

Никола М. Михајловић

**Судар возила и пешака – моделирање и
реконструкција**

Мастер рад



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Друмски саобраћај

Предмет: Методе вештачења саобраћајних незгода

Број индекса: 302/2012

Никола М. Михајловић

Судар возила и пешака – моделирање и реконструкција

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Александра Јанковић - ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да да уводне напомене о пешацима као учесницима у саобраћају и њиховом кретању. Потом пажњу посвети врстама налета на пешаке са освртом на једну врсту налета којом ће се касније у раду бавити на конкретним примерима. Објасни процес судара са свим фазама, као и факторима, траговима и параметрима потребним за анализу саобраћајне незгоде.

Такође поменути и правне аспекте и законску регулативу као и статистичке податке о страдању одређене популације у саобраћају. На крају рада осврнути се на примену рачунарских програма за решавање ове проблематике приликом вештачења или општу анализу неке незгоде. У закључним разматрањима дати приказ симулације једног конкретно обрађиваног примера.

Препоручена литература:

- [1] Ротим Ф., Елементи сигурности цестовног промета: Експертизе прометних незгода, Свежак 1, Факултет прометних знаности Свеучилишта у Загребу, Загреб 1990.
- [2] Јанковић А., Симић Д., Безбедност аутомобила, Монографије и универзитетски уџбеници, Крагујевац, јануар 1996.

Крагујевац, 26.06.2014. год.

Ментор:
Проф. др Александра Јанковић

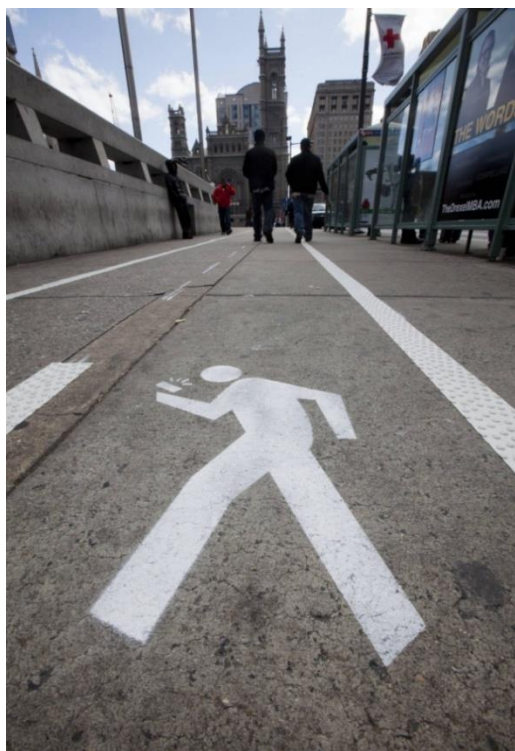
Садржај

1. Увод	6
2. Врсте и типови налета возила на пешаке	8
2.1. Потпуни чеони налет	8
2.2. Делимично чеони налет	10
2.3. Бочно окрзнуће	11
2.4. Гажење	12
3. Процес судара	14
3.1. Дефиниције основних параметара	18
3.2. Фактори који утичу на ток налета возила на пешака	19
4. Улазни параметри потребни за анализу саобраћајних незгода	20
4.1. Трагови у саобраћајним незгодама	20
5. Правни аспекти проблема налета моторног возила на пешака у складу са ЗОБС-ом	22
6. Карактеристике делимичних чеоних налета	25
6.1. Карактеристике делимичног чеоног улазног налета	25
6.2. Карактеристике делимичног чеоног излазног налета	27
6.3. Карактеристике делимичног чеоног налета у правцу	28
7. Пример саобраћајне незгоде бр. 1	30
8. Пример саобраћајне незгоде бр. 2	41
9. Статистички подаци о страдању пешака	50
10. Примена рачунарских програма у експертизама налета возила на пешаке – упоредна анализа	53
10.1. Примена програмског пакета <i>PC Crash</i> у анализи налета возила на пешака	53
10.2. Примена програмског пакета <i>Virtual Crash</i> у анализи налета возила на пешака	56
10.3. Упоредна анализа на примеру реалне саобраћајне незгоде	58
10.4. Рачунска анализа	60
10.5. <i>PC Crash</i> анализа	61
10.6. <i>Virtual Crash</i> анализа	62

10.7. Упоредна анализа	63
11. Закључак	66
11.1. Реконструкција конкретног примера у програмском пакету <i>Virtual Crash 3.0</i>	66
Литература	72

1. Увод

У пракси се пешаком назива свака особа која је изван моторног возила на путу и не обавља радове на њему. Пешацима се сматрају и особе у инвалидским колицима без мотора, бициклисти који гурају бицикл, људи који вуку саонице или дечија колица. Аналогно томе, пешацима се не сматрају особе које обављају радове на путу, на пример: поправка једног дела пута, постављање саобраћајних знакова и слично.



Слика 1. Пешачка стаза.

При изучавању саобраћајних незгода особе које раде на путу или у његовој близини не издвајају се у посебну категорију, већ се третирају као пешаци који раде на путу. Разлог за такво третирање је то што су људи који обављају радове на путу дужни да се брину о својој безбедности независно од тога да ли раде на путу или се крећу по њему из сопствених потреба.

Са друге стране, возач је дужан да води рачуна и да својим реаговањем спречи незгоду, сачува живот и здравље свих грађана, не излаже се опасности независно од тога из којих разлога се налази на путу. Зато се пешаком назива свака особа која се налази на путу изван моторног возила.



Слика 2. Путари - обављање радова на путу.

Налет возила на пешака је таква незгода у којој је пешак доживео телесне повреде од возила у покрету. При том није битно да ли је возило ударило у пешака бочном или предњом страном или је пешак налетео на бочну страну возила. У таквом налету пешак може доживети повреде од удара у делове возила или при одбацивању на коловоз или другу подлогу. Узрок телесних повреда или смрти може бити и згњечење (гажење) тела точковима возила или прикљештење тела између возила и непокретне препреке, на пример зида зграде у неком уском пролазу. ^[1]

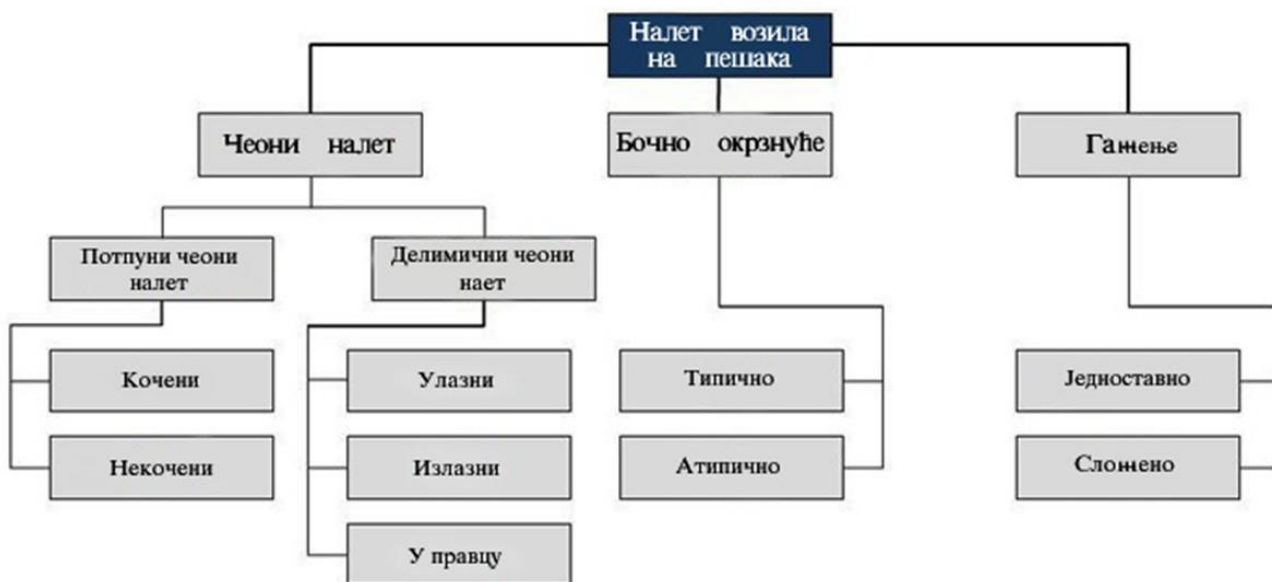
Судар возила и пешака један је од најчешћих облика саобраћајних незгода. Најчешћи утрок томе је у већини случајева недисциплинованост пешака, затим прелаз на забрањеном месту или у непосредној близини возила, игнорисање семафора и слично. Тако нешто возач не очекује и не успева да предузме потребне мере за спречавање судара или касно реагује, што најчешће доводи до смртог исхода пешака.

2. Врсте и типови налета возила на пешаке

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 пешаке је чеони налет под којим се подразумева удар предњег дела возила у тело пешака.^[2]

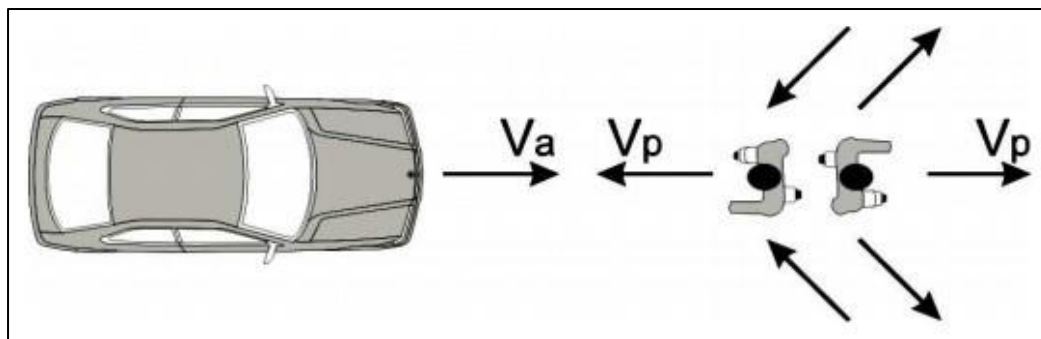
С обзиром на сам начин налета, односно на део предњег дела возила са којим је тело пешака дошло у контакт, разликујемо **потпуни чеони** и **делимични чеони** налет.



Слика 3. Шематски приказ врста налета возила на пешаке.

2.1. Потпуни чеони налет

Код потпуно чеоног налета читаво тело пешака налази се испред возила, а унутар габарита возила (слика 4). 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 4. Потпуни чеони налет возила на пешака.



Слика 5. Оштећења на возилу приликом потпуног чеоног налета возила на пешака. ^[7]

1) Налети при којима је возило кочено

Саобраћајне незгоде овог типа, где је возило кочено, имају три фазе реализације (слика 6):



Слика 6. Фазни приказ динамике тока незгоде.

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 веома кратком временском периоду.

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.

2) Налети при којима возило није кочено

Као што је већ наведено, разлика између коченог и некаченог налета је у томе што код некаченог 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 некаченог налета, код кога се тело дуже задржава на возилу, одбачај пешака ће бити зблатно дужи него код коченог налета.

2.2. Делимично чеони налет

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

1) 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 искорачену ногу.

2) 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.

3) Делимично чеони налет у правцу

Делимично 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. ^[2]

Постоје две врсте окрзнућа: **типично** и **атипично**.

1) 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.

2) 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.



Слика 7. Оштећења на возилу приликом бочног окрзнућа.

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.

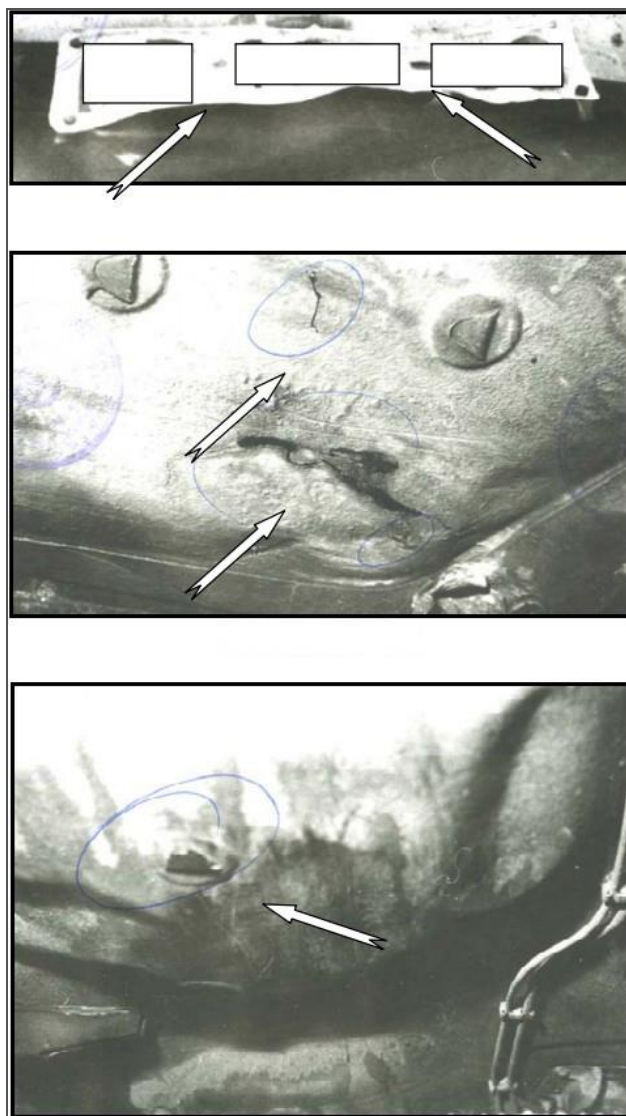
Обзиром на начин на који настаје могућност да тело буде прегажено, разликујемо **једноставно и сложено гажење**.

1) 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. бива прегажен од надолazeћег возила.

2) Сложено гажење

Уколико возило најпре налети на пешака, а затим га прегази говоримо 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.



Слика 8. Оштећења на возилу приликом гажења.

3. Процес судара

Посматрамо процес **налета чела возила на бок пешака** (случај када пешак прелази улицу), јер је, према истраживањима, таквих случајева око 90%. У налету возила на пешака разликујемо следеће фазе:

1. *фаза контакта,*
2. *фаза лета или одбацивања и*
3. *фаза клизања или суљања*

1. Фаза контакта

Под претпоставком да се ради о чеоном налету возила на пешака, што је најчешћи случај, у првом тренутку пешак долази у контакт са браником преко доњег дела ногу, на нивоу колена или изнад колена у зависности од висине пешака. Како су те тачке контакта знатно испод тежишта пешака, то се, поред трансляторног убрзања, пешаку саопштава и велико ротационо убрзање, уколико је предњи део возила понтонске контуре (слика 10).

Само неколико хиљадитих делова секунде после удара у браник, предња ивица плашта мотора удариће одраслу особу у предњи део бутина и кукова, док ће деца задобити повреде грудног коша.

У овој фази возило саопштава пешаку убрзање и импулс обртања, услед чега се пешак подиже и набацује на плашт мотора, најчешће ударајући грудима и главом у њега. У случају већих брзина возила ($>25 \text{ km/h}$) може да се деси да у овој фази пешак бива набачен на ветробран или чак да дође у контакт са кровом возила.^[6]

У случају налета возила на мало дете, изостаје импулс обртног кретања при удару, односно обртање и подизање, јер је практично целокупно тело детета истовремено у контакту са предњим делом возила. У тим случајевима, детету се саопштава само хоризонтално убрзање.

У случају да је на релацији возило-пешак дошло до асиметричног налетања пешака на страну возила, односно да пешак није у потпуности захваћен ударом, или да је пешак налетео на бок возила, може да дође до бочног клизања.

Са аспекта математичког моделирања судара, фаза контакта са возилом обухвата два интервала:

- 1) Интервал времена од момента додире пешака са аутомобилом до момента обарања пешака на плашт аутомобила. У том моменту процес судара је практично завршен, посматран са теоријско-механичке тачке гледишта.
- 2) У овом интервалу времена пешак се креће заједно са аутомобилом, али услед тога што је брзина аутомобила знатно већа од брзине пешака долази до

релативног кретања обореног пешака по плашту мотора, све до момента изједначавања брзина пешака и аутомобила.

Наравно, постоји низ специјалних ситуација у којима пешак може да се нађе, а које овде нису поменуте.

2. Фаза лета или одбацивања

Фаза лета започиње оног момента када се пешак одвоји од возила и завршава се у моменту када дође у додир са тлом. Пошто је делимично ношен возилом у претходној фази, пешаку је саопштена брзина возила.

Услед кочења возила, пешак се одваја од њега и тиме започиње фаза лета или одбацивања пешака.

Уколико је брзина возила велика или не долази до кочења, односно ако је кочење слабог интензитета, може да дође до пребацивања пешака преко крова па пешак пада на тло иза возила.

3. Фаза клизања по тлу

Ова фаза започиње првим контактом пешака са тлом, после фазе летења и наставља се клизањем по путу до коначног заустављања.

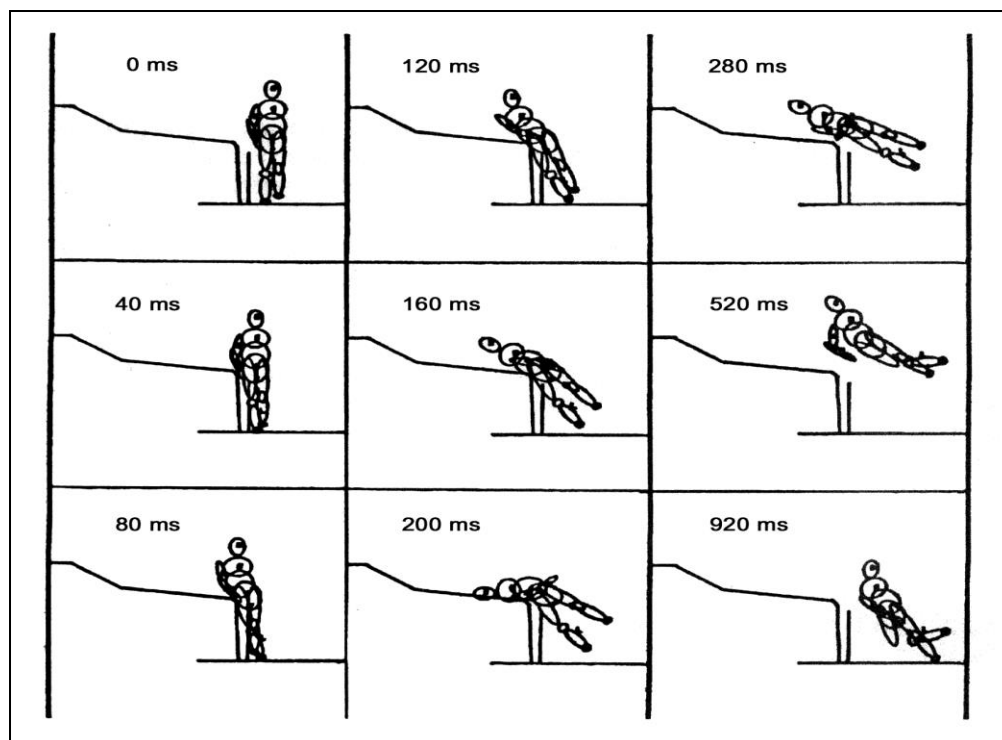
У току ове фазе може да дође до поновног краткотрајног одвајања пешака од тла.

Фаза клизања зависи од:

- компоненти брзина у хоризонталном и вертикалном правцу при удару;
- интензитета кочења;
- геометријских односа при судару;
- карактеристика путног покривача и
- одеће пешака

На слици 9 дата је симулација удара возила у бок пешака. Свакако да су за тежину повреде пешака најважнији брзина и крутост површина предњег дела аутомобила са којима он долази у додир. Смрт пешака наступа, пре свега, због повреда главе.

Пешак је после удара оборен на земљу и често је тешко одредити да ли је прави узрок смрти удар возила или удар главе пешака о тло. ^[6]



Слика 9. Фазе процеса судара возило-пешак. [6]

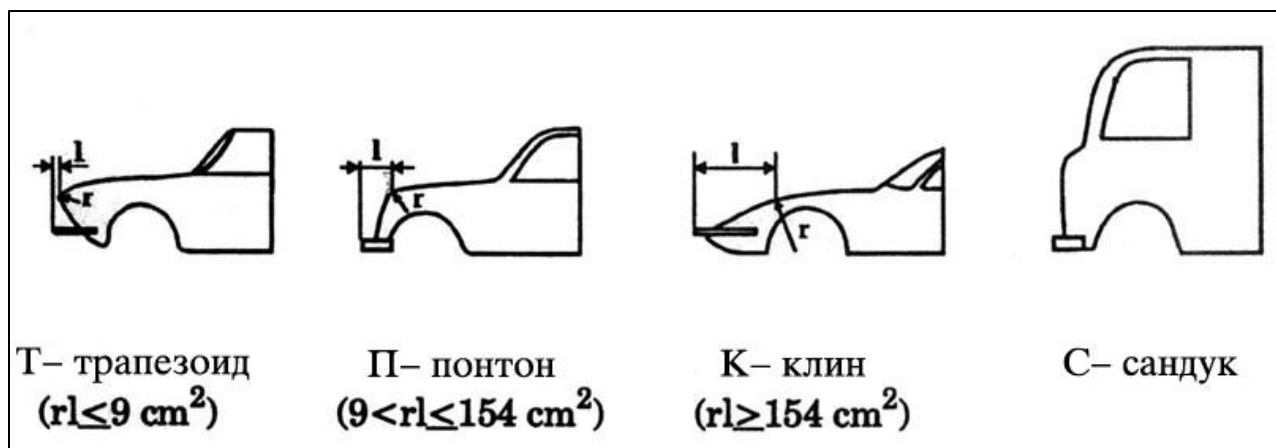
На основу реконструкције и анализа саобраћајних незгода са пешацима, као и на основу експерименталних и математичких симулација, закључује се да су данашња возила још увек исувише крута у свом предњем делу, који допушта само мале деформације.

Такође, облик путничких аутомобила од кога у многоме зависи трајекторија пешака и тежина повреде, није у потпуности прилагођен захтевима заштите пешака.

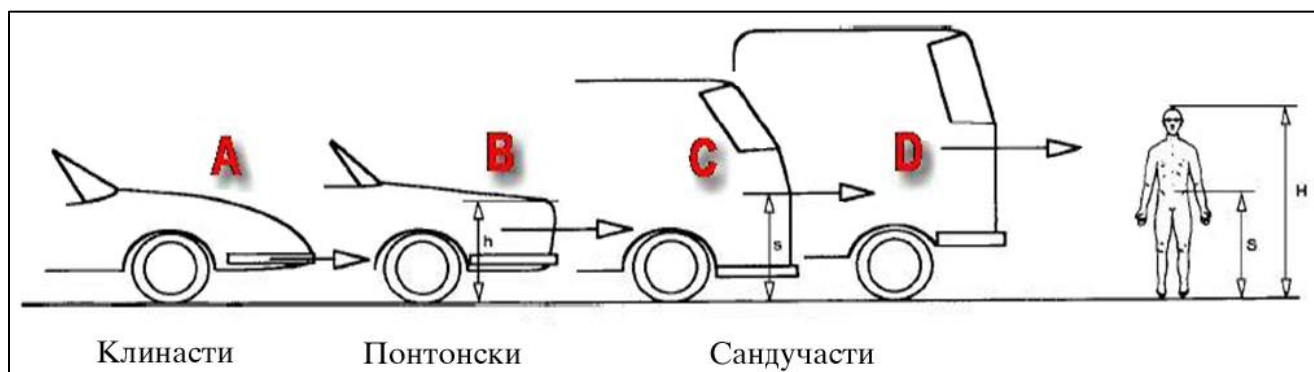
Овде се истичу два основна питања:

- Која крутост је дозвољена и која деформација је потребна на месту удара пешака да би се избегла тешка повреда?
- Која је оптимална трајекторија пешака и са којим обликом предњег дела аутомобила може да се оствари?

На слици 10 и 11 дати су основни типови контуре путничких возила и фургона (комби-возила). К-контура изазива најтеже повреде код деце, док П-контура изазива најтеже повреде код особа преко 15 година старости. Дефинитивни искази нису дати.



Слика 10. Типови контура путничких и комби возила.



Слика 11. Типови контура путничких и комби возила.

Тип А

Примарни контакт се дешава између предњег браника возила и потколенице пешака тј. знатно испод тежишта тела, глава и труп се крећу према возилу и долази до набацивања. Положај набацивања зависи од дужине поклопца мотора, брзине налета возила и величине пешака.

Тип В

Примарни контакт се дешава у пределу од горњег дела потколенице до горњег дела натколенице и испод тежишта пешака.

Тип С

Примарни контакт се остварује целом фигуром пешака и центар контакта се налази скоро у истој висини са висином тежишта тела пешака. Брзина удара главе једнака је налетној брзини возила.

Тип Д

Примарни контакт се такође остварује целом фигуром пешака али изнад тежишта тела пешака тако да се појављује негативни обртни момент, односно пешак бива одбачен напред, заротиран око свог тежишта са малом даљином одбачаја уз опасност да пешак буде прегажен.

3.1. Дефиниције основних параметара

Даљина одбачаја - Растојање између места контакта и крајњег положаја пешака гледано у правцу кретања возила.

Бочна даљина одбачаја - Растојање између места контакта и крајњег положаја пешака гледано управно на правац кретања возила.

Даљина клизања - Растојање између места првог контакта пешака са коловозом, након одвајања од возила, и крајњег положаја гледано у правцу кретања возила.

Бочна даљина клизања - Растојање између места првог контакта пешака са коловозом, након одвајања од возила, и крајњег положаја гледано управно на смер кретања возила.

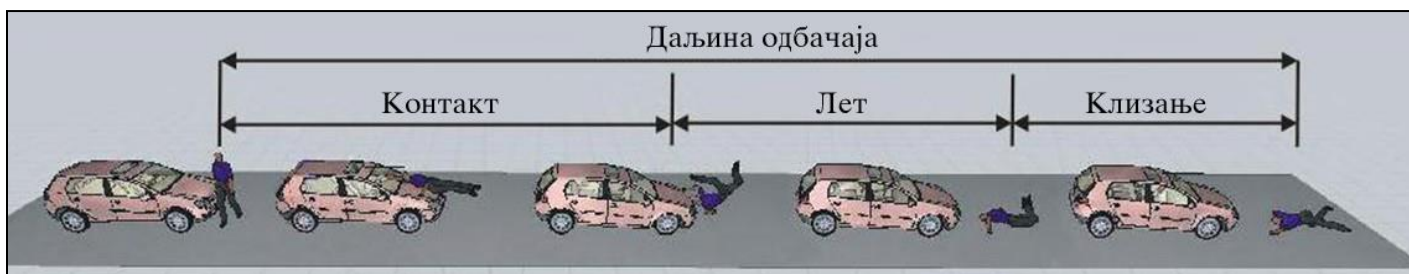
Помак улубљења - Растојање између места првог контакта и места удара главом гледано управно на правац кретања возила.

Дужина набачаја - Растојање између најистуреније тачке на предњем делу возила на месту удара и средишта места удара главом (центар „паучине“).

Динамички отисак - Растојање између подлоге и места удара главом мерено уз контуру предњег краја возила.



Слика 12. Основни параметри налета.



Слика 13. Приказ тока налета возила на пешака.

3.2. Фактори који утичу на ток налета возила на пешака

Утицајни фактори тока налета возила на пешака могу се, према својој важношћу, поделити:

Важни утицајни фактори	Мање утицајни фактори	Случајни фактори
- брзина налета - облик предњег дела возила - величина тела пешака - положај ногу при контакту - покрети руку - начин контакта	- телесна грађа пешака - начин кретања (изузев контакта ћошком возила и трчања)	- рефлексна реакција пешака - вредност успорења возила - коефицијент трења коловоза - силе трења између тела пешака и предњег дела возила

4. Улазни параметри потребни за анализу саобраћајних незгода

Како је често веома важно одредити брзину кретања возила која зависи од вредности успорења, то вештак мора што поузданије одредити вредност успорења у условима кочења који су постојали током незгоде.

За анализу саобраћајних незгода често је потребно утврдити вредност успорења возила у процесу кочења које возач често предузима у покушају избегавања или ублажавања последица саобраћајних незгода. Како је процес кретања возила непосредно пре судара, током судара до потпуног заустављања често сложено кретање што има за последицу да његово успорење није константно.

Анализом трагова на месту незгоде вештак може да утврди могуће граничне вредности реализованог успорења зависно од начина кретања (кочење, заношење), стању и врсти коловоза и техничког стања возила.

Најпоузданији начин за одређивање успорења је мерење на месту незгоде употребом одговарајућих инструмената. Прегледом возила могу се мерењем утврдити силе кочења које се могу искористити за одређивање успорења.

Вештак често у пракси одређује успорење преко коефицијента приањања за одређено стање коловозног застора и услова кочења које зависи обзиром на утицај нагиба пута и ефикасност система кочења возила.

Иако то није у пракси уобичајено, требало би мењати навике и у циљу добијања поузданијих података користити величине успорења добијене мерењем на увиђају или га накнадно мерити под истим условима кочења.

4.1. Трагови у саобраћајним незгодама

Увиђајне екипе често не поштују у потпуности методе и процедуре за обављање увиђаја што резултира прикупљањем непотпуних података, које често селекују према субјективној процени, те их као такве и интерпретирају у увиђајној документацији сугеришући властиту верзију узрока и начина одвијања саобраћајне незгоде што у значајној мери отежава рад саобраћајног вештака.

Пропусти који су направљени током увиђаја изискују често од саобраћајног вештака додатне напоре како би, анализом фотографија фотодокументације, скице места незгоде, прегледом оштећених возила и изласком на место незгоде, допунио податке који би му послужили као материјалне чињенице чијом обрадом може поуздано реконструисати ток и динамику саобраћајне незгоде.

Прикупљени подаци углавном обухватају: трагове на коловозу, трагове на возилима, повреди учесника саобраћајне незгоде, техничке податке и оштећења на возилима, податке о путу, податке о временским условима, видљивост у време настанка незгоде и сл.

5. Правни аспекти проблема налета моторног возила на пешака у складу са ЗОБС-ом

Према новом закону о безбедности саобраћаја на путевима, проблематика кретања пешака уређена је чланом од 93 до 98, чиме је законодавац дао доста рестриктивно право пешаку да се нађе на коловозу, јер је коловоз намењен првенствено за кретање возила. Пешак не сме да се креће и задржава на коловозу, као и да изненада ступи ногом на коловоз.

Ако се ставимо у улогу возача, произилази да је веома тешко возачу да процени моменат изненадног поступања пешака на шта возач мора да обрати посебну пажњу. Пешак је у обавези да пре ступања на коловоз обрати пажњу на удаљеност и брзину кретања возила и да се увери да ли ступањем на коловоз не угрожава безбедност саобраћаја. Пешак би требао да се што краће нађе на коловозу и да скрати време потребно за безбедан пролаз и то најкраћим путем.

Обавезе возача према пешацима регулисане су кроз већи број одредби закона, али се могу издвојити чл. 42 и 99 ЗОБС-а.

У чл. 42 дефинисано је следеће: "Возач је дужан да брзину кретања возила прилагоди особинама и стању пута, видљивости, прегледности, атмосферским приликама, стању возила и терета, густини саобраћаја, тако да возило може благовремено да заустави пред сваком препреком, коју под датим околностима може да види или има разлога да предвиди, односно да возилом управља на начин, који не угрожава безбедност саобраћаја...".

Из наведеног члана се види да возач треба да испољи лични став, за благовремено заустављање пред сваком препреком коју може да види или може да предвиди. Поставља се питање, да ли су сви возачи довољно вешти у процени да ли је знао или је био дужан да зна да ће наићи на препреку, као и да ли је могао да се под таквим условима и брзином кретања, заустави испред препреке.

Обавезе возача према пешацима, регулисане су чл. 99 ЗОБС-а, где се види јасна намера законодавца, која је усмерена на стварање безбедносних услова за прелазак пешака преко коловоза. Одредбом овога члана додатно је наглашена заштита пешака који прелази пешачки прелаз, у условима када пешак ступа или показује намеру да ће ступити на пешачки прелаз. У свим овим случајевима возач је дужан да прилагоди брзину и да безбедно заустави возило.

Комплетна законска регулатива према важећем ЗОБС-у, што се тиче кретања пешака и обавеза возача према пешацима, дата је у табели 1.

Табела 1. Законска регулатива везана за понашање возача и пешака у саобраћају. ^[8]

21. Кретање пешака
Члан 93.
Пешак не сме да се креће и задржава на коловозу, изузев у случајевима предвиђеним овим законом, као ни да изненада ступи на коловоз.
Уколико се пешак креће по коловозу на путу ван насеља, мора да се креће што ближе левој ивици коловоза у смеру кретања, на начин којим не омета или не спречава саобраћај возила.
Пешак који учествује у саобраћају у колицима за особе са инвалидитетом, или се вози на котураљкама, скејтборду и слично, не сме да се придржава за возило у покрету.
На путу који нема тротоар или другу површину намењену за кретање пешака, пешаци могу користити за кретање коловоз у ширини највише до једног метра, рачунајући од ивице коловоза.
Када се крећу коловозом пешаци су дужни да се крећу један за другим, осим лица које води дете млађе од седам година старости.
Изузетно од става 2. овог члана, пешак може да се креће уз десну ивицу коловоза само када је такво кретање за њега безбедније (непрегледна кривина, провалија, усек, одрон и сл.).
Пешак који гура ручна колица, бицикл, бицикл са мотором или мотоцикл, особе са инвалидитетом које се крећу у инвалидским колицима, морају се кретати уз десну ивицу коловоза у смеру кретања.
Члан 94.
На путу који има тротоар или другу површину намењену за кретање пешака, односно површину поред коловоза погодну за кретање пешака, пешак је дужан да се креће тим површинама.
Ради обилажења неке препреке на тротоару, пешак је дужан да, пре ступања на коловоз, обрати пажњу на удаљеност и брзину кретања возила које му се приближава и да се претходно увери да ступањем на коловоз не угрожава безбедност саобраћаја.
Члан 95.
Колона пешака која се коловозом креће под контролом водича (организована колона пешака) мора се кретати уз десну ивицу коловоза у смеру кретања.
Организована колона пешака не сме да онемогућава нормално одвијање саобраћаја нити да буде дужа од 100 метара.
Уколико се коловозом креће више организованих колона пешака, одстојање између појединих колона мора бити најмање 30 метара.
Члан 96.
Пешак је дужан да преко коловоза и бицикличке стазе прелази пажљиво и најкраћим путем, након што се увери да то може да учини на безбедан начин.
Приликом преласка преко коловоза пешак не сме да употребљава мобилни телефон нити да користи слушалице на ушима.
На путу са пешачким прелазом или посебно изграђеним прелазом, односно пролазом за пешаке, пешак је дужан да се при прелажењу пута креће тим прелазом, односно пролазом, ако они нису од њега удаљени више од 100 метара.
Члан 97.
На пешачком прелазу, на коме је саобраћај пешака регулисан светлосним саобраћајним знацима, пешак је дужан да поступа у складу са тим знацима.

На пешачком прелазу, на коме је саобраћај пешака регулисан знацима које даје полицијски службеник, пешаци могу да прелазе коловоз само кад је датим знаком дозвољен прелаз.
На пешачком прелазу, на коме саобраћај није регулисан светлосним саобраћајним знацима ни знацима које даје полицијски службеник, пешак је дужан да се пре ступања на пешачки прелаз, претходно увери да може да пређе на безбедан начин, тако да ступањем на коловоз не угрожава безбедност саобраћаја.
Члан 98.
Пешак не сме ступити ни кретати се по аутопуту или мотопуту.
Забрана из става 1. овог члана не важи за: 1) полицијског службеника током обављања службене дужности, 2) лице која обавља увиђај саобраћајне незгоде или учествује у увиђају, 3) радника који обавља радове, 4) лице које обавља послове на отклањању последица саобраћајне незгоде или неисправности на возилу и терету, 5) лице које пружа хитну медицинску или прву помоћ, 6) инспектора за путеве током обављања службене дужности као и на раднике управе пута, 7) возача возила које је принудно заустављено.
Лица из става 2. овог члана и места на којима она предузимају радње морају бити обележена на начин да се омогући безбедност свих учесника у саобраћају.
22. Обавезе возача према пешацима
Члан 99.
Уколико је саобраћај на пешачком прелазу регулисан светлосним саобраћајним знаковима или знаковима полицијског службеника, возач је дужан да своје возило заустави испред пешачког прелаза када му је датим знаком забрањен пролаз, а ако му је на таквом прелазу датим знаком дозвољен пролаз, возач је дужан да пропусти пешака који је већ ступио на пешачки прелаз или показује намеру да ће ступити на пешачки прелаз док му је светлосним саобраћајним знаком или знаком полицијског службеника прелаз био дозвољен.
Уколико на пешачком прелазу саобраћај није регулисан уређајима за давање светлосних саобраћајних знакова нити знацима полицијских службеника, возач је дужан да прилагоди брзину возила тако да у свакој ситуацији коју види или има разлога да предвиди може безбедно да заустави возило испред пешачког прелаза и пропусти пешака који је већ ступио или ступа на пешачки прелаз или показује намеру да ће ступити на пешачки прелаз. ^[8]
Возач који скреће на бочни пут на чијем улазу не постоји пешачки прелаз дужан је да пропусти пешаке који су већ ступили или ступају на коловоз.
Уколико су у случају из ст. 1, 2, 3. и 4. овог члана пешаци деца, немоћна лица, слепе особе које се крећу уз употребу белог штапа и/или пса водича, особе са инвалидитетом које се крећу у инвалидским колицима, или за кретање користе друга ортотичко-протетичка помагала, возач је обавезан да заустави возило и да их пропусти.
Возач не сме возилом да пресеца организовану колону пешака која се креће по коловозу.

6. Карактеристике делимичних чеоних налета

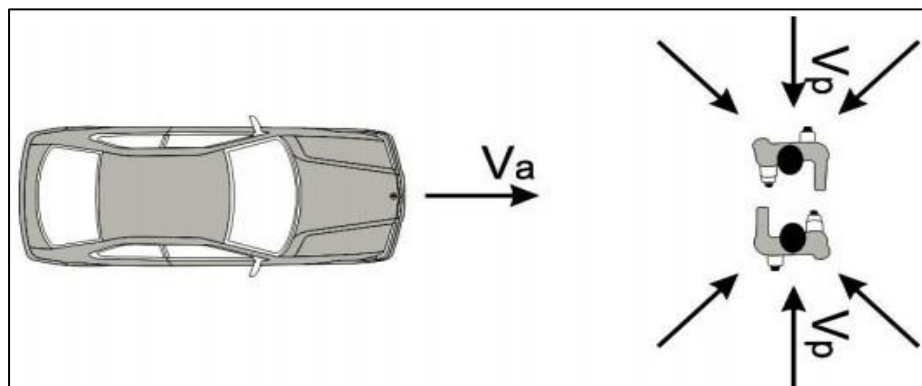
Код делимично чеоног налета тело пешака је захваћено једним од предњих углова возила тако да се један део тела пешака налази ван зоне захватања чеоног дела аутомобила. Из разлога што се део тела пешака налази ван габарита возила и зоне захватања, тело пешака не добија брзину возила којим је ударено већ само један њен део. ^[2]

6.1. Карактеристике делимичног чеоног улазног налета

Услов за настанак делимичног чеоног улазног налета је да пешак долази према возилу са стране те да у примарном контакту учествују предњи угао возила и најистуренији део тела (слика 14), најчешће само нога која је у искораку према напред. Након овог првог контакта са возилом тело пешака бива ротирано око његове уздужне осе уз бок возила, при чему настају оштећења на бочној страни возила у пределу предњег блатобрана. Тело пешака након примарног контакта са возилом добија од возила угаону брзину ротације, која може бити скоро једнака налетној брзини, па се услед тога ударно утискује у бочну страну возила.

Истовремено, као последица инерције ранијег кретања пешака, горњи део тела нагиње се преко блатобрана над поклопац мотора (пртљажника) и у наставку долази до контакта тела са носачем оквира ветробранског стакла. Из наведене кинематике произилази да се у овом случају не ради о набацивању тела пешака на предњи део возила, па ударни импулс не добија читаву масу тела.

Последица је да је одбачај тела пешака знатно краћи него код потпуних чеоних налета, па ће се после незгоде тело пешака увек наћи иза линије предњег дела заустављеног возила, са стране одакле се пешак кретао према возилу.



Слика 14. Делимично чеони улазни налет возила на пешака.

Код овог типа налета настају карактеристична оштећења на углу предњег браника, предњем блатобрану, поклопцу мотора, предњем ветробранском стаклу и стубу, често на крову возила,

предњим вратима и бочном огледалу. На бочној страни блатобрана често постоје оштећења у виду улубљења у висини колена или попречне брисотине. Услед контакта руку на поклопцу мотора често се могу идентификовати уздужне брисотине и мања улубљења, мада се на њему могу често идентификовати и улубљења услед удара главе након повијања тела пешака због ротације. Ветробранско стакло је најчешће оштећено по читавој висини са два или три места удара, уз предњи стуб који такође може бити улубљен.

Често глава остварује контакт са углом где се спајају предњи стуб и кров возила, што зависи од висине пешака. На предњим вратима често се могу уочити улубљења или попречне брисотине по средини, док је бочно огледало одваљено деловањем силе од предњег ка задњем крају возила.

У овим незгодама пешак осим повреда услед примарног контакта задобија и повреде које су последица ротације, а то су често повреде колена, главе и ребара са обе стране тела.

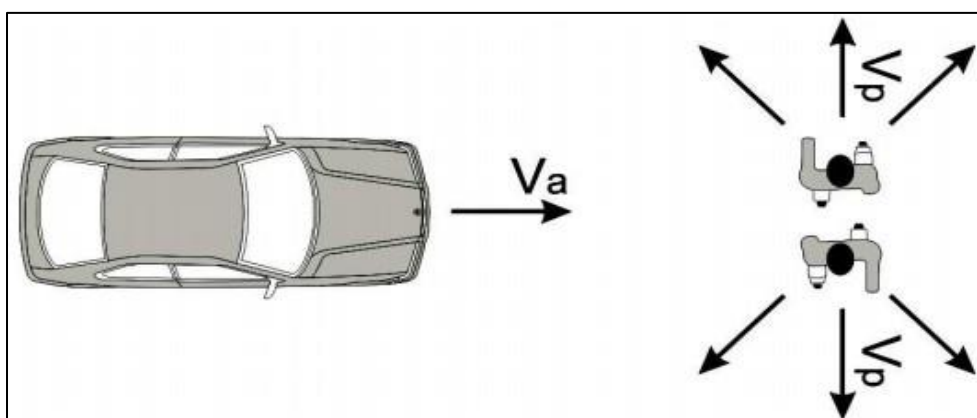


Слика 15. Оштећења на возилу приликом делимично чеоног улазног налета возила на пешака. ^[2]

6.2. Карактеристике делимичног чеоног излазног налета

Пешак код ових налета излази из зоне захватања чеоног дела, тако да се један део тела налази ван габарита возила (слика 16). У овом случају тело пешака је делом ван габарита возила, а делом унутар габарита возила и захваћено је предњим углом возила у онај део тела који се још налази испред и унутар габарита возила.

Након контакта са возилом тело пешака добија само делимичну ротацију око своје уздужне осе, а због кретања од возила, не може више доћи у контакт са бочним делом возила. У контакту са возилом тело пешака добија само незнатан импулс па оно пада на коловоз и зауставља се у непосредној близини места налета. Тело пешака ће се увек наћи иза линије предњег дела заустављеног возила, са стране која је насупрот оној одакле је пешак долазио.



Слика 16. Делимично чеони излазни налет возила на пешака.

У оваквим незгодама често не постоје друга оштећења на предњем делу возила са којим је остварен примарни контакт, а ако постоје друга оштећења и трагови затичу се на предњим блатобранима. У овим незгодама пешак по правилу не задобија повреде услед набачаја на возило, тако да често постоје само повреде настале у примарном контакту и услед контакта тела пешака са подлогом након одбачаја.



Слика 17. Оштећења на возилу приликом делимично чеоног излазног налета возила на пешака.

6.3. Карактеристике делимичног чеоног налета у правцу

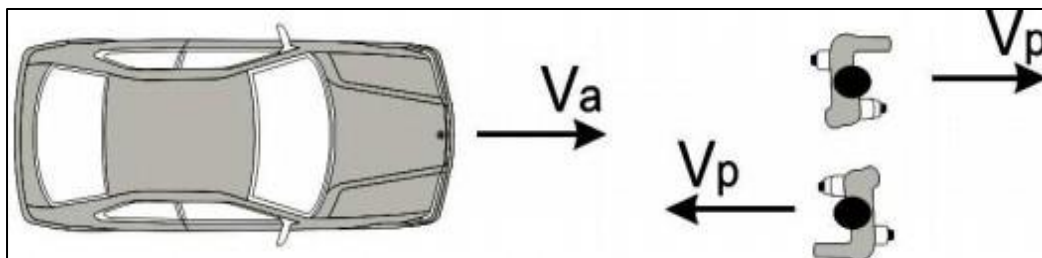
Код ових незгода је карактеристично што возило једним својим углом захвата само део тела пешака који стоји или се креће у истом или супротном смеру као возило (слика 18).

Након првог контакта са возилом тело пешака је само делимично набачено на возило уз истовремену ротацију тела уз бочну страну возила.

Код делимично чеоног налета у правцу може доћи до делимичног набацивања пешака на возило, што се препознаје по траговима и оштећењима која се налазе дуж горње стране предњег блатобрана возила.

Код овакве врсте налета изостаје ефекат подизања тела пешака у вис, зато што тежиште тела пешака већ од првог контакта са возилом има тенденцију спуштања према доле. Услед тога контакт тела пешака са коловозом много је блажи него код потпуног чеоног налета, јер тело пешака пада са мање висине.

Дакле, код делимично чеоног налета у правцу кинематика кретања тела пешака у току саобраћајне незгоде слична је оној код делимично чеоног улазног налета, с тим што су по правилу повреде пешака мање. Осим повреда насталих у примарном и терцијалном контакту, код ових незгода пешак задобија повреде које настају услед набачаја тела пешака на предњи део возила.



Слика 18. Делимично чеони налет у правцу возила на пешака.



Слика 19. Оштећења на возилу приликом делимично чеоног налета у правцу возила на пешака.^[7]

7. Пример саобраћајне незгоде бр. 1

7.1. Основни подаци

Дана 11.02.2004. године, око 06 сати и 20 минута, догодила се саобраћајна незгода на путу Смедерево – Ковин, а у непосредној близини плаца Д.П. “Југопетрол”

7.1.1. Подаци о учесницима незгоде

У овој саобраћајној незгоди учествовао је путнички аутомобил “BMW”, регистарске ознаке SD - XXX-XXX, којим је у време незгоде управљао НН, стар 38. година (23.08.1966).

Други Учесник ове саобраћајне незгоде био је пешак ММ из Ковина, стар 52. године (21.11.1952.).

Трећи Учесник саобраћајне незгоде био је камион “MAN1612”, регистарске ознаке BG - XXX-XXX, који је био у власништву ДД.

7.1.2. Подаци о путу и времену

Асфалтирани коловоз пута Смедерево – Ковин, укупне ширине 7,0 (m), успон коловоза $i = 2\%$, уздужном неиспрекиданом линијом подељен је на две коловозне траке. У време незгоде коловоз на месту незгоде је био сув и раван, а видљивост је била дневна.

7.1.3. Приказ тока незгоде и саобраћајне ситуације

Незгода се догодила у насељу на улици која има изграђен коловоз са јасно обележеним пешачком прелазом ширине 4,0 (m). Улицом се одвија двосмерни мешовити саобраћај. Коловоз је био у успону (гледано у смеру кретања BMW-а) од 2%. Улица је била права и прегледна на којој је било ограничење од 60 (km/h). Пешак је улицу прелазио кретањем од леве ка десној страни. У избегавању судара са пешаком возач “BMW-а” реаговао је кочењем. Након судара са пешаком путнички аутомобил је кочећи чеоним делом ударио у паркирани камион.

7.2. Налаз

7.2.1. Подаци о повредама лица

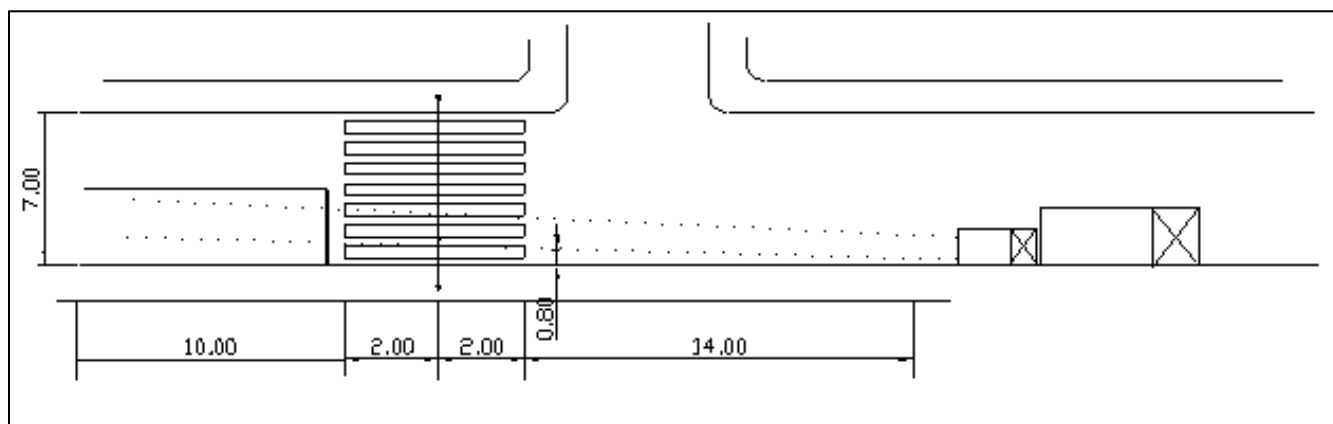
У овој саобраћајној незгоди пешак ММ задобио је повреде са тешким телесним повредама. На основу анализе искључиво повреда пешака не може се одредити положај пешака у тренутку судара, односно којим делом тела пешак је био окренут наилазећем BMW-у у тренутку судара.

7.2.2. Анализа оштећења возила и објеката који су учествовали у незгоди

Пешак је прво контактиран левом чеоном страном возила BMW. Пошто се возач кретао већом брзином од дозвољене пешак је након контакта са возилом бачен на предње ветробранско стакло. Након судара са пешаком је кочећи (у десно) чеоним делом ударио у паркирани камион и деформисао се тако да му је цео чеони део потиснут уназад за 0,31 (m). Камиону је након судара потиснут задњи део. Техничким прегледом након незгоде је утврђено да путничком аутомобилу нису кочили предњи точкови. ^[5]

7.2.3. Анализа трагова фиксираних на коловозу, возилима, објектима, лицима и др.

У избегавању судара са пешаком возач BMW-а је реаговао кочењем и скретањем у десно. У фази кочења његово возило је контактирало пешака јер је на траговима кочења на месту контакта под дејством спољних сила дошло до неравномерности на траговима кочења. Од десне ивице коловоза, десни траг кочења је удаљен 0,80 (m). Трагови кочења који су настали приликом кочења возила су 28 (m).

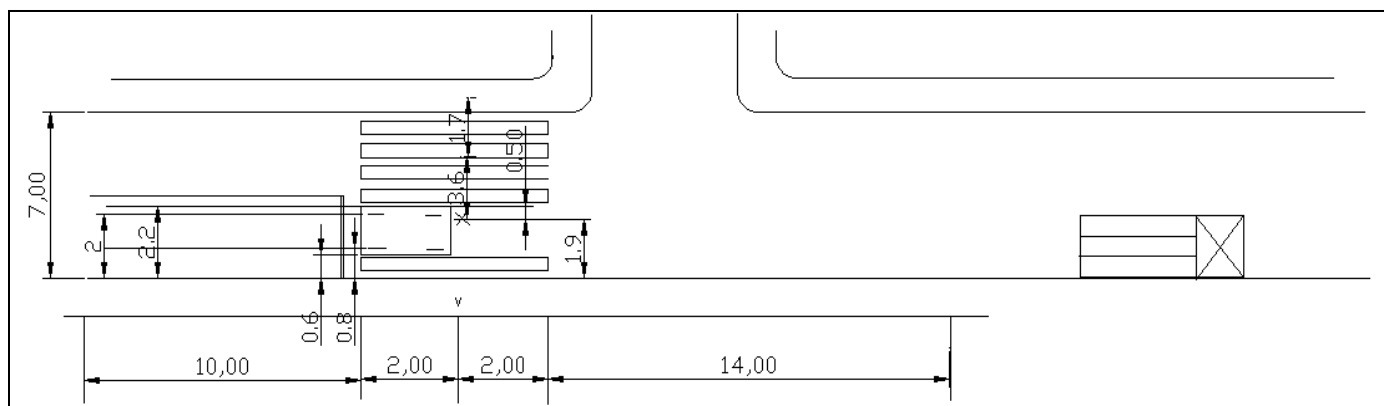


Слика 20. Скица трагова кочења.

7.2.4. Одеређивање места судара и положаја учесника незгоде

Анализирајући локацију трагова формираних на коловозу и узимањем у обзир димензија коловоза и возила као и крајњег положаја возила у односу на трагове налазимо да је аутомобил на сударну позицију доспео вожњом ангажујући своју десну саобраћајну траку којом се кретао праволинијски. Десни бок аутомобила је удаљен од десне ивице за око 0,60 (m). Леви бок аутомобила био је удаљен од десне ивице за 2,2 (m). На сударној позицији пешак се налазио на 5,9 (m) од леве ивице.

Ако се пешак кретао од леве ка десној ивици коловоза и био ударен чеоним делом аутомобила удаљеним 0,30 (m) од левог бока BMW-а одредити где се налазио пешак, а где возило у тренутку уочавања опасности од стране возача:



Слика 21. Положаји учесника незгоде.

$$t_{RS} = t_R + t_{4ds} = 1,2 + 0,65$$

$$t_{RS} = 1,85(s)$$

$$t_{4ds} = \frac{V_1 - V_s}{b} = \frac{18,80 - 15,90}{4,448}$$

$$t_{4ds} = 0,65(s)$$

$$Sp = Vp \cdot t_{RS} = 1,944 \cdot 1,85$$

$$Sp = 3,60(m)$$

$$2,2 - 0,5 = 1,7(m)$$

$$X = 7 - (Sp + 1,7) = 7 - 5,3$$

$$X = 1,7(m)$$

$$S_{RS} = S_R + S_{4ds}$$

$$S_R = V_0 \cdot t_R - \frac{b \cdot t^3}{6}$$

$$S_R = 19,02 \cdot 1,2 - \frac{4,448 \cdot 0,1^2}{6}$$

$$S_R = 22,74(m)$$

$$S_{RS} = 22,74 + 11,30$$

$$S_{RS} = 34,05(m)$$

7.2.5. Одређивање брзине учесника незгоде

- Брзину путничког аутомобила у тренутку удара у паркирано возило:

$$1 (m) \text{ деформације} = 1 (km/h)$$

$$0,31 (m) \text{ деформације следи, } V_z = 31 (km/h)$$

$$V_z = 31 (km/h) = 8,6 (m/s)$$

- Брзину путничког аутомобила у тренутку судара са пешаком:

$$V_s = \sqrt{V_z^2 + 2bS_{4SZ}}$$

$$b = g (\varepsilon\mu \pm i)$$

$$\varepsilon = \frac{G_z}{G} = \frac{510}{1000} = 0,51$$

$$b = 9,81 \cdot (0,55 \cdot 0,78 + 0,031)$$

$$b = 4,513(m/s^2)$$

$$S_{4SZ} = 14 + 2,00 + l_1 = 14 + 2,00 + 4,1 = 16,7(m)$$

$$V_s = \sqrt{8,6^2 + 2 \cdot 4,448 \cdot 20,1} = \sqrt{252,77}$$

$$V_s = 15,90(m/s) = 57(km/h)$$

V_s - брзина путничког аутомобила на месту судара са пешаком

b - успорење које је аутомобил могао остварити дуж трагова кочења

S_{4SZ} - пут кочења који је аутомобил прешао кочењем од места судара до позиције у којој се зауставио (паркирани аутомобил)

- Брзину путничког аутомобила на почетку трагова кочења:

$$V_1 = \sqrt{V_s^2 + 2bS_{4ds}}$$

$$S_{4ds} = 10 + 2 - l_1 = 12 - 0,70 = 11,30(m)$$

$$V_1 = \sqrt{252,77 + 2 \cdot 4,448 \cdot 11,30} = \sqrt{353,29}$$

$$V_1 = 18,80(m/s) = 67,66(km/h)$$

S_{4ds} - пут који је аутомобил прешао, од почетка трагова до места судара

- Брзину путничког аутомобила у тренутку уочавања опасности:

$$V_0 = V_1 + \frac{b \cdot t_3}{2} = 18,80 + \frac{4,448 \cdot 0,1}{2}$$

$$V_0 = 19,02(m/s) = 68,5(km/h)$$

- Брзину аутомобила у тренутку судара са пешаком и паркираним возилом у случају исправног кочионог система на свим точковима:

$$\varepsilon = \frac{G_p + G_z}{G} = \frac{510 + 490}{1000} = 1$$

$$G_z = G - G_p = 1000 - 510$$

$$G_z = 490(daN)$$

$$b_1 = g(\varepsilon\mu + \iota) = 9,81(1 \cdot 0,85 + 0,02)$$

$$b_1 = 8,53(m/s^2)$$

$$V_0 = 19,02(m/s)$$

$$V_1 = V_0 - \frac{b_1 \cdot t_3}{2} = 19,02 - \frac{8,53 \cdot 0,1}{2}$$

$$V_1 = 18,59(m/s) = 67(km/h)$$

$$V_s = \sqrt{V_1^2 - 2b_1 S_{4ds}} = \sqrt{18,59^2 - 2 \cdot 8,53 \cdot 11,30} = \sqrt{15281}$$

$$V_s = 12,36(m/s) = 44,50(km/h)$$

$$V_z = \sqrt{V_s^2 - 2b_1 \cdot S_{4sz}} = \sqrt{15281 - 2 \cdot 8,53 \cdot 20,1} = \sqrt{-190,09}$$

$$V_z = 0$$

$$V_z^2 = V_s^2 - 2b_1 S_{4sz}$$

$$0 = 12,36^2 - 2 \cdot 8,53 \cdot S_{4sz}$$

$$17,06 \cdot S_{4sz} = 15281$$

$$S_{4sz} = 8,96(m)$$

b_1 - успорење које је аутомобил могао остварити дуж трагова кочења

V_1 - брзину путничког аутомобила на почетку трагова кочења

V_s - брзину путничког аутомобила на месту судра са пешаком

S_{4cs} - пут кочења који је аутомобил прешао кочен од места судара до позиције у којој се зауставио када је кочиони систем био исправан

- Брзину аутомобила при којој је возач могао да избегне незгоду (просторно и временски) за конкретне услове:

$$Vb_p = \sqrt{(b \cdot t_s)^2 + 2b S_{RS}} - b \cdot t_s$$

$$t_s = t_1 + t_2 + \frac{t_3}{2} = 0,9 + 0,2 + \frac{0,1}{2}$$

$$t_s = 1,15(s)$$

$$Vb_p = \sqrt{(4,448 \cdot 1,15)^2 + 2 \cdot 4,448 \cdot 34,05} - 4,448 \cdot 1,15$$

$$Vb_p = 18,13 - 5,11$$

$$Vb_p = 13,03(m/s) = 47(km/h)$$

$$Vb_v = (t_{RS} - t_s) \cdot b = (1,85 - 1,15) \cdot 4,448$$

$$Vb_v = 3,11(m/s) = 11,21(km/h)$$

V_{bp} - безбедна просторна брзина

V_{bv} - безбедна временска брзина

7.2.6. Временско просторна анализа тока саобраћајне незгоде

$$\begin{aligned}t_z &= t_R + t_4 = 1,2 + 4,22 \\t_z &= 5,43(s) \\t_R &= t_1 + t_2 + t_3 = 0,9 + 0,2 + 0,1 \\t_R &= 1,2(s) \\t_4 &= \frac{V_1}{b} = \frac{18,80}{4,448} \\t_4 &= 4,22(s) \\S_z &= V_o \cdot t_R - \frac{b \cdot t_3^2}{6} + \frac{V_1^2}{2b} \\S_z &= 19,02 \cdot 1,2 - \frac{4,448 \cdot 0,1^2}{6} + \frac{18,80^2}{2 \cdot 4,448} \\S_z &= 62,54(m)\end{aligned}$$

t_4 - време кочења

t_z - време заустављања

t_r - време реаговања

S_z - зауставни пут аутомобила

7.3. Мишљење

Анализом материјалних података из списка утврдили смо да је BMW пре предузетог кочења имао брзину од око 68,5 (km/h), односно да је вожен већом брзином од дозвољене 60 (km/h).

Окривљени је на примећену опасност од кретања пешака у прелажењу коловоза, кад је пешак био на левој траци, реаговао кочењем и скретањем возила у десно. Он је таквим поступањем брзине возила до судара смањио на око 57 (km/h). Анализа коју смо спровели показује да би у истој ситуацији поступања учесника ове незгоде возач BMW-а имао техничке могућности за избегавање незгоде да тад није своје возило возио већом брзином од дозвољене. Према нашем мишљењу, пропуст је на страни возача јер се кретао брзином 68,5 (km/h), незгода би могла бити избегнута брзином до 46,91 (km/h). При дозвољеној брзини од 60 (km/h) не би могао избећи незгоду, али би последице свакако биле умањене.

Мишљења смо да је пешак неопрезним и небезбедним покушајем преласка коловоза, а испред и у близини наилазећег BMW-а, створио опасну ситуацију, блиску и покретну препреку на путањи аутомобила. Разлог не благовременог уочавања аутомобила од стране пешака се не може утврдити саобраћајно-техничким вештачењем, а могао је по нашем мишљењу бити последица непезње, погрешне процене, неког другог разлога који је ван домена саобраћајно-техничког вештачења или као последица дејства више разлога истовремено.

Након судара са пешаком возач BMW-а је ударио у паркирани камион. На техничком прегледу му је установљен неисправан кочиони систем. Да је био исправан кочиони систем возило би се зауставило за око 8,96 (m) након судара са пешаком.

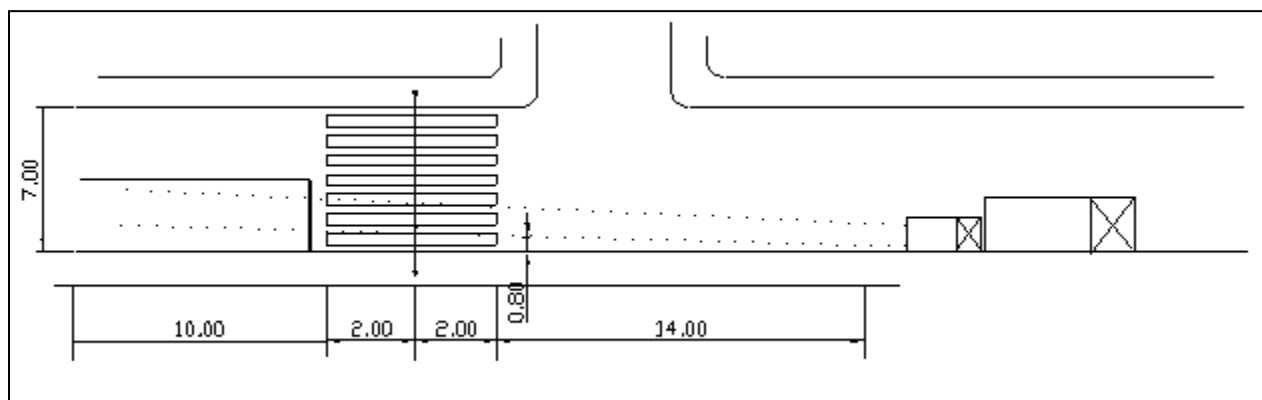
7.4. Закључак

Незгода се догодила у насељу на улици која има изграђен коловоз од асфалта ширине 7,0 (m). Улицом се одвија двосмерни мешовити саобраћај. Коловоз је био у успону (гледано у смеру кретања BMW-а) од 2%. У саобраћајној незгоди је тешке телесне повреде задобио пешак, а и возач аутомобила. По анализи пропуст пешака је: непажња приликом прелажења коловоза (претрчавањем), није обратио пажњу на возило које се креће са његове десне стране, а возач није поштовао ограничење брзине и због техничке неисправности није могао да избегне незгоду.

7.5. Рачунска анализа саобраћајне незгоде

Познати су следећи подаци:

- * Успон коловоза $i = 2\%$
- * времена $t_1=0,85$ s, $t_2=0,2$ s, $t_3=0,2$ s
- * брзина кретања песка $V_p=4,2$ km/h
- * коефицијент пријањања $\mu=0,78$
- * тежина $G=1050$ daN
- * тежина задње осовине $G_3=580$ daN
- * задњи препуст $l_2=0,80$ m
- * предњи препуст $l_1=0,70$ m
- * међуосовинско растојање $l=2,60$ m
- * дужина возила $L_1=4,1$ m



Слика 22. Трагови и позиција возила након незгоде.

Израчунати:

1) Брзину путничког аутомобила у тренутку удара у паркирано возило:

$$\begin{aligned}1(m) \text{ деформације} &= 1(km/h) \\ 0,31(m) \text{ деформације следи, } V_z &= 31(km/h) \\ V_z &= 31(km/h) = 8,6(m/s)\end{aligned}$$

2) Брзину путничког аутомобила у тренутку судара са пешаком:

$$\begin{aligned}V_s &= \sqrt{V_z^2 + 2bS_{4SZ}} \\ b &= g (\epsilon\mu \pm i) \\ \epsilon &= \frac{Gz}{G} = \frac{510}{1000} = 0,51 \\ b &= 9,81 \cdot (0,55 \cdot 0,78 + 0,031) \\ b &= 4,513(m/s^2) \\ S_{4SZ} &= 14 + 2,00 + l_1 = 14 + 2,00 + 4,1 = 16,7(m) \\ V_s &= \sqrt{8,6^2 + 2 \cdot 4,448 \cdot 20,1} = \sqrt{252,77} \\ V_s &= 15,90(m/s) = 57(km/h)\end{aligned}$$

V_s - брзина путничког аутомобила на месту судара са пешаком

b - успорење које је аутомобил могао остварити дуж трагова кочења

S_{4SZ} - пут кочења који је аутомобил прешао кочењем од места судара до позиције у којој се зауставио (паркирани аутомобил)

3) Брзину путничког аутомобила на почетку трагова кочења:

$$\begin{aligned}V_1 &= \sqrt{V_s^2 + 2bS_{4ds}} \\ S_{4ds} &= 10 + 2 - l_1 = 12 - 0,70 = 11,30(m) \\ V_1 &= \sqrt{252,77 + 2 \cdot 4,448 \cdot 11,30} = \sqrt{353,29} \\ V_1 &= 18,80(m/s) = 67,66(km/h)\end{aligned}$$

S_{4ds} - пут који је аутомобил прешао, од почетка трагова до места судара

4) Брзину путничког аутомобила у тренутку уочавања опасности:

$$\begin{aligned}V_0 &= V_1 + \frac{b \cdot t_3}{2} = 18,80 + \frac{4,448 \cdot 0,1}{2} \\ V_0 &= 19,02(m/s) = 68,5(km/h)\end{aligned}$$

5) Време заустављања и потребан зауставни пут аутомобила:

$$t_z = t_R + t_4 = 1,2 + 4,22$$

$$t_z = 5,43(s)$$

$$t_R = t_1 + t_2 + t_3 = 0,9 + 0,2 + 0,1$$

$$t_R = 1,2(s)$$

$$t_4 = \frac{V_1}{b} = \frac{18,80}{4,448}$$

$$t_4 = 4,22(s)$$

$$S_z = V_0 \cdot t_R - \frac{b \cdot t_3^2}{6} + \frac{V_1^2}{2b}$$

$$S_z = 19,02 \cdot 1,2 - \frac{4,448 \cdot 0,1^2}{6} + \frac{18,80^2}{2 \cdot 4,448}$$

$$S_z = 62,54(m)$$

t_4 - време кочења

t_z - време заустављања

t_r - време реаговања

S_z - зауставни пут аутомобила

6) Ако се пешак кретао од леве ка десној ивици коловоза и био ударен чеоним делом аутомобила удаљеним 0,30 (m) од левог бока BMW-а одредити где се налазио пешак, а где возило у тренутку уочавања опасности од стране возача:

$$t_{RS} = t_R + t_{4ds} = 1,2 + 0,65$$

$$t_{RS} = 1,85(s)$$

$$t_{4ds} = \frac{V_1 - V_s}{b} = \frac{18,80 - 15,90}{4,448}$$

$$t_{4ds} = 0,65(s)$$

$$Sp = Vp \cdot t_{RS} = 1,944 \cdot 1,85$$

$$Sp = 3,60(m)$$

$$2,2 - 0,5 = 1,7(m)$$

$$X = 7 - (Sp + 1,7) = 7 - 5,3$$

$$X = 1,7(m)$$

$$S_{RS} = S_R + S_{4ds}$$

$$S_R = V_0 \cdot t_R - \frac{b \cdot t^3}{6}$$

$$S_R = 19,02 \cdot 1,2 - \frac{4,448 \cdot 0,1^2}{6}$$

$$S_R = 22,74(m)$$

$$S_{RS} = 22,74 + 11,30$$

$$S_{RS} = 34,05(m)$$

T_{rs} - време од тренутка реаговања возача до тренутног судара

t_{4ds} - време кочења, дуж трагова до судара

S_p - пут који је пешак прешао за време које је аутомобилу било потребно да стигне до места судара

S_{rs} - удаљеност аутомобила од места судара у тренутку реаговања возача

S_r - пут који аутомобил пређе у времену

7) Брзину BMW-а у тренутку судара са пешаком и паркираним возилом у случају исправног кочионог система на свим точковима:

$$\varepsilon = \frac{G_p + G_z}{G} = \frac{510 + 490}{1000} = 1$$

$$G_z = G - G_p = 1000 - 510$$

$$G_z = 490(daN)$$

$$b_1 = g(\varepsilon \mu + i) = 9,81(1 \cdot 0,85 + 0,02)$$

$$b_1 = 8,53(m/s^2)$$

$$V_0 = 19,02(m/s)$$

$$V_1 = V_0 - \frac{b_1 \cdot t_3}{2} = 19,02 - \frac{8,53 \cdot 0,1}{2}$$

$$V_1 = 18,59(m/s) = 67(km/h)$$

$$V_s = \sqrt{V_1^2 - 2b_1 S_{4ds}} = \sqrt{18,59^2 - 2 \cdot 8,53 \cdot 11,30} = \sqrt{15281}$$

$$V_s = 12,36(m/s) = 44,50(km/h)$$

$$V_z = \sqrt{V_s^2 - 2b_1 \cdot S_{4sz}} = \sqrt{15281 - 2 \cdot 8,53 \cdot 20,1} = \sqrt{-190,09}$$

$$V_z = 0$$

$$V_z^2 = V_s^2 - 2b_1 S_{4sz}$$

$$0 = 12,36^2 - 2 \cdot 8,53 \cdot S_{4sz}$$

$$17,06 \cdot S_{4sz} = 15281$$

$$S_{4sz} = 8,96(m)$$

b_1 - успорење које је аутомобил могао остварити дуж трагова кочења

V_1 - брзину путничког аутомобила на почетку трагова кочења

V_s - брзину путничког аутомобила на месту судра са пешаком

S_{4sz} - пут кочења који је аутомобил прешао кочен од места судара до позиције у којој се зауставио када је кочиони систем био исправан.

8) Брзину аутомобила при којој је возач могао да избегне незгоду (просторно и временски) за конкретне услове:

$$Vb_p = \sqrt{(b \cdot t_s)^2 + 2bS_{RS}} - b \cdot t_s$$

$$t_s = t_1 + t_2 + \frac{t_3}{2} = 0,9 + 0,2 + \frac{0,1}{2}$$

$$t_s = 1,15(s)$$

$$Vb_p = \sqrt{(4,448 \cdot 1,15)^2 + 2 \cdot 4,448 \cdot 34,05} - 4,448 \cdot 1,15$$

$$Vb_p = 18,13 - 5,11$$

$$Vb_p = 13,03(m/s) = 47(km/h)$$

$$Vb_v = (t_{RS} - t_s) \cdot b = (1,85 - 1,15) \cdot 4,448$$

$$Vb_v = 3,11(m/s) = 11,21(km/h)$$

V_{bp} - безбедна просторна брзина

V_{bv} - безбедна временска брзина

9) Пропусти учесника незгоде уколико се незгода догодила на улици где је ограничење 60 (km/h)

$$V_{bp} = 46,91(km/h)$$

$$V_{bv} = 11,21(km/h)$$

$$V_{og} = 60(km/h)$$

$$V_0 = 68,5(km/h)$$

Просторни критеријум: $60 > 46,91 < 68,5$ пропуст возача јер се кретао брзином 68,5 (km/h), незгода би могла бити избегнута брзином до 46,91 (km/h), тако да при дозвољеној брзини од 60 (km/h) не би могао избећи незгоду.

Временски критеријум: $11,21 < 60 < 68,5$, нема пропуста возача за настанак незгоде, јер би незгода могла бити избегнута брзином до 11,21 (km/h), па би се незгода догодила и када би се аутомобил кретао дозвољеном брзином од 60 (km/h). Међутим на страни возача стоји пропуст везан за тежину последица незгоде јер би при дозвољеној брзини 60 (km/h), уместо при брзини 68,5 (km/h) којом је вожен аутомобил, последице незгоде биле мање.

8. Пример саобраћајне незгоде бр. 2

8.1. Основни подаци

Саобраћајна незгода се догодила 01.01.2010. године око 12h у Нишу, у улици Вука Караџића.

8.1.1. Подаци о учесницима саобраћајне незгоде

У овој саобраћајној незгоди учествовали су:

1. Путнички аутомобил марке "Ауди" регистарских таблица NI-XXXX којим је управљао Милан Тошић.
2. Пешак Саша Ставрић.

8.1.2. Подаци о путу и времену

Незгода се догодила у насељу на улици која има изграђен коловоз од асфалта ширине 7,0 (m), са јасно обележеним пешачким прелазом ширине 4,0 (m). Улицом се одвија двосмерни мешовити саобраћај. Коловоз је био у успону (гледано у смеру кретања Аудија) од 1,1%. Улица је била права и прегледна. Пешак је улицу Вук Караџић прелазео кретањем од леве ка десној страни. У избегавању судара са пешака возач Аудија реаговао је кочењем. Након судара са пешаком путнички аутомобил се зауставио недалеко од незгоде.

8.2. Налаз

8.2.1. Подаци о повредама лица

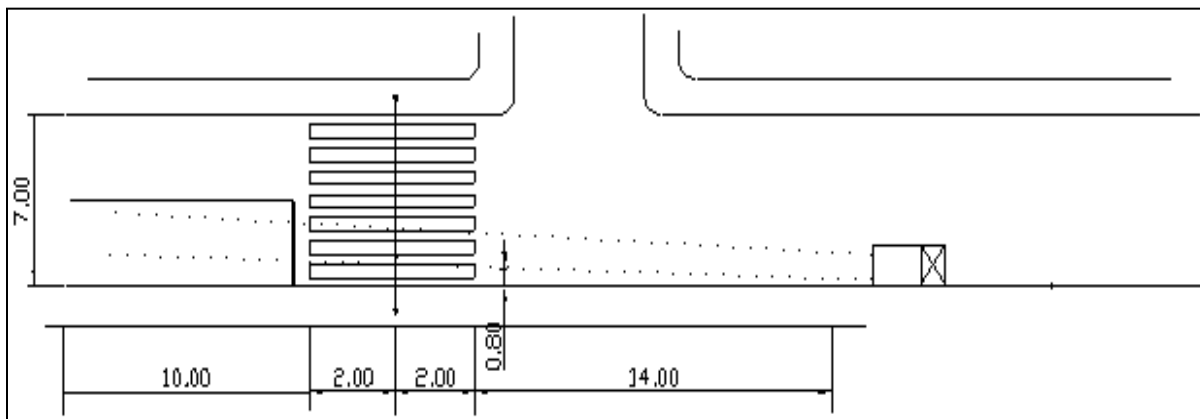
У овој незгоди тешке телесне повреде нанете су пешаку који је у прелажењу коловоза контактиран од стране Аудија. Пешак се кретао убрзаним кораком преко коловоза (пешачког прелаза) и притом задобио повреде леве ноге и приликом одбачаја на ветробранско стакло задобио повреде главе, повреде ребара и карличне кости. Приликом удара у пешака, возач Аудија је задобио лакше повреде.

8.2.2. Анализа оштећења возила и објеката који су учествовали у незгоди

Пешак је прво контактиран левом чеоном страном возила Ауди, којим је управљао Милан Тошић. Пошто се возач кретао већом брзином од дозвољене пешак је након контакта са возилом бачен на предње ветробранско стакло. При том судару дошло је до оштећења 0,3 (m) левог бока аутомобила, оштећење на поклопцу мотора у предњем делу, од контакта са пешаком Аудију је разбијено ветробранско стакло (испред возача). Техничким прегледом након незгоде је утврђено да путничком аутомобилу нису кочили задњи точкови.

8.2.3. Анализа трагова насталих у незгоди

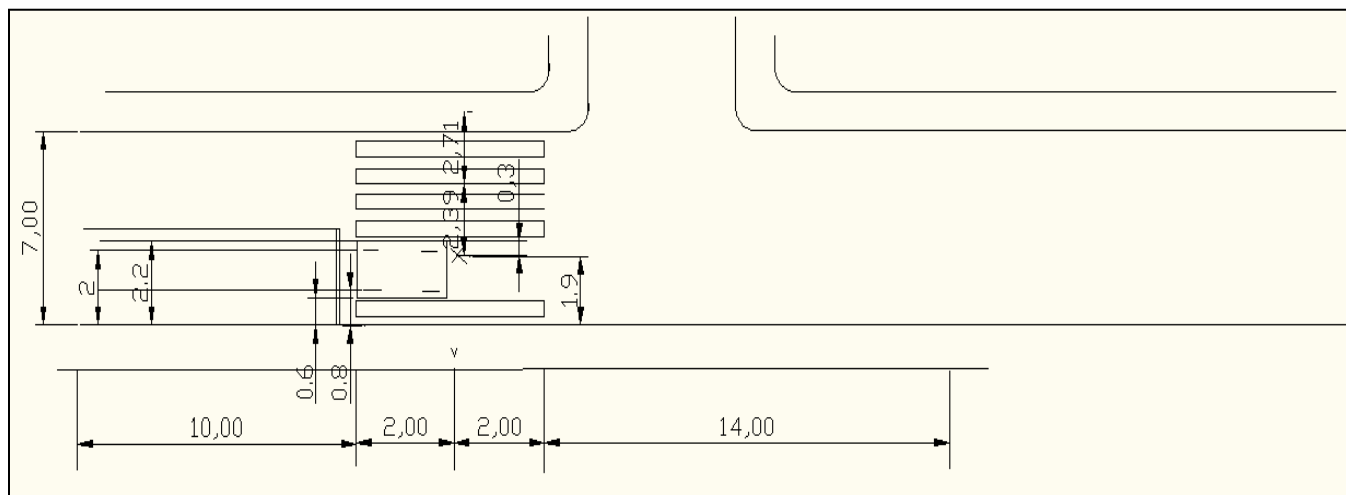
У избегавању судара са пешаком возач Аудија је реаговао кочењем и скретањем у десно. У фази кочења његово возило је контактирало пешака јер је на траговима кочења на месту контакта под дејством спољних сила дошло до неравномерности на траговима кочења. Од десне ивице коловоза, десни траг кочења је удаљен 0,80 (m). Трагови кочења који су настали приликом кочења возила су 28 (m). Приликом увиђаја поред трагова кочења нађени су и трагови крви.



Слика 23. Скица трагова кочења.

8.2.4. Одређивање места судара и положаја учесника незгоде

Анализирајући локацију трагова формираних на коловозу и узимањем у обзир димензија коловоза и возила као и крајњег положаја возила у односу на трагове налазимо да је аутомобил на сударну позицију доспео вођњом ангажујући своју десну саобраћајну траку којом се кретао праволинијски. Десни бок аутомобила је удаљен од десне ивице за око 0,60 (m). Леви бок аутомобила био је удаљен од десне ивице за 2,2 (m). На сударној позицији пешак се налазио на 5,1 (m) од леве ивице.



Слика 24. Положаји учесника незгоде.

$$Sp = Vp \cdot t_{RS} = 1,33 \cdot 1,79$$

$$Sp = 2,39(m)$$

$$t_{RS} = t_R + t_{4ds} = 1,2 + 0,59$$

$$t_{RS} = 1,79(s)$$

$$t_{4ds} = \frac{V_1 - V_S}{b} = \frac{17,64 - 14,12}{4,96}$$

$$t_{4ds} = 0,59(s)$$

$$2,2 - 0,3 = 1,9(m)$$

$$X = 7 - (Sp + 1,9)$$

$$X = 2,71(m)$$

$$S_{RS} = S_R + S_{4ds}$$

$$S_R = V_0 \cdot t_R - \frac{b \cdot t^3}{6}$$

$$S_R = 18,01 \cdot 1,2 - \frac{4,96 \cdot 0,15^2}{6}$$

$$S_R = 21,59(m)$$

$$S_{RS} = 21,59 + 11,3$$

$$S_{RS} = 32,89(m)$$

8.2.5. Одређивање брзине учесника незгоде

- Брзина путничког аутомобила у тренутку реаговања возача у тренутку уочавања опасности:

$$V_0 = V_1 + \frac{b \cdot t_3}{2} = 17,64 + \frac{4,96 \cdot 0,15}{2}$$

$$V_0 = 18,01 + (m/s) = 64,84(km/h)$$

- Брзина путничког аутомобила на почетку трагова кочења пре судара:

$$V_1 = \sqrt{V_S^2 + 2bS_{4ds}}$$

$$V_1 = \sqrt{14,12^2 + 2 \cdot 4,96 \cdot 11,3}$$

$$V_1 = 17,64(m/s) = 63,54(km/h)$$

- Брзина путничког аутомобила на месту судара са пешаком:

$$V_s = \sqrt{V_z^2 + 2bS_{4sz}}$$

$$V_s = \sqrt{0 + 2 \cdot 4,96 \cdot 20,1}$$

$$V_s = 14,12(m/s) = 50,83(km/h)$$

- Пут кочења који је аутомобил прешао кочен од места судара до позиције у којој се зауставио:

$$S_{4sz} = 14 + 2,00 + L = 14 + 2,00 + 4,1 = 20,1(m)$$

- Пут који је аутомобил прешао, од почетка трагова до места судара можемо израчунати на следећи начин:

$$S_{4ds} = 10 + 2 - l_1 = 10 + 2 - 0,70 = 11,3(m)$$

- Успорјење које је аутомобил могао остварити дуж трагова кочења:

$$b = g(\varepsilon\mu + i)$$

$$b = 9,81(0,55 \cdot 0,9 + 0,011)$$

$$b = 4,96(m/s^2)$$

$$\varepsilon = \frac{Gz}{G} = \frac{610}{1120} = 0,55$$

- Брзина пешака када је прелазио коловоз била је:

$$V_p = 4,8(km/h) = 1,33(m/s)$$

8.2.5.1. Одређивање брзине учесника незгоде у случају исправног кочионог система

- Брзина путничког аутомобила у тренутку реаговања возача у тренутку уочавања опасности:

$$V_0 = 18,01(m/s) = 64,84(km/h)$$

- Успорјење које је аутомобил могао остварити дуж трагова кочења можемо израчунати на следећи начин:

$$\varepsilon = \frac{Gp + Gz}{G} = \frac{610 + 510}{1120} = 1$$

$$Gp = G - Gz = 1120 - 610 = 510(daN)$$

$$b_1 = g(\varepsilon\mu + \iota) = 9,81(1 \cdot 0,9 + 0,011)$$

$$b_1 = 8,94(m/s^2)$$

- Брзина путничког аутомобила на почетку трагова кочења пре судара:

$$V_1 = V_0 - \frac{b_1 \cdot t_3}{2} = 18,01 - \frac{8,94 \cdot 0,15}{2}$$

$$V_1 = 17,32(m/s) = 62,39(km/h)$$

- Брзину путничког аутомобила на месту судара са пешаком можемо израчунати:

$$V_s = \sqrt{V_1^2 - 2b_1 S_{4ds}} = \sqrt{17,32^2 - 2 \cdot 8,94 \cdot 11,3}$$

$$V_s = 9,9(m/s) = 35,63(km/h)$$

8.2.5.2. Одређивање брзине учесника незгоде уколико се незгода догодила на улици где је ограничење $V_{og} = 40 (km/h) = 11,11 (m/s)$

- Брзина путничког аутомобила у тренутку реаговања возача у тренутку уочавања опасности била би:

$$V_{01} = 11,11(m/s) = 40(km/h)$$

- Брзина путничког аутомобила на почетку трагова кочења пре судара:

$$V_1 = V_{01} + \frac{b \cdot t_3}{2} = 11,11 - \frac{4,96 \cdot 0,15}{2}$$

$$V_1 = 10,63(m/s) = 38,26(km/h)$$

- Брзину путничког аутомобила на месту судара са пешаком можемо израчунати:

$$V_s = \sqrt{V_1^2 - 2b S_{4ds}} = \sqrt{10,63^2 - 2 \cdot 4,96 \cdot 11,3}$$

$$V_s = 0,95(m/s) = 3,42(km/h)$$

8.2.5.3. Одређивање брзине учесника незгоде уколико се незгода догодила на улици где је ограничење $V_{og} = 40 (km/h) = 11,11 (m/s)$, у случају исправног кочиониог система

- Брзина путничког аутомобила у тренутку реаговања возача у тренутку уочавања опасности била би:

$$V_{01} = 11,11(m/s) = 40(km/h)$$

- Брзина путничког аутомобила на почетку трагова кочења пре судара:

$$V_1 = V_{01} + \frac{b_1 \cdot t_3}{2} = 11,11 - \frac{8,94 \cdot 0,15}{2}$$

$$V_1 = 10,43(m/s) = 37,58(km/h)$$

- Брзину путничког аутомобила на месту судара са пешаком можемо израчунати:

$$V_s = \sqrt{V_1^2 - 2b_1 S_{4ds}} = \sqrt{10,43^2 - 2 \cdot 8,94 \cdot 11,3}$$

$$V_s = \sqrt{-94,23}$$

8.2.6. Временско просторна анализа незгоде

- Време кочења рачуна се на следећи начин:

$$t_4 = t_{4ds} + t_{4sz} = 3,56(s)$$

$$t_{4ds} = \frac{V_1 - V_s}{b} = 0,71(s)$$

$$t_{4sz} = \frac{V_s - V_z}{b} = 2,85(s)$$

- Време заустављања рачуна се на следећи начин:

$$t_z = t_r + t_4 = 1,2 + 3,56$$

$$t_z = 4,76(s)$$

- Време реаговања возача рачуна се на следећи начин:

$$t_r = t_1 + t_2 + t_3 = 0,9 + 0,15 + 0,15$$

$$t_r = 1,2(s)$$

- Зауставни пут аутомобила при брзини од 64,84 km/h, рачуна се на следећи начин:

$$S_z = V_o \cdot t_r - \frac{b \cdot t_3^2}{6} + \frac{V_1^2}{2b}$$

$$S_z = 18,01 \cdot 1,2 - \frac{4,96 \cdot 0,15^2}{6} + \frac{17,64^2}{2 \cdot 4,96}$$

$$S_z = 52,95(m)$$

- Зауставни пут Аудија, при ограниченој брзини од 40 (km/h), био би:

$$S_z = V_o \cdot t_r - \frac{b \cdot t_3^2}{6} + \frac{V_1^2}{2b}$$

$$S_z = 11,11 \cdot 1,2 - \frac{4,96 \cdot 0,15^2}{6} + \frac{10,63^2}{2 \cdot 4,96}$$

$$S_z = 24,7(m)$$

- Зауставни пут Аудија, при ограниченој брзини од 40 (km/h), са исправним кочионим системом, био би:

$$S_z = V_o \cdot t_r - \frac{b_1 \cdot t_3^2}{6} + \frac{V_1^2}{2b}$$

$$S_z = 11,11 \cdot 1,2 - \frac{8,94 \cdot 0,15^2}{6} + \frac{10,43^2}{2 \cdot 8,94}$$

$$S_z = 19,4(m)$$

- Безбедна просторна брзина Аудија, при којој би возач могао да избегне незгоду:

$$V_{bp} = \sqrt{(b \cdot t_s)^2 + 2b \cdot Srs - b \cdot ts}$$

$$t_s = t_1 + t_2 + \frac{t_3}{2} = 1,12(s)$$

$$V_{bp} = \sqrt{(4,96 \cdot 1,12)^2 + 2 \cdot 4,96 \cdot 32,89 - 4,96 \cdot 1,12}$$

$$V_{bp} = 13,34(m/s) = 48,04(km/h)$$

- Безбедна просторна брзина Аудија, при којој би возач могао да избегне незгоду, са исправним кочионим системом:

$$V_{b_1p} = \sqrt{(b_1 \cdot t_s)^2 + 2b \cdot Srs - b \cdot ts}$$

$$t_s = t_1 + t_2 + \frac{t_3}{2} = 1,12(s)$$

$$V_{b_1p} = \sqrt{(8,94 \cdot 1,12)^2 + 2 \cdot 8,94 \cdot 32,89 - 8,94 \cdot 1,12}$$

$$V_{b_1p} = 16,21(m/s) = 58,38(km/h)$$

- Безбедна временска брзина Аудија, при којој би возач могао да избегне незгоду била би:

$$V_{bv} = (t_{rs} - t_s) \cdot b$$

$$V_{bv} = (1,79 - 1,12) \cdot 4,96$$

$$V_{bv} = 3,32(m/s) = 11,96(km/h)$$

- Безбедна временска брзина Аудија, при којој би возач могао да избегне незгоду била би, са исправним кочионим системом:

$$V_{b_1v} = (t_{rs} - t_s) \cdot b_1$$

$$V_{b_1v} = (1,79 - 1,12) \cdot 8,94$$

$$V_{b_1v} = 6(m/s) = 21,56(km/h)$$

8.3. Мишљење

Анализом материјалних података из списка утврдили смо да је Ауди пре предузетог кочења имао брзину од 64,84 (km/h), односно да је вожен већом брзином од дозвољене 40 (km/h).

Окривљени је на примећену опасност од кретања пешака у прелажењу коловоза, кад је пешак био на левој траци, реаговао кочењем и скретањем возила у десно. Он је таквим поступањем брзине возила до судара смањено на око 50,83 (km/h). Анализа која је спроведена показује да би у истој ситуацији поступања учесника ове незгоде, возач Аудија имао техничке могућности за избегавање незгоде, да тад није своје возило возио већом брзином од дозвољене. Возач Аудија није благовремено уочио опасност, односно није приметио моменат кад је пешак ступио на коловоз. У случају да је тај моменат видео и тад ситуацију оценио као опасну, он би могао кочењем да заустави возило пре доспевања до пешака. Након судара утврђено је да је возач био под дејством психо активних супстанци.

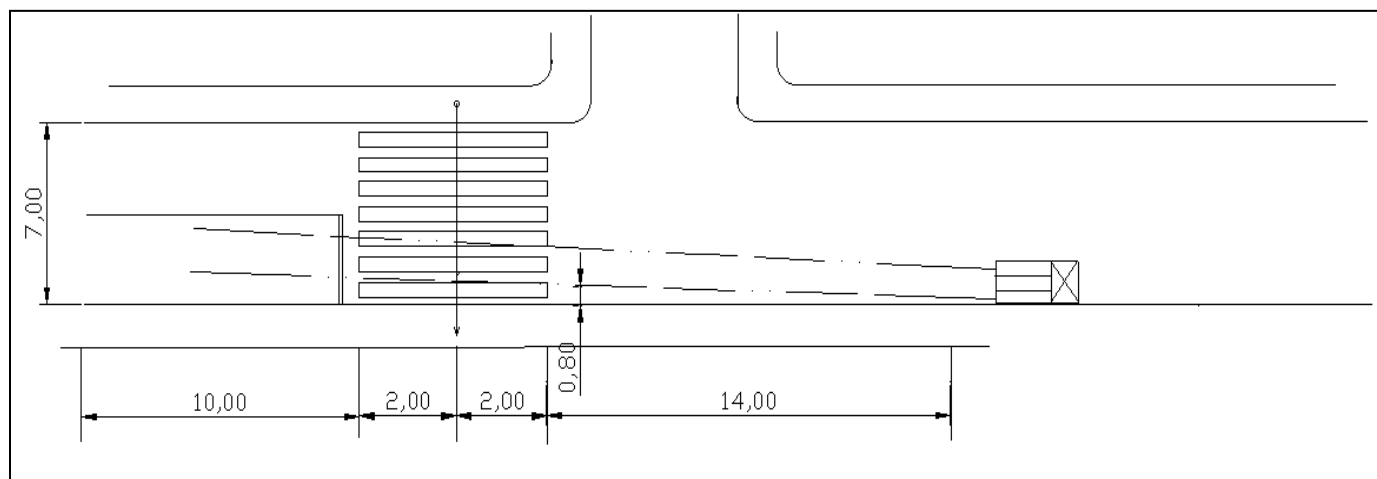
Према нашем мишљењу, пропуст је на страни возача јер се кретао брзином 64,84 (km/h), незгода би могла бити избегнута и брзином до 48,04 (km/h), тако да при дозвољеној брзини 40 (km/h) могао би избећи незгоду.

Место судара Аудија и пешака налази се на десној саобраћајној траци, на позицији у којој је пешак био удаљен од леве ивице коловоза за 2,71 (m). Возач Аудија реаговао је кочењем и скретањем у десно кад је његово возило било удаљено од места судара за око 32,89 (m).

Пешак је коловоз прелазио убрзаним кораком од леве ка десној ивици, на обележеном пешачком прелазу. Пешак је лако могао да види и чује наилазећи аутомобил који се кретао већом брзином, па је могао благовремено да реагује и сачека пролаз аутомобила.

8.4. Закључак

Незгода се догодила у насељу на улици која има изграђен коловоз од асфалта ширине 7,0 (m). Улицом се одвија двосмерни мешовити саобраћај. Коловоз је био у успону (гледано у смеру кретања Аудија) од 1,1%. Улица је била права и прегледна. У незгоди је страдао пешак и возач Аудија. По анализи, пропуст пешака је непажљиво прелажење коловоза, а возач није поштовао ограничење брзине, због коришћења наркотика и због техничке неисправности није могао благовремено да реагује.

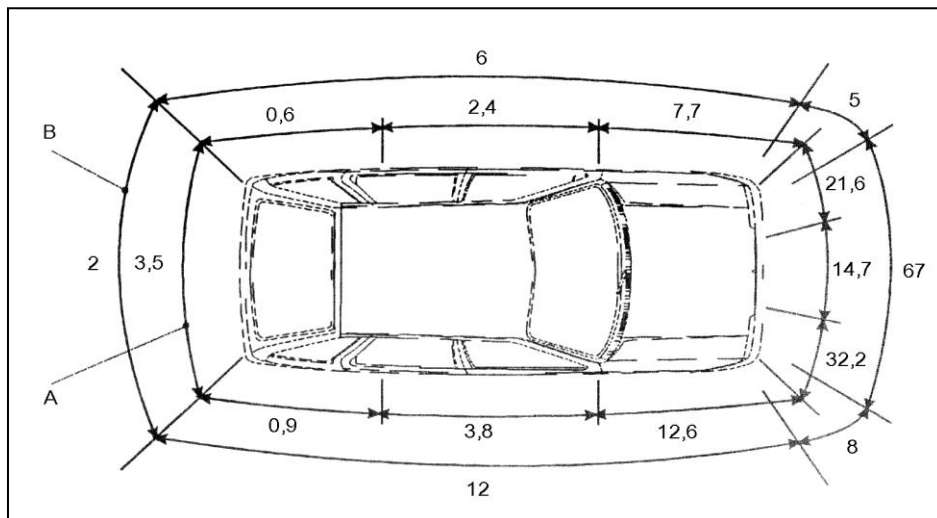


Слика 25. Трагови и позиција возила након незгоде.

9. Статистички подаци о страдању пешака

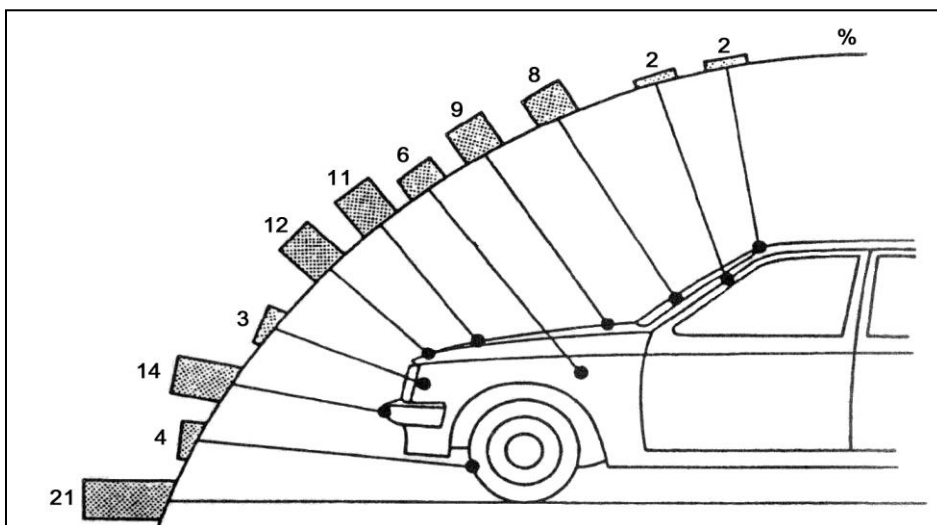
Процењује се да данас у свету у саобраћајним незгодама годишње погине око 300.000 људи, док се око 10 милиона људи повреди. Анализа узрока смрти у саобраћајним удесима показала је да око 22÷25% чине случајеви обарања и/или гажења пешака.^[3]

На слици 26 приказана је процентуална расподела локација првих контакта пешака са возилом. Ознаке А и В на слици се односе на податке из два различита истраживачка центра.

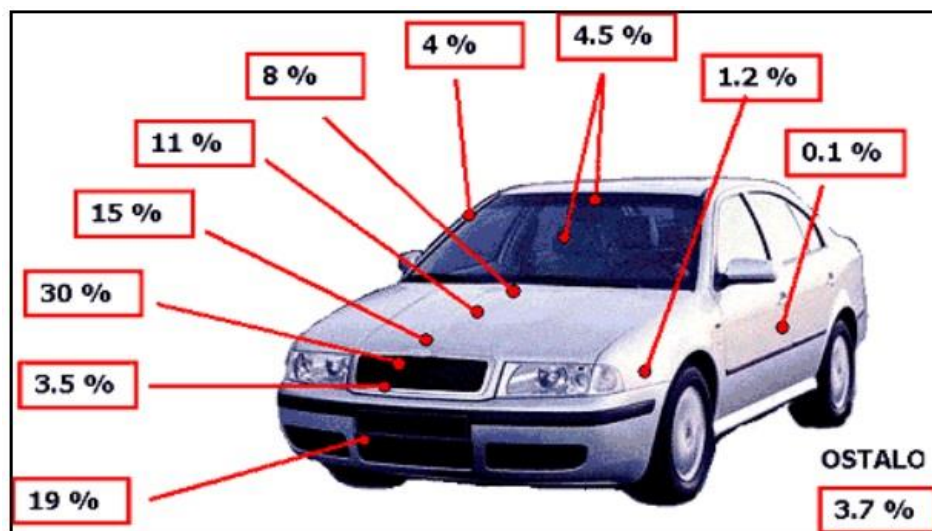


Слика 26. Процентуална расподела локација првих контакта пешака са возилом.

На слици 27 дати су статистички подаци, који се односе на учестаност контакта пешака са означеним зонама предњег дела возила.^[6]



Слика 27. Процентуална расподела контакта пешака и предњег дела возила.



Слика 28. Ризик за пешаке у односу на различите зоне контакта са путничким аутомобилом, као функција учестаности и тежине повреде. ^[3]

Старост пешака је у доброј корелацији са сударима и са тежином повреде. Обзиром да старији људи (преко 60 год.) имају мању отпорност на повреде од деце, њихова смртност од повреда је већа, јер су задобијене повреде теже.

Анализе повреда одраслих, показују да пешаци старији од 55 година у 90% случајева повређују главу, у 91% повређују доњи део ногу, а у 39% кукове, док су ти проценти знатно нижи код пешака испод 55 година старости и износе 74%, 74% и 14%, респективно.

Посебан проблем чини висина пешака јер од ње зависи које површине возила долазе у контакт са пешаком. Разуме се, висина је у директној корелацији са узрастом и полом пешака. При брзинама возила мањим од 25km/h, пешак долази у контакт са предњим површинама возила, али ретко, (само у 1÷20% случајева) долази у контакт са ветробраном, чију горњу ивицу (оквир) не прелази.

При брзинама возила преко 25km/h, 21÷40% пешака долази у контакт са делом крова изнад ветробрана.

EURO NCAP тестом се посебно оцењује колико је аутомобил опасан по пешаке, симулацијом налетања возила на пешака при брзини од 40 km/h, као што је приказано на слици 29. ^[3]



Слика 29. Испитивање ризика симулацијом налетања возил на пешака при брзини од 40 km/h.

10. Примена рачунарских програма у експертизама налета возила на пешаке – упоредна анализа

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 III, 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.^[4]

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.

Први специјализовани програмски пакети намењени експертизама саобраћајних незгода, *CARAT (Computer Aided Reconstruction of Accident in Traffic)*, *PC Crash*, *Virtual Crash*, *Analyzer Pro*, итд., у Европи су се појавили деведесетих година прошлог века. Сваки од ових програмских пакета је пре комерцијализације морао проћи кроз сложен поступак верификације у виду компарације добијених излазних резултата са резултатима експеримената спроведених на испитним полигонима. Да би се то постигло, њихову основу је морао чинити одговарајући симулациони модел, заснован на сложеним математичко-физичким и емпиријским зависностима.

Под симулацијом се подразумева процес моделовања реалног система-групе објеката која је у међусобној интеракцији и која омогућава истраживање утицаја појединих елемената система на његово понашање. Симулација саобраћајне незгоде, омогућава истраживање утицаја појединих параметара релевантних за ток незгоде и представља веома ефикасно средство за разјашњење околности везаних за њен настанак.

10.1. Примена програмског пакета *PC Crash* у анализи налета возила на пешака

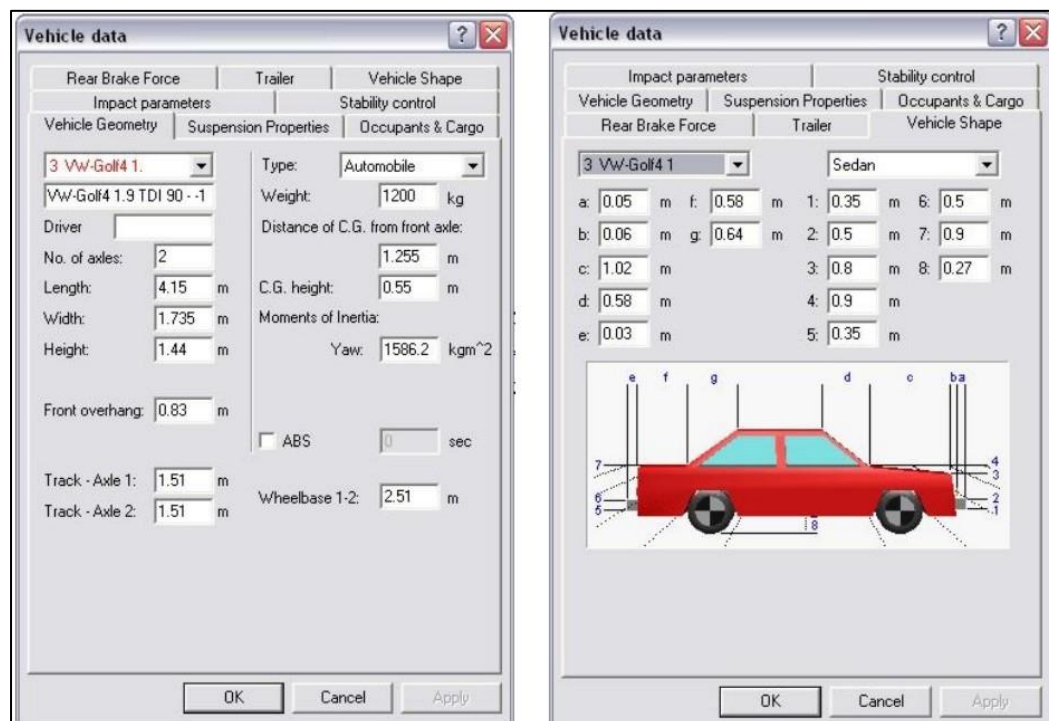
Развој програмског пакета *PC Crash* почео је 1990. године. Данас интерфејс графичког окружења има подршку на 18 светских језика, тако да се може рећи да је овај програмски пакет намењен симулацији и реконструкцији саобраћајних незгода најраспрострањенији у свету.

Једна од најбитнијих тржишних предности *PC Crash*-а је такав приступ његовом развоју који омогућава максимално приближавање захтевима корисника у погледу употребљивости.

Основу овог рачунарског програма чини класичан *Kudlich-Slibar* сударни модел, који је заснован на закону промене количине кретања и закону о промени момента количине кретања, уз респектовање коефицијента реституције код потпуних судара и коефицијента трења између возила, код судара који имају карактер окрзнућа. Поред анализе судара возила, овај програмски пакет пружа могућност анализе налета возила на пешаке, двоточкаше и др. У тродимензионалној симулацији саобраћајне незгоде са пешацима, возила се типично третирају као јединствена крута тела. Међутим, да би се добила реалана слика налета возила на пешака, тело пешака се мора третирати као систем међусобно повезаних тела са својим специфичним карактеристикама. То је омогућено помоћу Мултибоду симулационог модула. *PC Crash* је опремљен овим модулом од верзије 5.1. *Multibody* модул се користи у биомеханичкој симулацији покрета пешака на кога је налетело возило, у симулацијама саобраћајних незгода са учешћем двоточкаша (бицикл, мотор) и симулацијама покрета путника унутар возила.

Модел пешака састоји се од 16 елемената међусобно повезаних зглобовима, уз могућност дефинисања положаја по x , y и z оси за сваки од њих. На тај начин, могуће је у потпуности дефинисати положај пешака у тренутку контакта.

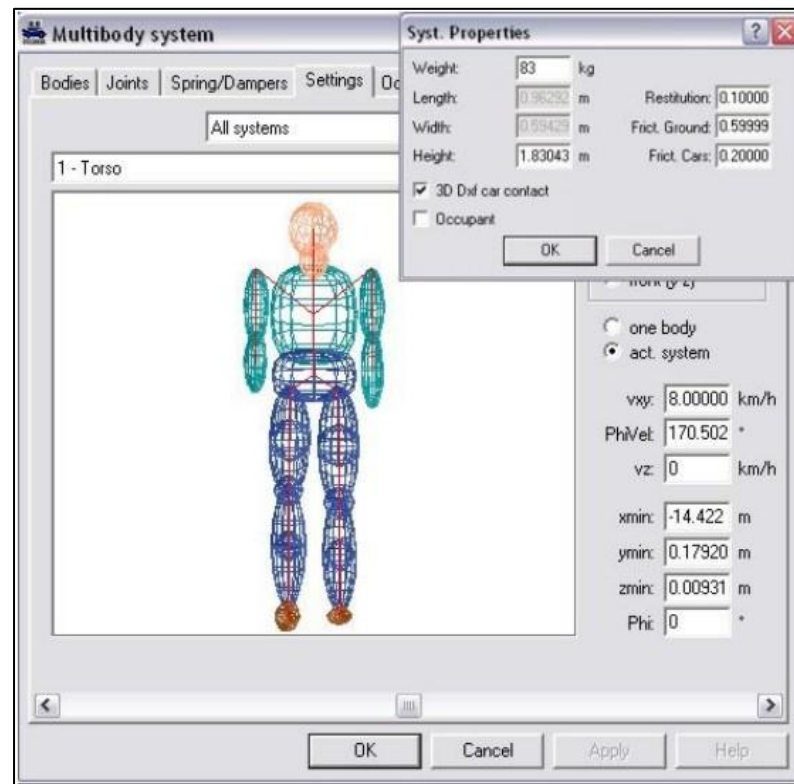
Симулација налета возила на пешака врши се тако што се у одговарајућим прозорским менијима *PC Crash*-а подешавају параметри везани за возило и пешака.



Слика 30. Изглед прозора менија за дефинисање параметара возила.

Најпре се из базе података овог програма уноси марка и тип возила, а затим уколико је то потребно, врши се корекција параметара масе и геометрије возила, како би оно по својим карактеристикама одговарало возилу учествовалом у реалној незгоди. Потом се дефинише почетна брзина возила и интензитет успорења, уколико је оно било кочено.

Припрема пешака за симулацију врши се тако што се одреди положај пешака у односу на возило. Треба напоменути да *Multibody* систем није вештачки стабилизован у стојећој позицији и да он делује по закону гравитације. То значи да ако положај пешака заузима велику дистанцу у односу на возило и почне симулација, после неколико секунди пешак може пасти чак и пре него што дође до контакта са возилом.



Слика 31. Изглед прозора менија за дефинисање параметара *Multibody* модела пешака.

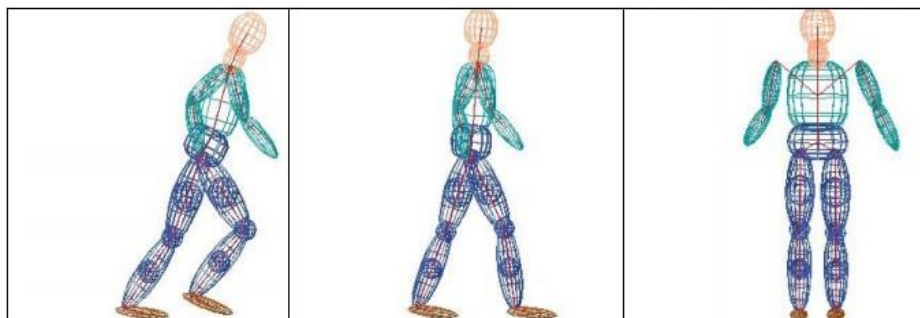
PC Crash омогућава кориговање масе пешака (параметри појединачних елемената система биће аутоматски селектовани), коефицијента реституције приликом налета на пешака, коефицијента трења између пешака и подлоге и коефицијента трења између пешака и возила.

У оквиру самог *Multibody* модула, може се вршити и усклађивање положаја појединих делова тела пешака у односу на возило, као и унос масе и висине пешака, који имају значајан утицај на висину тежишта, односно кинематику након налета.

Поред тога, може се мењати и угао и положај пешака у односу на возило и на тај начин по потреби дефинисати раскорачан став приликом налета, закренутост у односу на возило, погнутост, одручење једне или обе руке, итд. Могућност реализације оваквих положаја у контакту је веома важна, јер пешак коме прети налет возила, на све начине тај контакт покушава избећи или се инстинктивно заштитити, тако да се увија, скаче, нагиње. Због тога је све параметре везане за положај пешака важно дефинисати што је могуће тачније и реалније.

Положај пешака *Multibody* модела у односу на возило може се дефинисати на основу упоредне анализе оштећења на возилу и повреда пешака, насталих у реалној незгоди. Судари појединачних елемената *Multibody* система са деловима возила и подлогом се прорачунавају аутоматски, без отварања сударног дијалог програмског менија.

Основни интеграциони корак за израчунавање покрета пешака је 1 [ms]. Након завршеног прорачуна, симулација налета може се креирати као *.avi* фајл.



Слика 32. Неки од карактеристичних положаја пешака креираних у *Multibody* модулу.

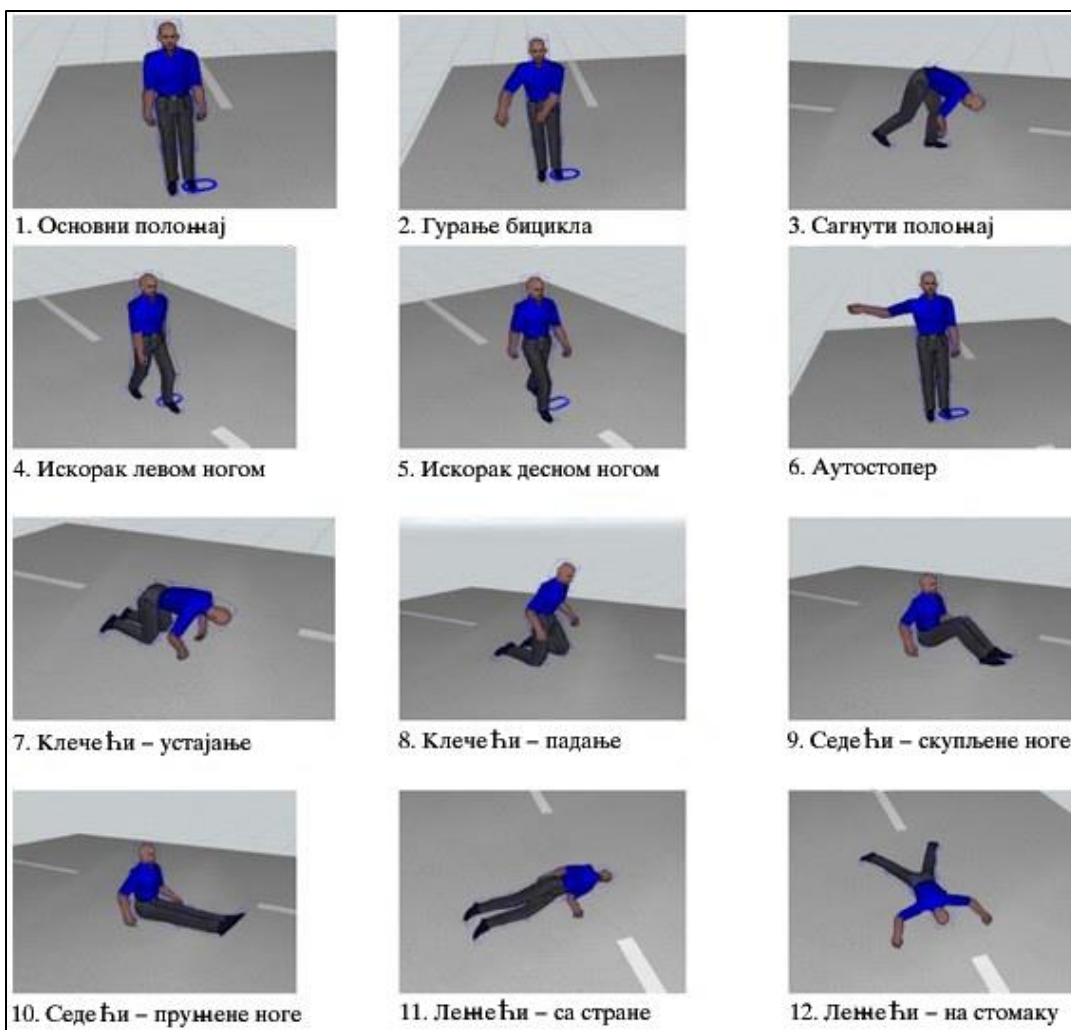
У зависности од брзине процесора на рачунару, свака симулација може потрајати и по неколико минута.

Након спроведене симулације, возило се може пребацити у *.dhf* формат, како би се добио његов реалистичан изглед.

10.2. Примена програмског пакета *Virtual Crash* у анализи налета возила на пешака

Virtual Crash је један од новијих рачунарских програма намењених симулацији и реконструкцији саобраћајних незгода. Програм располаже базом од неколико хиљада возила, реалистичног облика, која се готово свакодневно надограђује.

И овај програмски пакет пружа могућност симулације налета возила на пешаке применом *Multibody* симулационог модела. За разлику од *PC Crash Multibody* модула, у програму *Virtual Crash* није могуће моделовати положај пешака у односу на возило у тренутку контакта, већ се за потребе симулације користе карактеристични положаји пешака који су већ дефинисани. На располагању су 6 положаја пешака у стајаћем положају, два клечећа, два седећа и два лежећа положаја.



Слика 33. Могући положаји пешака у програмском пакету *Virtual Crash*.

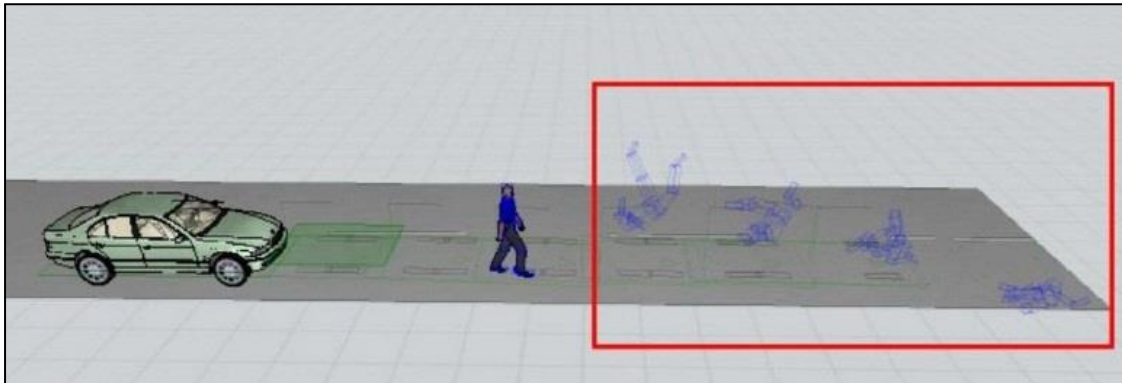
Анализа започиње одабиром возила одговарајуће марке и типа из базе. Одабиром из главног менија селекује се *Multibody* систем а потом се он превлачењем доводи на место незгоде. Након тога се основни положај пешака, по потреби, замењује једним од понуђених положаја, а у складу са оштећењима на возилу, повредама пешака и претпостављеном кинематиком налета.

Модел пешака се понаша као сваки други модел у програму *Virtual Crash*, што значи да се у оквиру подменија могу променити основни параметри модела, као што су брзина, правац кретања, вектор брзине кретања и адхезија према подлози.

У оквиру осталих подменија могуће је извршити корекцију основних кинематичких параметара кретања пешака, као што су положај и укошеност пешака у односу на X , Y , Z осу и параметара брзине, затим основних података о карактеристикама пешака (висина, тежина) и параметара судара (реституција и трење).

Након позиционирања возила и пешака у претпостављену налетну позицију, дефинишу им се брзине, а возилу и успорење, односно коефицијент пријањања, за случај да је било са кочењем.

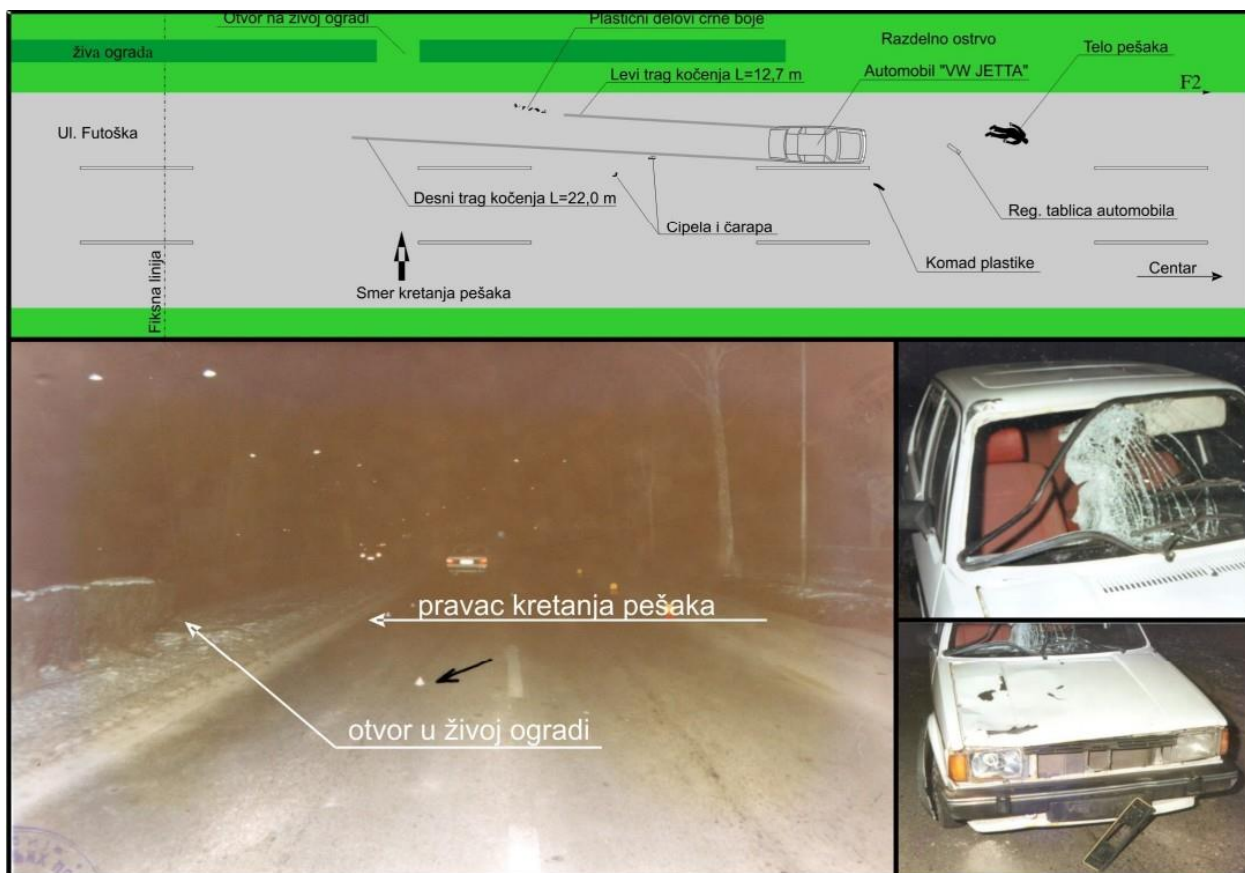
Стартовањем симулације, исцртава се путања кретања оба учесника, тако да се за свега неколико секунди може видети приближна зауставна позиција и аутомобила и пешака.



Слика 34. Кретање возила и пешака након контакта на основу задатих улазних параметара у програмском пакету *Virtual Crash*.

10.3. Упоредна анализа на примеру реалне саобраћајне незгоде

У циљу спровођења упоредне анализе, коришћена је реална саобраћајна незгода – потпуни чеони налет аутомобила на пешака, који је коловоз прелазио са десне на леву страну, гледано у смеру кретања аутомобила. Незгода је карактеристична по томе што је место контакта јасно дефинисано и у подужном и у попречном смислу, на основу места контакта на возилу, положаја трагова кочења аутомобила и отвора у живој огради кроз који је пешак имао намеру проћи. Осим тога, познате су и зауставне позиције оба учесника незгоде.



Слика 35. Изглед места незгоде и оштећења на возилу.

Вештак медицинске струке је на основу анализе повреда на телу пешака закључио следеће: "... да се у тренутку контакта оштећени налазио највероватније у раскораку при чему је о подлогу био ослоњен својим левим стопалом као и да десно стопало у тренутку контакта није било ослоњено на тле или је тај контакт са тлом био минималан без преношења тежине... да режим и брзину кретања пешака као ни режим његовог претходног кретања, не може утврдити на основу природе и карактеристика повреда...".

Табела 2. Подаци о незгоди.

Датум	16.02.2003.
Време	око 01:00
Локација	ул. Футошки пут, Нови Сад
Атмосферски услови	време хладно, без падавина, коловоз сув
Видљивост	ноћна, улична расвета, добро осветљено
Подаци о пешаку	мушкарац, 51. год., висок 177cm, алкохол 2,03‰
Подаци о возилу	"VW JETTA"
Остали релевантни подаци	кочни коефицијент радне кочнице на возилу 65%

На основу анализе оштећења на аутомобилу "VW ЖЕТТА", повреда пешака и налаза вештака медицинске струке, закључено је да је примарни контакт остварен између предњег десног угла аутомобила "VW ЖЕТТА" и леве ноге пешака на коју је био и ослоњен. Након тога, тело пешака је набачено на предњи део возила при чему су горњи делови тела остварили контакт са ветробранским стаклом. Одмах потом, тело пешака је одбачено у напред и у леву страну, гледано у смеру кретања аутомобила.

10.4. Рачунска анализа

У односу на дефинисано место налета, аутомобил "VW ЖЕТТА" је до своје зауставне позиције прешао пут од око 21 m, док је пешак одбачен унапред за око 27,5 m (посматрано у односу на тежиште).

На основу дужине пута кочења аутомобила "VW ЖЕТТА" од дефинисаног места налета до зауставне позиције, брзина овог возила у тренутку налета износила је око:

$$V_s = \sqrt{2 \cdot b \cdot S_{4z}} = \sqrt{2 \cdot 7.0 \cdot 21} = 17.1 \text{ m/s} = 61.7 \text{ km/h}$$

На основу опште прихваћене и највише коришћене емпиријске зависности налетне брзине у функцији даљине одбачаја пешака, добија се да је брзина аутомобила "VW ЖЕТТА" у тренутку контакта износила око:

$$V_s = 12\sqrt{S_{od}} = 12\sqrt{27.5} = 62.9 \text{ km/h} \pm 10\%$$

Према *Tooru* и *Araszewskom*, налетне брзина у функцији даљине одбачаја пешака износила би:

$$V_s = 8.25 \cdot S_{od}^{0.61} \pm 7.7 \text{ km/h} = 8.25 \cdot 27.5^{0.61} \pm 7.7 \text{ km/h} = 62.3 \text{ km/h} \pm 7.7 \text{ km/h}$$

У одређивању функционалне везе између налетне брзине и даљине одбачаја пешака, *Collins* је у обзир узео и висину пешака h , као и коефицијент адхезије на путу клизања пешака, који је определио као константну вредност од 0,8, независно од подлоге. Даљину одбачаја пешака он је изразио функцијом:

$$S_{od} = \frac{V_s \cdot \sqrt{h}}{7.97} + \frac{V_s^2}{254 \cdot \mu}$$

Брзина налета на пешака добија се решавањем квадратне једначине и упрошћавањем, кроз израз:

$$V_s = 15.93\mu \cdot \left(\sqrt{h + \frac{S_{od}}{\mu}} - \sqrt{h} \right).$$

Ако се узме у обзир висина пешака учествоваога у незгоди, добија се:

$$V_s = 15.93 \cdot 0.8 \cdot \left(\sqrt{1.77 + \frac{27.5}{0.8}} - \sqrt{1.77} \right) = 59.7 \text{ km/h}.$$

10.5. PC Crash анализа

За потребе анализе саобраћајне незгоде применом програмског пакета *PC Crash*, у *Multibody* модулу је извршено моделовање пешака у складу са његовим карактеристикама и налетним положајем дефинисаним од стране вештака медицинске струке. Овај положај је доведен у везу са оштећењима на возилу насталим у примарном контакту и на тај начин је реконструисана налетна позиција.^[4]

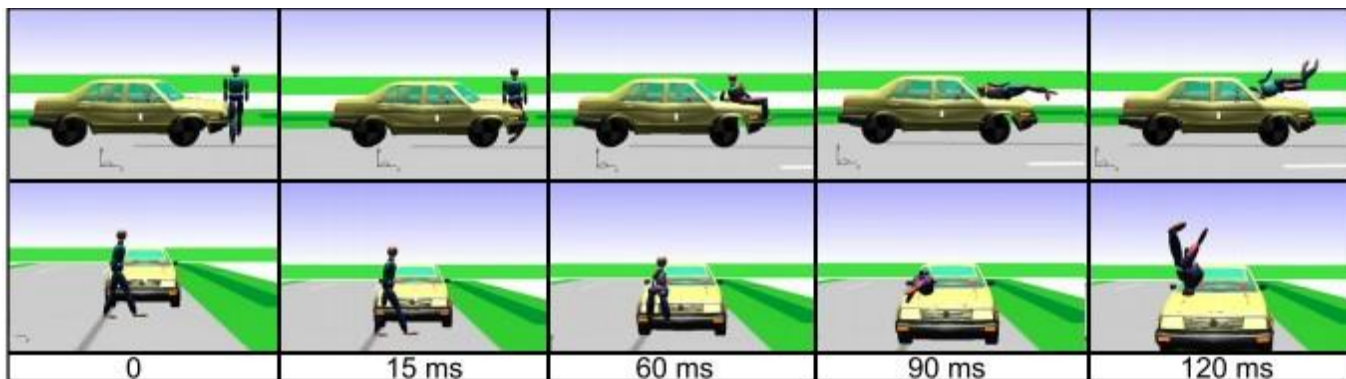
Након више спроведених симулација, утврђено је да је брзина аутомобила "VW JETTA" у тренутку налета на пешака износила 62 km/h. Овако утврђена брзина у потпуности је потврђена зауставном позицијом пешака, уз коефицијент адхезије на путу клизања пешака од 0,78 и коефицијент реституције у судару од 0,1, као и зауставном позицијом возила, уз успорење од 7 m/s² на путу кочења. Брзина пешака у тренутку контакта износила је 7 km/h.



Слика 36. Налетна позиција дефинисана у програмском пакету *PC Crash*.

Осим наведеног, сама кинематика пешака након налета, у складу је са оштећењима на возилу. Десна искорачна нога остварује контакт са средишњим делом возила у зони регистарске таблице, труп пешака са поклопцем мотора, а глава са ветробранским стаклом у зони доње трећине посматрано по висини.

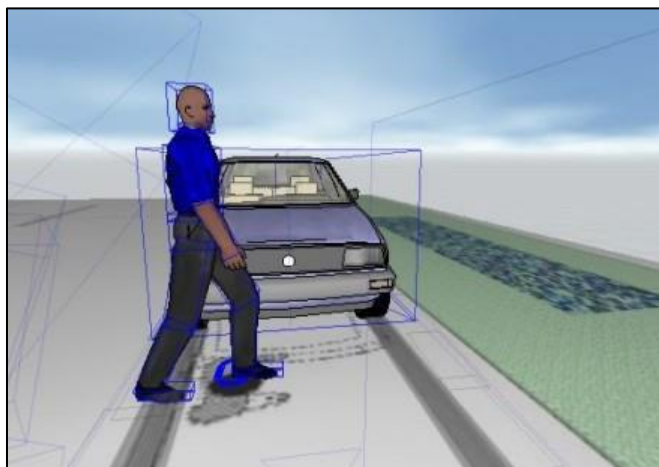
Приказ кинематике налета на пешака по временским секвенцама, а у складу са спроведеном симулацијом, приказан је на слици 37.



Слика 37. Приказ кинематике налета на пешака у PC Crash програму, по временским секвенцама.

10.6. Virtual Crash анализа

У програмском пакету *Virtual Crash*, извршен је одабир возила из базе и корекција основног положаја и карактеристика пешака. На основу оштећења на возилу и повреда пешака, а с обзиром на ограничене могућности у дефинисању његовог положаја у тренутку контакта, најбољи резултат добијен је одабиром искорачног положаја левом ногом.

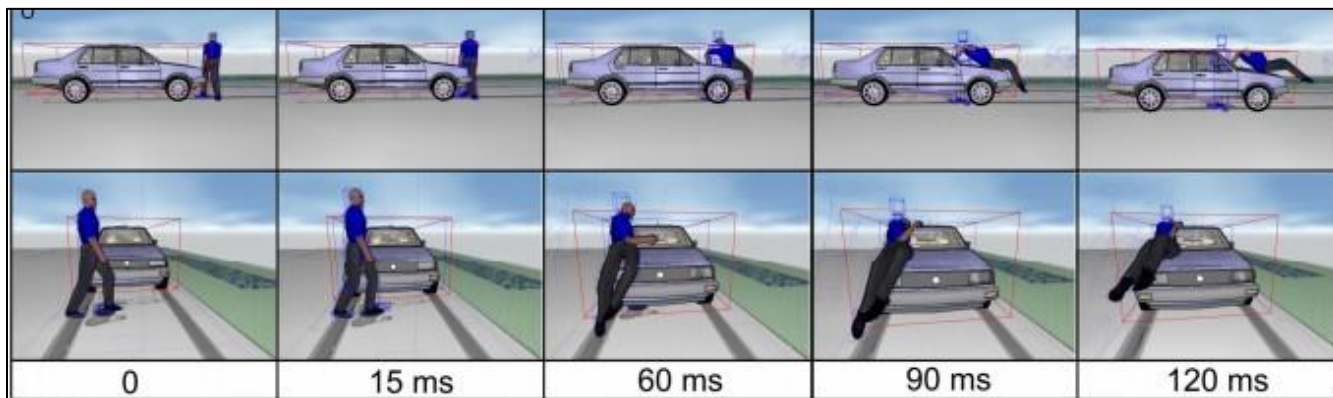


Слика 38. Налетна позиција дефинисана у програмском пакету *Virtual crash*.

Налетна брзина аутомобила, која је у потпуности потврђена зауставном позицијом пешака износила је 60 km/h. Брзина пешака у тренутку налета износила је 5,7 km/h, а коефицијент адхезије у процесу клизања по коловозној површини 0,54.

Само возило, успоравајући успорењем интензитета 7 m/s^2 , зауставило се на 0,5 m пре позиције дефинисане у увиђајној документацији.

Кинематика самог налета не одговара у потпуности оштећењима на возилу, тако да глава пешака ни не остварује контакт са предњим ветробранским стаклом. Приказ кинематике налета на пешака, по временским секвенцама, дат је на слици 39.



Слика 39. Приказ кинематике налета на пешака у *Virtual Crash* програму, по временским секвенцама.

10.7. Упоредна анализа

Саобраћајна незгода која је послужила за упоредну анализу, карактеристична је по томе што је возило за собом оставило видљиве трагове кочења, који су омогућили израчунавање налетне брзине на основу дужине пута кочења. Уколико је познато место налета на пешака, брзина израчуната на овакав начин може се сматрати најпоузданијом, с обзиром да готово све емпиријске методе дозвољавају могућност одступања израчунате брзине у одређеном дијапазону.

Рачунска анализа је показала релативно добро слагање између вредности брзине израчунате на основу дужине пута кочења и емпиријских метода, које у обзир узимају даљину одбачаја пешака. При томе само *Collins*-ова метода, поред даљине одбачаја пешака у обзир узима и његову висину.

Код рачунарских метода, применом програмских пакета *PC Crash* и *Virtual Crash*, кроз процес визуализације је могуће сагледати и кинематику самог налета. Упоредни приказ резултата и карактеристика спроведене анализе у зависности од примењене методе, дат је у табели 3.

У овој табели је дат и приказ улазних параметара, неопходних за анализу, излазних параметара релевантних за оцену спроведене анализе, ниво прецизности добијених резултата (уколико је он дефинисан од стране аутора), времена неопходног за реализацију анализе и област примењивости.^[4]

Табела 3. Упоредни приказ резултата и карактеристика анализе у зависности од примењене методе.

Примењена метода	Налетна брзина (km/h)	Неопходни улазни параметри	Излазни параметри	Степен прецизности	Време неопходно за анализу	Ограничења у примени
Пут кочења	61,7	Место налета, пут кочења, успорење возила	Налетна брзина, даљина одбачаја	Зависно од интензитета успорења	Веома кратко	Кочени налет
Даљина одбачаја	62,9	Даљина одбачаја	Налетна брзина	$\pm 10\%$	Веома кратко	Потпуни чеони кочени налет
Даљина одбачаја (Toor и Araszewski)	62,3	Даљина одбачаја	Налетна брзина	$\pm 7,7 \text{ km/h}$	Веома кратко	Без ограничења
Даљина одбачаја (Collins)	59,7	Даљина одбачаја, коефицијент адхезије на путу клизања пешака, висина пешака	Налетна брзина	Није дефинисан	Веома кратко	Без ограничења
PC Crash 8.1 Multibody модел	62,0	Геометрија возила, маса возила, налетна брзина, успорење, место налета, налетна позиција возила, налетна позиција пешака, маса пешака, висина пешака, коефицијент адхезије, коефицијент реституције	Налетна брзина, налетна позиција возила, налетна позиција пешака, даљина одбачаја, кинематика налета	Зависан од квантитативно-квалитативне анализе улазно-излазних параметара	До неколико сати	Без ограничења
Virtual Crash 2.2 Multibody модел	60,0	Геометрија возила, маса возила, налетна брзина, успорење, место налета, налетна позиција возила, изабрана налетна позиција пешака, маса пешака, висина пешака, коефицијент адхезије	Налетна брзина, налетна позиција возила, налетна позиција пешака, даљина одбачаја, кинематика налета	Зависан од квантитативно-квалитативне анализе улазно-излазних параметара	До једног сата	Без ограничења

За разлику од аналитичких метода, тродимензионални *Multibody* модели у оквиру програмских пакета *PC Crash* и *Virtual Crash*, засновани су на принципима биомеханике и омогућавају да се поред утицаја налетне брзине на даљину одбачаја пешака, сагледају и други елементи релевантни за анализу саме незгоде, као што су: кинематика и динамика налета, утицај налетне позиције на зауставни положај пешака, успорење возила и пешака на путу клизања, утицај брзине пешака и што је најважније, испита корелација између оштећења на возилу и повреда пешака.

Стога се може закључити да су тродимензионални *Multibody* модели најбољи начин за истраживање овог типа незгода. Применом овог модела, мултидисциплинарним приступом у поступку експертизе, уз посредно или непосредно ангажовање стручњака медицинске струке, могу се добити веома поуздани резултати неопходни за даљу анализу тока незгоде.

За експертизу налета возила на пешака применом програмског пакета *PC Crash* неопходан је велики број улазних параметара. Многи од њих су дефинисани као препоручене дефолт вредности од стране аутора програма, док је друге неопходно да унесе сам корисник.

С обзиром да су резултати анализе применом програмског пакета *PC Crash* веома осетљиви и на најмање промене појединих параметара, за његово коришћење неопходно је одређено предзнање. Како се ради о компликованим моделима, процес симулације налета може потрајати неколико минута. За изналажење коначног решења понекад је потребно спровести велики број симулација, тако да експертиза незгоде применом *Multibody* модела у програму *PC Crash* може потрајати и до неколико сати. Програм се испоручује уз одговарајући приручник и упутство, који дају одговор на највећи део питања везаних за његово коришћење.

Програмски пакет *Virtual Crash* пружа могућност за нешто бржу анализу саобраћајне незгоде типа налет возила на пешака. У анализираном случају добијена је налетна брзина од 60 km/h, нешто мања од брзине утврђене програмом *PC Crash*, док се само возило, уз примену истог интензитета успорења, зауставило на око 0,5 m пре краја регистрованих трагова кочења.

Ове разлике јавиле су се у највећој мери због тога што на одабраном раскораченом *Multibody* моделу пешака није било могуће вршити ма какве корекције. Примена осталих расположивих положаја пешака није давала добре резултате. У програмском пакету *Virtual Crash*, очекивана зауставна позиција возила и пешака, у зависности од унетих параметара, добија се одмах по стартовању симулације. Из тог разлога сам поступак експертизе незгоде је знатно краћи него код програма *PC Crash*.

Уз програм се не испоручује приручник, али је на располагању детаљна помоћ у оквиру самог програма, која даје објашњења и одговоре на готово сва спорна питања.

11. Закључак

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, што је показано и на примеру реалне саобраћајне незгоде обрађене у претходном поглављу. 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* и *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 такође 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 и поузданије резултате и поуздану основу за даљу анализу тока незгоде.

Такође у знатној мери скраћује време целокупног процеса и тако омогућује већу ефикасност, са смањеном могућношћу појаве грешака, у односу на класичне аналитичке методе.

11.1. Реконструкција конкретног примера у програмском пакету *Virtual Crash 3.0*

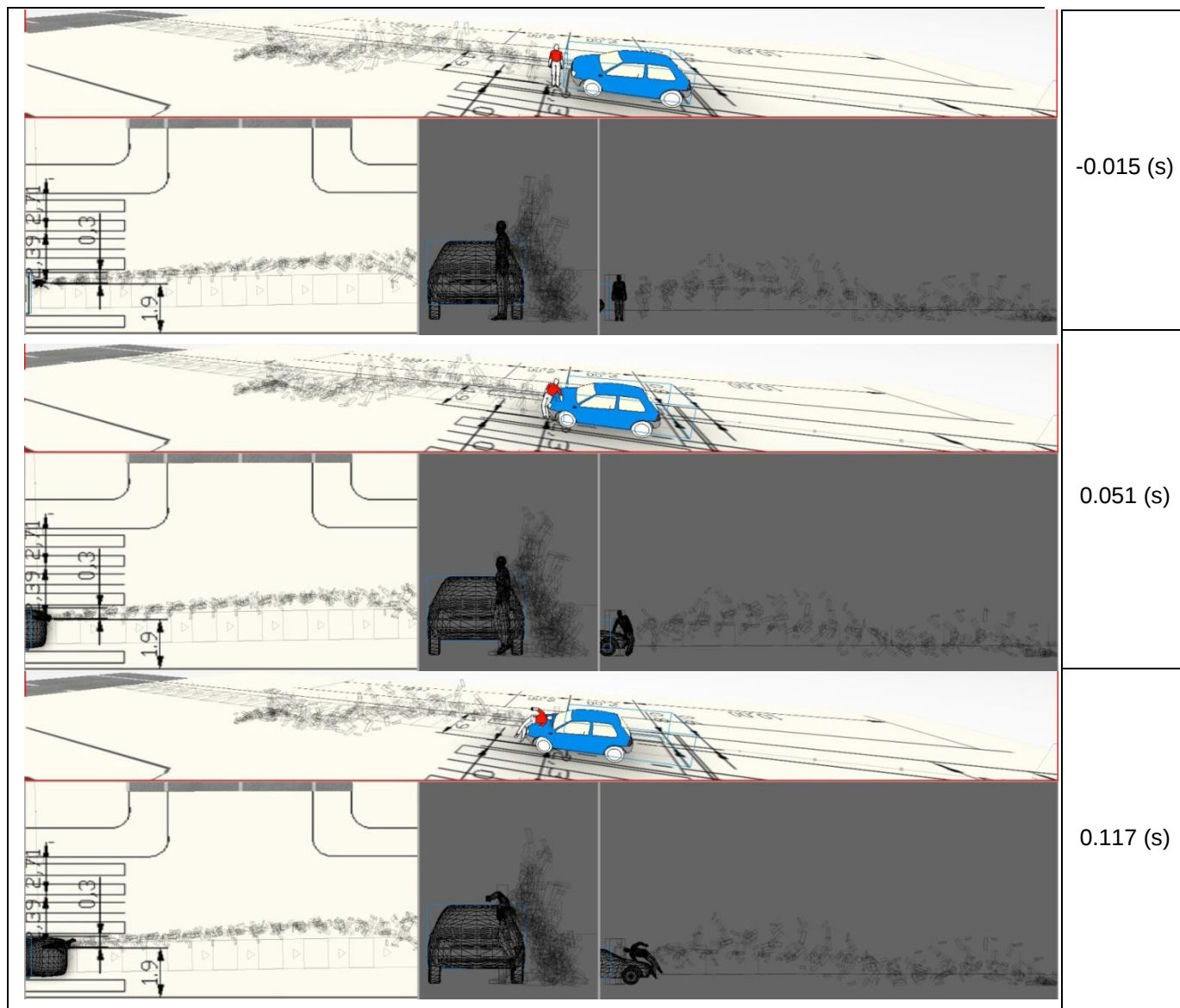
Овде је дат визуелни преглед реконструкције саобраћајне незгоде из примера 2. осмог поглавља у програмском пакету *Virtual Crash 3.0* "демо" верзије (непотпуна верзија програма која се налази на званичном сајту).

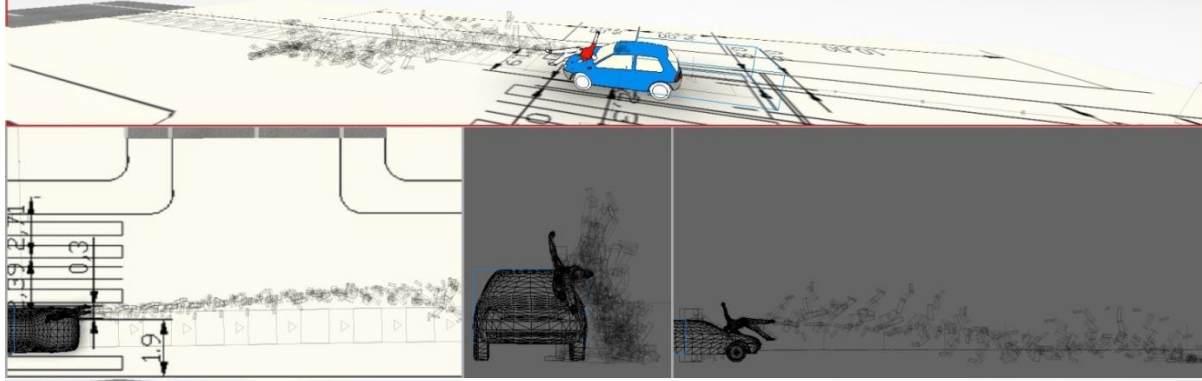
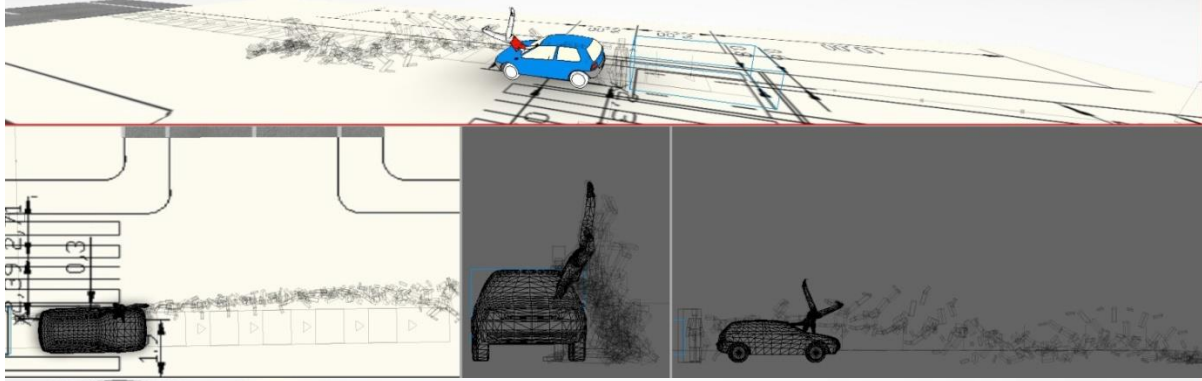
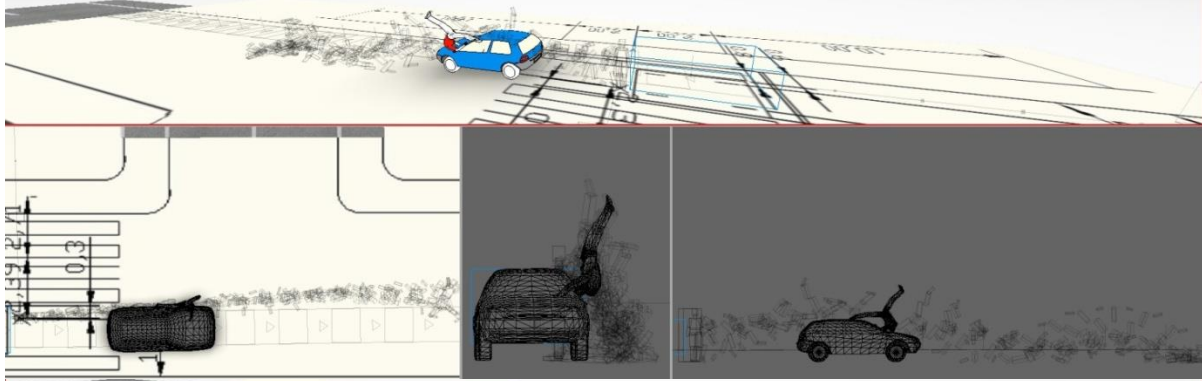
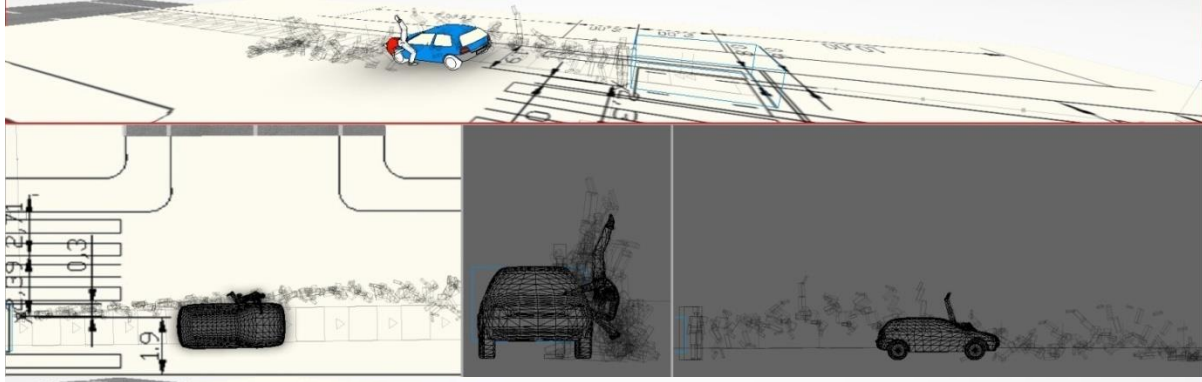
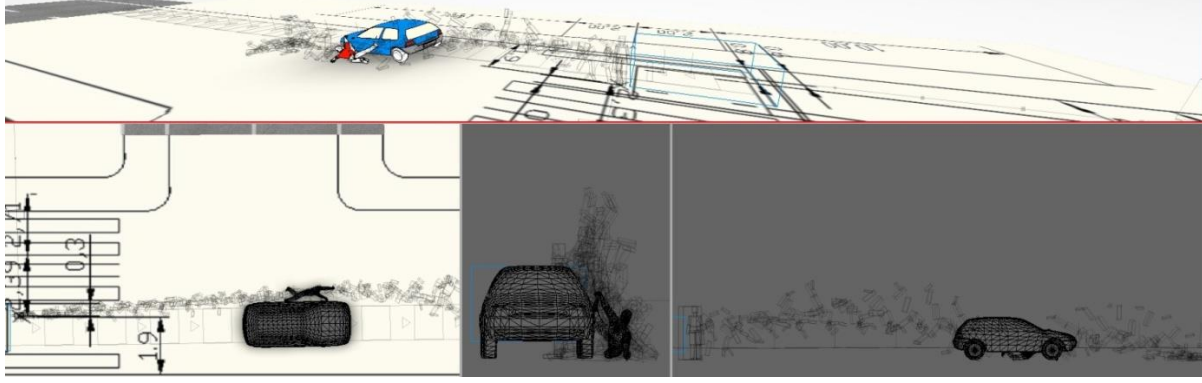
Учесници незгоде су путничко возило и пешак. Тешке телесне повреде нанете су пешаку који је у прелажењу коловоза контактиран од стране возила. Пешак се кретао убрзаним кораком преко коловоза (пешачког прелаза) и притом задобио повреде леве ноге и приликом одбачаја на ветробранско стакло задобио повреде главе, повреде ребара и карличне кости. Приликом удара у пешака, возач је задобио лакше повреде.

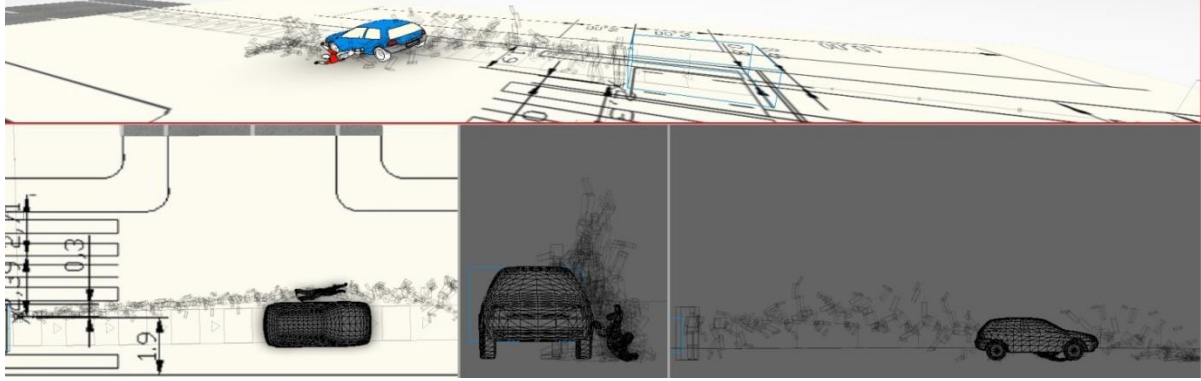
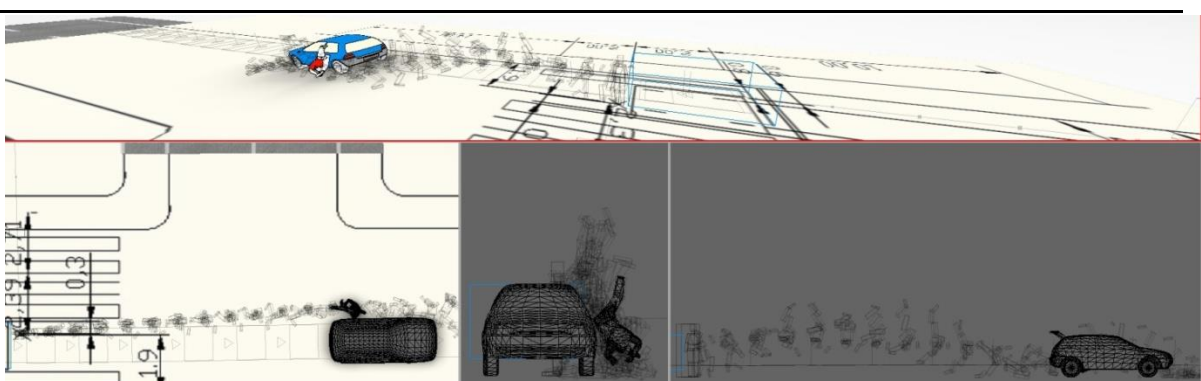
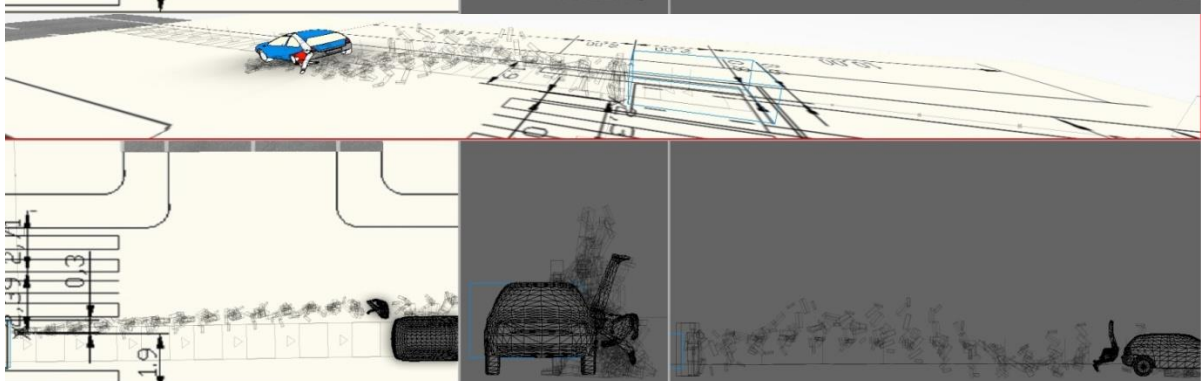
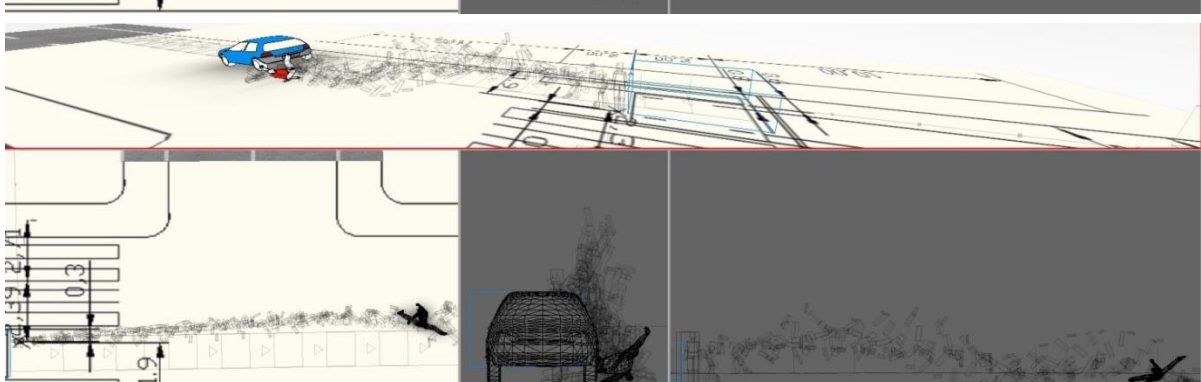
Пешак је прво контактиран левом чеоном страном возила. Пошто се возач кретао већом брзином од дозвољене пешак је након контакта са возилом бачен на предње ветробранско стакло. При том судару дошло је до оштећења 0,3 (m) левог бока аутомобила, оштећење на поклопцу мотора у предњем делу, од контакта са пешаком возилу је разбијено ветробранско стакло (испред возача). Техничким прегледом након незгоде је утврђено да путничком аутомобилу нису кочили задњи точкови.

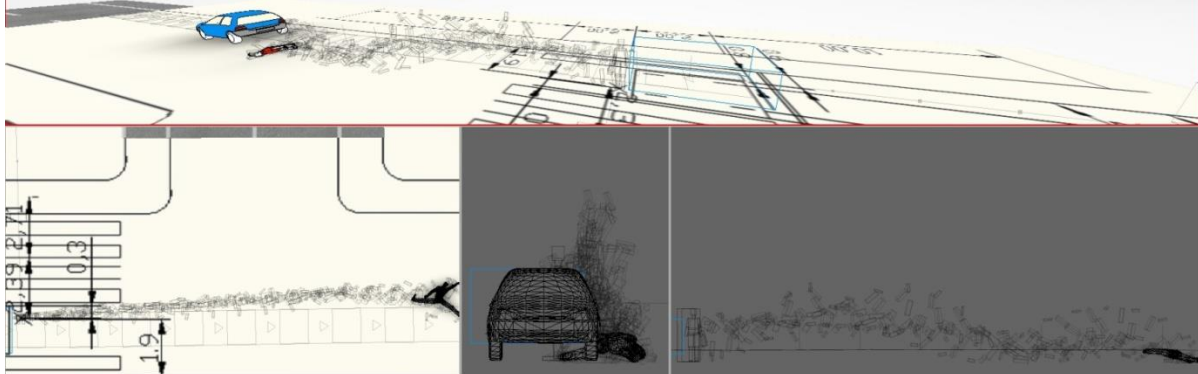
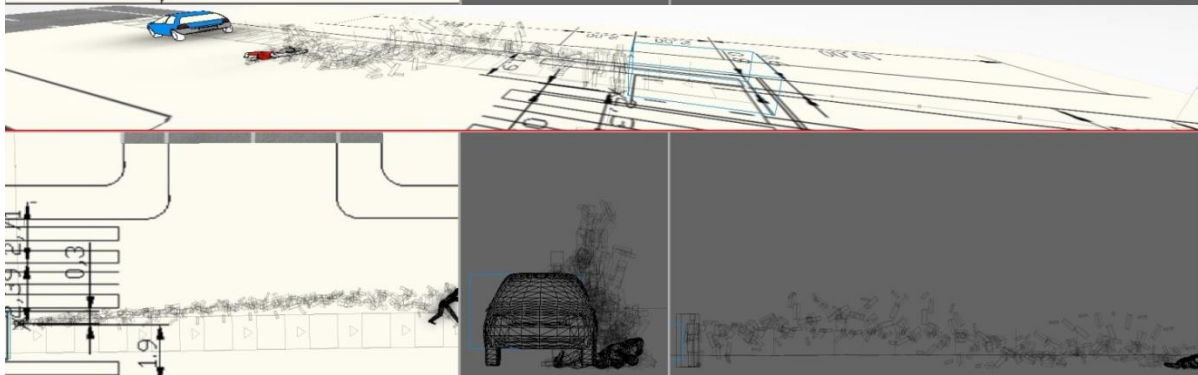
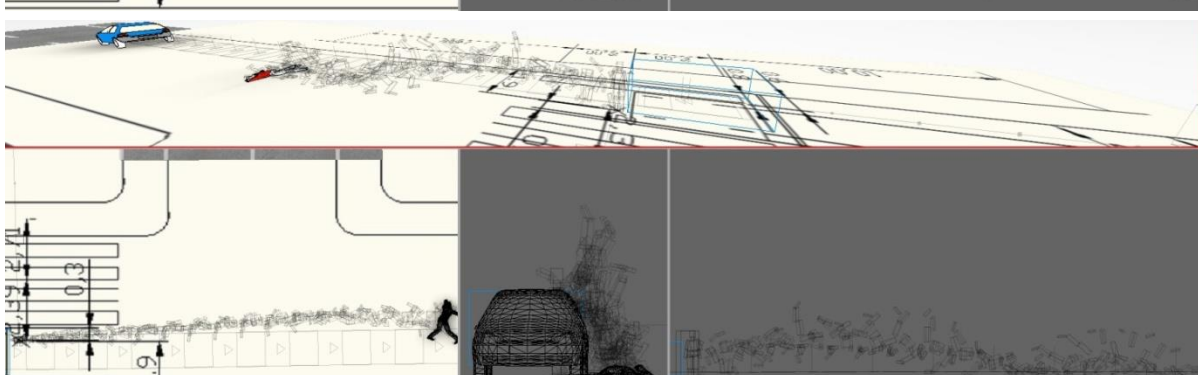
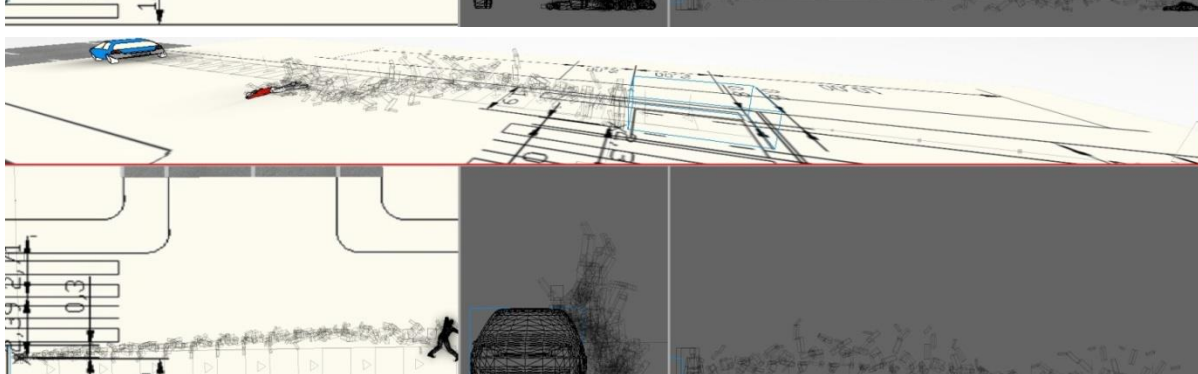
С обзиром да је у питању "демо" верзија програма, није могуће унети све потребне параметре за тачан и прецизан приказ поменути саобраћајне незгоде, па је ово само један приближан приказ тока незгоде са приближним вредностима брзина и осталих параметара.

Симулација се снима у **.avi** формату док је на следећим сликама дат приказ по временским секвенцама у **.jpg** формату.

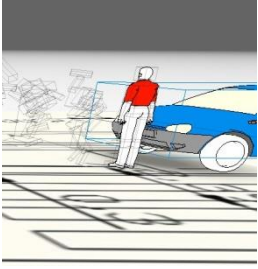
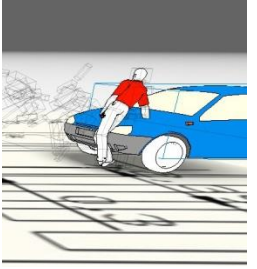
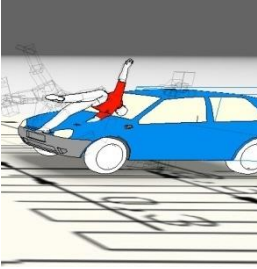
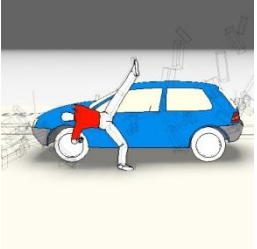
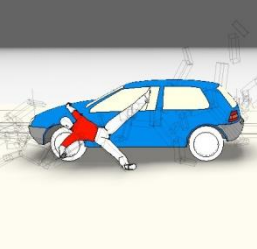
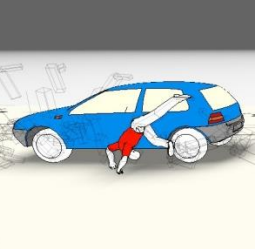
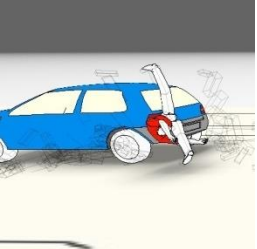
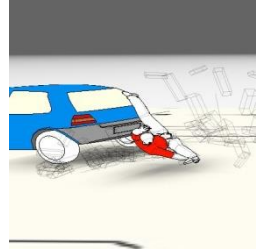
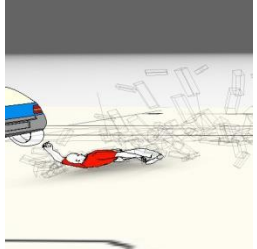


	0.183 (s)
	0.381 (s)
	0.580 (s)
	0.778 (s)
	0.976 (s)

	1.042 (s)
	1.241 (s)
	1.439 (s)
	1.703 (s)

	1.902 (s)
	2.431 (s)
	3.554 (s)
	4.612 (s)

Слика 40. Приказ кинематике налета на пешака у Virtual Crash програму, по временским секвенцама, сви погледи.^[18]

				
-0.015 (s)	0.051 (s)	0.117 (s)	0.183 (s)	0.249 (s)
				
0.381 (s)	0.580 (s)	0.712 (s)	0.844 (s)	0.910 (s)
				
0.976 (s)	1.175 (s)	1.439 (s)	1.637 (s)	1.836 (s)

Слика 41. Приказ кинематике налета на пешака у Virtual Crash програму, по временским секвенцама, увеличан поглед са бочне стране.^[19]

Литература

- [1] Ротим Ф., Елементи сигурности цестовног промета: Експертизе прометних незгода, Свежак 1, Факултет прометних знаности Свеучилишта у Загребу, Загреб 1990.
- [2] Богдановић В., Папић З., Рушкић Н., Карактеристике делимичних чеоних налета на пешаке, VIII Симпозијум “СУДАР ВОЗИЛА И ПЕШАКА”, Врњачка Бања 2009.
- [3] Крстић Д., Брзаковић Р., Марјановић З., EURO NCAP стандарди за рангирање аутомобила, Фестивал квалитета 2007., 2. Национална конференција о квалитету живота, Крагујевац, 08. – 11. Мај 2007.
- [4] Папић З., Богдановић В., Костић С., Рушкић Н., Примена рачунарских програма у експертизама налета возила на пешаке - Упоредна анализа, VII Симпозијум о саобраћајно-техничком вештачењу и процени штете, Врњачка Бања 2009.
- [5] Драгач Р., Типични примери експертиза саобраћајних незгода на путевима, Београд 2007.
- [6] Јанковић А., Симић Д., Безбедност аутомобила, Монографије и универзитетски уџбеници, Крагујевац, јануар 1996.
- [7] Марковић Н., Вујанић М. М., Цвијан М., Утицај анализе оштећења на налаз и мишљење вештака у судару возила и пешака, VIII Симпозијум “СУДАР ВОЗИЛА И ПЕШАКА”, Врњачка Бања 2009.
- [8] Закон о безбедности саобраћаја, Агенција за безбедност саобраћаја, 2010.
- [9] <http://www.pc-crash.com/>
- [10] <http://www.vcrash3.com/>
- [11] <https://www.youtube.com/watch?v=Wy4OGKY5g7k#t=314>
- [12] <http://www.tsgserbia.com/?strana=33> приступљено 14.07.2014. год.
- [13] <http://www.vestacenja.co.rs/strucniradovi.php> приступљено 14.07.2014. год.
- [14] <http://book.tsp.edu.rs/course/view.php?id=20> приступљено 23.07.2014. год.
- [15] http://www.vtsnis.edu.rs/Predmeti/tehnika_bezbednosti_i_kontrole_saobracaja/1%20Uvidjaj%20SN.pdf приступљено 23.07.2014. год.

[16] <http://tsalaskm.com/2013/Peko/Uvidjaj.pdf> приступљено 04.08.2014. год.

[17] http://promet-ekspert.hr/radovi/nalet_vozila_na_pjesaka.pdf приступљено 12.08.2014. год.

[18] <https://www.youtube.com/watch?v=HBhCi6Fd98c>

[19] <https://www.youtube.com/watch?v=WWOmS-Ok5Wk>