

ПРЕГЛЕД НЕКИХ ЕФИКАСНИХ НИСКОБУЦЕТНИХ МЕРА КОЈЕ СЕ ПРИМЕЊУЈУ НА ПУТЕВИМА СЕВЕРНЕ АМЕРИКЕ ПРИЛИКОМ РЕХАБИЛИТАЦИЈЕ ПУТА У ЦИЉУ ПОВЕЋАЊА БЕЗБЕДНОСТИ САОБРАЋАЈА

Светозар Мајсторовић
SNC-LAVALIN Inc., Toronto, Canada

Резиме: Приликом рехабилитације пута расположива материјална средства иако релативно ниска, уколико су правилно уложена, могу бити у функцији повећања безбедности саобраћаја. У овом раду дат је преглед неких врло ефикасних нискобуцетних мера које су на путевима Северне Америке нашла своју примену и која, појединачно или у комбинацији са другима мерама, могу утицати на смањење саобраћајних незгода у значајном обиму. За мере приказане у раду и за претпостављене услове експлоатације, извршено је вредновање ефикасности методом добит-трошкови уз одређивање граничне вредности тзв. циљних незгода када потенцијална мера постаје исплатива.

Кључне речи: Саобраћајне незгоде, модификациони фактор саобраћајних незгода, мере, третман, добит/трошкови.

REVIEW OF LOW-COST ROAD SAFETY IMPROVEMENTS IMPLEMENTED ON NORTH AMERICAN ROADS DURING THE ROAD REHABILITATION

Abstract: Agency budgets allocated for road rehabilitation projects are often very limited. Despite that, properly invested money can provide significant road safety improvements. In this paper, proven low-cost safety measures implemented on North American two-lane rural roads alone or in a combination with other treatments are presented. For the measures considered, Benefit/Cost Analyses have been performed in order to determine when certain measures become justified for implementation.

Key words: Accidents, accident modification factors, measures, treatment, benefit/cost.

1. УВОД

Унапређење безбедности путног саобраћаја није увек лак задатак. Он најчешће захтева низ координираних активности на више нивоа почев од доношења одговарајуће законске регулативе, образовања возача, повећања сигурности возила, па све до грађевинских и саобраћајно-техничких решења.

Грађевинска и саобраћајно-техничких решења која проверено чине пут безбеднијим (широке возне траке, коловози одвојени по смеровима, благе кружне кривине, мали подужни нагиби пута, косине насипа умереног нагиба, путни појас у коме нема опасних објеката), могу бити примењене једино при новоградњи. Реконструкције у циљу довођења пута на ниво који гарантује задовољавајућу безбедност не ретко изискују знатна материјална средства, укључујући ту потребу за интервенцијама ван путног појаса.

У процесу рехабилитације пута (тј. повећања 'пасивне сигурности' пута), расположива материјална средства иако релативно ниска, уколико су правилно уложена могу бити у функцији повећање безбедности саобраћаја. Један од циљева овог рада је да просечном пројектанту стави на увид и разматрање неке од мера које можда нису довољно познате, а показале су се врло ефикасним на путевима Северне Америке.

2. ПРЕГЛЕД МЕРА ЗА ВАНГРАДСКЕ ДВОТРАЧНЕ ПУТЕВЕ

2.1 Смањење прописане брзине

Према Л.[04], смањење прописане брзине са 80 на 70km/h и са 70 на 60km/h коришћењем вертикалне сигнализације, може се утицати на смањење саобраћајних незгода до 24% односно 9% респективно. Међутим, из праксе је познато да упркос ограничењима, уколико не постоји и промена у геометрији пута или услова вожње, брзина у највећем броју случајева неће бити редукована. Због тога једна оваква мера увек треба да буде примењена у комбинацији са појачаним присуством полиције, коришћењем мера из домена 'управљања понашањем' (дисплеји који показују тренутну брзину вожње), мера које стварају илузију брже вожње (попречна ивична маркација коловоза), или пак мера за умирења саобраћаја (уграђивање попречних Р-трака)(Л.[16] и [17]).

2.2 Проширивање / асфалтирање банке

Банке као делови путног профила имају функцију да, између осталог, обезбеде структурни интегритет коловоза, олакшају услове одржавања и да обезбеди простор за заустављање у случају нужде. Претпостављени безбедносни ефекти банке у функцији су две супротне тенденције: корисности, јер служе као простор за корекцију вожње, и као потенцијал за прекорачење прописане брзине што за последицу има повећање тежине незгода. Према експертској студији из 1997 (Л.[08]) која је за полазну претпоставку имала да једино чеони судари и незгоде услед слетања са пута могу бити редуковани проширењем/асфалтирањем банке, за деонице пута са ПГДС>2000 возила утврђено је да за свако проширење банке од 0.6м безбедност саобраћаја повећава за сса 10-15%; банке ширине веће од 2.5м практично не обезбеђују додатну безбедност. Са друге стране, додатна безбедност може се постићи асфалтирањем банке; асфалтне банке, осим што додатно повећавају сигурност саобраћаја, обезбеђују и платформу за постављање Р-трака ('Rumble Strips').

2.3 Отклањање дефицита у попречном нагибу

Стабилност возила у кривинама постиже се комбинацијом попречног нагиба и храпавости коловозне површине. Уколико постоји дефицит у обезбеђивању једног од наведених, безбедност саобраћаја може бити угрожена. Ово се посебно односи на веома оштре кривине. Недостатак одговарајућег попречног нагиба коловоза, тј. одступање од правилником прописане вредности и њихов утицај на безбедност саобраћаја, анализирана је од стране Harwood-а и др. (Л.[08]). Пронађено је да за ПГДС≤6000 возила, статистички посматрано, дефицит у попречном нагибу практично не утиче на безбедност саобраћаја. За ПГДС>6000 возила и дефицит у попречном нагибу од 4%, саобраћајне незгоде могу бити веће и до 12%.

2.4 Обезбеђивање позитивног вођења постављањем табле за усмеравање

Постављање табле за усмеравање на прилазима и у самим кружним кривинама има за циљ да привуче пажњу возача на промењене услове вожње и, сходно томе, потребу за прилагођавање брзине. Када је возило већ у кривини, табле обезбеђују боље схватање закривљености кривине уз додатно континуирано, тзв. позитивно вођење олакшавајући возачу позиционирању возила у саобраћајној траци.

Према Elvik-у (Л.[04]), додатним обележавањем кружних кривина број саобраћајних незгода смањује се и до 19%. Оваква једна мера нарочито је пожељна у кривинама мањег радијуса и где је преломни угао кривине већи од 7°.

2.5 Обезбеђивање позитивног вођења постављањем издигнутих маркера у коловозу

Издигнути маркери у коловозу могу бити употребљени као додатна мера хоризонталној сигнализацији за повећање визуалног уочавања средине двотрачног пута посебно на деоницама пута где постоји подаци о незгодама које се догађају у условима ноћне вожње и/или у условима слабе видљивости. Издигнути маркери у коловозу одражавају геометрију пута и могу бити лако уочени на дистанци. Осим што представљају меру за повећање позитивног вођења ноћу, у условима дневне вожње они обезбеђују и звучну опомену возачима у тренутку када возило пређе преко маркера (ово једино уколико су значајније издигнути). Издигнути маркери у коловозу примењују се и уз ивичне траке, на деоницама где се ширина траке мења, деоницама пута у изградњи итд. Један од пожељних услова који издигнути маркери морају да испуњавају је да буду конструисани тако да приликом уклањања снега са пута не буду трајно оштећени (Snowplowable Raised Pavement Markers). И поред тога, у просеку, издигнути маркери морају се заменити после три године. Новија студија Persaud-а и др. у оквиру U.S. National Cooperative Highway Research Program (Л.[13]) показала је да примена издигнутих маркера у коловозу има смисла једино на двотрачним путевима где су примењене благе кружне кривине (степен закривљености ≤ 3.5) и ПГДС=15000-20000 (веома низак ниво услуге тј. експлоатационе брзине) и када се може очекивати смањење броја саобраћајних незгода у условима ноћне вожње и до 24% (за ПГДС=5000-15000 смањење овог типа незгода износи свега 1%). У оштријим кривинама (степен закривљености > 3.5) издигнути маркери у коловозу утичу на повећање броја саобраћајних незгода до 26%.



Слика 1: Обезбеђивање позитивног вођења - а) б) табле за усмеравање в) издигнути маркери у коловозу

2.6 Ублажавање косина насипа

Косине насипа са нагибима блажим од 1:4 (тзв. повратне косине) омогућавају возачима да се након напуштања пута безбедно зауставе или чак успоре и врате се на пут. Примена оваквих нагиба косина до 3м висине и уколико у слободној зони пута нема опасних објеката (стабла, попречне и уздужне калверте, светиљке, итд.) елиминише се потреба за постављањем заштитних ограда (Л.[12]). Према студији Zegeer-а из 1990 (Л.[17]), ублажавањем косина насипа сигурност пута може се, уз релативно ниска средства и уколико не постоји потреба за проширењем путног појаса, додатно повећати. Ублажавањем косина насипа постиже се и боље уклапање пута у амбијент уз смањење могућност завејавања пута .

2.7 Уграђивање Р-трака ('Rumble Strips')

Данас су у Северној Америци у примени више различитих врста Р-трака: утиснуте ('rolled-in'), издигнуте ('raised') и нарубљене ('milled-in') траке. Заједничка особина им је да у тренутку када возило својим точковима пређе преко њих, траке производе звук и вибрације упозоравајући возача да је напустио прописану путању кретања; отуда и њихов назив 'rumble' (грмљавина). Р-траке уграђују се или дуж спољне стране ивичне траке тј. на асфалтне банке или дуж осовине пута. Нарубљене Р-траке чине формације у асфалту ужлебљених, попречно на осовину пута, мањих трака. Према прописима Онтарија, пожељно је уграђивање Р-трака на банке на свим ванградским путевима за које се процени да услед монотоности вожње возачи могу постати непажљиви или чак поспани. Због буке која се ствара преласком точкова преко Р-трака, забрањена је њихова примена у градским зонама. Према Griffith-у (Л.[06]), уколико су уграђене на банке, Р-траке могу утицати на смањење незгода услед слетања са пута и до 21%. Уколико су уграђене у осовини пута, Р-траке могу допринети смањењу чеоних судара за сса 14% (Л.[13]).



Слика 2: Р-траке ('Rumble Strips') - а) на банкини б) у осовини пута в) ивична Р-трака

Додатно позитиван ефекат примене Р-трака, тзв. ивичних Р-трака, добија се тако што се хоризонтална сигнализација (фарба) нанесе преко Р-трака. Пошто је ивица Р-траке офарбана и директно изложена светлу фарова, у условима ноћне вожње и/или мокрог коловоза маркација постаје лакше уочљива са велике дистанце (Л.[03]).

2.8 Постављање заштитних ограда на високим насипима

Постављање заштитних ограда на путевима неопходно је у ситуацијама када опасни објекти не могу бити премештени изван тзв. слободне зоне пута, уколико у непосредној близини пута постоји већа водена површина или на прилазима мостовима тако да је почетак оградe моста заштићен од директног удара. Имајући у виду чињеницу да заштитне оградe по себи представљају опасност по безбедност саобраћаја (судар са оградом проузрокује теже повреде), постављање заштитних ограда је према прописима Онтарија неопходно једино уколико је висина насипа у комбинацији са косином (насипа) таква да насип по себи представља већу опасност по безбедност од заштитне оградe. Према Elvik-у (Л.[04]), постављањем заштитних ограда на високе насипе број незгода и последица незгода (тежина повреда) услед слетања са пута може бити умањен и до 47% (односно се на челичне оградe). Уколико се уместо постојеће челичне оградe постави тзв. 'меку' ограда (нпр. ограда од челичних сајли) број незгода се према повредама смањује до 32%. Иако нешто јефтиније, 'меке' оградe могу се поставити једино тамо где постоји платформа одговарајуће ширине узимајући у обзир извијање оградe. У оба случаја осим што заштитна ограда мора да је одговарајуће дужине, почетак/третман оградe треба да је обезбеђен.

2.9 Делимично осветљавање раскрснице

Делимичним осветљавањем изолованих површинских раскрсница на ванградским путевима број саобраћајних незгода током ноћне вожње може бити значајно смањен уз не тако велика материјална средства. Делимично осветљавање раскрснице подразумева постављање две до четири светиљке у угловима раскрснице. Према новијој студији од стране Preston-а и др. из 2004 обављеној за потребе Department of Transportation Minnesota (Л.[15]), постављање осветљења на ванградским раскрсницама може утицати на смањење саобраћајних незгода насталих у условима ноћне вожње до 27%. Супротно овој тенденцији, студија је показала да је у исто време, иако статистички незнатан, број дневних незгода на делимично осветљеним раскрсницама био повећан; ипак, утврђено је да је однос између дневних-ноћних незгода на осветљеним тј. неосветљеним раскрсницама 1.43 односно 2.03 респективно.

3. АНАЛИЗА ДОБИТ / ТРОШКОВИ

Корисност наведених мера вреднована је методом добит-трошкови и то за типичан двотрачни ванградски пут са заједничким коловозом дужине 1км. Сврха вредновања била је да се утврди за које вредности циљних незгода на чије се потенцијално смањење жели утицати, примењена мера постаје исплатива узимајући у обзир пројектном периоду од 10 година.

3.1 Методологија прорачуна

Трошкови инсталације одређени су на основу текућих јединичних цена у Онтарију, Канада (2007). За мере 1 и 2 (Табела 1) у трошкове инсталације урачунато је и уграђивање попречних Р-трака као физичка мера за умирење саобраћаја. Трошкови одржавања нису узимани у обзир осим за меру 7 где је претпостављена замена свих маркера после сваке три године експлоатације. Такође, једино за меру 7 одређена је и (нето) садашња вредност трошкова.

Прогноза саобраћајних незгода по км-год урађена је за двотрачни пут на основу функције перформанси безбедности које су у примени у Онтарију (конкретно за Kings Arterial Road, 2-lane, rural road; Л.[02]) и то за различита саобраћајна оптерећења како би се утврдило колико је корисност сваке од мера појединачно осетљива на промену саобраћаја. Претпостављено је да су вредности ПГДС приказане у табели просечне 10-о годишње вредности за четири пута са различитим саобраћајним оптерећењем у првој години експлоатације.

У сврху одређивања потенцијалног смањења броја незгода појединачно за сваку циљну незгоду, модификациони фактори саобраћајних незгода усвојени су после обимне анализе стручне литературе/извештаја, пре свега из САД. Критеријум за избор модификационог фактора био је применљивост за дате услове као и препоруке од стране стручне јавности.

Укупна економска добит услед елиминисања једне циљне незгоде по км-год процењена је на основу трошкова незгода према тежини повреда (Л.[11]) узимајући у обзир тренутну заступљеност циљних незгода у укупном броју свих незгода на двотрачним путевима у провинцији Онтарио (Табела 1, р.5). Добит као резултат примене одговарајуће мере одређена је тако што је прогнозиран број незгода умножен процентом заступљености циљне незгоде у укупном броју незгода и процентом смањења незгода услед примене мере. Коначно, годишња добит услед смањења циљних незгода претворена је у (нето) садашњу вредност добити, претпостављајући животни век рехабилитованог пута од 10 година и интересну стопу од 4%.

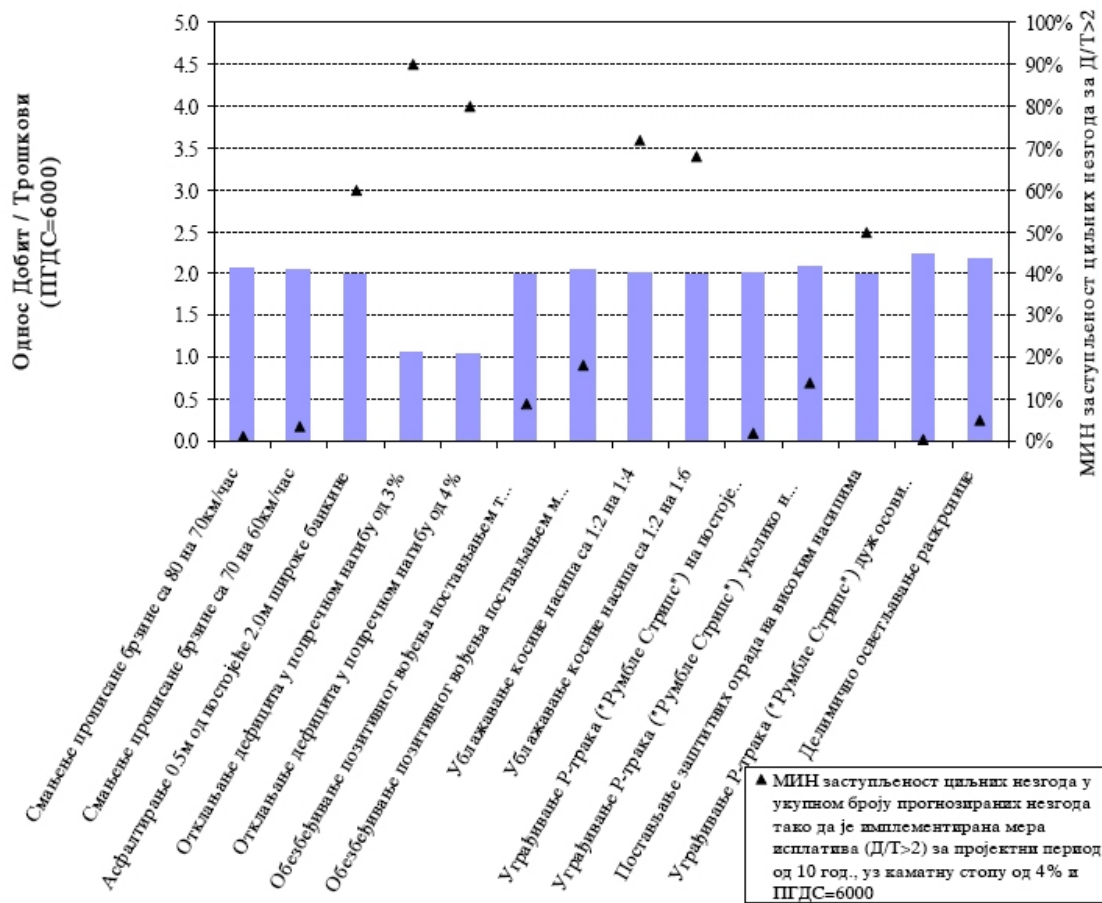
Израчунавање односа добит/трошкови за сваку од разматраних мера појединачно обављено је коришћењем Excel Spread Sheet-а. Заступљеност циљних незгода варирана је све док однос добит/трошкови није прешао вредност 2 ($D/T > 2$), која је у Онтарију усвојена као доња граница када се разматрана мера сматра исплативом за имплементацију (Л.[11]).

3.2 Резултати

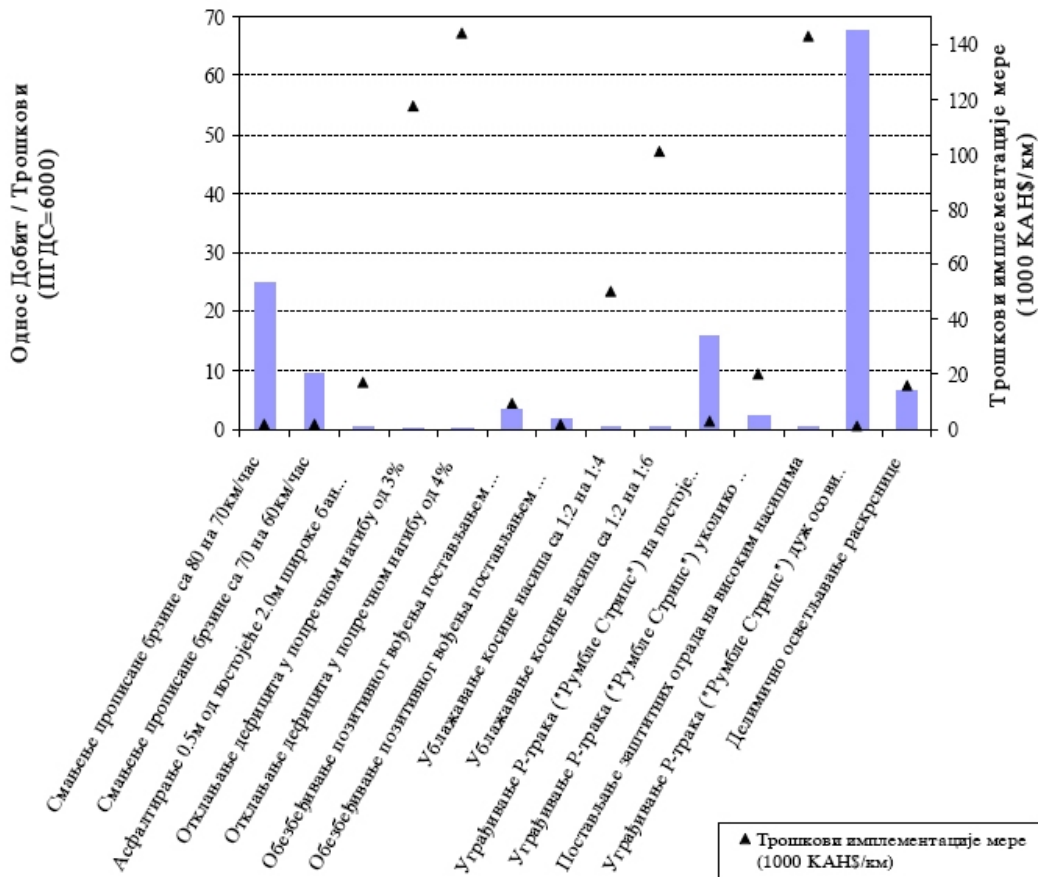
Резултати вредновања методом добит/трошкови приказани су у Табели 1. Може се запазити да за неке од мера заступљеност циљних незгода у укупном броју прогнозираних незгода треба да је нарочито висока (барем 50%) како би мера била исплатива са економског становишта. Ова граница је посебно висока за меру која подразумева отклањање дефицита у попречном нагибу коловоза у кружној кривини. Међутим, треба имати на уму да су проблеми везани за недостатак одговарајућег попречног нагиба локалног карактера. Уколико на једној деоници пута постоји повећан број саобраћајних незгода директно повезан са дефицитом у попречном нагибу коловоза, он ће вероватно бити значајно већи него што је на преосталом делу пута, тј. знатно виши него онај прогнозиран коришћењем функције перформанси безбедности. Узгред, трошкови само једне саобраћајне незгоде са смртним исходом превазилазе трошкове отклањања дефицита у попречном нагибу (уколико се за тај недостатак утврди да је узрок повећаног броја незгода). Постојање знања о опасном месту на коме је у низу од неколико година забележено више незгода са смртним исходом или тежим повредама - незгоде за које се поуздано може рећи да нису резултат случајног догађаја (или регресије према средини) - оправдава имплементацију једне овакве мере.

1	МЕРА / ТРЕТМАН	Смањење прописане брзине са 80 на 70km/h	Смањење прописане брзине са 70 на 60km/h	Асфалтирање 0.5m од постојеће 2.0m широке банке	Отклањање дефицита у попречном нагибу од 3%	Отклањање дефицита у попречном нагибу од 4%	Обезбеђивање позитивног вођења постављањем табли за усмеравање	Обезбеђивање позитивног вођења постављањем издигнутих маркера у коловозу (12m интервал)	Ублажавање косина насипа са 1:2 на 1:4	Ублажавање косина насипа са 1:2 на 1:6	Уграђивање Р-трака ('Rumble Strips') на постојеће асфалтне банке	Уграђивање Р-трака ('Rumble Strips') уколико не постоји асфалтна банка (3)+(10)	Постављање заштитних (челичних) ограда на високим насипима	Уграђивање Р-трака ('Rumble Strips') дуж осовине пута	Делимично осветљавање раскрснице		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
(* ЧС- чеони судари; НН - незгоде у условима ноћне вожње)																	
2	Врста циљне незгоде на коју се мера односи	Све			Кружна кривина			Слетање са пута					ЧС	НН*			
3	Модификациони фактор саобраћајних незгода	0.76	0.91	0.96	0.91	0.88	0.81	0.99	0.90	0.79	0.79	0.79	0.53	0.86	0.73		
4	Граничне вредности (заступљеност) циљних незгода у укупном броју прозностираних незгода тако да је примењена мера исплатива (однос Д/Т ≥ 2) за пројектни период од 10 година, каматну стопу од 4% и ПГДС=6000	1.3%	3.3%	60.0%	90.0%	80.0%	8.0%	18.0%	72.0%	68.0%	1.9%	14.0%	50.0%	0.5%	5.0%		
5	Просечни трошкови циљне незгоде (1000 CAN\$)	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	86.1	125.0	86.1	86.1	86.1	86.1	225.0	275.0	125.		
6	Просечни трошкови незгоде са смртним исходом (1000 CAN\$)	875.0															
7	Трошкови имплементације мере (1000 CAN\$/km)	2.0	2.0	17.0	117.6	144.0	9.6	1.8	50.3	100.7	2.8	19.8	143.0	1.4	16.0		
8	Јединична дужина на којој је мера примењена (km)	1.0														једна	
9	ПГДС	Укупно незгода - Прогнозирано			Однос Добит / Трошкови (Д/Т)												
		Деоница (незгода-km/год)	Раскрсница (незгода/год)														
	6000	2.02	2.54	2.1	2.0	2.0	1.1	1.1	2.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.0	2.2	2.2
	8000	2.65	3.21	2.7	2.7	2.6	1.4	1.4	2.9	2.7	2.6	2.6	2.6	2.7	2.6	3.0	2.7
	10000	3.27	3.84	3.3	3.3	3.2	1.7	1.7	3.6	3.3	3.3	3.2	3.3	3.4	3.2	3.6	3.3
12000	3.89	4.46	4.0	3.9	3.8	2.0	2.0	4.3	3.9	3.9	3.8	3.9	4.0	3.8	4.3	3.8	

Табела 1: Однос Добит / Трошкови за граничне вредности циљних незгода у укупном броју прозностираних незгода тако да је примењена мера исплатива (однос Добит / Трошкови ≥ 2) за пројектни период од 10 година, каматну стопу од 4% и ПГДС=6000



Слика 3: Однос Добит / Трошкови за граничне вредности (заступљеност) циљних незгода у укупном броју прознозираних незгода тако да је примењена мера исплатива (однос Добит / Трошкови ≥ 2) за пројектни период од 10 година, каматну стопу од 4% и ПГДС=6000



Слика 4: Однос Добит-Трошкови за мере примењене на 1км пута и уз 15-о процентну заступљеност циљних незгода у укупном броју прогнозираних незгода за пројектни период од 10 година и каматну стопу од 4% (упоредно са трошковима имплементације мере)

4. ЗАКЉУЧАК

Различите мере које могу бити имплементирани у циљу повећања безбедности путног саобраћаја и њихова економска исплативост, узимајући у обзир трошкове грађења и укупне добити услед смањења броја незгода, приказане су у раду. Оправданост њихове примене анализирана је за једну типичну деоницу двотрачног пута са заједничким коловозом дужине 1км у провинцији Онтарио, Канада. За двотрачне путеве са истим ПГДС као у раду на којима је степен незгода већ сада већи од прогнозираног тј. оног добијеног коришћењем функције перформанси безбедности (Табела 1, р.9), потреба за применом одговарајуће мере више је него евидентна.

За пут за који је планирана рехабилитација, једном оваквом вредновању треба да претходи детаљна анализа безбедности саобраћаја заснована на подацима о незгодама како би функција перформанси безбедности била калибрисана чиме се повећава тачност предвиђања броја незгода уграђујући у њу локалне специфичности пута (геометријске карактеристике деонице, временски услови, култура возње, итд.(Л.[09])).

РЕФЕРЕНЦЕ

- [01] Bahar, G. et al. ***Best Practices for the Implementation of Shoulder and Centreline Rumble Strips - Synthesis of Practice***, Transportation Association of Canada, Canada, 2001.
- [02] Bahar, G. and Smiley, A. ***The Science of Highway Safety - Network Evaluation and Safety Conscious Procedures***, Ontario Ministry of Transportation and Consulting Engineers of Ontario, Canada, 1999.
- [03] Carlson, P.J. et al. ***Evaluation of Wet-Weather Pavement Markings: First Year Report***, Texas Transportation Institute, College Station, U.S.A. 2005.
- [04] Elvik, R. and Vaa, T. ***The Handbook of Road Safety Measures***, Elsevier Science, Oxford, U.K. 2004.
- [05] Griffith, M. S. ***Safety Evaluation of Continuous Shoulder Rumble Strips Installed on Freeways***, TRB 78th Annual Meeting, Washington, D.C. U.S.A. 1999.
- [06] ***Guidance for Implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan*** Vol.04: A Guide for Addressing Head-On Collisions, Vol.06: A Guide for Addressing Run-Off-Road Collisions, Vol.07: A Guide for Reducing Collisions on Horizontal Curves, TRB NCHRP Report 500, Washington, D.C. U.S.A. Various Years
- [07] Harkey D. L. et al. ***Crash Reduction Factors for Traffic Engineering and ITS Improvements: State-of-Knowledge Report***, TRB, NCHRP Research Digest Report 299, Washington, D.C. U.S.A. 2005.
- [08] Harwood, D. W. et al. ***Prediction of Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways***, FHWA-RD-99-207, FHWA U.S. Department of Transportation, U.S.A. 2000.
- [09] Hauer, E. et al. ***Estimating Safety by the Empirical Bayes Method: A Tutorial***, Transportation Research Record 1784, Washington, D.C. U.S.A. 2006.
- [10] Lord, D. and Bonneson, J. A. ***Role and Application of Accident Modification Factors Within Highway Design Process***, Transportation Research Record 1961, Washington, D.C. U.S.A. 2006.
- [11] Ontario Ministry of Transportation, ***Prioritized Contract Content Guidelines***, Ontario, Canada, 1997.
- [12] Ontario Ministry of Transportation, ***Roadside Safety Manual***, Ontario, Canada, 1993.
- [13] Persaud, B. et al. ***Crash Reduction Following Installation of Centreline Rumble Strips on Rural Two-lane Roads***, Insurance Institute for Highway Safety, Arlington, U.S.A. 2003.
- [14] Persaud, B. et al. ***Safety Evaluation of Permanent Raised Pavement Markers***, NCHRP Report 518, Washington, D.C. U.S.A. 2004.
- [15] Preston, R. et al. ***Safety Impacts of Street Lighting at Isolated Rural Intersections***, Minesota Department of Transportation, U.S.A. 1999.
- [16] Smiley, A. ***Drivers Speed Estimation: What Road Designers Should Know***, TRB 78th Annual Meeting, Washington, D.C. U.S.A. 1999.
- [17] Stuster, J. et al. ***Synthesis of Safety Research Related to Speed and Speed Management***, FHWA-RD-98-154, FHWA U.S. Department of Transportation, U.S.A. 1998.
- [18] Zegeer, C. V. et al. ***Cost-effective Geometric Improvements for Safety Upgrading of Horizontal Curves***, FHWA-RD-90-021, FHWA U.S. Department of Transportation, U.S.A. 1990.