случају када је пешак одрасла особа (слика 8.8) такође, долази до гажења пешака.



Слика 8.9 – Положај тачке 5



Слика 8.10 – Положај тачке 5*

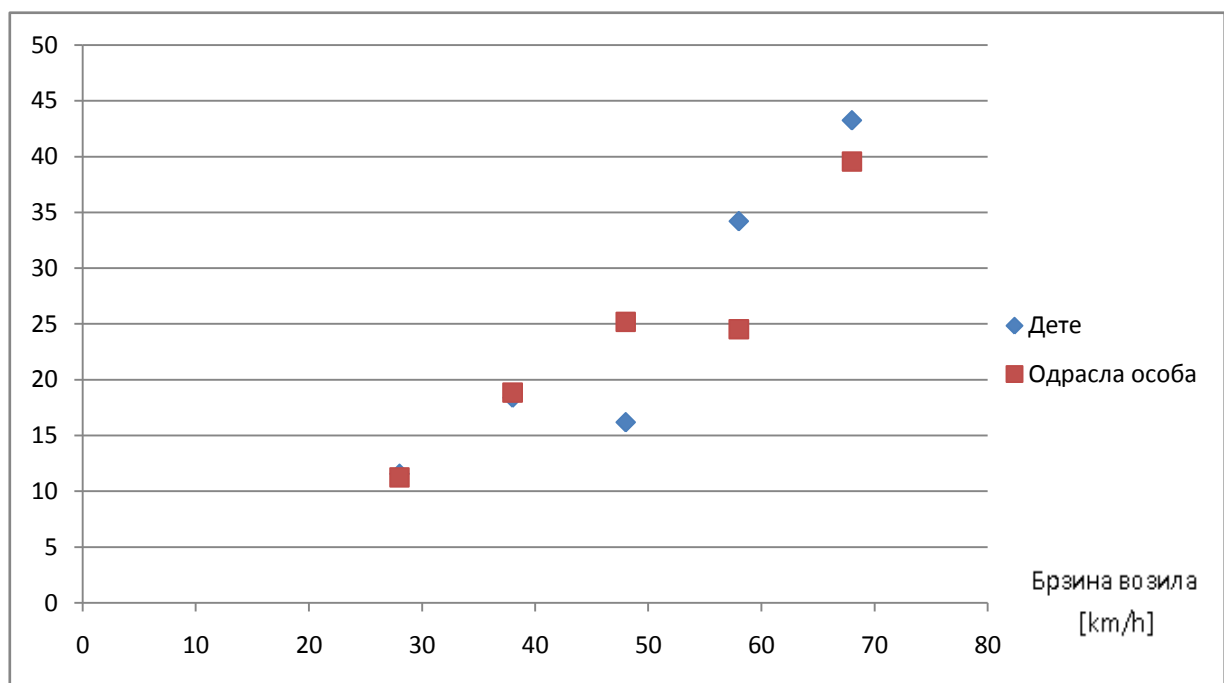
Табела 8.2 – Приказ добијених података, када је пешак дете (масе 23 kg и висине 1,23 m), када аутомобил не кочи

Ознака	Брзина возила [km/h]	Положај пешака		
		Координата x	Координата y	S _{odb}
Тачка 1	28	11,65	-0,48	11,575
Тачка 2	38	18,49	-0,71	18,397
Тачка 3	48	16,32	0,6	16,196
Тачка 4	58	34,29	-0,85	34,210
Тачка 5	68	43,36	0,26	43,249

Табела 8.3 – Приказ добијених података, када је пешак одрасла особа (маса 78 kg и висине 1,835 m), када аутомобил не кочи

Ознака	Брзина возила [km/h]	Положај пешака		
		Координата x	Координата y	S_{odb}
Тачка 1*	28	11,17	0,29	11,268
Тачка 2*	38	18,93	1,09	18,859
Тачка 3*	48	25,25	1,29	25,192
Тачка 4*	58	36,46	-0,64	24,530
Тачка 5*	68	49,52	-1.88	39,551

Табелама 8.2 и 8.3 приказане су координате зауставног положаја пешака, мерено од тачке судара, као и пут одбачаја пешака, на слици 8.11, у виду дијаграма су приказани резултати.



Слика 8.11 – Даљина одбачаја пешака у зависности од брзине возила приликом судара

Из табела 8.2 и 8.2, као и са слике 8.11, може се уочити да је, у случају када возило не кочи, даљина одбачаја пешака детета већа при већим брзинама, до гажења долази при истим брзинама.

8.2 Даљина одбачаја пешака у зависности од брзине возила и брзине пешака у случају када аутомобил кочи

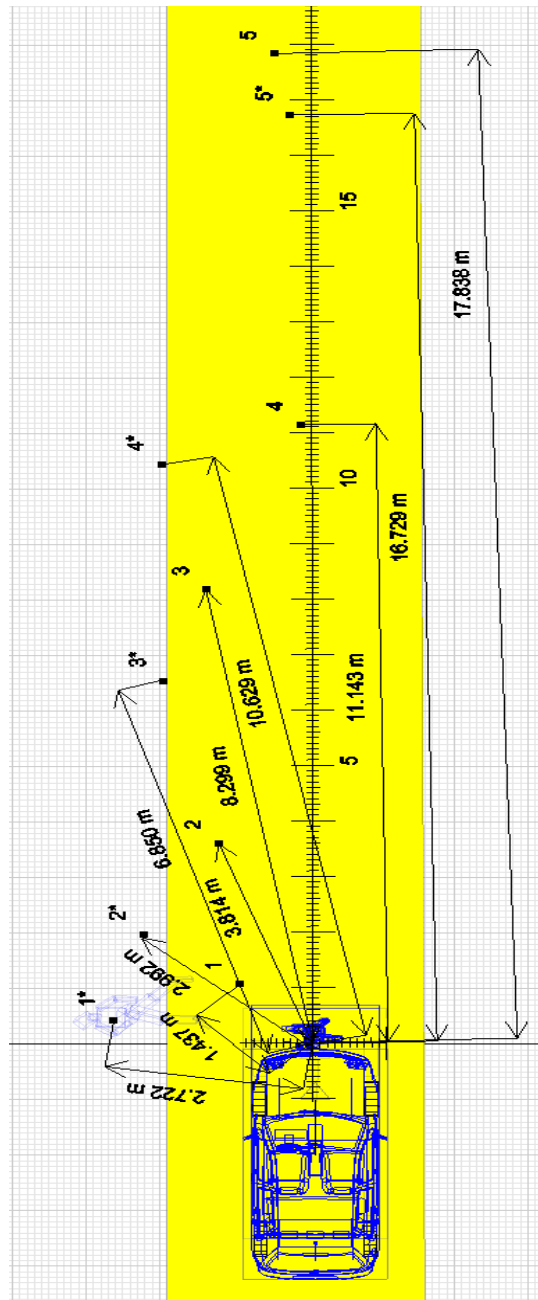
За симулације коришћено је возило WW Golf 1.4, са две осовине, дужине 4,15 m, ширине 1,74 m, висине 1,69 m, висине тежишта 0,54 m, клиренса 0,2 m, масе 1170 kg, без терета и путника, са возачем масе 75 kg.

У симулацијама коришћен је пешак масе 75 kg, висине 1,75 m, који се у првом случају креће брзином од 4 km/h, а у другом брзином од 14 km/h.

Бројевима 1,2,3,...,10 представљен је крајни положај пешака који се креће брзином од 4 km/h, док је бројевима 1*, 2*, 3*,...,10* представљен крајни положај пешака који се креће брзином од 14 km/h. Брзина аутомобила варира од 10 km/h (чему одговара положај 1 и 1*), до 100 km/h (чему одговара положај 10 и 10*). Аутомобил кочи, са успорењем $b = 5 \text{ m/s}^2$.

На слици 8.12 приказане су тачке 1-5 и 1*-5*, где се може уочити да при мањим брзинама (до 50 km/h) и већој брзини кретања пешака, пешак бива одбачен више у леву страну, односно у смеру кретања пешака.

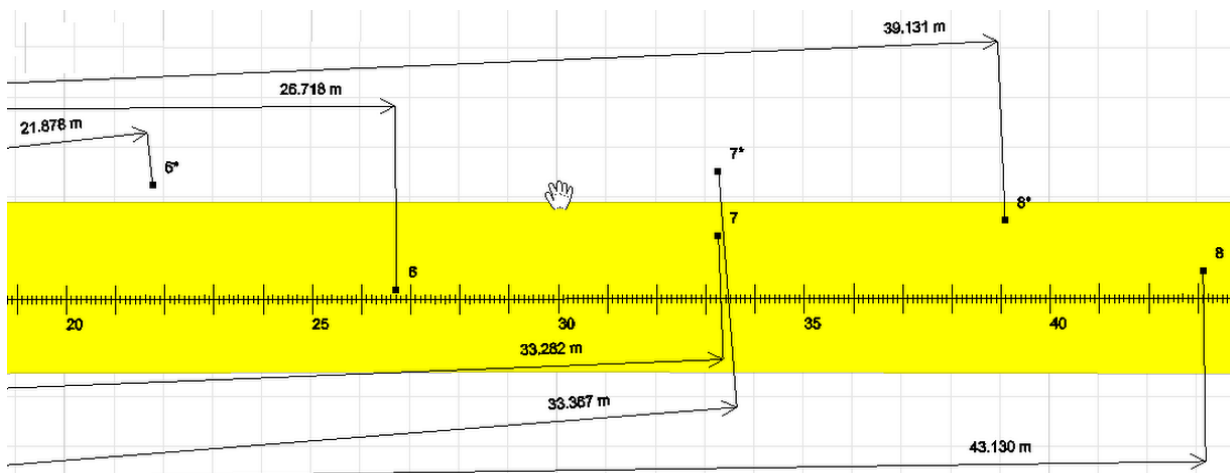
При малим брзинама, од 0-30 km/h пешак у оба случаја бива одгурнут, с тим што је пешак са већом брзином више одгурнут у леву страну.



Слика 8.12 – Приказа тачака 1-5 и 1*-5*

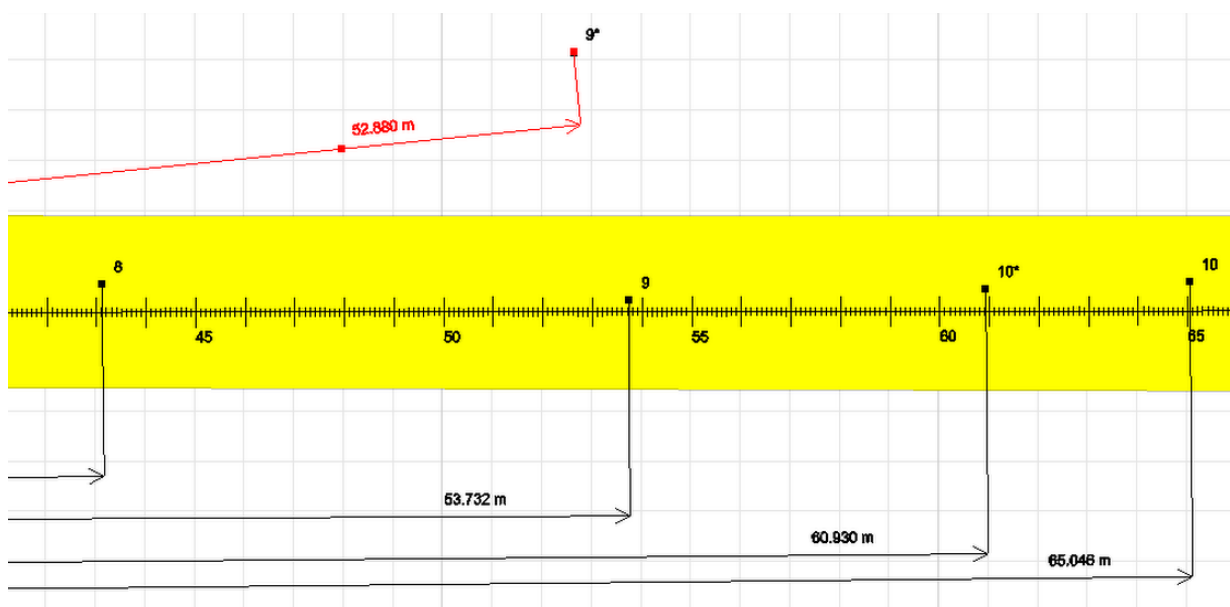
При брзини од 40 km/h, након набацивања на покопац моторног простора, долази до гажења споријег пешака, непосредно пре заустављања, док бржи пешак, након набацивања на покопац моторног простора, бива одбачен у страну.

При брзини од 50 km/h, након набацивања на покопац моторног простора и ветробранско стакло, долази до одбацивања споријег пешака, а гажења бржег пешака непосредно пре заустављања.



Слика 8.13 – Приказа тачака 6-8 и 6*-8*

При брзини од 60 km/h, у оба случаја долази до набацивања пешака на ветробранско стакло, а бржи пешак бива, непосредн пре заустављања, прегажен.



Слика 8.14 – Приказа тачака 9-10 и 9*-10*

При брзинама од 80 km/h, 90 km/h и 100 km/h, у случају када се пешак креће брзином од 4 km/h, долази до набацивања пешака на поклопац моторног простора и ветробранско стакло, затим одбацивање пешака, лет, котрљање и на крају гажење пешака. Док у случају када се пешак креће брзином од 14 km/h, само при брзини од 90 km/h долази до гажења пешака, а при брзинама од 80 km/h и 100 km/h долази до одбацивања пешака у десну страну.

У наставку су табеларно приказане координате зауставног положаја пешака, мерено од тачке судара, као и пут одбачаја пешака.

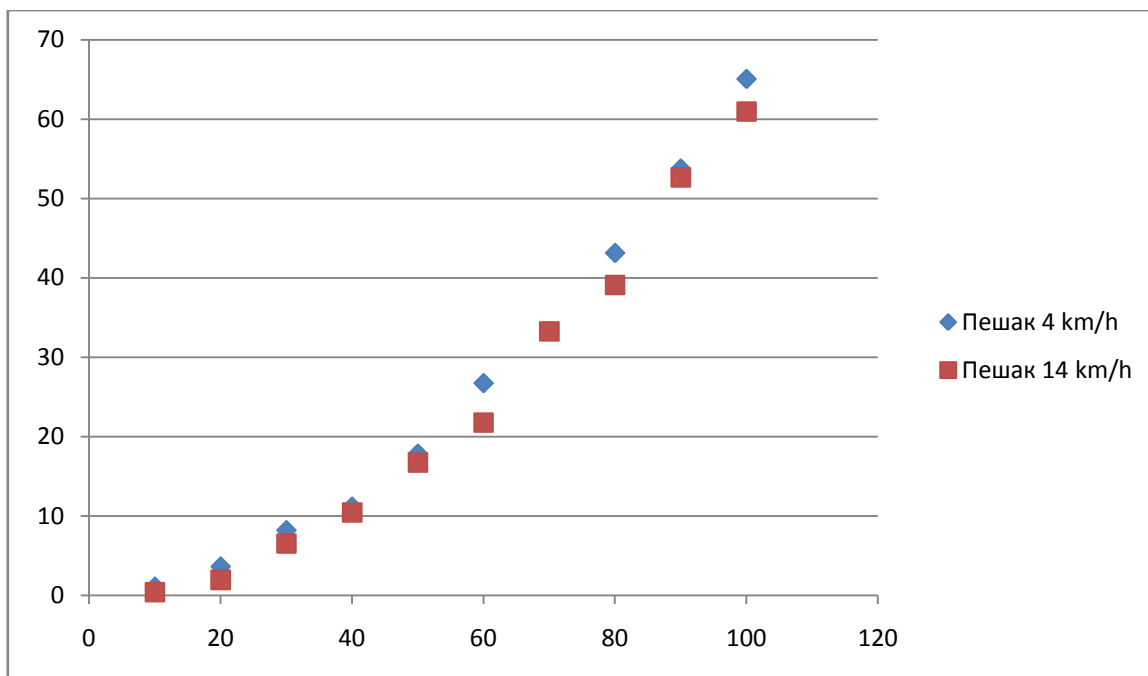
Табела 8.4 – Зауставни положај пешака у зависности од брзине возила и пешака

Брзина возила [km/h]	Зауставни положај пешака који се креће брзином од 4 km/h			
	Ознака	Координата x	Координата y	S _{odb}
10	1	1,089	0,92	1,437
20	2	3,63	1,19	3,18
30	3	8,20	1,36	8,299
40	4	11,17	0,08	11,14
50	5	17,85	0,45	17,84
60	6	26,73	0,14	26,82
70	7	33,27	1,22	33,28
80	8	43,13	0,52	43,13
90	9	53,76	0,21	53,73
100	10	65,05	0,57	65,05

Табела 8.5 – Зауставни положај пешака у зависности од брзине возила и пешака

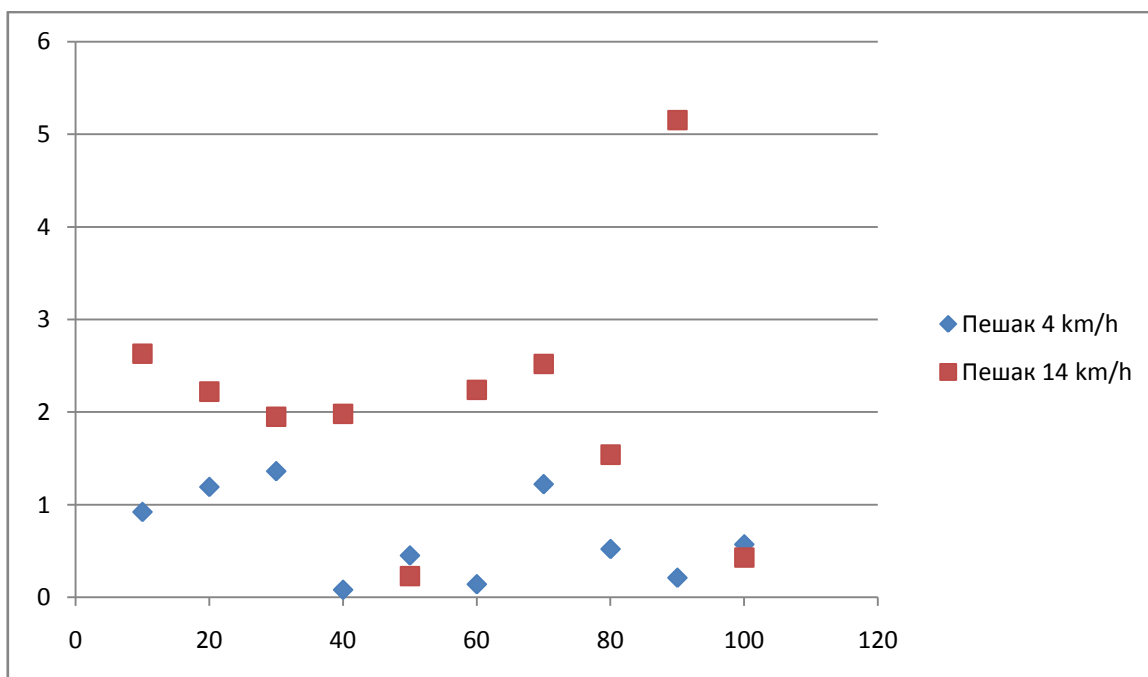
Брзина возила [km/h]	Зауставни положај пешака који се креће брзином од 14 km/h			
	Ознака	Координата x	Координата y	S _{odb}
10	1*	0,43	2,63	2,722
20	2*	1,98	2,22	2,992
30	3*	6,55	1,95	6,85
40	4*	10,45	1,98	10,63
50	5*	16,75	0,23	16,73
60	6*	21,78	2,24	21,88
70	7*	33,27	2,52	33,37
80	8*	39,1	1,54	39,13
90	9*	52,64	5,15	52,88
100	10*	60,93	0,43	60,93

На слици је приказан одбачај пешака по оси X, где се може уочити да се одбачај по оси X разликује при већим брзинама, односно, пешак са мањом брзином бива даље одбачен.



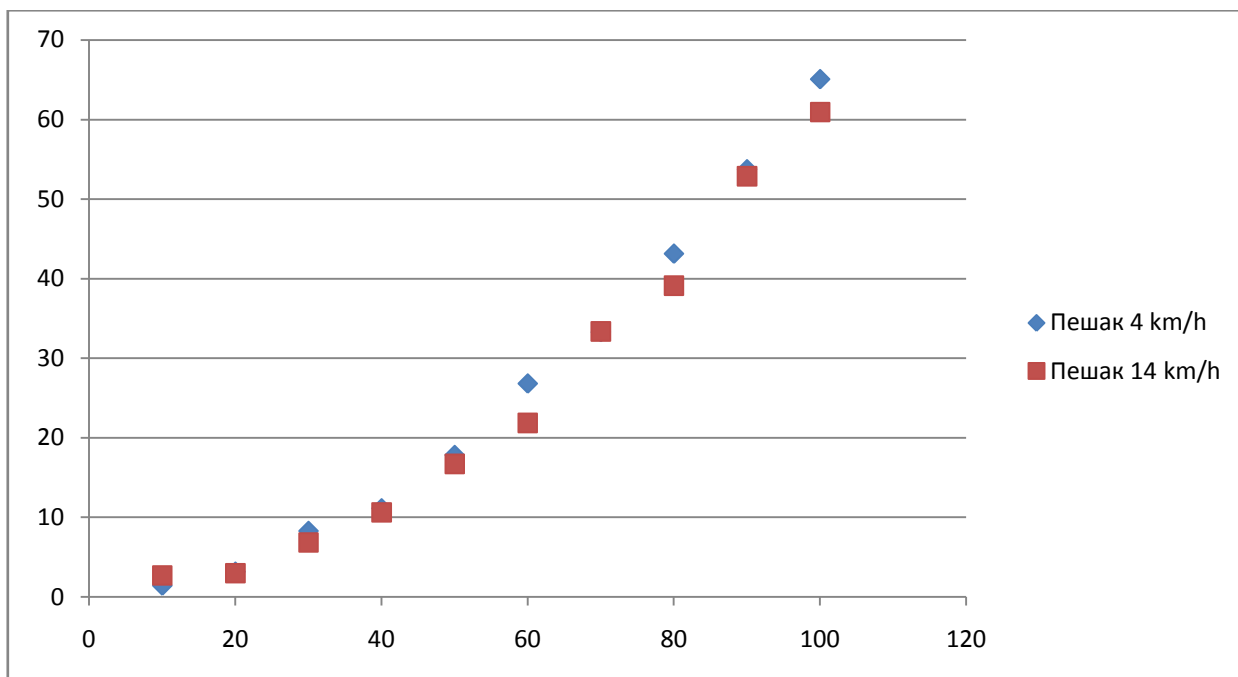
Слика 8.15 – Одбачај пешака по оси X у зависности од брзине возила

Са слике 8.16 може се уочити да је одбачај по оси Y већи у случају када је брзина пешака већа, а нарочито при мањим брзинама односно пешак у том случају бива више одбачен у леву страну, односно у смеру кретања пешака.



Слика 8.16 – Одбачај пешака по оси Y у зависности од брзине возила

На слици 8.17 је приказана даљина одбачаја пешака који се креће брзином од 4 km/h и пешака који се креће брзином од 14 km/h, у зависности од брзине аутомобила у тренутку судара, при чему је возачаутомобила предузео радњу кочења.



Слика 8.17 – Даљина одбачаја пешака у зависности од брзне возила и брзине пешака

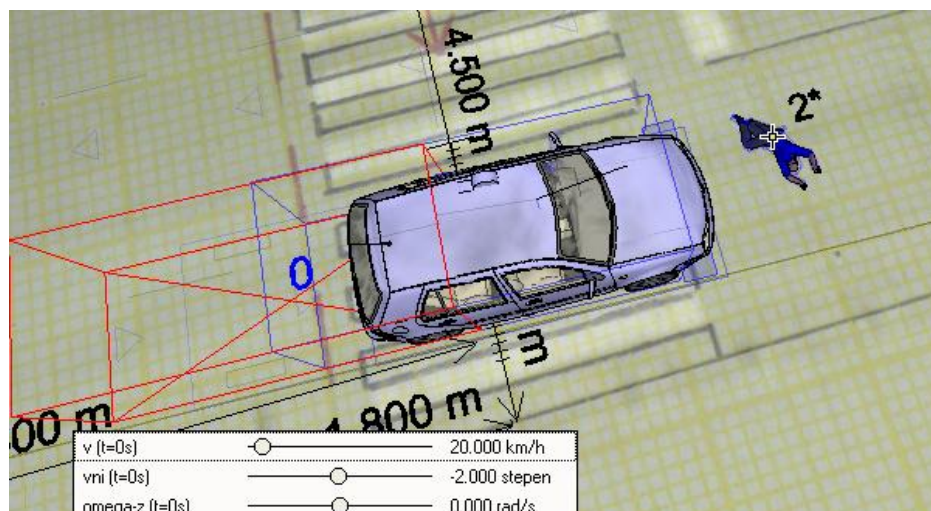
Може се уочити да је при већим брзинама возила, даљина одбачаја пешака који се креће мањом брзином већа него код бржег пешака. У већем броју случајева долази до гажења споријег пешака.

8.3 Даљина одбачаја пешака у зависности од тежине и висине пешака и брзине аутомобила у тренутку судара, када возило кочи

У овом случају коришћена су два пешака, први је дете масе 23 kg, висине 1,25 m, а други одрасла особа масе 78 kg и висине 1,835 m. оба пешака су се кретала брзином од 4 km/h, док је брзина аутомобила варијала од 10 km/h до 100 km/h.

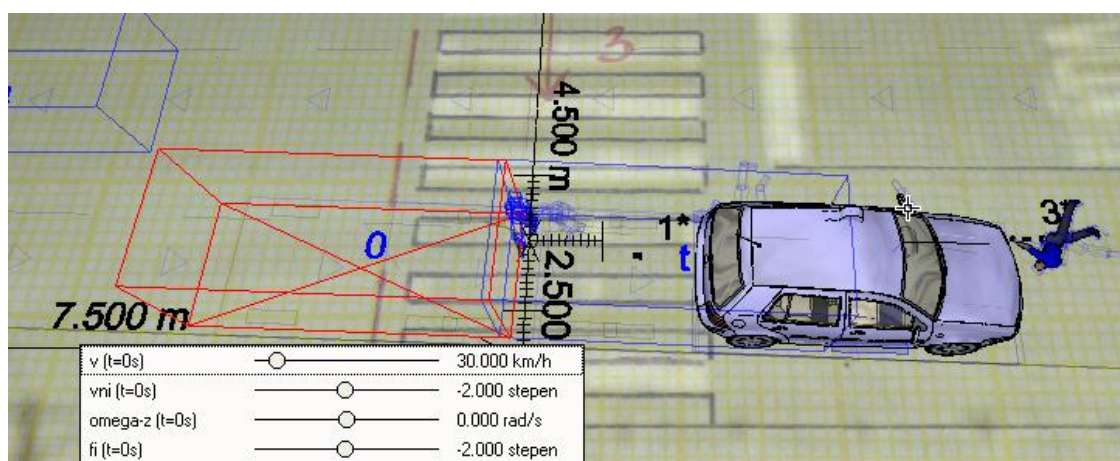
За испитивање коришћено је возило WW Golf 1.4, са две осовине, дужине 4,15 m, ширине 1,74 m, висине 1,69 m, висине тежишта 0,54 m, клиренса 0,2 m, масе 1170 kg, без терета и путника, са возачем масе 75 kg.

Зауставни положај пешака детета, након судара, на сликама је означен са 1*,2*,3*,...,10*, а зауставни положај одрасле особе са 1, 2, 3, ..., 10, где број 1 одговара брзини од 10 km/h, број 2 брзини од 20 km/h и тако даље до броја 10 (што одговара брзини од 100 km/h).



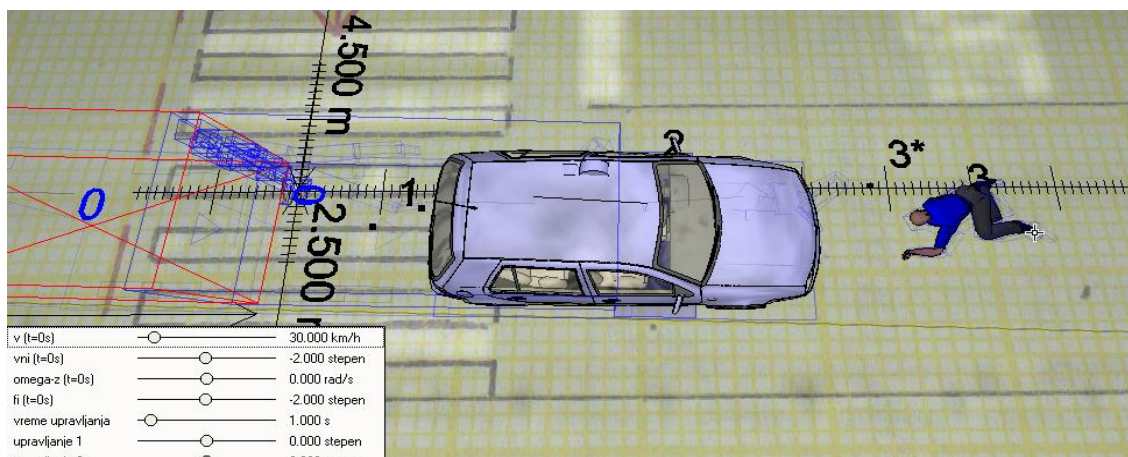
Слика 8.18 - Тачка 2* – аутомобил брзине 20 km/h и дете

За брзине возила у тренутку судара од 10 km/h, 20 km/h, 30 km/h и 40 km/h нема значајних разлика у зауставном положају пешака, што се за брзину од 30 km/h може видети на сликама које приказују тачку 3 и тачку 3* (слике 8.19 и 8.20).

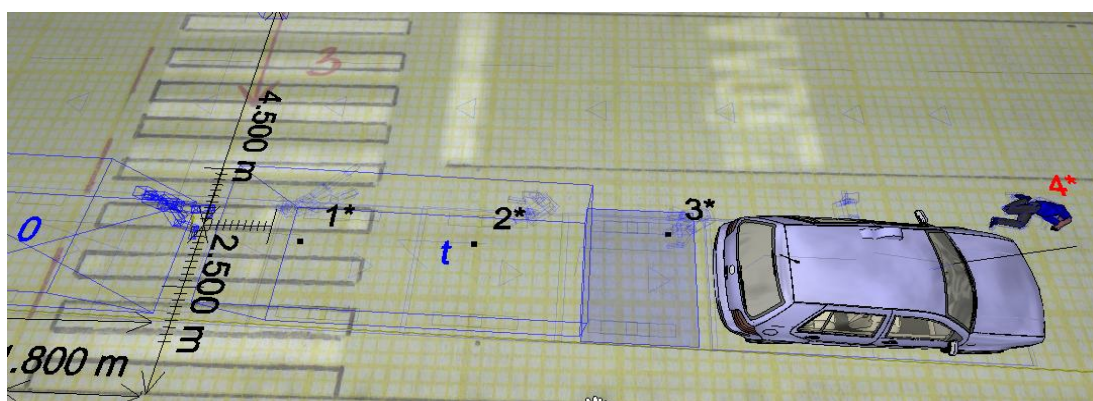


Слика 8.19 - Тачка 3* – аутомобил брзине 30 km/h и дете

При брзини од 20 km/h и 30 km/h пут одбачаја пешака је кратак, и ту долази до одбацивања пешака испред возила, док код брзине од 40 km/h долази до одбацивања пешака у леву страну (слика 8.21).

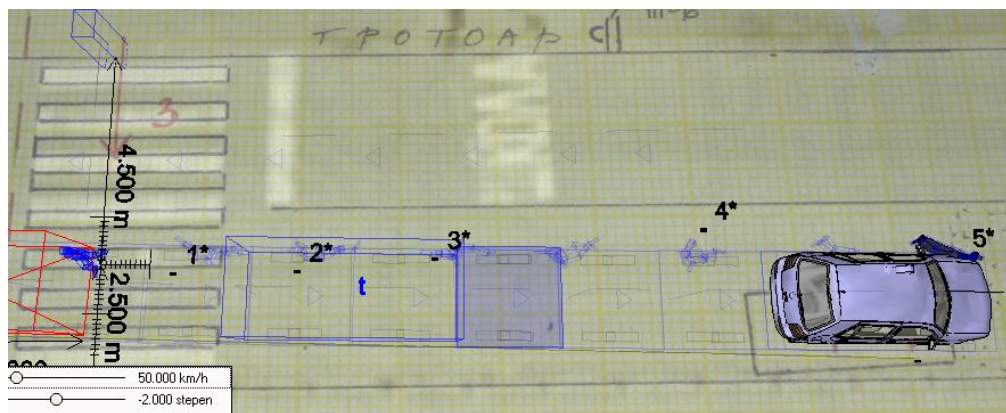


Слика 8.20 - Тачка 3 – аутомобил брзине 30 km/h и одрасла особа



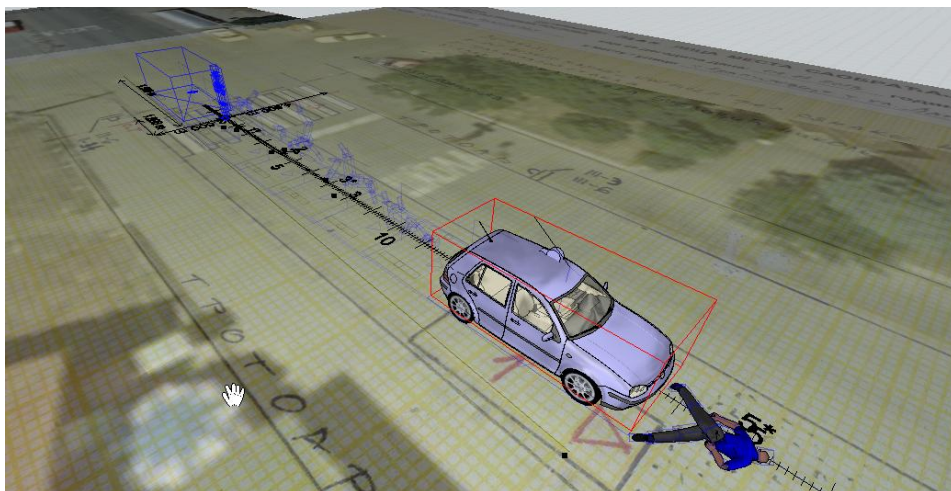
Слика 8.21 - Тачка 4* – аутомобил брзине 40 km/h и дете

При брзини од 50 km/h, у случају да је пешак дете, долази до одбацивања пешака у леву страну и гажења пешака предњим левим точком на крају зауставног пута (слика 8.22), док када је у питању одрасла особа, не долази до гажења и пешак бива одбачен испред возила, слика 8.23.



Слика 8.22 - Тачка 5* – аутомобил брзине 50 km/h и дете

Даљина осбача у оба случаја је приближна.



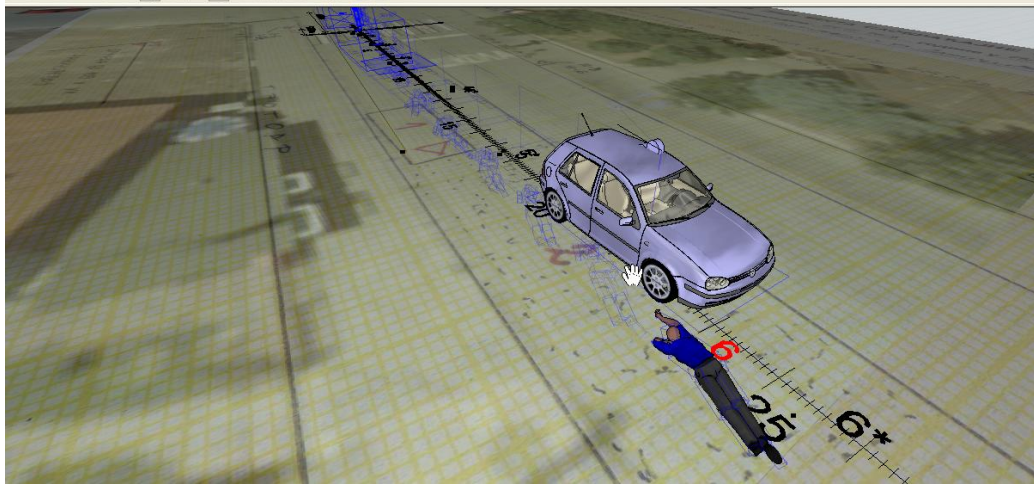
Слика 8. 23 - Тачка 5 – аутомобил брзине 50 km/h и одрасла особа

При брзини од 60 km/h, пешак дете бива набачен на поклопац моторног простора, а затим одбачен у леву страну, где следи лет и котрљање пешака, када се пешак заустави, долази до гажења дела пешака (слика 8.24).



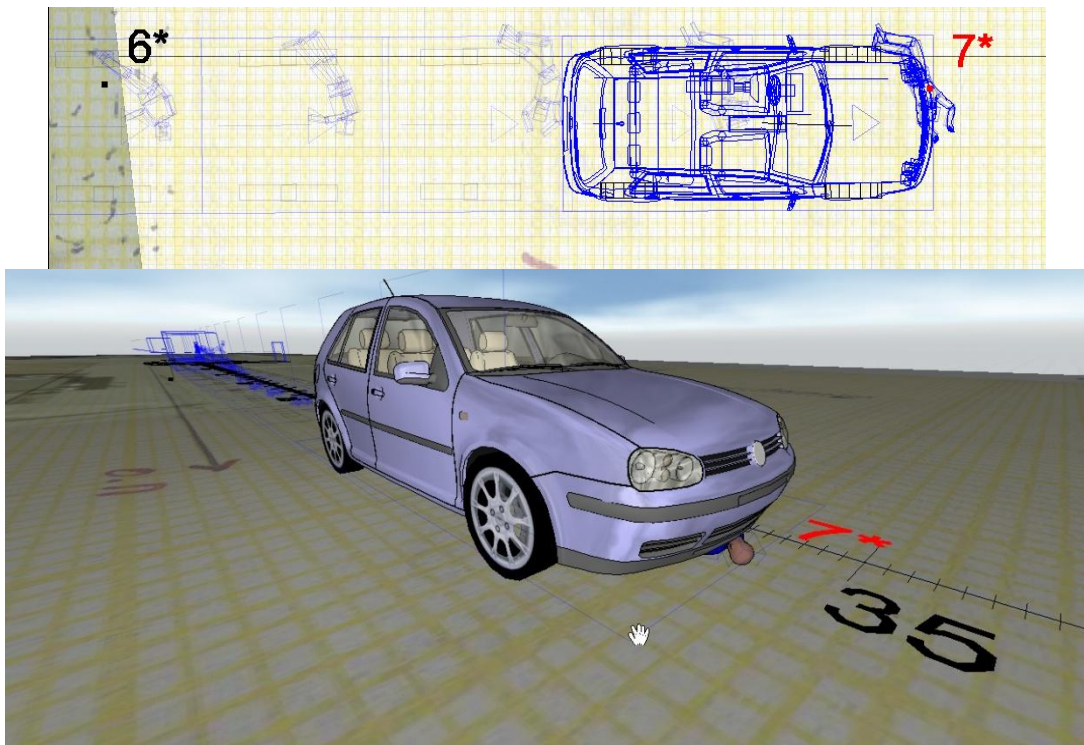
Слика 8.24 - Тачка 6* – аутомобил брзине 60 km/h и дете

При брзини од 60 km/h, пешак одрасла особа бива набачен на поклопац моторног простора, а затим одбачен у десну страну, где следи лет и котрљање пешака, без гажења пешака (слика 8.25).



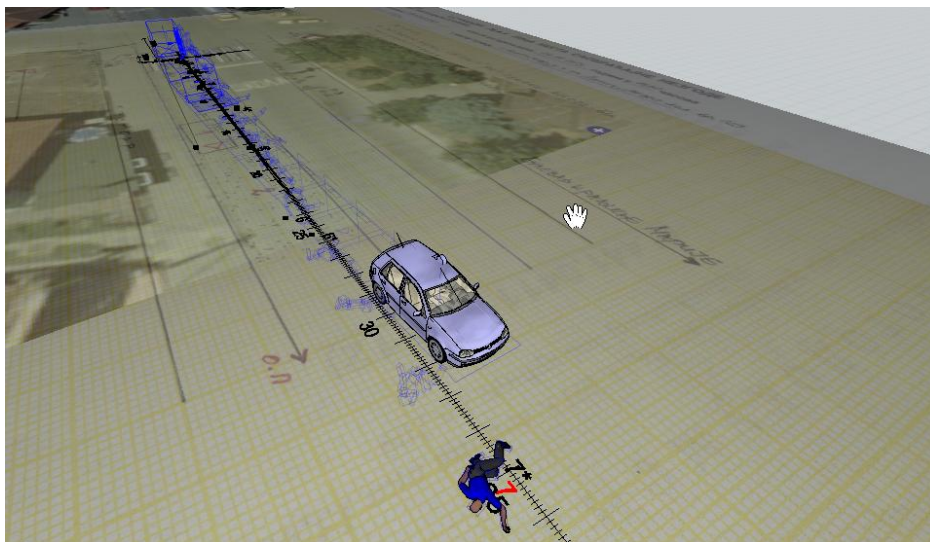
Слика 8.25 - Тачка 6 – аутомобил брзине 60 km/h и одрасла особа

У случају када је пешак дете, при сударној брзини возила од 70 km/h, долази до набацивања на поклопац моторног простора, одбацивања пешака испред возила и гажења пешака до заустављања, што се може видети на слици 8.26. При истој брзини, у случају када је пешак одрасла особа, долази до одбацивања пешака у десну страну и притом нема гажења пешака (слика 8.27).



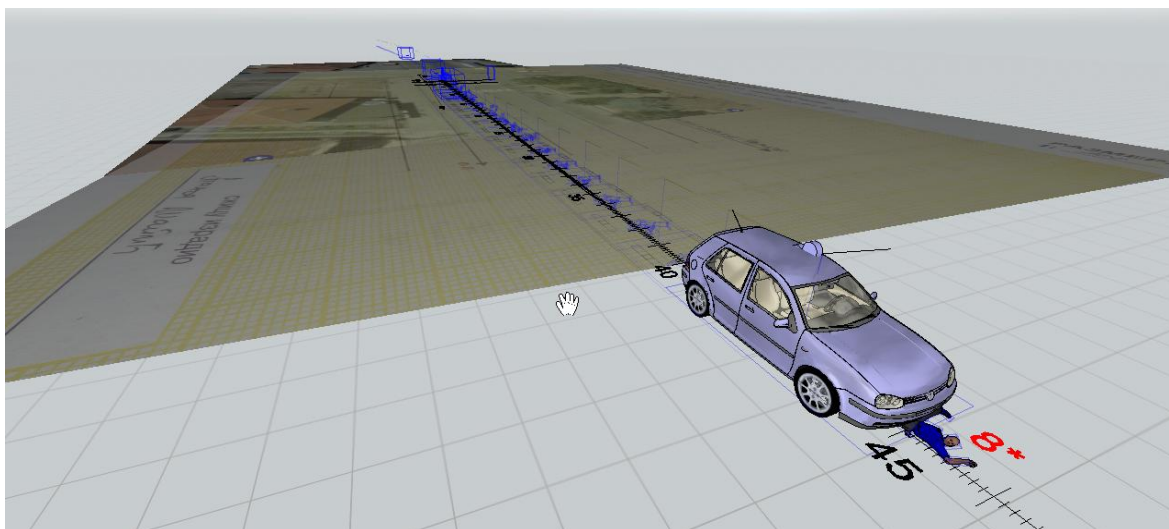
Слика 8.26 - Тачка 7* – аутомобил брзине 70 km/h и дете

Пут одбачаја пешака се не разликује знатно у ова два случаја, док је зауставни пут возила краћи у случају када је пешак одрасла особа (слика 8.27).



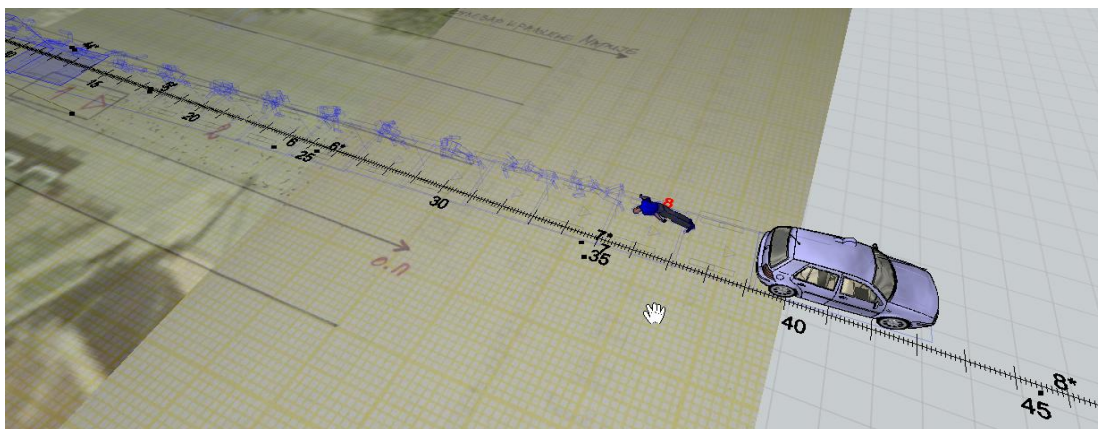
Слика 8.27 - Тачка 7 – аутомобил брзине 70 km/h и одрасла особа

У случају када је пешак дете, при сударној брзини возила од 80 km/h, долази до набацивања на поклопац моторног простора и ветробранско стакло и одбацивања пешака испред возила, након чега следи лет и котрљање пешака испред возилаа. Брзина котрљања пешака у овом случају је већа од брзине возила, али након што се пешак заустави, следи гажење пешака од стране возила, што се може видети на слици 8.28.



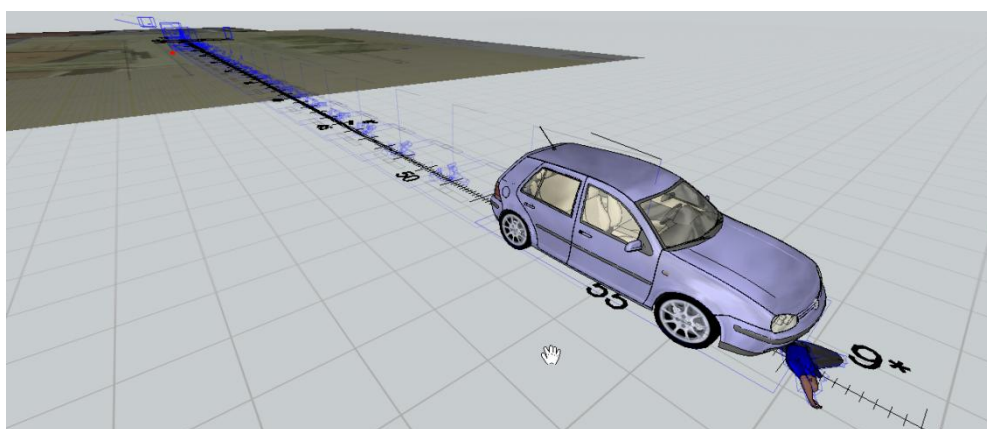
Слика 8.28 - Тачка 8* – аутомобил брзине 80 km/h и дете

При истој брзини возила, у случају када је пешак одрасла особа, долази до одбацивања пешака у леву страну и притом нема гажења пешака (слика 8.29).



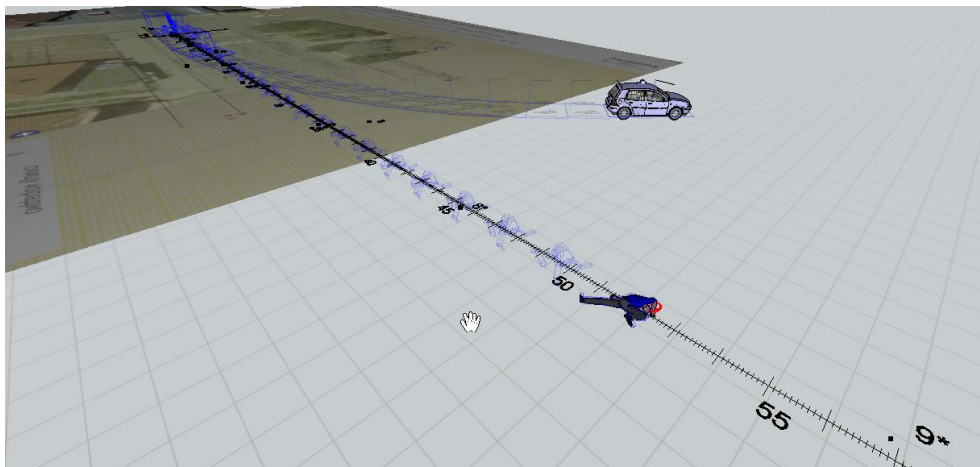
Слика 8.29 - Тачка 8 – аутомобил брзине 80 km/h и одрасла особа

При брзини од 90 km/h, пешак дете бива набачен на поклопац моторног простора, и одбачен испред возила, затим, следи лет и котрљање пешака, и гажење пешака од позиције 8* до зауставног положаја (слика 8.30).



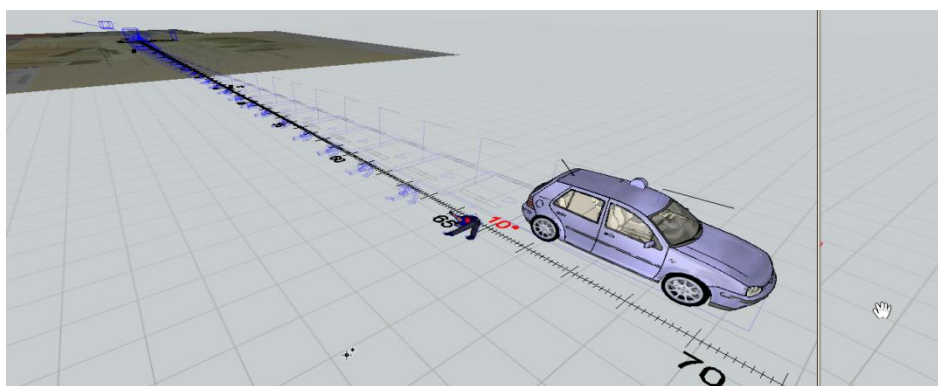
Слика 8.30 - Тачка 9 – аутомобил брзине 90 km/h и дете*

При брзини од 90 km/h, пешак одрасла особа бива набачен на поклопац моторног простора и ветробранско стакло, а затим одбачен у десну страну, где следи лет и котрљање пешака, без гажења пешака (слика 8.31).

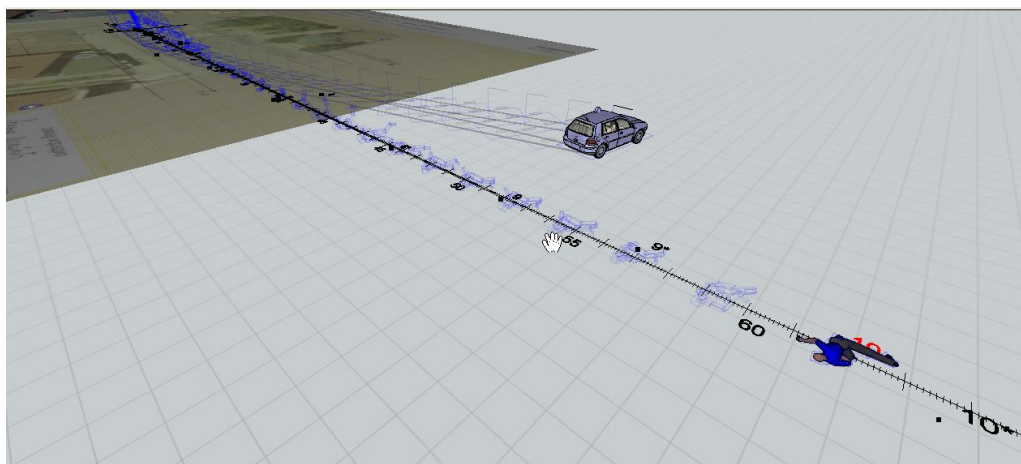


Слика 8.31 - Тачка 9 – аутомобил брзине 90 km/h и одрасла особа

При брзини од 100 km/h, пешак дете бива набачен на поклопац моторног простора, и одбачен десно од возила, у овом случају нема гажења пешака (слика 8.32).



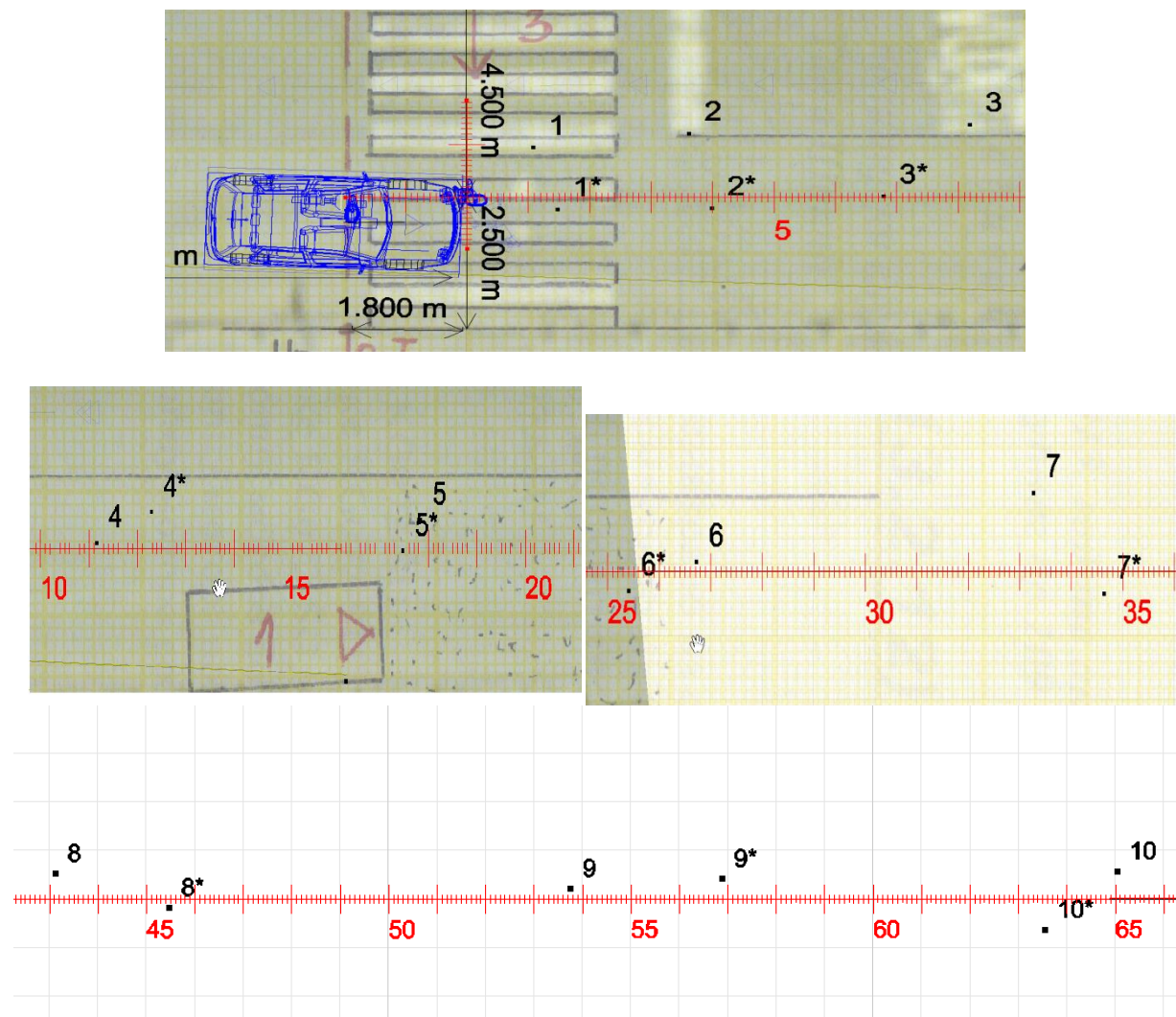
Слика 8.32 - Тачка 10* – аутомобил брзине 100 km/h и дете



Слика 8.33 - Тачка 10 – аутомобил брзине 100 km/h и одрасла особа

При брзини од 100 km/h, пешак одрасла особа бива набачен на поклопац моторног простора, а затим одбачен у десну страну, где следи лет и котрљање пешака, без гажења пешака (слика 8.33).

На слици 8.34 приказан је однос зауставних положаја пешака, где је бројевима са звездицама означен положај детета.



Слика 8.34 – Међусоби однос зауставних положаја пешака

У наставку су табеларно приказане координате зауставног положаја пешака, мерено од тачке судара, као и пут одбачаја пешака.

Табела 8.6 – Зауставни положај пешака одрасле особе у зависности од брзине возила

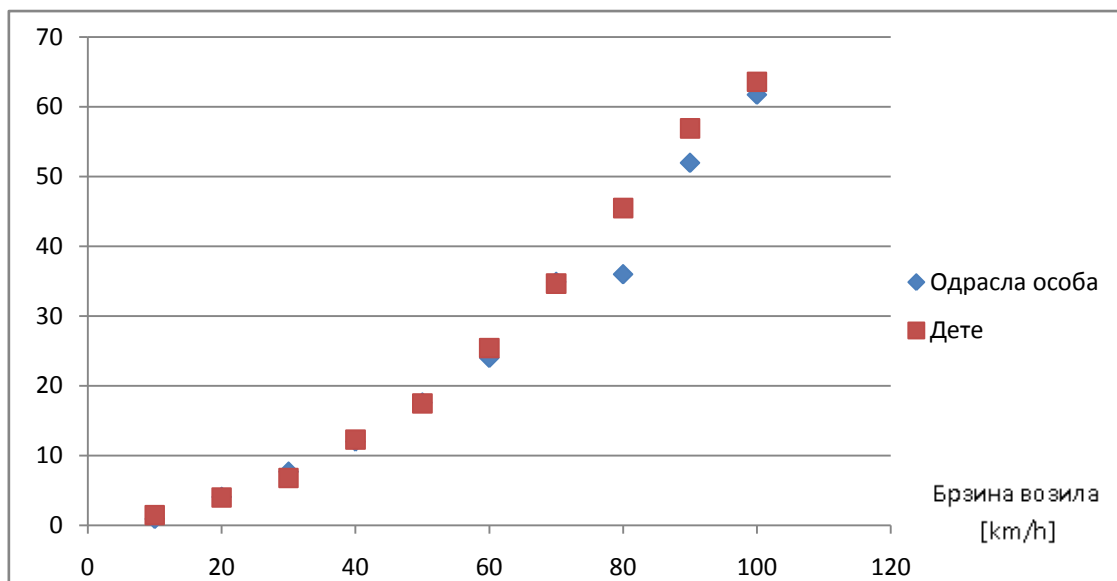
Брзина возила [km/h]	Зауставни положај пешака тежине 78 kg и висине 1,835 m			
	Ознака	Координата x	Координата y	S _{odb}
10	1	0,94	-0,48	1,055
20	2	4,09	0,16	4,09
30	3	7,71	-0,33	7,72
40	4	12,02	0,65	12,04
50	5	17,61	-0,21	17,61
60	6	24,02	-0,709	24,03
70	7	34,91	-0,77	34,92
80	8	36,01	1,56	36,04
90	9	51,98	-0,16	51,98
100	10	61,75	0,08	61,75

Табела 8.7 – Зауставни положај пешака детета у зависности од брзине возила

Брзина возила [km/h]	Зауставни положај пешака тежине 23 kg и висине 1,25 m			
	Ознака	Координата x	Координата y	S _{odb}
10	1*	1,49	-0,25	1,51
20	2*	3,99	-0,23	3,99
30	3*	6,8	0	6,8
40	4*	12,3	0,57	12,31
50	5*	17,49	-0,053	17,49
60	6*	25,42	-0,31	25,42
70	7*	34,65	-0,36	34,65
80	8*	45,48	-0,18	45,48
90	9*	56,89	0,41	56,89
100	10*	63,56	-0,64	63,56

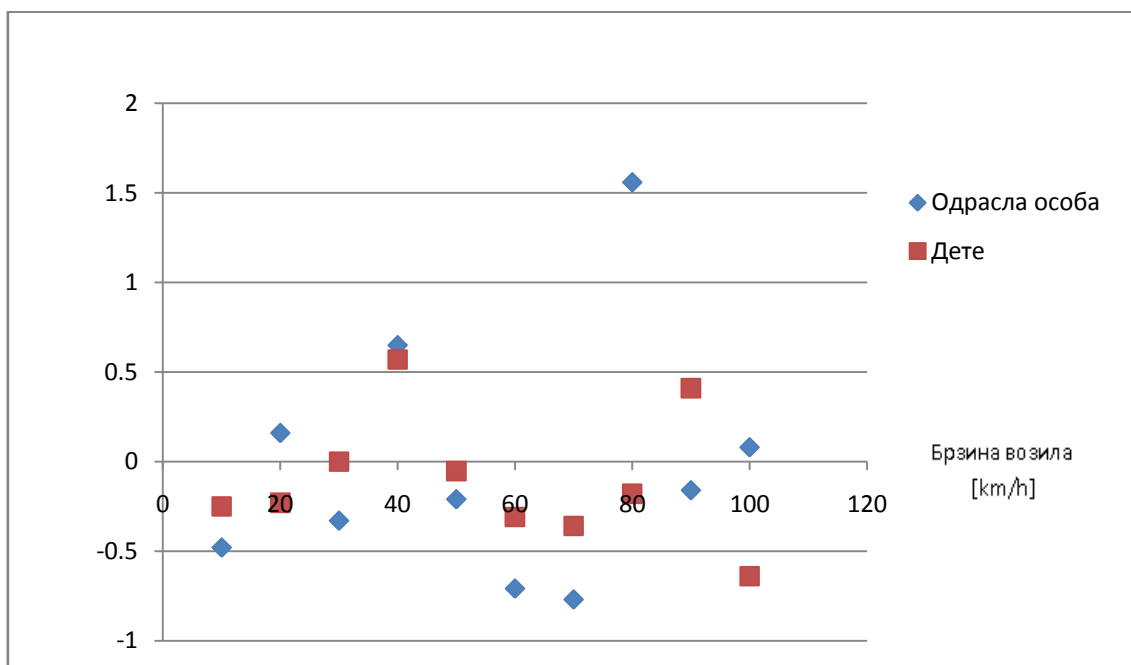
На сликама 8.35, 8.36, 8.37 су графички приказани добијени резултати.

На слици 8.35 приказана је даљина одбачаја пешака по оси X, у зависности од брзине возила, где се може видети да је при већим брзинама даљина одбачаја за дете већа, док при маљим брзинама нема значајних разлика.



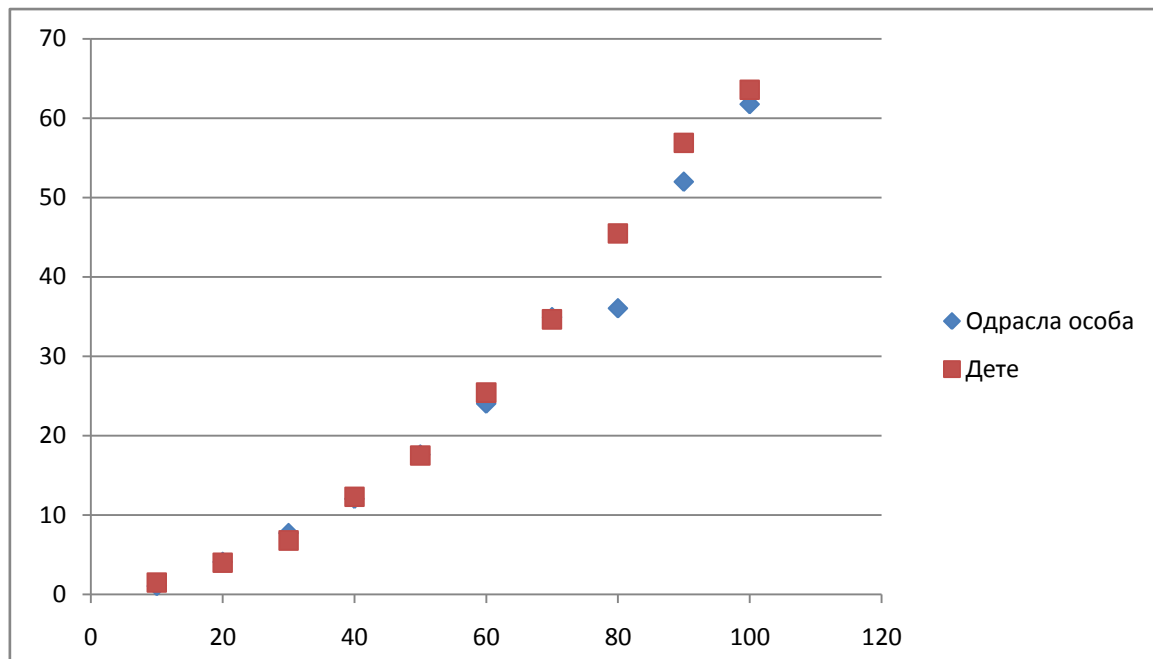
Слика 8.35 – Одбачај пешака по оси X у зависности од брзине возила

На слици 8.36 приказана је даљина одбачаја пешака по оси Y , у зависности од брзине возила, где се може видети да у већини случајева дете бива више одбачено у лево, односно, супротно од смера кретања пешака пре незгоде.



Слика 8.36 – Одбачај пешака по оси Y у зависности од брзине возила

На слици 8.37 приказана је даљина одбачаја пешака у зависности од брзине кретања возила у тренутку судара, где се може видети, да, при мањим брзинама, нема значајније разлике, док при већим, дете бива даље одбачено.



Слика 8.37 - Одбачај пешака при брзинама аутомобила од 10 km/h до 100 km/h

При брзинама од 50 km/h, 60 km/h, 70 km/h, 80 km/h и 90 km/h долази до гажења пешака, када је пешак дете, док у случају када је пешак одрасла особа, нема гажења ни у једној од испитиваних брзина.

9. Закључна разматрања

Најчешће коришћене аналитичке методе у поступку експертиза налета возила на пешака засноване су на емпиријски утврђеној функционалној зависности између налетне брзине и даљине одбачаја пешака. Код појединих незгода, ове методе могу дати сасвим задовољавајуће резултате. Међутим, у ситуацијама када се не располаже подацима неопходним за тачно утврђивање места налета, односно даљине одбачаја пешака, оваква анализа може бити и веома непоуздана. За разлику од аналитичких метода, специјализовани програмски пакети, PC CRASH i VIRTUAL CRASH, намењени реконструкцији и симулацији саобраћајних незгода, поред даљине одбачаја, односно налетне брзине, третирају и велики број других улазних параметара који имају значајан утицај на кинематику налета, као што су геометријске карактеристике и режим кретања возила, антропометријске карактеристике и налетну позицију пешака, брзину пешака, услове пријањања и др. Ови програми пружају могућност тродимензионалне визуелизације и сагледавање кинематике налета из различитих перспектива и углова. На тај начин тачност спроведене симулације се поред зауставне позиције возила и пешака, може сагледати и кроз анализу саме кинематике налета, односно, довођењем у везу оштећења на возилу са повредама које је пешак задобио приликом налета. Овакав мултидисциплинарни приступ експертизама саобраћајних незгода са учешћем пешака свакако може дати тачније резултате и поуздану основу за даљу анализу тока незгоде.

Пешачки рад је, у односу на онај уз употребу софтвера, неупоредиво мање тачан, знатно бржи за израду, мање јасан, визуелно неприказан или преко скица оријентационо приказан. Није транспарентан и није проверљив, ако то аутор тако жели. Временско просторна анализа је најшће приказана речима и смислу серије парова података време, брзина и пут за сваког учесника у неколико карактеристичних тренутака што ситуацију чини потпуно несхватљивом и неупотребљивом. Место контакта се у свим случајевима одређује пешачким радом!

Са друге стране вештачења уз помоћ софтвера такође могу да буду нејасно извршена уз употребу параметара који нису реални. Ту се првенствено мисли на претходно одређивање адхезије /пријањања/, успорења на путу, клизања након судара, извођења сударног процеса нереалним параметрима и др.

Заједнички именитељ за оба начина рада је и даље у пуној мери човек.

Неопходно је вршење увиђаја саобраћајних незгода побољшати, како увиђаја који се обављају на местима незгода од стране увиђајних екипа, тако и оних који се обављају ван места незгоде ради утврђивања техничке исправности возила, оштећења настала на возилима, провере здравствене и психофизичке способности учесника незгоде и др.

Опремену која се користи за обављање увиђаја, потребно је заменити савременијом, а екипе које обављају увиђај тежих незгода треба снабдети са фото уређајима који омогућавају израду мерних фотографија за компјутеризовану обраду и израду скица места незгоде.

Само правилно и потпуно прикупљени сви трагови и параметри, те правилно означени и унети у записник о увиђају и криминалистичкотехничкој документацији са скицом лица места саобраћајне незгоде, могу бити основ за стручно саобраћајно-техничко вештачење, које је следећа неопходна карика у поступку утврђивања кривичне одговорности учесника саобраћајне незгоде.

Потребно је извршити детаљну анализу склопа свих насталих оштећења и на основу тога извести закључке.

Анализом оштећења се као најважније може утврдити положај тела пешака у тренутку судара, а што је полазна основа за све даље анализе саобраћајне незгоде. Уколико је поред утврђивања положаја тела пешака могуће утврдити и неке карактеристике и специфичности његовог понашања у судару или непосредно пре судара, то додатно помаже вештаку да потпуније сагледа саобраћајну ситуацију и изврши квалитетнију анализу тока незгоде. Како је у пракси чест случај појаве опречних изјава о начину кретања пешака непосредно пре судара, то доношење оваквих закључака може смањити могућност манипулације у утврђивању стварних чињеница, па је из тог разлога неопходно развити квалитетан модел за анализу оштећења возила у саобраћајно-техничким вештачењима.

Из симулација, изведених у програму Virtual Crash, проузилазе следећи закључци:

У случају када возило не кочи, даљина одбачаја пешака детета већа је при већим брзинама возила, него код судара са одраслом особом, до гажења долази при истим брзинама;

При већим брзинама возила, даљина одбачаја човека који се креће мањом брзином већа него код бржег пешака. Одбачај по оси Y је већи у случају када је брзина човека већа, а нарочито при мањим брзинама возила, односно пешак у том случају бива више одбачен у леву страну, у смеру кретања пешака. У већем броју случајева долази до гажења споријег пешака;

При мањим брзинама возила, нема значајније разлике у даљини одбачаја пешака детета и одрасле особе, док при већим, дете бива даље одбачено, као и више одбачено у лево, односно, супротно од смера кретања пешака пре незгоде. При брзинама од 50 km/h, 60 km/h, 70 km/h, 80 km/h и 90 km/h долази до гажења пешака, када је пешак дете, док у случају када је пешак одрасла особа, нема гажења ни у једној од испитиваних брзина.

10. Литература

- [1] Traffic management bureau of Police Ministry. Road traffic accident annual census report of China. Beijing; 2007
- [2] Ballesteros MF, Dischinger PC, Langenberg P. Pedestrian injuries and vehicle type in Maryland, 1995–1999. *Accident Analysis and Prevention* 2004; 73–81.
- [3] Агенција за безбедност саобраћаја, доступно на: www.abs.gov.rs, датум приступа 20.05.2015.
- [4] Schmidt DN. и Nagel DA. Pedestrian impact case study. *Proceedings of the 15th conference association for automobile medicine*; 1971
- [5] Braun H. Splitterwurfweiten: eine experimentelle Untersuchung. *Der Verkehrsunfall* 1980, Немачка.
- [6] В. Богдановић, З. Папић, Н. Рушкин: Карактеристике делимичних чеоних налета на пешаке. VII симпозијум „Судар возила и пешака“, Врњачка Бања 2009. Доступно на: www.tsgserbia.com, датум приступа: 25.05.2015.
- [7] Han I., Brach, R. M.: Throw Model For Frontal Pedestrian Collisions. SAE Technical Paper Series 2001-01—0898. Доступно на: www.brachengineering.com, датум приступа: 06.06.2005.
- [8] Brach, R. M., Brach, R. M.: *Vehicle Accident Analysis and Reconstruction Methods*. SAE International, 2005
- [9] M. Batista: A Simple Throw Model for Frontal Vehicle-Pedestrian Collisions *Promet-Traffic&Transportation*, 2008, стране: 357-368. Доступно на: www.fpz.unizg.hr, датум приступа: 06.06.2005.
- [10] Evans, A. K. Smith, R., “Vehicle speed calculation from pedestrian throw distance.”, *Proc. Instn Mech Engrs, Part D*, стране: 441-448, 1999.
- [11] Happer A., Araszewski M., Toor A., Overgaard R., Johal R.: Comprehensive Analysis Method for Vehicle! /Pedestrian Collisions. In: *Accident Reconstruction*, SAE SP-1491, 2000.
- [12] Limpert R.: *Motor Vehicle Accident Reconstruction and Cause Analysis*. 5th Edition. Lexis Publishing, Charlottesville, Virginia, USA, 1999. Стране: 539-554.
- [13] Russell C. G.: *Equations & Formulas for the Traffic Accident Investigators and Reconstructionist*. Lawyers & Judges Publishing, Tucson, AZ, USA, 1999
- [14] Eubanks, J. J., Haight, W. R.: Pedestrian Involved Traffic Collision Reconstruction Methodology. SAE Technical Paper Series 921591.

- [15] Backaitis, Stanley H., Accident Reconstruction Technologies — pedestrians and Motorcycles in Automotive Collisions, SAE, 1990.
- [16] Bratten, T.A., "Development of a Tumble Number for Use in Accident Reconstruction" SAE Paper 890859, 1989.
- [17] Searle, J. A., Searle A.: The Trajectory of Pedestrians, Motorcycles, Motorcyclists, etc. Following a Road Accident. SAE Technical Paper Series 831622.
- [18] Д. Пешић; Н. Марковић, М. Цвијан, Неопходни елементи налаза и мишљења саобраћајно-техничког вештачења, VII Симпозијум о саобраћајно-техничком вештачењу и процени штете, Врњачка Бања 2009. Доступно на: www.tsgserbia.com, датум приступа: 25.05.2015.
- [19] Законик о кривичном поступку, ("Сл. гласник РС", бр. 72/2011, 101/2011, 121/2012, 32/2013, 45/2013 и 55/2014). Доступно на: www.mup.gov.rs, датум приступа: 20.06.2015.
- [20] С. Костић: Технике безбедности и контроле саобраћаја, ФТН, Нови Сад, 2002.
- [21] М. Вујанић, Приручник за саобраћајно-техничко вештачење, Београд 1996.
- [22] Б. Антић, Н. Марковић, Д. Пешић. Елементи временско-просторне анализе саобраћајне незгоде, VII Симпозијум о саобраћајно-техничком вештачењу и процени штете, Врњачка Бања 2009. Доступно на: www.tehnikum.edu.rs, датум приступа: 10.05.2015.
- [23] Д. Сикирић, Ж. Фузул, Примјена софтвера за симулацију прометних незгода типа налета возила на пешака. Доступно на promet-ekspert.hr датум приступа: 08.06.2015.
- [24] И. Бодоло, Симулације саобраћајних незгода помоћу софтвера VIRTUAL CRASH 2.2 – поређење са софтверима Carat и PC Crash, Инжењерска канцеларија за вештачења
- [25] З. Папић, В. Богдановић, С. Костић, Н. Рушкић, Примена рачунарских помагала у експертизама налета возила на пешаке – упоредна анализа, VII Симпозијум о саобраћајно-техничком вештачењу и процени штете, Врњачка Бања 2009. Доступно на: www.tsgserbia.com, датум приступа: 25.05.2015.