



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA U
NOVOM SADU



Tatjana M. Savković

**MODEL ZA OPTIMIZACIJU PERIODIČNE
OBUKE VOZAČA U REŽIMIMA SISTEMA
EKO-VOŽNJE**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Novi Sad, 2020.



КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:																
Идентификациони број, ИБР:																
Тип документације, ТД:	Монографска документација															
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал															
Врста рада, ВР:	Докторска дисертација															
Аутор, АУ:	Татјана Савковић															
Ментор, МН:	Др Милица Миличић, ванредни професор															
Наслов рада, НР:	Модел за оптимизацију периодичне обуке возача у режимима система еко-вожње															
Језик публикације, ЈП:	Српски															
Језик извода, ЈИ:	Српски															
Земља публиковања, ЗП:	Република Србија															
Уже географско подручје, УГП:	Војводина															
Година, ГО:	2019															
Издавач, ИЗ:	Факултет техничких наука															
Место и адреса, МА:	Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6															
Физички опис рада, ФО: (поглавља/страна/цитата/табела/слика/графика/прилога)	6 поглавља/99страна/183 цитата/20 табела/16 слика/13 графика/-															
Научна област, НО:	Саобраћајно инжењерство															
Научна дисциплина, НД:	Организација и технологије транспортних система															
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Еко-вожња, користи примене, периодична обука															
УДК																
Чува се, ЧУ:	Библиотека Факултета техничких наука у Новом Саду															
Важна напомена, ВН:																
Извод, ИЗ:	<p>У раду су приказани ефекти теоријске и практичне обуке возача, односно извршена је анализа параметара вожње у периоду пре обуке као и у краткорочном и дугорочном периоду након реализоване обуке. На основу утврђених релација између параметара, формиран је модел за оптимизацију периодичне обуке возача. Применом математичке анализе и статистичких тестова у лонгитудиналном периоду испитивања дефинисан је тачан период поновне обуке возача при постизању максималне добити за транспортно предузеће уважавајући и пропране трошкове. Резултати анализе су показали да су позитивни ефекти еко-вожње значајно изражени у добрим возачким условима. Лоши временски услови који условљавају и лоше услове вожње смањују позитивне ефекте обуке возача са повећаним захтевом за безбеднијом вожњом. Модел би могао бити применљив за тестирање ефеката обуке возача у различитим транспортним компанијама и различитим тржиштима.</p>															
Датум прихватања теме, ДП:	27.02.2019.															
Датум одбране, ДО:																
Чланови комисије, КО:	<table border="1"><tr><td>Председник:</td><td>Др Павле Гладовић, редовни професор</td><td></td></tr><tr><td>Члан:</td><td>Др Милан Симеуновић, ванредни професор</td><td></td></tr><tr><td>Члан:</td><td>Др Жељко Стевић, доцент</td><td></td></tr><tr><td>Члан:</td><td>Др Илија Танацков, редовни професор</td><td>Потпис ментора</td></tr><tr><td>Члан, ментор:</td><td>Др Милица Миличић, ванредни професор</td><td></td></tr></table>	Председник:	Др Павле Гладовић, редовни професор		Члан:	Др Милан Симеуновић, ванредни професор		Члан:	Др Жељко Стевић, доцент		Члан:	Др Илија Танацков, редовни професор	Потпис ментора	Члан, ментор:	Др Милица Миличић, ванредни професор	
Председник:	Др Павле Гладовић, редовни професор															
Члан:	Др Милан Симеуновић, ванредни професор															
Члан:	Др Жељко Стевић, доцент															
Члан:	Др Илија Танацков, редовни професор	Потпис ментора														
Члан, ментор:	Др Милица Миличић, ванредни професор															



KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monographic publication
Type of record, TR :	Printed textual material
Contents code, CC :	Ph. D. thesis
Author, AU :	Tatjana Savković
Mentor, MN :	Ph.D. Milica Miličić, Associate Professor
Title, TI :	Model for optimizing periodical driver training in eco-driving mode
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	English
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	Vojvodina
Publication year, PY :	2019
Publisher, PB :	Faculty of Tehnical Sciences
Publication place, PP :	Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	6 chapters/99 pages/183 ref./20 tables/16 pictures/13 graphs/-
Scientific field, SF :	Traffic engineering
Scientific discipline, SD :	Organization and technologies of transport systems
Subject/Key words, S/KW :	Eco-driving, benefits, periodical training
UC	
Holding data, HD :	Library of the Faculty of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad
Note, N :	
Abstract, AB :	<p>This paper shows the effects of theoretical and practical eco-driving training, analysing driving parameters in the period before training, in the short-term and long-term after the training. A model was formed to optimize periodical driver training based on the established relationships between the parameters. Using the mathematical analysis and statistical tests in the longitudinal observation period, the exact period of the drivers retraining was defined in order to maximize profit for the transport company, taking into account the planned costs. The results indicate that the positive effects of eco-driving were significantly expressed in good driving conditions. With bad weather conditions that correlate with bad driving conditions, the effects of eco-driving training are suffocated with increased requirements for safer driving. The model could be applicable to test the effects of drivers training in different transportation companies and different markets.</p>
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	27.02.2019.
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	
President:	Ph. D. Pavle Gladović, Full Professor
Member:	Ph. D. Milan Simeunović, Associate Professor
Member:	Ph. D. Željko Stević, Assistant Professor
Member:	Ph. D. Ilija Tanackov, Full Professor
Member, Mentor:	Ph. D. Milica Miličić, Associate Professor
	Mentor's sign

SADRŽAJ RADA

1. UVOD	1
1.1. OPIS PROBLEMA	1
1.2. CILJ ISTRAŽIVANJA I OSNOVNE HIPOTEZE	6
1.3. PRIMENJENE METODE	7
1.4. STRUKTURA DISERTACIJE	7
LITERATURA	9
2. EKO-VOŽNJA	13
2.1. EKO-VOŽNJA I NJENI PRINCIPI	14
2.2. KORISTI EKO-VOŽNJE	21
2.3. PROGRAMI EKO-VOŽNJE ŠIROM SVETA	25
2.4. STATIČKA I DINAMIČKA EKO-VOŽNJA	28
2.5. OGRANIČENJA U PRIMENI EKO-VOŽNJE	31
2.6. PREPORUKE I MERE ZA PRIHVATANJE EKO-VOŽNJE	34
2.7. AMBIJENTALNA TEMPERATURA I EFEKTI EKO-VOŽNJE	35
2.8. REZIME	36
LITERATURA	37
3. REALIZACIJA EKO-VOŽNJE – STUDIJA SLUČAJA	49
3.1. EKO-VOŽNJA U PREDUZEĆU “JGSP” U BEOGRADU	49
3.1.1. <i>Analiza rezultata</i>	52
3.1.2. <i>Ekonomске koristi eko-vožnje</i>	56
3.2. REZIME	57
LITERATURA	58
4. PRIKUPLJANJE PODATAKA	59
4.1. PREGLED (SKICA) ISTRAŽIVANJA I PRIKUPLJANJE PODATAKA	59
4.1.1. <i>Prevozni put i test vozilo</i>	59
4.1.2. <i>Učesnici istraživanja</i>	60
4.1.3. <i>Skanijin sistem za upravljanje voznim parkom (Scania FMS)</i>	60
4.1.3.1. <i>Hardver sistema i pristup portalu</i>	61
4.1.3.2. <i>Prikaz i analiza podataka</i>	62
4.1.3.3. <i>Posebne mogućnosti uz Scania Communicator</i>	67
4.1.4. <i>Skanijina podrška vozaču (Scania Driver Support – SDS)</i>	67
4.2. TRENING EKO-VOŽNJE	68
4.3. EVALUACIJA PODATAKA	69

LITERATURA	69
5. FORMIRANJE MODELA ZA OPTIMIZACIJU PERIODIČNE OBUKE VOZAČA U REŽIMU EKO-VOŽNJE	70
5.1. SKUP PODATAKA POTREBNIH ZA RAZVOJ MODELA	70
5.2. POSTAVLJANJE MODELA	72
5.2.1. <i>Model za optimizaciju periodične obuke vozača</i>	79
5.2.1.1. <i>Ukupna maksimalna ušteda za optimalan period kondicioniranja (Δt)</i>	83
5.2.2. <i>Uticaj ambijentalne temperature na efekte eko-vožnje</i>	86
5.2.2.1. <i>Ekonomске uštede</i>	91
5.3. REZIME	92
LITERATURA	94
6. ZAKLJUČCI I PREPORUKE	95
6.1. GLAVNI ZAKLJUČCI	95
6.2. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	95
6.3. PRETPOSTAVKE	97
6.4. OGRANIČENJA	98
6.5. PREDLOZI ZA BUDUĆA ISTRAŽIVANJA	98

SPISAK TABELA

Tabela 1.1. Negativni efekti zagađujućih materija iz vozila na životnu sredinu-----	2
Tabela 2.1. Programi eko-vožnje-----	17
Tabela 2.2. Prikaz ušteda u potrošnji goriva iz studija/projekata o eko-vožnji-----	22
Tabela 2.3. Prednosti i nedostaci eko-vožnje-----	24
Tabela 2.4. Kampanje eko-vožnje u Evropi, Aziji i Sjedinjenim Američkim Državama-----	29
Tabela 2.5. Pristupi edukacije vozača o eko-vožnji-----	29
Tabela 2.6. Tehnologije eko-vožnje u vozilima od strane proizvođača-----	30
Tabela 3.1. Lista analiziranih parametara-----	51
Tabela 3.2. Parametri kvaliteta vožnje pre (D1) i nakon treninga o eko-vožnji (D2)-----	53
Tabela 3.3. Analiza rezultata testiranih vozača pre (D1) i nakon treninga o eko-vožnji (D2)-----	54
Tabela 3.4. Statistička analiza rezultata pre (D1) i nakon treninga o eko-vožnji (D2)-----	56
Tabela 4.1. Prevozni put-----	60
Table 5.1. Rezultati israživanja pre i posle obuke o eko-vožnji-----	71
Tabela 5.2. P-vrednosti post-hoc Dunkanovog testa za analizu varijanse za srednje mesečne vrednosti SDS parametra u celokupnom periodu posmatranja-----	73
Tabela 5.3. P-vrednosti post-hoc Dunkanovog testa za analizu varijanse za srednje mesečne vrednosti potrošnje goriva u celokupnom periodu posmatranja-----	76
Tabela 5.4. P-vrednosti post-hoc Dunkanovog testa za analizu varijanse za srednje mesečne vrednosti emisije CO ₂ u celokupnom periodu posmatranja-----	77
Tabela 5.5. Ulazni parametri za proračun ušteda-----	78
Table 5.6. Rezultati israživanja pre i posle obuke o eko-vožnji-----	87
Tabela 5.7. P-vrednosti post-hoc Dunkanovog testa za analizu varijanse za srednje mesečne vrednosti SDS parametra u celokupnom periodu posmatranja-----	88
Tabela 5.8. Empirijske i teorijske vrednosti srednje potrošnje goriva u celokupnom periodu posmatranja sa srednjom ambijentalnom temperaturom-----	90

SPISAK SLIKA

Slika 1.1. Struktura disertacije-----	8
Slika 2.1. Saveti eko-vožnje-----	14
Slika 2.2. Faktori koji utiču na vozačko ponašanje-----	33
Slika 3.1. Prevozni put-----	50
Slika 4.1. Scania Communicator C200-----	61
Slika 4.2. Arhitektura Scania FMS-----	61
Slika 4.3. Sedmični izveštaj parametara rada vozila-----	62
Slika 4.4. Početna stranica FMS web portala-----	63
Slika 4.5. Prikaz pozicije vozila-----	63
Slika 4.6. Prikaz dodatnih podataka-----	64
Slika 4.7. Pregled servisa vozila-----	64
Slika 4.8. Evaluacija vozača-----	65
Slika 4.9. Prikaz poređenja potrošnje goriva vozača-----	66
Slika 4.10. Prikaz emisije izduvnih gasova-----	66
Slika 4.11. Prikaz rezultata vožnje u skladu sa Skanijinom podrškom vozaču-----	68
Slika 4.12. Prosečna ocena-----	68

SPISAK GRAFIKA

Grafik 3.1. Vremenski period pilot programa-----	51
Grafik 5.1. SDS parametar kao funkcija Vremena (meseći) i Distance – 3D prostor-----	72
Grafik 5.2. Linearna korelacija potrošnje goriva i emisije CO ₂ za celokupni istraživački period	74
Grafik 5.3. Potrošnja goriva kao funkcija Vremena (meseći) i Distance – 3D prostor-----	74
Grafik 5.4. Emisija CO ₂ kao funkcija Vremena (meseći) i Distance – 3D prostor-----	75
Grafik 5.5. Funkcionalna veza potrošnje goriva od vremena posmatranja (meseći)-----	77
Grafik 5.6. Ciklična funkcija-----	80
Grafik 5.7. Presečne tačke u kojima su jednake potrošnje goriva-----	80
Grafik 5.8. Zavisnost promenljive Δt u odnosu na T_o -----	83
Grafik 5.9. Vremenski periodi obuke-----	84
Grafik 5.10. Ukupna ušteda u odnosu na potrošnju goriva bez i sa obukom-----	84
Grafik 5.11. Raspodela potrošnje goriva i srednje mesečne temperature; korelaciona funkcija potrošnje goriva i srednje mesečne temperature-----	89
Grafik 5.12. Potrošnja goriva u funkciji srednje mesečne ambijentalne temperature-----	90

SPISAK SKRAĆENICA

IEA	- eng. <i>International Energy Agency</i>
JPS	- eng. <i>Global Positioning System</i> – Globalni pozicioni sistem
LPG	- eng. <i>Liquefied Petroleum Gas</i> – Tečni naftni gas
ECMT	- eng. <i>European Conference of Ministers of Transport</i>
SAFED	- eng. <i>Safe and Fuel Efficient Driving</i>
CIECA	- eng. <i>Collision Industry Electronic Commerce Association</i>
ANRE	- eng. <i>Agency for Natural Resources and Energy</i>
METI	- eng. <i>Ministry of Economy, Trade and Industry</i>
JARI	- eng. <i>Japan Automobile Research Institute</i>
GTZ	- ger. <i>Gesellschaft Fur Technische Zusammenarbeit</i>
JGSP	- Javno gradsko saobraćajno preduzeće
MLIT	- eng. <i>Ministry of Land, Infrastructure and Transport</i>
ATRI	- eng. <i>American Transportation Research Institute</i>
A/C	- eng. <i>Air Conditioning</i> – Klimatizacija
TRB	- eng. <i>Transportation Research Board</i>
DOE	- eng. <i>Department of Energy</i>
EPA	- eng. <i>Environmental Protection Agency</i>
SAD	- Sjedinjene Američke Države
SD	- Standardna devijacija
CAN	- eng. <i>Controller Area Network</i> -
TFC	- Ukupna potrošnja goriva [L-litar]
AFC	- Prosečna potrošnja goriva [L-litar]
D	- Vreme [hh:mm:ss]
DIS	- Distanca [km]
AS	- Prosečna brzina [km/h]
ASM	- Prosečna brzina u kretanju [km/h]

FCM	-	Potrošnja goriva u kretanju [L-litar]
ACO ₂	-	Prosečna emisija CO ₂ [kg/100km]
APGP	-	Prosečna pozicija papučice gasa [%]
DWTM	-	Vožnja bez upotrebe papučice gasa – vreme u kretanju [mm:ss]
BT	-	Vreme kočenja [mm:ss]
DWTTD	-	Vožnja bez upotrebe papučice gasa – ukupna distanca [km]
BUTD	-	Upotreba kočnice – ukupna distanca [km]
BC	-	Broj pritisaka na kočnicu [#]
SEC	-	Broj zaustavljanja vozila [#]
IT	-	Vreme rada motora u stajanju [mm:ss]
GSC	-	Broj promene stepena prenosa [#]
AES	-	Prosečna brzina motora [o/min]
N	-	Veličina uzorka
FMS	-	<i>eng. Fleet Management System</i> – Sistem za upravljanje voznim parkom
GPRS	-	<i>eng. General Packet Radio Service</i> – Prenos podataka mobilnom telefonijom druge generacije
GSM	-	<i>eng. Global System for Mobile Communications</i> – Globalni sistem za mobilnu komunikaciju
CPU	-	<i>eng. Central Processing Unit</i> – Centralna procesna jedinica
VCI	-	<i>eng. Vehicle Connection Interfaces</i>
SDS	-	<i>eng. Scania Driver Support</i> – Skanijina podrška vozaču
FC	-	Potrošnja goriva
EB	-	Ekonomске uštede

Rezime

Transport ima značajan negativan uticaj na životno okruženje i takođe negativno doprinosi globalnom zagrevanju. Smanjenje potrošnje goriva kao i emisije gasova staklene bašte u ovom sektoru predstavljaju veoma bitne prioritete svih zemalja. Potencijal primene eko-vožnje kao koncepta promene ponašanja vozača i održavanja vozila kako bi se uticalo na smanjenje potrošnje goriva i smanjenje emisije štetnih gasova, prepoznale su brojne zemlje. Mnoga istraživanja su pokazala uštedu u potrošnji goriva koja se kreće i do preko 20%. Slični rezultati dobijeni su i kod smanjenja emisije CO₂. Pored ovih prednosti, studije takođe pokazuju da primena eko-vožnje dovodi i do smanjenja buke i stresa, poboljšava bezbednost pri vožnji, manje je habanje delova na vozilu, unapređuje komfor kao i uslugu.

Koristi eko-vožnje (smanjenje potrošnje goriva i emisije CO₂) se mogu posmatrati kratkoročno i dugoročno. Kratkoročni efekti se odnose na postignute uštede odmah nakon obuke dok se dugoročni efekti posmatraju u dužem vremenskom periodu od završetka obuke. Efekti obuke vremenom opadaju i vozači vraćaju stare vozačke navike, što predstavlja glavni problem u dugoročnom održavanju naučenih tehnika eko-vožnje. Da bi se utvrdio tačan period ciklusa obuke vozača kako bi se održalo smanjenje potrošnje goriva i emisije štetnih materija stečene kroz obuku, u okviru istraživanja u disertaciji uzeti su za analizu parametri rada vozača i režima vožnje u periodu od godinu dana. Utvrđivanjem relacija između njih definisan je model za optimizaciju periodične obuke vozača i maksimizacije ušteda autotransportnih preduzeća. Pored toga, ispitan je i uticaj ambijentalne temperature na efekte obuke vozača o eko-vožnji.

Rezultati istraživanja u disertaciji pokazuju da eko-vožnja doprinosi ekonomskoj i ekološkoj efikasnosti rada vozača ali da efekti obuke vremenom opadaju. Takođe, utvrđeno je da temperatura okoline značajno utiče na efekte obuke. Naime, vrednost SDS parametra je značajno poboljšanja kratkoročno dok se u dugoročnom periodu ne razlikuje značajno od vrednosti pre obuke. Takođe, kratkoročno su ostvarena značajna smanjenja u potrošnji goriva i emisiji CO₂ dok se u kasnijem periodu posmatranja ovi parametri povećavaju jer vozači vraćaju stare vozačke navike. Rezultati pokazuju da je obuka vozača i ekonomski opravdana. Uzimajući u obzir sve troškove i moguće uštede u potrošnji goriva i emisiji CO₂, matematičkom analizom je dobijeno da obuku vozača treba vršiti na svakih 4,31 meseci kako bi se dobila maksimalna mesečna ušteda od 175,0849 evra/vozilu. Korelaciona funkcija srednje mesečne potrošnje goriva i srednje mesečne temperature ($r=0,88063$) pokazuje da postoji visoka senzitivnost efekata eko-vožnje na ambijentalne uslove vožnje. Navedeni rezultati su potvrdili obe postavljene hipoteze u kojima je navedeno da je moguće utvrditi optimalni period cikličnog kondicioniranja vozača kao i da se pri tome mogu uskladiti zahtevi transportnih kompanija za minimizacijom troškova kao i šire društvene zajednice u smanjenju emisije štetnih gasova.

Abstract

Transport has a significant negative impact on the environment and it also contributes negatively to global warming. Reduction in fuel consumption and greenhouse gas emissions in this sector are very important priorities for all countries. The potential of eco-driving as a concept of changing driver behavior and vehicle maintenance to reduce fuel consumption and reduce emissions is recognized by many countries. Many studies have shown savings in fuel consumption up to over 20%. Similar results were obtained with the reduction of CO₂ emissions. In addition to these benefits, the studies also show that the use of eco-driving reduces noise and stress, improves driving safety, reduces vehicle wear and tear and improves comfort and service.

The benefits of eco-driving (reduction in fuel consumption and CO₂ emissions) can be observed in the short and long-term. Short-term effects refer to the savings achieved immediately after training, while long-term effects are observed over a longer period of time after the training is completed. The effects of training are declining over time and drivers returned to the old driving habits, which is the main problem in long-term maintenance of learned techniques. In order to determine the exact period of the driver training cycle in order to maintain the reduction of fuel consumption and the emissions acquired through training, the driving parameters over a period of one year were taken into account in the context of research in the dissertation. Determine the relation between them, a model for optimizing periodic driver training and maximizing the savings of transport companies was defined. In addition, the effect of ambient temperature on the effects of eco-driving training was examined.

The results of the dissertation research show that eco-driving contributes to the economic and environmental efficiency of drivers, but the effects of training decline over time. Also, the ambient temperature was found to significantly influence the training effects. Specifically, the value of the SDS parameter is significantly improved in the short-term, while it is not significantly different from the pre-training value in the long-term. In the short-term, significant reductions in fuel consumption and CO₂ emissions were achieved, while in the later observation period these parameters increase because the drivers returned the old driving habits. The results show that training of drivers is economically justified. Taking into account all costs and possible savings in fuel consumption and CO₂ emissions, mathematical analysis showed that driver training should be carried out every 4.31 months in order to obtain a maximum monthly savings of 175.0849 euro per vehicle. The correlation function of mean monthly fuel consumption and mean monthly temperature ($r = 0.88063$) shows that there is a high sensitivity of the eco-driving effects on ambient driving conditions. These results confirm both hypotheses, which stated that it is possible to determine the optimal period of cyclic driver conditioning, and the requirements of transport companies for minimizing costs as well as the requirements of the wider community in reducing emissions.

1. UVOD

1.1. OPIS PROBLEMA

Transportni sektor je ogroman potrošač energije, (19% ukupne globalne potrošnje energije u 2007. godini) i do 2030. godine se prognozira da će obuhvatati 97% svetske upotrebe nafte. S obzirom na te činjenice, smanjenje potrošnje goriva pa posledično i emisije gasova staklene bašte u ovom sektoru je jedan od najvećih prioriteta svih zemalja. Ako se ne preduzmu značajne mere politike, predviđa se porast globalne potrošnje energije u sektoru transporta u proseku za 1,6% na godišnjem nivou do 2030. godine (IEA, 2008). Na Novom Zelandu, laka teretna vozila (automobili i kombi vozila) učestvuju sa 23% u ukupnoj potrošnji energije, proizvodeći 26% CO₂ u transportnom sektoru. Kao celina, transportni sektor na Novom Zelandu učestvuje sa 19% u ukupno proizvedenim gasovima staklene bašte (Ministry for the Environment, 2011). Prema Odeljenju za energetiku i klimatske promene iz 2009. godine, transport je proizvođač gasova staklene bašte sa udelom od 24% u Velikoj Britaniji (DECC, 2012). Od tih 24%, drumski transport učestvuje sa 91% a od njih 58% dolazi iz putničkih automobila.

U mnogim zemljama širom sveta osećaju se posledice klimatskih promena. Svest o životnoj sredini i potreba za održivim razvojem raste u razvijenim zemljama ali i u zemljama u razvoju širom sveta. U brojnim državama definišu se određene politike mera i zakoni koji imaju za cilj da ograniče emisije štetnih materija. Do 2050. godine Švajcarska vlada je postavila cilj da smanji emisiju CO₂ za 80% (Shaheen, Elliot i Finson, 2012). Današnja vozila emituju i do 80 % manje zagađujućih materija nego vozila 60-ih godina prošlog veka. Uprkos tome, prisustvo zagađujućih materija u vazduhu se povećalo, usled sve većeg broja vozila. Negativan efekat zagađujućih materija iz saobraćajnog sektora na globalnom nivou, na ljude i vegetaciju prikazan je u Tabeli 1.1.

Tabela 1.1. Negativni efekti zagađujućih materija iz vozila na životnu sredinu

Zagađujuće materije	Uticaj		
	Stanovništvo	Vegetacija	Globalne promene
CO (ugljen-monoksid)	Srce, cirkulacija i nervni sistem	-	Stvaranje prizemnog ozona
CO ₂ (ugljen-dioksid)	-	-	Glavni gas iz grupe gasova staklene bašte
HC (ugljovodonici)	Pojedini su kancerogeni	Ugrađuje se u zemljište i žitarice i tako dospeva u hranu	Neki su gasovi staklene bašte
HCHO (formaldehid)	Respiratorni sistem, oči	-	-
NO ₂ (azot-dioksid)	Respiratorni sistem	Kisele kiše, zakišeljiva tlo i vodu	Iz grupe je gasova staklene bašte
SO ₂ (sumpor-dioksid)	Respiratorni sistem	Kisele kiše, zakišeljiva tlo i vodu	-
Pb (olovo)	Nervni sistem i srce	-	-
Čestice	Respiratorni sistem, pojedine čestice su kancerogene	-	-

Izvor: Marinković (2012)

Drumski transport (putnički i teretni) će posebno nastaviti da dominira u ukupnoj potrošnji energije. Smatra se da će do 2050. godine potražnja energije u drumskom transportu iznositi 80% od ukupne potražnje u transportnom sektoru, dok će ostatak od 20% ići na vazdušni i vodni saobraćaj (IEA, 2010). U protekle dve decenije sve veći broj kompanija obezbeđuje svom vozačkom osoblju da prate dobru praksu eko-vožnje a takođe im obezbeđuju i obuku. Glavni podstrek je potencijalno smanjenje troškova koji se ostvaruje kroz smanjenje potrošnje goriva, produženu amortizaciju vozila, bolje održavanje vozila, smanjenje broja saobraćajnih nezgoda i smanjenje uticaja motorizovanog transporta na životno okruženje. U prepoznavanju potencijala primene eko-vožnje najbrže su bile Švajcarska, Nemačka, Finska, Holandija i Švedska dok su ostale zemlje sporije reagovala kada je reč o uvođenju svesti o primeni ovog stila vožnje.

Eko-vožnja je koncept promene ponašanja vozača i održavanja vozila kako bi se uticalo na smanjenje potrošnje goriva i smanjenje emisije štetnih gasova. Male izmene u načinu vožnje mogu poboljšati emisiju CO₂ i ekonomičnost potrošnje goriva bez obzira na tip i starost vozila. Smatra se da je to stil vožnje koji najbolje odgovara savremenim tehnologijama motora (Shaheen, Elliot i Finson, 2012; Zhu, Sarkis i Geng, 2005). Odnosno, eko-vožnja predstavlja set koraka, tehnika i ponašanja koje vozači mogu koristiti u pripremi vozila pre putovanja, u planiranju putovanja, u modifikaciji stila vožnje tokom putovanja i pregledu podataka nakon putovanja. Oni svi zajedno vode do ušteda u pogledu potrošnje goriva, troškova putovanja, emisije CO₂ i drugih zagađenja kao i smanjenja nivoa buke

vozila. Osim toga, putovanja u skladu sa tehnikama eko-vožnje mogu u mnogim slučajevima biti povezana sa poboljšanom sigurnošću na putevima (Haworth i Symmons, 2001).

Programi za poboljšanje ponašanja vozača javili su se krajem sedamdesetih godina (Greene, 1986). Ovi programi su izolovali vozača kao ključnog faktora u potrošnji goriva. Prve studije o eko-vožnji pojavile su se tokom energetske krize 1979. godine, kada je Ministarstvo Energetike Sjedinjenih Američkih Država pokrenulo obuku vozača. U to vreme su prvi put istraživane tehnike vožnje za smanjenje potrošnje goriva (Evans, 1979; Waters i Laker, 1980). Kasnije, 1987. godine, Syme i ostali, (1987) sproveli su statičku kampanju o eko-vožnji na televiziji koja je ohrabivala vozače da štede gorivo. Rezultati su pokazali da iako vozači nisu verovali da postoji uticaj na potrošnju goriva, postignuto je značajno poboljšanje. Danas postoji veliki broj šema eko-vožnje koje promovišu različiti poslodavci, vlasnici vozničkih parkova, proizvođači automobila, korporacije, nevladine i vladine organizacije.

U projektu koji je kreiran od strane IEE (Intelligent Energy Europe) definisano je pet zlatnih pravila eko-vožnje, a to su (IEE, 2010):

- Predviđanje u saobraćaju (održati svesnost tokom vožnje, obratiti pažnju i na druge učesnike u saobraćaju i predstojeće situacije ali i umereno prilagoditi svoje ponašanje prema njima),
- Održavanje ravnomerne brzine pri malom broju obrtaja motora,
- Ranija promena (pri malom broju obrtaja motora) u viši stepena prenosa tokom ubrzavanja i korišćenje motornog kočenja prilikom usporavanja,
- Česta provera pritiska u gumama (najmanje 1 mesečno),
- Razmatranje dodatne potrošnje energije (npr. upotreba radija, klima uređaja, ili nepotreban teret na vozilu) koja zahteva potrošnju goriva.

Pored ovih karakteristika preporučuju se i praktični saveti koji obuhvataju (Abuzo i Muromachi, 2013; Barkenbus, 2010):

- Isključivanje motora kada vozilo stoji,
- Izbegavati iznenadna kretanja i zaustavljanja,
- Voziti u granici ili ispod granice ograničenja brzine,
- Izabrati odgovarajuću vrstu goriva i ulja,
- Upotrebiti on-board kompjutere i navigacione sisteme (npr. GPS-Global Positioning System, tempomat, merač broja obrtaja motora, putni računar itd.).

Intervencije eko-vožnje mogu biti statičke i dinamičke prirode. Statički pristup ima za cilj da podstakne vozače da primenjuju tehnike eko-vožnje nakon učenja kroz brošure, web stranice i teorijske obuke. Dinamički pristup uključuje upotrebu uređaja u vozilu koji pružaju direktne povratne informacije vozačima tokom vožnje audio, vizuelnim putem ili putem dodira (Abuzo i Muromachi, 2013; Barkenbus, 2010). Satou i ostali (2010) su objasnili da

pomoću ovih sistema i uređaja za eko-vožnju, vozači mogu razumeti trenutni stil vožnje u odnosu na potrošnju goriva i emisiju i uz pomoć saveta koji dobijaju mogu poboljšati vozačke sposobnosti. Naučnici veruju da korišćenje uređaja sa povratnim informacijama ima značajniji uticaj za razliku od obrazovanja vozača.

Svetska iskustva su pokazala da postoji veliki broj mogućih metoda za promovisanje eko-vožnje. Ovim metodama teži se da se poveća upotreba tehnika eko-vožnje od strane vozača privatnih vozila i vozača u transportnim kompanijama. Postoje 4 kategorije informisanja vozača o eko-vožnji i to:

1. Informativne kampanje,
2. Obuka vozača,
3. Tehnologije u vozilu,
4. Gamifikacija: takmičenje i učenje na socijalnoj dimenziji.

Mnoga istraživanja su pokazala smanjenje potrošnje goriva primenom eko-vožnje u rasponu od 2,5 do 18,4% (Barth i Boriboonsomsin 2009; Kurani i ostali, 2013; Staubach i ostali, 2014; Zhao i ostali, 2015). Posledično, smanjena potrošnja goriva uzrokuje i smanjenje emisije CO₂ u rasponu od 5-25% (Barkenbus, 2010; Mensing i ostali, 2013; Onoda, 2009). Barth i Boriboonsomsin (2009) su otkrili da je moguće smanjiti emisiju CO₂ u proseku od 10-20% primenom tehnika eko-vožnje, dok je Barkenbus (2010) utvrdio smanjenje emisije CO₂ za 10%. Rolim i ostali (2014) su takođe pokazali smanjenje emisije CO₂ nakon obuke o eko-vožnji. Koristi za životnu sredinu mogu nastati i zbog smanjenja emisije čestica prašine (PM_x) koje se javljaju naročito pri vožnjama pri velikim brzinama i naglom kočenju (Kumar i ostali, 2013).

Koristi eko-vožnje nisu samo ograničene na smanjenje emisije CO₂ (Ukita i Shirota, 2003), i na uštede u potrošnji goriva (Miyasaka, Taniguchi i Sambuichi, 2005). Studije takođe pokazuju da koristi eko-vožnje šire obuhvataju (CIECA, 2007; IEE,-; Lauper i ostali, 2015):

- Smanjenje buke,
- Unapređenje bezbednosti u saobraćaju,
- Smanjenje stresa kod vozača (koji se javlja prilikom preticanja i prekoračenja brzine),
- Unapređenje komfora pri vožnji,
- Pozitivno delovanje na habanje delova vozila ili održavanje (npr. kočnice, pneumatici),
- Unapređenje usluge (kraće je vreme isporuke) i
- Unapređenje vremena putovanja.

Uštede koje se postižu primenom eko-vožnje značajne su i za pojedinca ali i za transportne kompanije. Barkenbus (2010) je utvrdio da smanjenje potrošnje goriva za 10% može dovesti do ukupne uštede na društvenom nivou od 7,5-15 milijardi dolara godišnje. Spuštajući uštede na niže instance, prosečna individualna štednja po jednom domaćinstvu za

one koji primenjuju savete eko-vožnje, bila bi 214-428 dolara godišnje. Projekti rađeni u Evropi 2001. godine od strane Evropskog programa za klimatske promene (EU European Climate Change Programme) primenjeni su u 15 zemalja Evropske Unije i predlagali su upotrebu tehnika eko-vožnje. Njihova primena je dovela do smanjenja emisije CO₂ za 50 tona godišnje iz ukupnih emisija u drumskom transportu što je rezultiralo uštedi troškova od 20 milijardi evra (Luther i Baas, 2011).

Koristi eko-vožnje (smanjenje potrošnje goriva i emisije CO₂) se mogu posmatrati kratkoročno i dugoročno. Kratkoročni efekti se odnose na postignute uštede odmah nakon obuke dok se dugoročni efekti posmatraju u dužem vremenskom periodu od završetka obuke. Efekti obuke vremenom opadaju i vozači vraćaju stare vozačke navike, što predstavlja glavni problem u dugoročnom održavanju naučenih tehnika eko-vožnje.

Analizom dostupne literature zaključuje se da su sprovedena brojna istraživanja o kratkoročnim efektima eko-vožnje. Savković i ostali (2019) su istražili uticaj eko-vožnje na vozačko ponašanje i dobili uštedu u potrošnji goriva i emisiji CO₂ od 8,61%. Henning (2008) je utvrdio smanjenje u potrošnji goriva za 20,65% odmah nakon treninga u odnosu na performanse pre treninga. Saynor (2008) je ispitao uticaj teorijske i praktične obuke 990 vozača i utvrđeno je smanjenje potrošnje goriva u kratkoročnom periodu od 21,23%. Istraživanje u Velikoj Britaniji, 2004. godine, pokazalo je da je nakon dvočasovnog kursa eko-vožnje, postignuta ušteda odmah nakon obuke od 8,5% (Energy Saving Trust, 2005). Istraživanje rađeno u Švedskoj je pokazalo da je odmah nakon obuke postignuta ušteda u potrošnji goriva od 10,9% (Johansson, 1999). Studije holandskih istraživača o efektima primene eko-vožnje na potrošnju goriva i emisije iz 2002. godine, naglašavaju da je moguće postići njihovo umanjeње u rasponu od 7-10% kratkoročno (Vermeulen, 2006). Studija rađena u Belgiji prikazala je uštedu u potrošnji goriva od 5-25% nakon obuke (Van Mierlo i ostali, 2004). Basarić i ostali (2017) su utvrdili da je moguće postići uštedu od 11,71% u potrošnji goriva i emisiji CO₂ odmah nakon obuke vozača o eko-vožnji, dok su Sullman, Dorn i Niemi (2015) dobili slične rezultate, odnosno uštedu od 11,6%. Studija rađena u Švedskoj upućuje da je moguće ostvariti prosečne uštede u potrošnji goriva od 10,9% nakon treninga (Shaheen, Elliot i Finson, 2012). Ford Motor kompanija tvrdi da je moguće postići poboljšanje u ekonomiji potrošnje goriva za oko 24% odmah nakon treninga (Green Car Congress, 2008), dok su Husnjak, Forenbacher i Bucak (2015) dobili smanjenje potrošnje goriva od 23%.

Manji broj istraživača je ispitivao dugoročne efekte eko-vožnje. Dugotrajnost primene tehnika eko-vožnje zavisi od kvaliteta i prirode samog treninga, sposobnosti vozača da promeni već stečene navike, prisustva i odsustva određenih tehnologija (kao što su informacioni sistemi u vozilu) dizajnirani da održe efekte obuke. Istraživanje od strane Smokers, Skinner i Fontaras (2006) je pokazalo da su vozači uspeli prosečno da ostvare uštedu u potrošnji goriva odmah nakon treninga od 10%, dok je nakon godinu dana ušteda

smanjena na samo 3%. I drugi istraživači su primetili da se efekti obuke vremenom smanjuju (Beusen i ostali, 2009; af Wahlberg, 2007; Zarkadoula, Zoidis i Tritopoulou, 2007), čak iako koriste povratne informacije (Tulusan i ostali, 2011). Beusen i ostali (2009) su pronašli da se prosečna potrošnja goriva smanjila za 5,85% četiri meseca nakon obuke o eko-vožnji. Obe studije (af Wahlberg, 2007; Zarkadoula, Zoidis i Tritopoulou, 2007) pokazale su smanjenje efekata obuke o eko-vožnji u dužem vremenskom periodu. Odnosno, eko-vožnjom se može uštedeti gorivo od 10-15% za vreme treninga, tri meseca nakon obuke ova ušteda se smanjuje na 4-5% dok u dugoročnom periodu dolazi na 2% (period od godinu dana). Takođe, German Road Safety Council su 2000. godine izvršili pregled sesija eko-vožnje u Nemačkoj koje je odradila Ford kompanija i utvrđeno je da je odmah nakon obuke ostvarena ušteda od 25% u potrošnji goriva (Luther i Baas, 2011). U dugoročnom periodu (12-18 meseci nakon treninga) ušteda se smanjila na 10%. SenterNovem su otkrili da se u toku godinu dana od realizovane obuke, potrošnja goriva smanjila za 15-25%, ali nakon godinu dana uštede goriva su manje značajne i kreću se u rasponu od 4,7-8% (CIECA, 2007).

Dosadašnja istraživanja su pokazala da eko-vožnja ima značajan uticaj na smanjenje potrošnje goriva i emisije štetnih materija a naročito CO₂. Međutim, dokazano je i da efekti obuke slabe vremenom i da vozači vraćaju stare vozačke navike. U ovoj oblasti nije bilo istraživanja koja su analizirala periodičnu obuku vozača, nakon bazne obuke kako bi vozači održali novi stil vožnje dugoročno.

U skladu sa prethodno navedenim, bazični problem istraživanja u disertaciji će biti usmeren ka modeliranju periodične obuke vozača preko dinamičkih parametara rada vozača (potrošnje goriva, emisije CO₂, pređene kilometraže) i minimizaciji troškova transportnih preduzeća u uslovima eko-vožnje. Generisan model bi omogućio kvantifikovanje uticaja eko-vožnje preko parametara rada vozila transportnih kompanija, kao i isplativost ponovnog kondicioniranja vozača.

1.2. CILJ ISTRAŽIVANJA I OSNOVNE HIPOTEZE

Dosadašnja istraživanja uglavnom su analizirala efekte obuke vozača preko dinamičkih parametara rada vozača ali bez detaljnije analize održivosti eko-vožnje u dužem vremenskom periodu. Pri tome nije definisan tačan period ciklusa obuke (kondicioniranja) vozača kako bi se održalo smanjenje potrošnje goriva i emisije štetnih materija stečene kroz obuku a da pri tome bude isplativo za transportnu kompaniju i širu društvenu zajednicu. Zbog toga je glavni cilj istraživanja utvrđivanje optimalnog perioda obuke vozača sa ciljnom funkcijom minimizacije troškova na osnovu analize dinamike parametara rada vozača i režima vožnje (potrošnja goriva, emisija CO₂ i pređena kilometraža) u jednogodišnjem periodu i operativnih troškova (troškovi goriva i emisije CO₂, troškovi obuke).

Rezultati istraživanja treba da verifikuju sledeće hipoteze:

Hipoteza 1: Sveobuhvatni model dinamičkog odnosa između vozača, vozila i sistema eko-vožnje ima svoj optimum u cikličnom kondicioniranju.

Hipoteza 2: Optimizacija može istovremeno da obuhvati i uskladi zahteve autoprevoznika za minimizacijom troškova i šire društvene zajednice u smanjenju emisije štetnih gasova iz drumskog saobraćaja i njihovu ekonomsku valorizaciju.

Rezultati istraživanja i razvoj modela za optimizaciju periodičnog kondicioniranja vozača i minimizacije troškova autotransportnog preduzeća kao i maksimizaciju ušteda za sanaciju emisije CO₂ u uslovima eko-vožnje omogućiće da se donese zaključak o tome koji je optimalan period kondicioniranja vozača, a da se pri tome postignu pomenuti efekti.

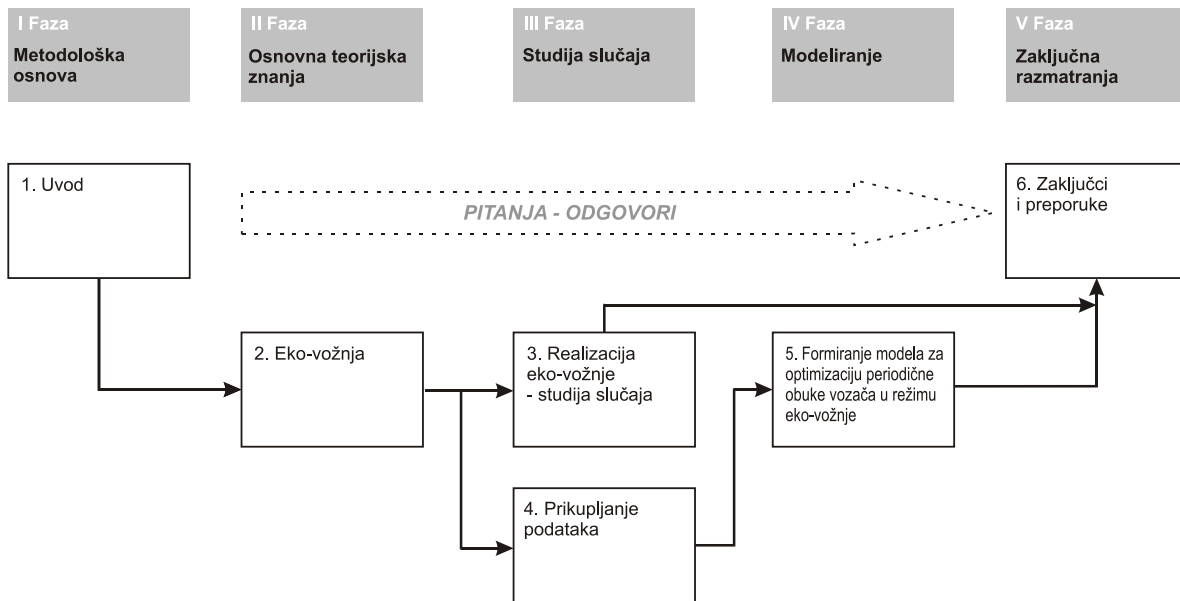
1.3. PRIMENJENE METODE

Prilikom analize eksperimentalnih podataka i razvoja modela biće primenjene poznate i opšte prihvaćene metode naučnog saznanja:

- Metode prikupljanja podataka i formiranja baze podataka;
- Metoda komparacije (postupak poređenja istih ili srodnih činjenica, pojava, procesa i odnosa, odnosno utvrđivanje njihove sličnosti i razlika u njihovom ponašanju i intenzitetu);
- Metoda diferencijalne analize svih relevantnih parametara i njihove dinamike (postupak zasnovan na objašnjenju problema koji se zasniva na raščlanjivanju složenih celina na jednostavnije sastavne delove). U ovoj disertaciji se to odnosi na pojedinačno ispitivanje dinamike parametara rada vozača i ekonomske parametre u jednogodišnjem periodu;
- Metoda sinteze (spajanje prostih celina u složenije forme). U ovoj disertaciji metoda sinteze predstavlja formiranje modela koji uvažava sve analizirane parametre pojedinačno i njihove međusobne uticaje;
- Matematičke i statističke metode obrade podataka dobijenih u istraživanju;
- Metoda deskripcije (postupak jednostavnog opisivanja činjenica, procesa i predmeta u prirodi i društvu).

1.4. STRUKTURA DISERTACIJE

Realizovana istraživanja u odnosu na postavljene hipoteze, ciljeve i probleme disertacije obuhvataju 6 poglavlja (Slika 1.1.). Kratak opis svakog poglavlja dat je u tekstu ispod.



Slika 1.1. Struktura disertacije

U okviru uvodnog poglavlja definisan je problem, ciljevi i hipoteze istraživanja. Takođe, navedene su i naučno-istraživačke metode koje su korišćene za izradu disertacije, ali data je i celokupna struktura disertacije.

U drugom poglavlju prikazana je sinteza objavljenih istraživanja na temu eko-vožnje. Odnosno, prikazani su brojni rezultati primene eko-vožnje, njenog kratkoročnog i dugoročnog uticaja. Takođe definisana je i razlika između statičke i dinamičke eko-vožnje i date su određene preporuke za prihvatanje eko-vožnje. Na kraju poglavlja dati su rezultati istraživanja o uticaju ambijentalne temperature na efekte eko-vožnje.

U trećem poglavlju predstavljena je realizacija eko-vožnje na autobusima u preduzeću "JGSP Beograd" i analiza dobijenih rezultata.

U četvrtom poglavlju prikazana je metodologija prikupljanja podataka potrebnih za definisanje modela koji će biti opisan u poglavlju 5.

U petom poglavlju je na osnovu postavljenih ciljeva i hipoteza proizašao predlog modela za periodičnu obuku vozača o eko-vožnji. Naime, model je definisan na osnovu istraživanja (koje je opisano u poglavlju 4) o efektima eko-vožnje u realnim uslovima. Model je dao egzaktnu podatke o tome kada je potrebno izvršiti ponovno kondicioniranje vozača kako bi se efekti obuke održali dugoročno. Pri tome, vodilo se računa da ekonomske koristi budu maksimalne za transportne kompanije. Pored toga, prikazan je i uticaj ambijentalne temperature na efekte obuke vozača o eko-vožnji.

U šestom poglavlju dati su zaključci istraživanja kao i predlozi područja za buduća istraživanja. Naglašene su određene pretpostavke kao i ograničenja definisanog modela.

LITERATURA

Abuzo, A., i Muromachi, Y. (2013). The Effect of Ecodrive Program in Simulated and Real-World Driving Modes on the Fuel Economy of Manila Drivers. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 10, 1203-1217.

Barkenbus, J. N. (2010). Eco-driving: An overlooked climate change initiative. *Energy Policy*, 38(2), 762-769.

Barth, M., i Boriboonsomsin, K. (2009). Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving system. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(6), 400-410.

Basarić, V., Jambrović, M., Miličić, M., Savković, T., Basarić, Đ., i Bogdanović, V. (2017). Positive Effects of Eco-Driving in Public Transport - A Case Study of the City Novi Sad, *Thermal Science*, 21(1B), 683–692.

Beusen, B., Broekx, S., Denys, T., Beckx, C., Degraeuwe, B., Gijssbers, M., Scheepers, K., Govaerts, L., Torfs, R., i Int Panis, L. (2009). Using on-board logging devices to study the long-term impact of an eco-driving course. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14, 514–520.

CIECA. (2007). Internal project on Ecodriving in category B driver training & the driving test, *Final Report*, http://www.transportresearch.info/sites/default/files/project/documents/20091210_155535_71033_ECODRIVEN%20Final%20Report.pdf.

Department of Energy & Climate Change (DECC). (2012). *Annual Report and Accounts*, London.

Energy Saving Trust. (2005). *Ecodriving: Smart efficient driving techniques*. London.

Evans, L. (1979). Driver Behavior Effects on Fuel Consumption in Urban Driving, Human factors. *The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 21(4), 389-398.

Fuel Consumption Meter. (2003). *Proceedings of Annual Meeting of Environmental Systems Research*, 31, 413-441.

Green Car Congress. (2008). Ford tests show eco-driving can improve fuel economy by an average of 24 percent, December 19.

Greene, D. L. (1986). *Driver Energy Conservation Awareness Training: review and recommendations for a national program*. Oak Ridge, Tennessee: Oak Ridge National Laboratory.

Haworth, N., i Symmons, M. (2001). *The relationship between fuel economy and safety outcomes*. Victoria: Monash University Accident Research Centre.

Henning, W. (2008). Ford Eco-Driving Best Practice Training and Evaluation – Improving Fuel Economy, Reducing CO₂. *In Proceedings of the Ecodriven Final Conference, Prague*.

Husnjak, S., Forenbacher, I., i Bucak, T. (2015). Evaluation of Eco-Driving Using Smart Mobile Devices. *PROMET-Traffic&Transportation*, 27(4), 335–344.

International Energy Agency (IEA). 2008. Energy Policies of IEA Countries. *Review, Japan*.

International Energy Agency (IEA). (2010). Transport Energy Efficiency. *Information paper*, Paris, France.

Intelligent Energy Europe (IEE). (2010). The ECOWILL project ‘‘Ecodriving – Widespread Implementation for Learner Drivers and Licensed Drivers’’, Project No: EE/09/250822/SI2.558293, <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/ecowill>

Intelligent Energy Europe (IEE). Benefits of Eco-driving, Project - Together on the move, www.together-eu.org/docs/102/TOGETHER_Eco-driving_5_Handout_15.pdf.

Johansson, H. (1999). Impact of Ecodriving on emissions and fuel consumption, Swedish Road Administration, Borlange, Sweden.

Kumar, P., Pirjola, L., Ketzler, M., i Harrison, R. M. (2013). Nanoparticle emissions from 11 non-vehicle exhaust sources – a review. *Atmospheric Environment*, 67, 252–277.

Kurani, K., Stillwater, T., Jones, M., i Caperello, N. (2013). Eco-drive I-80: A Large Sample Fuel Economy Feedback Field Test, Report: ITS-RR-13-15.

Lauper, E., Moser, S., Fischer, M., Matthies, E., i Kaufmann-Hayoz, R. (2015). Psychological predictors of eco-driving: A longitudinal study, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, 33, 27-37.

Luther, R., i Baas P. (2011). Eco-Driving Scoping Study, New Zealand, <https://www.aa.co.nz/assets/about/Research-Foundation/Ecodrive/TERNZ-Eco-Driving-Report.pdf?m=1466990331%22%20class=%22type:%7Bpdf%7D%20size:%7B891%20KB%7D%20file>.

Marinković, D. (2012). *Modelovanje potrošnje naftnih derivata i zagađenja životne sredine u transportnom sektoru u Republici Srbiji*. Magistarski rad. Beograd: Tehnološko – Metalurški Fakultet.

Mensing, F., Bideaux, E., Trigui, R., i Tattgrain, H. (2013). Trajectory optimization for eco-driving taking into account traffic constraints, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 18, 55–61.

Ministry for the Environment. (2011). Gazetting New Zealand’s 2050 Emissions Target. INFO570.

Miyasaka, T., Taniguchi, M., i Sambuichi, H. (2005). Potentiality of Effects by Fuel Conservation Driving in Automatic Transmission Car, *Proceedings of the Society of Automotive Engineers of Japan (JSAE)*, 80-05, 13-16.

Onoda, T. (2009). IEA policies—G8 Recommendations and an Afterwards, *Energy Policy*, 37, 3823–3831.

Rolim, C. C., Baptista, P. C., Duarte, G. O. i Farias, T. L. (2014). Impacts of On-board Devices and Training on Light Duty Vehicle Driving Behavior, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111, 711–720.

Satou, K., Shitamatsu, R., Sugimoto, M., i Kamata, E. (2010). Development of the on-board eco-driving support system. *Int Sci J Altern Energy Ecol*, 9,35–40.

Savković, T., Gladović, P., Miličić, M., Pitka, P., i Ilić, S. (2019). Effects of Eco-Driving Training: A Pilot Program in belgrade Public Transport. *Tehnickal Gazette*, 26(4), 1031-1037.

Saynor, B. (2008). Energy Saving Trust – Ford Eco-Driving Challenge. Workshop Prague.

Shaheen, S. A., Elliot, W. M., i Finson, R. S. (2012). Ecodriving and Carbon Footprinting: Understanding How Public Education Can Reduce Greenhouse Gas Emissions and Fuel Use. MTI Report II-II, Mineta Transportation Institute, Kalifornija.

Smokers, R., Skinner, I., i Fontaras, G. (2006). Review and analysis of the reduction potential and costs of technological and other measures to reduce CO₂ emissions from passenger cars, European Commission.

Staubach, M., Schebitz, N., Koster, F., i Kuck, D. (2014). Evaluation of an eco-driving support system. *Transportation Research Part F – Traffic Psychology and Behaviour*, 27, 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2014.09.006>.

Sullman, M. J. M., Dorn, L., i Niemi, P. (2015). Eco-driving training of professional bus drivers - Does it work? *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 58, 749–759.

Syme, G., Seligman, C., Kantola, S., i MacPherson, D. (1987). Evaluating a television campaign to promote petrol conservation. *Environment and Behavior*, 4, 444-461.

Tulusan, J., Soi, L., Paefgen, J., i Brogle, M. (2011). Eco-efficient feedback technologies: Which eco-feedback types prefer drivers most? *IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks*, Lucca, Italy.

Ukita, M., i Shirota, H. (2003). Study on the Effect of Eco-Driving by Equipping with Fuel Consumption Meter, *Proceedings of Annual Meeting of Environmental Systems Research*, 31, 413-441.

Van Mierlo, J., Maggetto, G., Van de Burgwal, E., i Gense R. (2004). Driving style and traffic measures—influence on vehicle emissions and fuel consumption, *Proceedings of the Institution of mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 2018(1), 43-50.

Vermeulen, R. J. (2006). The effects of a range of measures to reduce the tail pipe emissions and/or the fuel consumption of modern passenger cars on petrol and diesel. *TNO report*, IS-RPT-033-DTS-2006- 01695.

af Wåhlberg, A. E. (2007). Long-term effects of training in economical driving: Fuel consumption, accidents, driver acceleration behavior and technical feedback. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37(4), 333–343.

Waters, M.H.L., i Laker, I.B. (1980). Research on fuel conservation for cars. *TRRL Laboratory Report 921*.

Zarkadoula, M., Zoidis, G., i Tritopoulou, E. (2007). Training urban bus drivers to promote smart driving: A note on a Greek eco-driving pilot program. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12(6), 449–451.

Zhu, Q., Sarkis, J., i Geng, Y. (2005). Green supply chain management in China: Pressures, practices and performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(5), 449-468. doi:10.1108/01443570510593148.

Zhao, X. H., Wu, Y. P., Rong, J., i Zhang, Y. L. (2015). Development of a driving simulator based eco-driving support system. *Transportation Research Part C –Emerging Technologies*, 58, 631–641. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.03.030>.

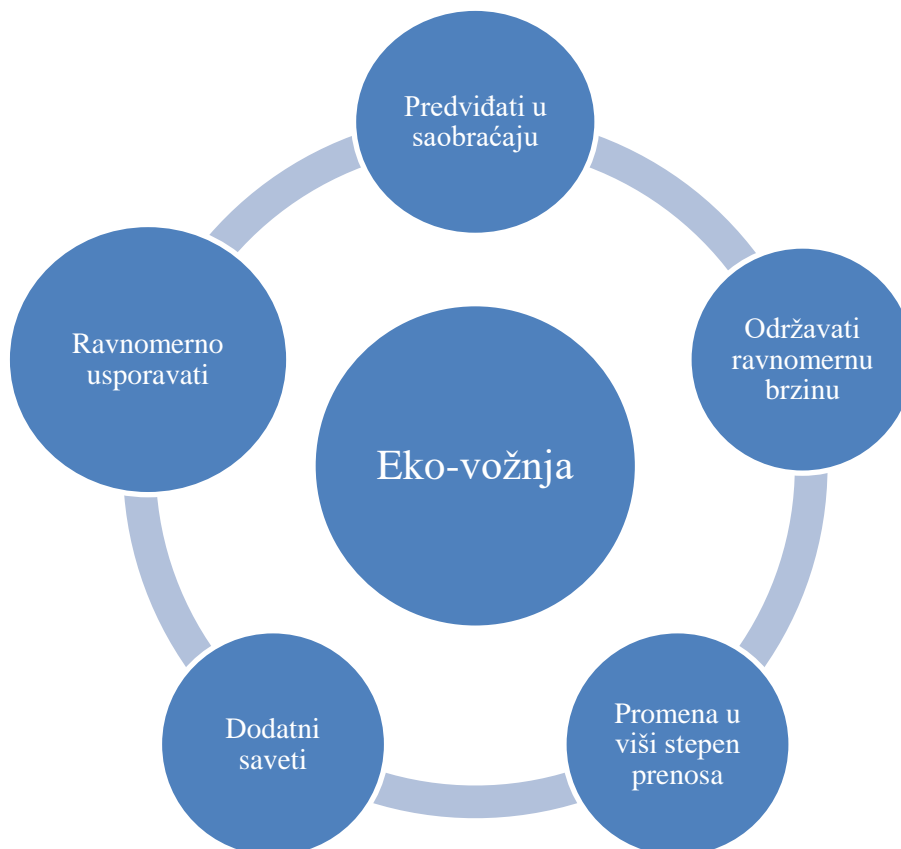
2. EKO-VOŽNJA

U ovom poglavlju su sistematizovana postojeća znanja iz oblasti eko-vožnje i ona su predstavljena kroz sledeće segmente:

- Eko-vožnja i njeni principi – data je definicija eko-vožnje i saveti koji se daju vozačima prilikom njihovog testiranja. Takođe, navedena su istraživanja kod različitih vrsta vozila sa rezultatima i nedostacima prilikom realizacije tih istraživanja.
- Koristi eko-vožnje se bave prikazom rezultata koji se mogu postići primenom eko-vožnje u pogledu ekonomije vožnje i ekologije. Takođe je izvršena analiza kratkoročnih i dugoročnih efekata posmatrajući smanjenje potrošnje goriva i emisije CO₂.
- Programi eko-vožnja širom sveta su primeri programa eko-vožnje realizovani u evropskim zemljama, Americi i Japanu. Uglavnom su se odnosili na primenu eko-vožnje kod mladih vozača B kategorije koji su u procesu obuke.
- Statička i dinamička eko-vožnja – predstavljeno je objašnjenje o ovoj podeli i prikazana je razlika između njih. Takođe, dati su primeri studija koji su primenjivali jedan i drugi tip eko-vožnje.
- Ograničenja u primeni eko-vožnje predstavljaju izazove za koje se misli da ograničavaju potencijalne koristi primene eko-vožnje. Za nepostizanje željenih rezultata eko-vožnje utiču i određeni problemi koji su opisani u ovom potpoglavljju.
- Preporuke i mere za prihvatanje eko-vožnje – date su određene preporuke i mere primenjene u svetu koje mogu pomoći vozačima u usvajanju eko-vožnje. Kao najznačajnije mere navode se: obrazovanje, regulative, novčani podsticaji i socijalni marketing.

2. 1. EKO-VOŽNJA I NJENI PRINCIPI

Eko-vožnja obuhvata niz jednostavnih pravila za maksimiziranje ekonomičnosti potrošnje goriva dok ujedno minimizira emisiju CO₂. To je način vožnje koji je najpogodniji za savremenu tehnologiju motora (Ecowill, n.d. ; Zhu, Sarkis i Geng, 2005). Najrelevantniji saveti za eko-vožnju prikazani su na Slici 2.1. (SenterNovem, 2005):



Slika 2.1. Saveti eko-vožnje

1. Održavati ravnomernu brzinu pri najvećem mogućem stepenu prenosa - stalno ubrzanje i kočenje zahteva puno energije (goriva). Prosečnom automobilu je potrebno samo 5kW snage za vožnju ravnomernom brzinom od 50km/h dok preostalih 90% i više snage motora potrebno je za ubrzanje ili vožnju pri veoma velikim brzinama. Zato treba izbegavati nepotrebno kočenje i ubrzanje i voziti što je više moguće ravnomernom brzinom. Vožnja pri ravnomernoj brzini ne samo da povećava ekonomičnost potrošnje goriva već ima i pozitivan efekat na emisiju izduvnih gasova, bezbednost u saobraćaju i udobnost putnika.

2. Promena u viši stepen prenosa što je pre moguće - kod benzinskih i LPG vozila promeniti stepen prenosa pre 2500 o/min a kod dizel vozila pre 2000 o/min jer oni dostižu optimalnu efikasnost pri manjem broju obrtaja motora. Međutim kod današnjih komercijalnih

vozila optimalan broj obrtaja pri kojem treba prebaciti u viši stepen je dosta niži (1200-1500rpm) i zavisi od vrste motora, vremenskih i saobraćajnih uslova.

3. Predviđati u saobraćaju – da bi se vozilo kretalo ravnomernom brzinom i da bi se izbeglo naglo kočenje i ubrzanje potrebno je predvideti situacije u saobraćaju (kada se vozilo približava semaforima, kada pretiče druga vozila, kada se vozi na prometnim auto-putevima).

4. Ravnomerno usporavati – Kada je god moguće treba koristiti motorno kočenje (otпустiti papučicu gasa i vozilo ostaviti u brzini) jer se tako ostvaruje pozitivan efekat na potrošnju goriva, habanje kočnica, emisiju izduvnih gasova, sigurnost u saobraćaju i udobnost putnika.

5. Dodatni saveti vezani za:

Aerodinamiku – Ovo je veoma važan faktor koji utiče na potrošnju goriva. Dodatna oprema na vozilu kao što su krovni nosači ili nosači za bicikle na zadnjem delu vozila povećavaju otpor vazduha ali i potrošnju goriva. Pri brzini od 120km/h može doći do 20% povećanja u potrošnji goriva (200 evra godišnje) zbog krovnog nosača. Takođe i drugi delovi vozila mogu negativno uticati na aerodinamiku, kao što su velike antene. Veliki uticaj na aerodinamiku imaju i otvoreni prozori koji uzrokuju dodatna strujanja vazduha.

Vožnju uzbrdo – U planinskim oblastima, važno je koristiti pravilno ubrzanje i manipulaciju kočenjem kako bi se znatno uštedelo gorivo. Na uzbrdici, cilj je da se vozi najvišim mogućim stepenom prenosa sa punim pritiskom na papučicu gasa (puno opterećenje).

Pritisak u pneumaticima – Deo energije za pokretanje vozila troši se na prevazilaženje otpora kotrljanja guma. Zato se savetuje da se jednom mesečno proverava pritisak kod hladnih pneumatika (ukoliko je dužina vožnje manja od 3 km ili čekati 10 min da se gume ohlade). Ako je pritisak u gumama viši za 25% nego što treba, otpor kotrljanja se povećava za 10% a potrošnja goriva za 2% (Energy Saving Trust, 2005). Pored toga nepovoljni su efekti i na upravljanje vozilom i put kočenja.

Gašenje vozila pri kratkim stajanjima – Nakon gašenja vozila pri kratkim zaustavljanjima (čekanje na semaforu, na železničkom prelazu itd.), kada se ponovo upali ne treba pritiskati papučicu gasa. Kod novijih vozila, smatra se da ima smisla isključiti motor kada se očekuje da će vozilo stajati duže od jednog minuta. Kod starijih karburatorskih vozila (proizvedenih pre 1990. god) sa aspekta energetske efikasnosti smatra se da nema smisla isključivati vozilo na kratkim zaustavljanjima, jer takva vozila troše dodatnu količinu goriva pri paljenju motora.

Vožnju u krivinama – Prilikom približavanja krivini, brzinu treba smanjiti otpuštanjem gasa i manipulacijom papučice za kočenje kada je potrebno a ne prebacivanjem u niži stepen prenosa.

Paljenje motora – Pri paljenju savremenih motora (proizvedenih od 1990. god pa nadalje) koji imaju sistem za ubrizgavanje goriva ne treba pritiskati papučicu gasa. Na osnovu merenja određenih parametara, elektronski sistem upravljanja motorom vodi računa o pravilnom startu

i količini ubrizganog goriva, pa pritiskom na pedalu gasa se samo zbunjuje sistem i povećava potrošnja goriva kao i emisija gasova.

Težinu – ona značajno utiče na potrošnju goriva a naročito dodatna težina tj. prtljag. Dodatno opterećenje od 100 kg na vozilo srednje veličine od 1500 kg dovodi do povećanja potrošnje goriva za oko 6,7%. Takođe, program Ujedinjenih Nacija za životnu sredinu (United Nations Environment Programme) procenjuje da dodatnih 45 kg težine smanjuje ekonomičnost vozila za oko 2% (Wengraf, 2012).

Dodatnu opremu koja troši gorivo – Upotreba dodatne opreme kao što je upotreba klime, grejanja, grejača za staklo i sediša itd., može znatno povećati potrošnju goriva. Generalno, uključivanje klime povećava potrošnju goriva za 10%. Program Ujedinjenih Nacija za životnu sredinu sugerise da pri brzini od 65 km/h i manje ne treba paliti klimu i da je energetski efikasnije otvoriti prozor (Wengraf, 2012).

Upotrebu uređaja u vozilu koji štede gorivo – U ove uređaje spadaju: *brojač obrtaja motora* (pomaže da se održi efikasna brzina motora kako bi se optimizovala potrošnja goriva); *tempomat* (olakšava da se održi ravnomerna brzina bez pritiska na papučicu gasa i da se izbegne stalno ubrzanje i kočenje); *on-board kompjuteri* (mnoga vozila danas imaju ugrađene računare sa različitim funkcijama, kao što je prikaz trenutne i prosečne potrošnje goriva i davanje povratnih informacija vozačima); *limiteri brzine* (pomažu da se izbegne prekoracenje brzine i vrlo je česta njihova upotreba kod kamiona i dostavnih vozila. Vlasnici vozila time izbegavaju kazne, smanjuju potrošnju goriva, saobraćajne nezgode. Ovi uređaji mogu uštedeti i do 5% goriva, a u kombinaciji sa obukom prednosti su još veće).

Studije (El-Shawarby, Ahn, Rakha, 2005; Ericsson, 2001) potvrđuju tehnički aspekt programa eko-vožnje (Tabela 2.1.) koji se odnosi na operacije u toku vožnje koje najviše utiču na potrošnju goriva (npr. ubrzanje, usporenje, održavanje konstantne brzine i rad vozila u stanju mirovanja). Pored tehničkih saveta, smernice eko-vožnje takođe iziskuju i praktične savete koji se odnose na vozačke prakse koje mogu da poboljšaju performanse vozila i rezultate u potrošnji goriva. Studije (Barth i Boriboonsomsin, 2009; Hornung i ostali, 2000, 2001; Iagarashi i ostali, 2006; Saboohi i Farzaneh, 2005; Wilbers, 1999;) su istakle praktične savete eko-vožnje kao što su: poboljšati održavanje vozila, aerodinamiku, izabrati odgovarajuće gorivo, regulisati nepotrebnu upotrebu uređaja u vozilu, predviđati uslove u saobraćaju, izbegavati prekomernu težinu vozila.

Tabela 2.1. Programi eko-vožnje

Država	Program
Čile	GTZ (Gassellschaft Fur Technische Zusammenarbeit) projekat, Santijago
Kostarika	GTZ (Gassellschaft Fur Technische Zusammenarbeit) projekat
Indonezija	GTZ (Gassellschaft Fur Technische Zusammenarbeit) projekat, Džakarta
Francuska	Regionalna kampanja
Austrija	Inicijativa Sprintspar / NIGG Kompanija za autobuse
Japan	Smart eco-drive, Tokijo
Grčka	Centar za obnovljivu energiju
Nemačka	Motor Show u Frankfurtu
Sjed. Amer. Drž. - SAD	USA Ecodrive
Belgija	Eko-vožnja
Švedska	Energija
Finska	Motiva: Ecodriving Networt
Škotska	Top four tips i Best of the rest

Izvor: Abuzo, 2013

Prema studijama (Dzenisiuk, 2011; Sustainable Energy Ireland, 2013) postoje dve faze režima eko-vožnje: pre putovanja i tokom putovanja. Odnosno eko-vožnja je u funkciji od S, T, O, P, I, B, U, R (Husnjak, Forenbacher i Bucak, 2015) pri čemu se operacije S, T i O koriste pre vožnje a ostale se koriste tokom vožnje, gde su:

S – održavanje vozila u skladu sa standardima proizvođača,

T – smanjenje tovara tokom transporta,

O – održavanje adekvatnog pritiska u gumama,

P – lagano ubrzanje i kočenje dok se ujedno obezbeđuje sigurna udaljenost između vozila,

I – izbegavanje praznog hoda za vreme vožnje,

B – zatvaranje prozora pri velikim brzinama,

U – blago usporavanje korišćenjem motornog kočenja,

R – maksimalno smanjenje upotrebe klime.

Eko-vožnja predstavlja jedan od najnaprednijih istraživačkih napora sprovedenih u oblasti potrošnje goriva i emisije CO₂ koji se odnosi na ekonomsku i ekološko prihvatljivu vožnju. Pored toga, koristi se kao termin za moderan i pametan način za uštedu goriva i mehanizama vozila ali isto tako i za neagresivan i siguran način vožnje. Agresivni vozači troše 30% više goriva nego vozači sa uobičajenim načinom vožnje (Romm i Frank, 2006). Kod ove nove kulture vožnje sve veću prednost uzima primena tehnologija i senzora u vozilu u cilju savetovanja vozača da primenjuju ravnomeran stil vožnje dok se istovremeno poboljšava sigurnost na putu.

Ova tehnika vožnje se najčešće primenjuje za gradsku vožnju gde se bez smanjenja prosečne brzine i dužeg vremena putovanja ostvaruje ušteda u potrošnji goriva, mada eko-

vožnja je veoma važna za profesionalne vozače koji voze na većim udaljenostima pri čemu bi ekonomičan način vožnje bio posebno bitan. Hof i ostali (2012) tvrde da su redovno održavanje vozila, kontrola pritiska u gumama i optimalan izbor prevoznog puta odgovarajuće mere, koje se smatraju veoma delotvornim za smanjenje potrošnje goriva. Kada je prevozni put poznat, tada eko-vožnja podrazumeva izbegavanje nepotrebnog kočenja i povećanje brzina gde je god to moguće predviđanjem situacija u saobraćaju, održavanje konstantne brzine, korišćenje viših stepena prenosa i optimalno ubrzanje. Međutim, nije u potpunosti razjašnjeno šta predstavlja optimalno ubrzanje. U nekim studijama je otkriveno da niže stope ubrzanja (sporije ubrzanje) dovode do smanjenja potrošnje goriva (Ericsson, 2001, Waters i Laker, 1980). Drugi ipak sugerišu veće stope ubrzanja do optimalne brzine koja se onda održava konstantnom (Mensing i ostali, 2013, 2014). Mensing i ostali (2013) su normalnu vožnju i eko-vožnju modelirali na računaru i poređenjem došli do zaključka da je moguće ostvariti smanjenje potrošnje goriva i do 34% usled većeg ubrzanja do optimalne brzine koja je održavana što je duže moguće. Međutim, Johansson, Färnlund i Engström (1999), tvrde da izbegavanje naglih ubrzanja (npr. pritiskanje papučice gasa ne više od 50%) može biti korisno za uštedu goriva. I drugi istraživači (Birrell, Fowkes i Jennings, 2014, El-Shawarby, Ahn i Rakha, 2005, Ericsson, 2001, Johansson, Färnlund i Engström, 1999) su takođe potvrdili činjenicu da je preterano pritiskanje papučice gasa neefikasno. Sve ovo dovodi do zaključka da eko-vožnja podrazumeva veće ali neagresivno ubrzanje do optimalne brzine koja zavisi od modela vozila, situacija na putu i od raspoloživih stepena prenosa.

Na uštedu goriva pozitivno utiču manje varijacije u brzini (Mensing i ostali, 2013, 2014). Ovo se može postići sa ravnomernim usporavanjem tako što se oslobađa gas bez pritiska na kočnicu i ostajanjem u brzini (tkz. motorno kočenje). Na ovaj način pokušava se izbegnuti zaustavljanje u određenim situacijama (npr. na semaforima) (Johansson i ostali 2003) a time i naknadno ubrzanje. Predviđanjem u saobraćaju, kada se očekuje neka opasnost, primenjuje se sporije ubrzanje, ranije oslobađanje gasa i zadržavanje veće sigurnosti (Andrieu i Pierre, 2012, Delhomme, Cristea i Paran, 2013, Johansson, Färnlund i Engström, 1999). Knowles, Scott i Baglee (2012) sprovedenom studijom sa električnim vozilima pokazali su da je eko-vožnja posebno efikasna u urbanom okruženju u poređenju sa ruralnim okruženjem i auto-putevima. Zbog većeg broja situacija za kočenje i ubrzanje moguća je veća ušteta u potrošnji goriva i veći potencijal za anticipacijom u vožnji.

Sproveden je veći broj studija među vozačima različitih kategorija vozila, tj. kod putničkih automobila (Andrieu i Pierre, 2012), srednje i teških teretnih vozila (Rutty i ostali, 2013), autobusa (Strömberg i Karlsson 2013; Wahlberg, 2007; Zarkadoula, Zoidis i Tritopoulou, 2007) i kamiona (Reed, Cynk i Parkes, 2012; Strayer i Drews, 2003) da bi se ispitalo da li je eko-vožnja ekonomičan stil vožnje. Međutim, uglavnom sve studije imaju određene metodološke nedostatke koji mogu da dovedu u pitanje njihove zaključke, a to su:

kratak period posmatranja, mali broj ispitanika, veštački uslovi vožnje, mala detaljnost, i odsustvo kontrolne grupe.

U istraživanju srednje teških teretnih vozila (Rutty i ostali, 2013) ispitan je efekat eko-vožnje kod 15 vozača preko određenih varijabli tj. performansi vozila (rad vozila u stanju mirovanja, naglo ubrzanje, emisija CO₂ i potrošnja goriva nastala radom motora dok vozilo stoji). Ove varijable su se analizirale mesec dana pre obuke i mesec dana nakon obuke i dobijeno je smanjenje rada vozila u stanju mirovanja između 4% i 10% dnevno i emisija CO₂ je smanjena za 1,7 kg po vozilu na dan. Međutim, u ovoj studiji nije bilo kontrolne grupe, tako da na rezultate istraživanja pored obuke vozača mogu uticati i drugi faktori. Takođe vozači su praćeni samo jedan mesec i nema informacija o dugoročnom uticaju eko-vožnje. Isto tako, učesnici u istraživanju su se sami prijavili jer su već bili zainteresovani za eko-vožnju.

Slični problemi javili su se i u studiji o eko-vožnji kod putničkih automobila (Andrieu i Pierre, 2012), gde su ispitivane 2 grupe vozača. Jedna grupa od 20 vozača je prvo vozila 14 km svojom uobičajenom vožnjom a nakon toga su im predstavljena pravila eko-vožnje kojih su trebali da se pridržavaju vozeći ponovo na istoj ruti. Oni su ostvarili uštedu u potrošnji goriva od 12,5%. Druga grupa od 19 vozača je pohađala kurs eko-vožnje i testirani su na ruti dužine 70 km dva puta (pre i nakon obuke) i ostvarili su uštedu u potrošnji goriva od 11,3%. Isto tako i u ovom istraživanju nije bilo kontrolne grupe pa promene u vozačkom ponašanju mogu biti i rezultat nečeg drugog osim eko-vožnje, i vozila za ispitivanje kod ove dve grupe su bila različita a različita je bila i dužina trase. Vozila koja su korišćena u istraživanju nisu bila svakodnevna vozila vozača. Takođe, ne postoje podaci koji pokazuju da li će obučeni vozači primenjivati koncept eko-vožnje prilikom dalje vožnje bilo u sopstvenom ili službenom vozilu, odnosno nema dugoročne analize.

Studije o eko-vožnji autobusa takođe ukazuju da nema podataka o efektima u dugoročnom periodu i postoji odsustvo kontrolne grupe. Naime, istraživanje urađeno od strane Strömberg i Karlsson (2013) pokazuje rezultate obuke o eko-vožnji i povratnih informacija u vozilu kod tri grupe vozača. Prva grupa je dobijala samo povratne informacije u realnom vremenu, druga grupa je pored ovih povratnih informacija imala i dva treninga o eko-vožnji a treća grupa je bila kontrolna grupa. Analiza pre i posle obuke pokazuje uštedu u potrošnji goriva prosečno od 6,8% kombinacijom prve dve grupe a o kontrolnoj grupi nije bilo rezultata jer su učesnici odustali, tako da je na uštedu moguć uticaj i drugih faktora. U dugoj studiji eko-vožnje kod tri vozača autobusa (Zarkadoula, Zoidis i Tritopoulou, 2007) ispitivana je potrošnja goriva na prevoznom putu dužine 15 km. Nakon prve test vožnje vozači su prisustvovali seminaru eko-vožnje i nakon toga su opet vozili na istom prevoznom putu. Dva meseca nakon obuke utvrđena je ušteta u potrošnji goriva kod dva autobusa za 4,35%, dok je kod trećeg autobusa došlo do povećane potrošnje goriva. Pored toga što je uzorak bio mali kod ovog istraživanja, nije bilo ni kontrolne grupe ali ni znanje o dugoročnim

efektima nije poznato. Studija koja je ispitivala efekte obuke 20 vozača autobusa dugoročno pokazuje da se obuka vozača o eko-vožnji nije dobro prenosila u radno okruženje vozača jer je ostvarena ušteda u potrošnji goriva od 2% godinu dana nakon završene obuke (Wahlberg, 2007). Ni ovde nije napravljeno nikakvo poređenje sa kontrolnom grupom a bilo je i nejasnoća o tome šta je tačno o ciljevima studije rečeno vozačima, odnosno da li im je rečeno da se prati njihova potrošnja goriva.

Istraživanja eko-vožnje kod vozača kamiona takođe imaju slične probleme. Istraživanje obuke vozača na smanjenje potrošnje goriva na simulatoru pokazuje smanjenje od 2,8% šest meseci nakon ove obuke (Strayer i Drews 2003). Ni ovo istraživanje nije obuhvatalo kontrolnu grupu i nema podataka o tome kako su ispitanici izabrani. Isto tako, nema podataka o rezultatima vožnje istih vozača u stvarnim uslovima. Reed, Cynk i Parkes (2012) su realizovali studiju o obuci 6 vozača kamiona o eko-vožnji u realnim uslovima i ostvarena je ušteda u potrošnji goriva prosečno od 7,3%. Nema podataka o vremenskom periodu praćenja a takođe nije bilo ni kontrolne grupe.

Haworth i Symmons (2001) su utvrdili da eko-vožnja u mnogim slučajevima može povećati bezbednost pri vožnji izborom odgovarajućeg transportnog sredstva, manjom brzinom i predviđanjem situacija u saobraćaju. Međutim, eko-vožnja može imati i negativan uticaj na bezbednost u situacijama gde su granice sigurnosti u sukobu sa ciljem da se održi ravnomerna brzina (Young, Birrell i Stanton, 2011). Na primer, kada se na semaforu uključuje žuto svetlo a vozač je u blizini semafora, iako je bezbedno da se vozilo zaustavi, eko-vožnja dovodi do prelaska raskrsnice. Pored toga, bezbednost može da se ugrozi i sistemima sa povranim informacijama vozačima pri čemu vozači gledaju u povratne informacije koje dobijaju čak i u zahtevanim uslovima vožnje (Jamso, Hibberd i Jamson, 2015b). Konfliktna tačke između eko-vožnje i bezbedne vožnje su naročito izražene kod mladih vozača početnika. Holandski instruktori vožnje su posebno skretali pažnju da ranije puštanje papučice gasa na prilazima raskrsnice može da uznemiri vozače koji su iza i da ih natera da vrše preticanje bez pravilnog planiranja. Zatim, problem može napraviti i ostajanje pri visokom stepenu prenosa i manevrisanje pri velikim brzinama. U Finskoj je 2004. godine urađen izveštaj gde se kao konfliktna tačka navodi naglo ubrzanje do željene brzine što mladi vozači mogu bukvalno shvatiti i držati tako kratka bezbedonosna rastojanja između vozila. Isto tako, prerana upotreba motornog kočnja može da dovede do sudara na zadnjem delu vozila. Takođe, bezbednost može da se smanji ukoliko se izbegava zaustavljenje u blizini pešačkih prelaza i raskrsnica (Luther i Baas, 2011). U Nemačkoj su instruktori istakli da je primena principa eko-vožnje u svakoj situaciji dosta komplikovana za mlade i neiskusne vozače (CIECA, 2007).

Eko-vožnja ne zavisi samo od navika vozača već i od brojnih spoljnih faktora koji utiču na vozača da prilagodi svoje vozačko ponašanje, kao što su: vremenski uslovi, putni

uslovi, i uslovi saobraćaja (Decicco i Ross, 1996; Ericsson, 2001; El-Shawarby, Ahn i Rakha, 2005).

Uslovi saobraćaja: U uslovima kada su gužve na putevima, vozač mora da ubrzava, usporava i menja brzine veoma često. Različiti stilovi vožnje doprinose različitoj potrošnji goriva. Anticipatorna vožnja je veoma značajan faktor koji može da smanji potrošnju goriva. Prilikom agresivne vožnje (naglo ubrzanje, kočenje, neodržavanje adekvatnog odstojanja) potrošnja goriva se povećava za 45% u odnosu na normalnu vožnju a lagani (blagi) stil vožnje (sa minimalnim kočenjem, laganim ubrzanjem i anticipacijom) može smanjiti troškove goriva za 22% u odnosu na normalnu vožnju (Breithaupt i Eberz, 2005).

Uslovi puta: Površina kolovoza i nagib su dva bitna uslova iz ove grupe koji utiču na potrošnju goriva. Površina kolovoza utiče na otpor kotrljanja a s' toga i na potrošnju goriva. Što je otpor kotrljanja veći, veća je i potrošnja goriva. Međutim otpor kotrljanja zavisi još i od: vremenskih uslova, težine vozila, profila pneumatika, pritiska u gumama i od pozicije volana. Što se tiče nagiba, veći nagib zahteva i veću energiju za savladavanje uspona. Zato je potrebno prilikom vožnje na usponu izvršiti pravilan stepen prenosa, izbegavati menjanje brzine prilikom penjanja i povećati brzinu pri nailasku na uspon.

Vremenski uslovi: Na potrošnju goriva veliki uticaj imaju temperatura, padavine i otpor vazduha. Niža temperatura dovodi do veće potrošnje goriva zbog hladnog starta vozila. Padavine utiču na klizavost površine puta i silu kotrljanja što dovodi do veće potrošnje goriva a otpor vazduha zavisi od frontalnog oblika vozila.

2.2. KORISTI EKO-VOŽNJE

Brojne studije su dokazale moguće uštede goriva između 5% i 10% a u nekim slučajevima čak i preko 20% (Fiat, 2010; Onoda, 2009; Wilbers, 1999) (Tabela 2.2.). Varijabilnost ovih podataka zavisi uglavnom od karakteristika saobraćaja i saobraćajnica u svakoj studiji slučaja. Takođe, uticaj može imati i sposobnost vozača da nauči ove tehnike kao i osetljivost vozila na manje promene u stilu vožnje.

Ekonomična vožnja može značajno uštedeti novac transportnim kompanijama naročito u pogledu potrošnje goriva, guma, održavanja vozila. Takođe, ovaj stil vožnje doprinosi smanjenju zagađenja životnog okruženja. Za vozača ovaj stil vožnje predstavlja bezbedniju i manje stresnu vožnju a za putnika komforniju vožnju. Studije pokazuju veće uticaje eko-vožnje na vozačko ponašanje u simulacijskim studijama u odnosu na terenske studije (Barth i Boriboonsomsin, 2009; Beusen i ostali, 2009; Kurani i ostali, 2013; Staubach i ostali, 2014).

Tabela 2.2. Prikaz ušteda u potrošnji goriva iz studija/projekata o eko-vožnji

Studija/projekat	Ušteda u potrošnji goriva
Barth and Boriboonsomsin (2009)	10-20%
Fiat eco:Drive	6%
ECMT/IEA (2005)	5%
Wahlberg (2007)	2%
Zarkadoula i ostali (2007)	4,35%
Beusen i ostali (2009)	12%
Rowson and Young(2011)	20%
Greene (1986)	10%
Mississippi State Energy Office	10-15%
Maryland High School driver education	10%
Mele (2008)	35%
Bragg/FuelClinic.com (2009)	5,23%
Beusen and Denys (2008)	7,3%
Taniguchi (2007)	20%
Onoda (2009)	5-15%
Saynor (Ford Motor Company) (2008)	24%
Henning (Ford of Europe) (2008)	24%
Quality Alliance Eco-Drive	11,7-21%
Driving Standard Agency, UK	8,5%
Dutch Consumer Organisation	7%

Izvor: Berry, 2010 obuhvatajući podatke od CfIT, 2007; Energy Saving Trust, 2005 i Greene,1986

Smanjena potrošnja goriva uzrokuje i smanjenje emisije CO₂ u rasponu od 5-25% (Barkenbus, 2010; Mensing i ostali, 2013; Onoda, 2009). Barth i Boriboonsomsin (2009) su otkrili da je moguće smanjiti emisiju CO₂ u proseku od 10-20% primenom tehnika eko-vožnje, dok je Barkenbus (2010) utvrdio smanjenje emisije CO₂ za 10%. Rolim i ostali (2014) su takođe pokazali smanjenje emisije CO₂ nakon obuke o eko-vožnji. Koristi za životnu sredinu mogu nastati i zbog smanjenja emisije čestica prašine (PM_x) koje se javljaju naročito pri vožnjama pri velikim brzinama i naglom kočenju (Kumar i ostali, 2013). Na osnovu evropskih iskustava, edukacijom vozača i upotrebom tehnologija sa povratnim informacijama u vozilu, mogla bi se smanjiti emisija gasova staklene bašte od 1-4% (US Department for Transport, 2010). Henning (2008) smatra da se može postići troškovna efikasnost od 17 do 128 evra po toni CO₂ za programe eko-vožnje i od 5 do 98 evra po toni CO₂ za optimalan pritisak u gumama. Sa ovim rezultatima se slaže i U.S. Department of Transportation (2010) koji daje uštedu od 69 evra po toni CO₂ za realizaciju treninga eko-vožnje novim vozačima i 45 evra po toni CO₂ kod već postojećih vozača.

Koristi eko-vožnje nisu samo ograničene na smanjenje emisije CO₂ (Ukita i Shirota, 2003), i na uštede u potrošnji goriva (Miyasaka, Taniguchi i Sambuichi, 2005). Studije takođe

pokazuju da koristi eko-vožnje obuhvataju: smanjenje buke, manje habanje delova vozila, unapređenje komfora pri vožnji kao i bezbednosti u sabraćaju itd. (CIECA, 2007; IEE, n.d.; IEE, 2008; Lauper i ostali, 2015).

Takođe i druge studije eko-vožnje (Fujikawa i Taniguchi, 2002; Hornung, Rothlisberger i Stampfil, 2003; Iagarashi i ostali, 2006; IEE, 2008; Matsuki, 2006; Saboohi i Farzaneh, 2005; Ukita i Shirota, 2003; Wilbers, 1999) otkrile su da praktični saveti usvojeni od strane vozača pored smanjenja potrošnje goriva i emisije CO₂ dovode i do: smanjenja buke zbog vožnje pri manjem broju obrtaja motora, povećanja bezbednosti zbog bolje anticipacije, smanjenja stresa vozača, povećanja komfora pri vožnji, smanjenja nepredviđenog vozačkog ponašanja, manjeg habanja delova vozila, smanjenje troškova, unapređenje usluge. Pored toga, ove koristi se mogu dobiti bez povećanja vremena putovanja (Christen, 2000; IEE, 2008; Mensing i ostali, 2013).

Već je pomenuto da je kratkoročno moguće ostvariti značajnu uštedu u potrošnji goriva. Ukoliko ne postoji dalja podrška nakon inicijalne obuke, uštede u potrošnji goriva opadaju vremenom. Dugotrajnost primene tehnika eko-vožnje zavisi od kvaliteta i prirode samog treninga, sposobnosti vozača da promeni već stečene navike, prisustva i odsustva određenih tehnologija (kao što su informacioni sistemi u vozilu) dizajnirani da održe efekte obuke. Takođe i IEA (2007a) navodi podsticaje da bi se održale praktične navike u vožnji stečene obukom o eko-vožnji. Jedan podsticaj može biti novčani bonus za uštedenu svaku litru goriva. Još jedan predloženi metod za motivisanje vozača da primenjuju eko-vožnju je praćenje njihovog rada preko uređaja instaliranog u vozilu (on-board). Ovi sistemi mogu da beleže podatke o upotrebi kočnice, promeni stepena prenosa, potrošnji goriva i mogu da podsećaju vozače o primeni saveta za eko-vožnju (Jones, 2007).

Istraživači širom sveta su sistematski merili smanjenje potrošnje goriva za vozače koji su pohađali kurs eko-vožnje, pre i nakon obuke i u longitudinalnim studijama do dve godine od obuke (Van Mierlo i ostali, 2018; Vermeulen, 2006; Haworth i Symmons, 2001; Johansson, Farnlund i Engstrom, 1999). Bez obzira da li su se vozači testirali na simulatoru ili u realnim uslovima na putu, vozači koji su prošli obuku uglavnom postižu smanjenje potrošnje goriva od 10 do 15%. Čak dve i više godine nakon kursa, učesnici postižu bolju potrošnju u odnosu na konvencionalne vozače (Christen, 2000; IEE, 2008).

Prednosti eko-vožnje su njena nezavisnost od tipa vozila i lakoća učenja tehnike uz niska finansijska i vremenska ulaganja. Međutim, među studijama koje istražuju efikasnost eko-vožnje, jedna je pokazala da su većina vozača koji su poboljšali svoju potrošnju goriva već bili motivisani da to učine pre obuke (Johansson i ostali, 2003). Ova motivacija ima značajan uticaj na smanjenje potrošnje goriva. Tokom i neposredno nakon treninga, vozači su ostvarili maksimalna poboljšanja u efikasnosti potrošnje goriva i do 15%; ove uštede su opale u dugoročnom periodu ukoliko nisu dobijali uputstva u toku vožnje (EcoDrive, 2012; Onoda, 2009). Ovo postepeno pogoršanje u održavanju efikasnosti potrošnje goriva ukazuje na

neophodnost određenih mera za modifikovanje aktivnosti koje se automatski obavljaju. Potencijalne intervencije uključuju tekuće povratne informacije, regulatorne aktivnosti, ekonomske podsticaje i tehnologije koje daju povratne informacije vozačima tokom vožnje. U Tabeli 2.3. date su prednosti i mane eko-vožnje.

Često su očekivanja javnosti niska po pitanju ušteta koje se mogu ostvariti primenom eko-vožnje. U Sjedinjenim Američkim Državama, eko-vožnja kao stil koji menja ponašanje vozača postaje norma. Vlada SAD-a je definisala programe i mere eko-vožnje za postizanje značajnih ušteta, kako bi prevazišla niska očekivanja javnosti o uspehu. Ovo se može postići uticanjem na svest javnosti putem informativnih kampanja i isticanjem ušteta koje se mogu postići. Takođe, državna novčana pomoć pojedincima za kupovinu uređaja za davanje povratnih informacija u svojim vozilima može imati pozitivan uticaj na štednju. Još jedna mera američke vlade koja doprinosi tome je da su programi ekološke vožnje besplatni i dostupni vozačima čiji će troškovi biti plaćeni od strane automobilske industrije i Vlade (Barkenbus, 2010). Često se javlja nedostatak jasnoće u pogledu cilja ili svrhe obuke: ekonomičnost potrošnje goriva, "špijuniranje" vozača ili bezbednost. Potrebno je da cilj obuke bude jasan kako bi se izbegli suprotstavljeni ciljevi što stvara nepoverenje kod vozača.

Tabela 2.3. Prednosti i nedostaci eko-vožnje

Prednosti primene eko-vožnje	Nedostaci primene eko-vožnje
Nevažan tip vozila	Disperzija rezultata
Lakoća učenja	Potrebna je želja vozača da promene ponašanje
Niska ulaganja	Nemogućnost dugoročnih efekata bez daljih intervencija
Mali napor (jednodnevni trening)	Različite mogućnosti za obuku
Podiže svest o ekološkoj vožnji	Nepoverenje kod vozača zbog nejasnoće u pogledu svrhe obuke

Izvor: Johannes, 2013

UŠTEDA: S obzirom na to da troškovi goriva transportnih kompanija u ukupnoj strukturi troškova poslovanja učestvuju sa oko 35%, eko-vožnja dovodi do značajnog ekonomskog poboljšanja. Savković i ostali (2019) su proračunali uštedu po vozilu od 1769 evra godišnje smanjenjem potrošnje goriva. Zarkadoula, Zoidis i Tritopoulou (2007) su proračunali godišnju uštedu od 1697 evra po vozilu na osnovu smanjenja potrošnje goriva, dok su Barić, Zovak i Periša (2013) utvrdili da je moguće postići uštedu od 1505 evra po vozilu na godišnjem nivou. Podaci prikupljeni od holandskih kompanija u drumskom transportu u periodu 1995-2003 pokazuju da implementacija aktivnosti eko-vožnje (obuka vozača, mehanizmi povratnih informacija) može dovesti do ušteta troškova od 1 evra na 100km (SenterNovem, 2005).

2. 3. PROGRAMI EKO-VOŽNJA ŠIROM SVETA

Svetska potražnja za gorivom zavisna je od globalnih makroekonomskih uslova i povećana cena goriva se negativno odrazila na globalni ekonomski rast. Ovo je navelo automobilsku industriju i proizvođače vozila da razmotre ekološki prihvatljiv dizajn vozila i ergonomiju; tehnologije u vozilu (sistemi za pomoć pri vožnji itd.) i programe obuke vozača u skladu sa promocijom eko-vožnje. Noviji programi eko-vožnje su zbog toga povezani i sa globalnim ciljem smanjenja emisije CO₂ i zaštite životne sredine.

Programi eko-vožnje su sprovedeni širom Evropske Unije (Breithaupt i Eberz, 2005; CIECA, 2007; ECMT, 2005; EEA, 2008; SenterNovem, 2005), odnosno u Finskoj, Švedskoj, Holandiji, Škotskoj, Nemačkoj, Islandu, Norveškoj, Češkoj Republici, Španiji, Poljskoj. Programi eko-vožnje izvan Evrope takođe obuhvataju: Australiju, Kanadu i Novi Zeland. Ovi programi su se odnosili na promovisanje tehnika eko-vožnje među mladim vozačima, profesionalnim vozačima i vlasnicima vozničkih parkova. Eko-vožnja u skladu sa gore pomenutim programima obuhvata: održavanje efikasne brzine tokom vožnje; gašenje motora dok vozilo stoji na semaforu, dok je parkirano, dok se utovara ili istovara; odgovarajući stepen prenosa u odnosu na tip transmisije; održavanje konstantne brzine i efikasna upotreba kočnica prilikom kočenja. Na Novom Zelandu je 2010. godine Ministarstvo za saobraćaj sprovelo implementaciju programa eko-vožnje za komercijalna vozila (SAFED, 2007) i time je napravljen veliki pomak u ovoj oblasti.

Dobra praksa u Evropi pokazuje da propisi i zakoni već zahtevaju da se vozači-početnici podučavaju o eko-vožnji. Pojedine zemlje Evrope (Švedska, Finska, Nemačka, Holandija i Švajcarska) su u okviru obuke vozača uvele obavezan koncept eko-vožnje. Ovaj koncept je bio izuzetno važan prilikom polaganja vozačkog ispita. U Švedskoj 2007. godine je uvedena eko-vožnja kod obuke vozača B kategorije pri čemu je sve troškove teorijske i praktične obuke pokrila Švedska uprava za puteve. Najviše pažnje se obraćalo na sticanje veština koje se odnose na ubrzanje i usporenje vozila, rad vozila u stanju mirovanja, izbor odgovarajućeg stepena prenosa, motorno kočenje, planiranje unapred. U Finskoj se koncept eko-vožnje u obuci vozača B kategorije pojavio još 1995. godine a na polaganju vozačkog ispita od 1998. godine. Cilj je bio da se mladi vozači nauče kako da postižu ravnomernu brzinu promenom do odgovarajućeg stepena prenosa i da predviđaju situacije u saobraćaju kako bi izbegli naglo kočenje. Važna poruka u obuci je bila da eko-vožnja može dovesti do značajnih ušteda zbog smanjenja potrošnje goriva. U Holandiji je eko-vožnja uvedena kao deo praktičnog polaganja vozačkog ispita 2008. godine (CIECA, 2007). Mladi vozači ne bi padali na testu zbog eko-vožnje ukoliko bezbedno voze ali je neenergetska vožnja postala važan kriterijum. Neki od saveta eko-vožnje koji su kandidati dobijali odnosili su se na:

- Isključivanje motora dok vozilo stoji,
- U krivini ostajati u višem stepenu prenosa,

- Koristiti motorno kočenje na ravnim deonicama,
- Na kružnim raskrsnicama voziti u višem stepenu prenosa,
- Izbegavati prevelike obrtaje motora zbog buke i zagađenja sredine,
- Ranije predviđanje situacije,
- Mogućnost nezaustavljanja kada vozilo ima prioritet i kada nema saobraćaja itd.

U Nemačkoj je eko-vožnja postala deo teorijske i praktične obuke kod mladih vozača B kategorije 1999. godine. Najviše pažnje obraćalo se na brzu promenu stepena prenosa, kočenje i upotrebu odgovarajućeg stepena prenosa u odnosu na brzinu. U Švajcarskoj mladim vozačima na teorijskoj obuci o eko-vožnji prezentovano je 10 principa eko-vožnje u trajanju od 45 minuta. Takođe, kandidati su se podučavali da postoje i situacije u kojima principi eko-vožnje nisu odgovarajući, npr. pri preticanju ili uključivanje na auto-put. Principi eko-vožnje su obuhvatali (CIECA, 2007):

- Izbor odgovarajućeg vozila,
- Izbegavati nepotreban otpor vazduha (npr. krovni nosači, nosači na zadnjem delu vozila),
- Korišćenje prve brzine samo za kretanje (dužina jednog automobila),
- Isključivanje motora pri stajanju vozila,
- Uvek voziti u najvećem mogućem stepenu prenosa,
- Planiranje rute pre vožnje, korišćenjem i GPS-a,
- Dok se vozi da se gleda daleko ispred (dobra anticipacija),
- Glatko tj. umereno voziti (izbegavati agresivan stil vožnje),
- Korišćenje motornog kočenja,
- Regularno održavanje vozila.

U evropskim zemljama istraživanja su se uglavnom bazirala na ispitivanjima pre i posle obuke i na longitudinalnim vožnjama (ponovljene vožnje u kratkoročnom ili dugoročnom vremenu sa istim subjektima).

Eko-vožnja se u Japanu primenjuje od 2003. godine i Japan je postao vodeća država u promovisanju eko-vožnje u Aziji (Abuzo i Muromachi, 2011; ANRE i METI, 2007; JARI, 2012; Matsuki, 2006; Miyasaka, Katayama i Taniguchi, 2005; Taniguchi i Mori, 2006; Taniguchi i Sambuichi, 2005; Taniguchi i Sato, 2003; Ukita i Shiota, 2003) prateći dobar trend u Evropi. Najveći deo programa se odnosio na vozače kamiona, autobusa i taksi vozila. Iako su vozni parkovi u Japanu najvećim delom sa automatskom transmisijom u odnosu na vozila sa manualnom transmisijom koja su dominantna u Evropi, smernice eko-vožnje koje se promovišu su slične. One se zasnivaju na savetima kojima se utiče na blago ubrzanje i usporenje, gašenje vozila u stanju mirovanja i održavanje konstantne brzine. Programi eko-vožnje u evropskim zemljama ali i u Japanu uključili su se kao deo svojih nacionalnih

strategija za smanjenje CO₂ (International Transport Forum, 2007a). Kompanija Ford Motor je započela sopstvenu inicijativu eko-vožnje u nekoliko azijskih zemalja obučavajući instruktore u 2008. godini. Od tada je na Filipinima, u Vijetnamu, Tajlandu i Indoneziji obučeno više od 5000 vozača (Case Study EcoDriving, 2009). Od 2010. godine, Ministarstvo ekonomije Južne Koreje je razvilo plan i budžet za promociju tehnika eko-vožnje a od 2011. godine Južna Koreja je uvela program eko-vožnje pri obuci mladih vozača (IEA, 2008).

Principi eko-vožnje su takođe bili inicirani preko pet pilot programa i u zemljama u razvoju (Čileu, Kostariki, Nikaragvi i Indoneziji) preko projekta Gessellschaft Fur Technische Zusammenarbeit (GTZ). Programi eko-vožnje zemalja u razvoju se za razliku od programa u razvijenim zemljama suočavaju sa većim poteškoćama prilikom njihove promocije i primene zbog: neadekvatne putne infrastrukture i saobraćajnog sistema, preteranog opterećenja vozila, upotrebe starijih vozila, preopterećenosti puteva sa različitim vidovima saobraćaja, slabe primene propisa, neadekvatnog upravljanja transportom, i neadekvatnog programa finansiranja i promocija. Pored toga, vozači su agresivniji u vožnji na zagušenim putevima sa siromašnijom infrastrukturom i saobraćajnim uslovima, pa se javlja obimnije naglo kočenje i ubrzanje vozila. Socio-ekonomski uslovi vozača u zemljama u razvoju takođe utiču na njihovu vozačku praksu, kao što je održavanje vozila i preopterećenje vozila težinom. Zbog toga veliki izazov današnjice u oblasti eko-vožnje predstavlja prenos i upotreba tehnologija na zemlje u razvoju ukoliko se pokazala njihova primenljivost i održivost na životnu sredinu (Abuzo, 2013).

U našoj zemlji rađene su dve studije slučaja u kojima je izvršena analiza uticaja eko-vožnje na parametre vožnje. Teorijsko-praktična obuka o eko-vožnji koja je rađena 2013. godine kod vozača autobusa u transportnim kompanijama "JGSP Novi Sad" i "JGSP Beograd" je pokazala pozitivne efekte. Naime, ostvarena ušteda u potrošnji goriva i emisiji CO₂ u odnosu na način vožnje pre obuke je iznosila 11,71% i 8,61% respektivno. Pored ove dve studije, izvršeno je i par manjih ispitivanja odnosno anketa rukovodioca transportnih kompanija u našoj zemlji kako bi se video njihov stav o eko-vožnji. Većina njih je imala pozitivan stav o eko-vožnji. (<https://plutonlogistics.com/drumski-transport/eko-voznja-ne-utice-samo-na-zivotnu-okolinu-vec-i-na-novcanik-procitajte-i-kako/>). U našoj zemlji postoji stručno osoblje za realizaciju obuke vozača o eko-vožnji pa u tom smislu nema prepreka u primeni ovog stila vožnje. Njihova iskustva pokazuju da je moguće ostvariti uštede i do 24% tokom realizacije obuke, odnosno do 17% nakon realizacije obuke (<http://ricocentre.com/programi-obuke/>). Pored toga, postižu se manji troškovi na osnovu plaćenih kazni za saobraćajne prekršaje kao i manji troškovi održavanja vozila. Takođe, smanjena je i mogućnost manipulacije gorivom.

2.4. STATIČKA I DINAMIČKA EKO-VOŽNJA

Godinama unazad se ispituje efikasnost eko-vožnje na uštedu energije i smanjenje emisije. Intervencije eko-vožnje u ispitanoj literaturi su statičke i dinamičke prirode. Statički pristup ima za cilj da podstakne vozače da primenjuju opšte tehnike eko-vožnje nakon učenja kroz teorijske obuke, brošure, web stranice, i kampanje. Dinamička eko-vožnja uključuje upotrebu uređaja u vozilu koji pružaju direktnu povratnu informaciju vozačima tokom vožnje, uglavnom uključujući vizuelne, čulne modalitete i modalitet putem dodira (Azzi i ostali, 2011; Martin, Chan i Shaheen, 2012).

Mnoge zemlje su pokrenule nacionalne kampanje eko-vožnje kako bi obučile postojeće i nove vozače da voze ekonomičnije kroz teorijski i praktičan rad (Tabela 2.4.). Neki od njih koriste takmičenja i novčane podsticaje za ohrabrivanje vozača da koriste savete eko-vožnje. U Australiji je još 1987. godine sprovedena studija od strane Syme i ostali (1987) kako bi se ocenio efekat televizijske kampanje koja je imala za cilj da ohrabri vozače da štede gorivo primenom principa eko-vožnje, odnosno primenom sporije vožnje, blage i umerene vožnje, proverom pritiska u pneumaticima i periodičnim servisiranjem vozila. Kampanja je imala male uticaje na stavove i uverenja vozača o uticaju takvog stila vožnje na smanjenje potrošnje goriva. Takođe, postoje i sajtovi na kojima pojedinci mogu pronaći informacije o eko-vožnji (Alliance to Safe Energy, 2008; Siuru, 2008; Alliance of Automobile Manufacturers, 2003; Ecodrive.org, 2009). Jedna od obrazovnih javnih kampanja za eko-vožnju pokrenuta je 2008. godine od strane proizvođača automobila (Alliance of Automobile Manufacturers, 2003). Na njihovoj web stranici nalazilo se 13 akcija koje su vozači mogli da preduzmu u toku vožnje. Međutim, veliki broj radova i studija na temu eko-vožnje zasnivale su se na teorijskoj i praktičnoj obuci vozača. U literaturi su se koncipirale tri metode edukacije vozača (Tabela 2.5.), pri čemu su prve dve metode uključivale jednodnevne treninge (teorijski i praktični pristup) u vozilu i vršile su komparaciju parametara rada vozača pre i nakon obuke. Razlika kod ove dve metode je u tome što je prvi metod obrazovanja vozača u istraživanje uključivao vozače sa iskustvom u eko-vožnji od najmanje jedne godine i istraživanje je vršeno na simulatoru, dok je drugi metod uključivao vozače sa najmanje 6 meseci iskustva u eko-vožnji i trening je vršen u realnim uslovima u vozilu. Treći metod je primenjivan kod vozača bez iskustva o eko-vožnji i uključivao je 2 časa teorijske obuke i 2 časa praktične obuke u vozilu. Savetuje se da zemlje koje su relativno nove u primeni eko-vožnje treba za početak da počnu sa distribucijom flajera i brošura populaciji kako bi se stvorila baza sa osnovnim znanjem o eko-vožnji i kako bi se lakše kasnije nadogradila nova iskustva (CIECA, 2007).

Za razliku od statičke eko-vožnje, dinamička eko-vožnja koristi sisteme i uređaje za davanje povratnih informacija kao što su kontrolne table, offline sistemi, haptične pedale, aplikacije za pametne telefone, namenski uređaji za povratne pozive (Gonder, Earleywine i

Sparks, 2011; Wu i ostali, 2018) i na taj način vozači mogu da znaju i razumeju njihovu relativnu vožnju u odnosu na potrošnju goriva, brzinu, emisiju CO₂ itd.

Tabela 2.4. Kampanje eko-vožnje u Evropi, Aziji i Sjedinjenim Američkim Državama

Naziv Kampanje	Pokriveno područje	Period realizacije kampanje
Make Cars Green	Kina	2009
Driving Change	Denver (Kolorado)	2008
Eco-Driving USA	Sjedinjene Američke Države	2008
Fleet training on Eco-driving	Milvoki- Milwaukee (Wisconsin)	2009
ECODRIVEN	Austrija, Belgija, Engleska	Jan 2006 – Dec 2008
RECODRIVE	Evropa	Okt 2007- Mart 2010
TREATISE	Evropa	Jan 2005 – Jun 2007
Eco-driving Campaign	Grčka	Sep 2007 – Nov 2008

Izvor: Shaheen, Martin, i Finson, 2012

Tabela 2.5. Pristupi edukacije vozača o eko-vožnji

Vrsta treninga	Efekti (par meseci nakon obuke)
<p><i>Jednodnevni trening/simulator:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Teorijska obuka o faktorima koji utiču na potrošnju goriva; ➤ Praktična obuka sa vozilom u realnim uslovima vožnje 	Vozači koji su završili obuku o eko-vožnji su ostvarili manju potrošnju goriva za 12-21% u odnosu na vozače koji nisu imali obuku
<p><i>Jednodnevni trening/vozilo:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Teorijska obuka o faktorima koji utiču na potrošnju goriva; ➤ Praktična obuka sa vozilom u realnim uslovima vožnje 	Vozači koji su primenjivali eko-vožnju su postigli manju potrošnju goriva od 12% u odnosu na vozače koji nisu prošli obuku
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Teorijska obuka o eko-vožnji 2*2 časa; ➤ Teorijsko objašnjenje principa eko-vožnje u vozilima 	Nema značajne razlike između vozača sa i bez treninga o eko-vožnji

Izvor: Summary of Eco-Drive Training Courses, 2004

Istraživači smatraju da dinamička eko-vožnja odnosno upotreba uređaja za davanje povratnih informacija vozačima u toku vožnje (o zagušenju, vremenskim prilikama, načinu vožnje, alternativnim putevima) ima veći efekat od statičke eko-vožnje, naročito u dužem periodu (International Transport Forum, 2007b). McIlroy i Stanton (2015) su istakli da ovi sistemi naročito imaju efekta kod vozača početnika. Harvey, Thorpe i Fairchild (2013) tvrde da instaliranje uređaja za davanje povratnih informacija u novijim vozilima može biti veoma korisno za promenu ponašanja vozača. Na tržištu postoje uređaji u vozilu ugrađeni od strane proizvođača (Tabela 2.6.) koji koriste senzore u vozilu za praćenje i davanje informacija vozačima o određenim parametrima vožnje u realnom vremenu. Povratne informacije u vozilu mogu da motivišu vozače da smanje potrošnju goriva tokom vožnje (Energy Saving Trust, 2005). Najveći broj studija (Ando, Nishihori i Ochi, 2010; Boriboonsomsin, Vu i Barth, 2010;

Greene, 1986; Larsson i Ericsson, 2009; Satou i ostali, 2010; Syed i Filev, 2008; Van der Voort, 2001; Wahlberg, 2007) je testirao uticaj povratnih informacija na potrošnju goriva koje su se bazirale od numeričkog ili grafičkog prikaza potrošnje goriva. Na primer, Honda je instalirala Eco Assist kontrolnu tablu u svom vozilu Honda Insight tako da su vozači mogli da procene kako da dostignu najbolju maksimalnu potrošnju goriva (Honda's eco assist system, 2009), dok se u Nissan-ovim vozilima nalazi horizontalna linija u boji za merenje potrošnje goriva čija dužina i boja opisuju vozačko ponašanje u tom pogledu (Woodyard, 2007).

Tabela 2.6. Tehnologije eko-vožnje u vozilima od strane proizvođača

Fiat	Ford	Honda	Kia	Nissan	Toyota	Scania
Eco:Drive™	SmartGauge™ with EcoGuide	Eco Assist™	Ecodriving System	ECO pedal	Eco drive Indicator	Scania Communicator™

Postoje različite forme povratnog informisanja vozača o eko-vožnji. Boriboonsomsin, Vu i Barth (2010) su definisali dve vrste povratnog informisanja vozača koje utiču na ponašanje u vožnji. Prvi tip je "indikator u realnom vremenu" koji omogućava da vozači prilagode svoj stil vožnje uslovima u saobraćaju. Na ovaj način vozači dobijaju trenutnu povratnu informaciju i u skladu sa tim mogu da prilagode svoje ponašanje kako bi uštedeli gorivo. Druga vrsta povratnog informisanja pod nazivom "putovanje i rezime putovanja" dozvoljava da vozači saznaju o njihovim stvarnim troškovima vožnje. Vozači mogu da promene svoje ponašanje tokom putovanja kako bi smanjili svoje putne troškove ili eliminisali nepotrebne troškove putovanja. Pored toga, Kircher, Fors, i Ahlstrom (2014) su proučavali uticaj kontinuiranih povratnih informacija nasuprot povremenim povratnim informacijama analizirajući frekvenciju pogleda oka i vreme zadržavanja pogleda. Oni su pronašli da povremene povratne informacije poboljšavaju bezbednost time što smanjuju vreme gledanja na uređaj. Jamson, Hibberd, and Jamson (2015) su otkrili da je kontinuirana vizuelna povratna informacija za eko-vožnju u realnom vremenu efikasnija od haptičnih povratnih informacija.

U Japanu upotreba uređaja sa povratnim informacijama omogućuje uštedu goriva od 8% i zato država daje subvencije vozačima koji koriste ove uređaje (MLIT, 2005). Oko 70% proizvedenih vozila u Japanu 2009. godine imalo je ugrađene uređaje za davanje povratnih informacija vozačima. Takođe i Enviance (2009) pokazao je poboljšanje vožnje od 10% kod 400 vozača automobila u Denveru upotrebom ugrađenih telematskih uređaja. Barbe and Boy (2006) su prikazali francuski sistem koji je pružio informacije vozaču o brzini, promeni stepena prenosa i agresivnosti vožnje, što je dovelo do smanjenja potrošnje goriva za 15%. Studija od Hallihan i ostali (2011) o efektima tehnologija unutar vozila koje olakšavaju prihvatanje eko-vožnje je pokazala da je došlo do smanjenja naglog ubrzanja i usporenja među vozačima.

Bihevioralna teorija potvrđuje da ukoliko pojedinac ne vidi ili ne oseti rezultate svojih postupaka, mala je verovatnoća da će ta osoba održati poboljšano ponašanje tokom vožnje. S obzirom na gore opisane karakteristike statičke i dinamičke vožnje, upotreba "feedback" uređaja u vozilu je korisnija za eko-vožnju jer ima veći uticaj na promenu ponašanja vozača jer pružaju motivaciju za ekološku i ekonomičnu vožnju. Na taj način vozač dobija povratnu informaciju baš onda kada je to potrebno i kontinuirano tokom vremena.

2. 5. OGRANIČENJA U PRIMENI EKO-VOŽNJE

Kakvi će biti rezultati primene eko-vožnje zavisi od pojedinca do pojedinca zato što vozači uče tehnike eko-vožnje u različitim uslovima i imaju drugačije motive i praksu. Takođe, veliki uticaj ima i topografija terena, uslovi na putevima i kultura vožnje (Wengraf, 2012). Obuka vozača o eko-vožnji pokazuje vozačima način postizanja uštede goriva i smanjenje emisija ali i razvija određene veštine u vožnji. Međutim, vozači se teško odvajaju od svog starog načina vožnje. Nije dovoljna samo motivacija da bi došlo do promena u vozačkom ponašanju (Lewin, 1947). Ovo i jeste možda razlog zašto eko-vožnja nije dala u svakom istraživanju očekivanu uštedu goriva.

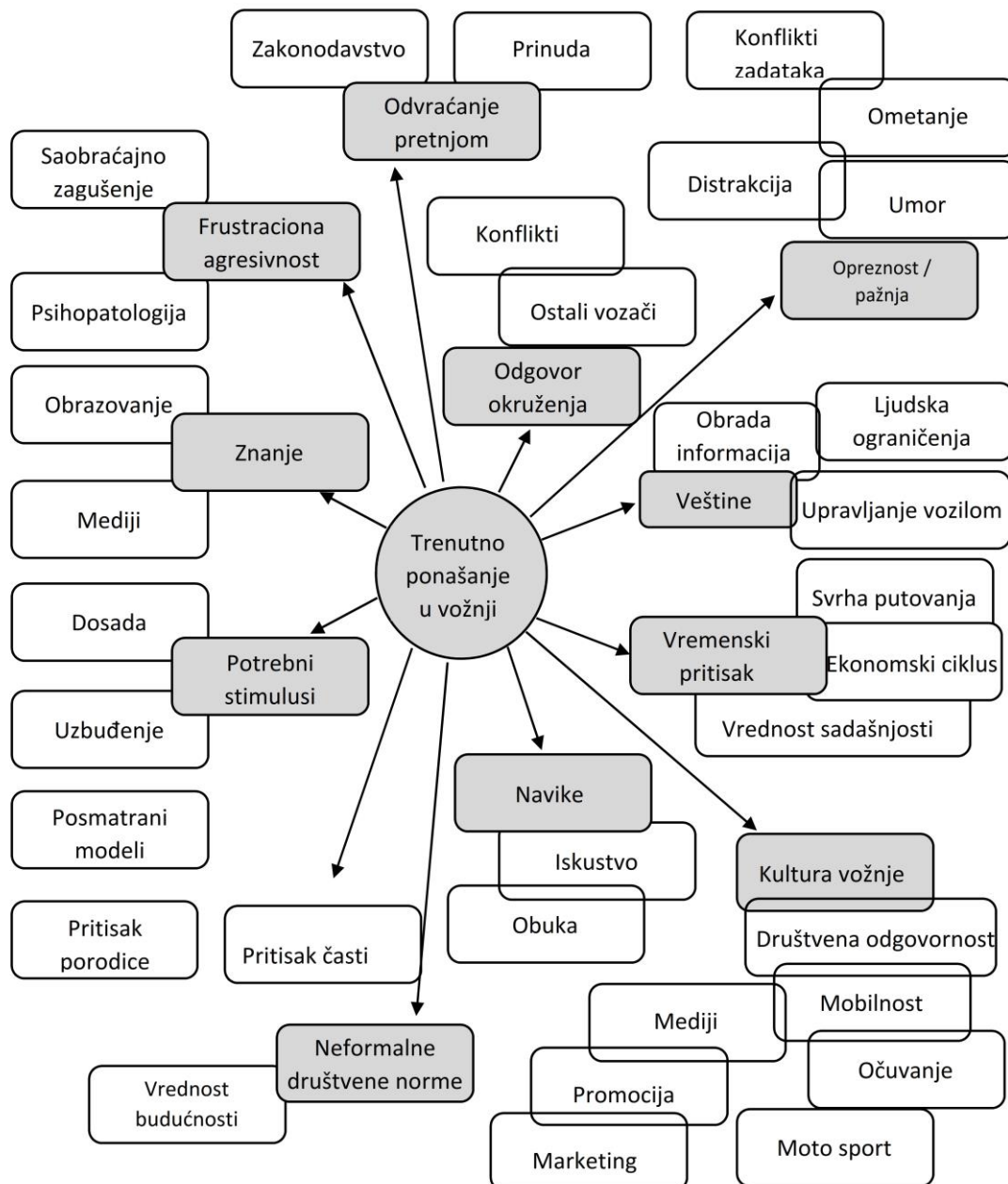
Iako su koristi eko-vožnje u ekonomskom i ekološkom smislu očigledne, ipak je teško merenje uticaja eko-vožnje na vozačko ponašanje. Na efikasnost vozila pri putovanju utiče veliki broj faktora gde je većina njih izvan kontrole vozača. Svako putovanje predstavlja skup jedinstvenih uslova koji se ne mogu prikupiti prilikom testiranja, zbog čega je procena efikasnosti eko-vožnje prilično osetljiva i na metodu koja se koristi za merenje efikasnosti. Mnoga pomenuta dosadašnja istraživanja o eko-vožnji nisu naučno uporediva i disperzija rezultata brojnih studija javlja se jer su studije rađene na različitim vozilima i prevoznim putevima, primenom različitih procedura testiranja, sa različitim učesnicima i metodama za merenje rezultata. Takođe, teško je postaviti bazičnu vožnju koja će se upoređivati sa eko-vožnjom. Ipak je očigledno da rezultati svih istraživanja generalno pokazuju opseg onoga što je moguće ostvariti kroz primenu tehnika eko-vožnje (Wengraf, 2012).

Nepostizanje željenih rezultata javlja se i zbog nepoznavanja koncepta eko-vožnje od strane vozača. Na primer, u Kini je eko-vožnja uvedena u skorije vreme i većina vozača nije upoznata sa ovim konceptom. Prema istraživanju od strane Beijing Transport Energy i Environment Centre (2013), više od 75% vozača nije dobro razumelo šta je eko-vožnja, a 25% vozača nikada nije čulo za eko-vožnju.

Ponašanje vozača u saobraćaju je vrlo složeno jer uključuje reakcije na veći broj istovremenih informacija u situacijama koje se stalno menjaju. Saobraćajni psiholozi napravili su listu faktora koji utiču na vozačko ponašanje i pokazali su njihovu kompleksnost (Lonero i Clinton, 2008) (Slika 2.2.). Struktura ličnosti je samo jedan segment koji utiče na ponašanje

vozača u saobraćaju. Odnosno, kako će vozači reagovati u određenim situacijama zavisi od: temperamenta, senzorne i psihomotorne sposobnosti, karaktera, stavova i motiva, navika, inteligencije, emocija itd. Način ispoljavanja raspoložive energije i emocija utiče na način njihove vožnje. Vozači "flegmatici" su staloženi i mirni sa sporim reakcijama, dok vozači "kolerici" reaguju dosta brzo, lako se ljute i teško se adaptiraju. Vozači "sangvinici" reaguju brzo ali su im osećanja kratkotrajna i nisu jaka. Vozači "melanholic" reaguju dosta usporeno i deluju bezvoljno i zabrinuto (http://vtsnis.edu.rs/wp-content/plugins/vtspredmeti/uploads/Bezbednost_06_Tema_Covek%20kao%20faktor%20bezbednosti%202018%20.pdf).

Svakodnevne navike u vožnji obično su automatizovane, dok je eko-vožnja ipak svesnija i napornija za mnoge vozače. Vozači koji primenjuju eko-vožnju teško održavaju nov stil vožnje dugoročno, ili imaju tendenciju da zaborave ili sami napuste eko-vožnju (Beusen i ostali, 2009). Efikasnost mnogih šema je zasnovana na oceni performansi vozača odmah nakon obuke i mnogi izveštaji ne pružaju dovoljno informacija o metodologiji evaluacije rezultata ni kratkoročno a ni dugoročno posmatrano. U literaturi se navodi da je za postizanje dugoročnih i željenih rezultata primenom eko-vožnje veoma važno i mišljenje koje vozači imaju o sebi, odnosno da li oni osećaju da su eko-vozači ili ne, jer vozači imaju određene mentalne modele ili šeme koje ih vode tokom eko-vožnje (Pampel i ostali, 2015). Mentalni model je subjektivni pogled na svet u kojem se živi, determiniše način razmišljanja i delovanja i on stvara okvir za kognitivne procese u našem umu (Senge, 1990). Mentalni modeli za eko-vožnju se aktiviraju prateći uputstva instruktora ili sistema sa povratnim informacijama. Međutim, nejasno je kolika je njihova održivost. Kada su vozači opterećeni njihovi mentalni modeli se deaktiviraju jer opterećenje u toku vožnje dovodi do nepovezanih misli i stresa (Pampel i ostali, 2018). Ovi istraživači smatraju da je potrebno podsećati povremeno vozače kako bi se ponovo aktiviralo postojeće znanje. Međutim potrebno je još dodatnih istraživanja da bi se ispitaio odnos deaktivacije mentalnih modela i radnog opterećenja.



Slika 2.2. Faktori koji utiču na vozačko ponašanje (Lonero i Clinton, 2008)

Akena (2014) je opisao da postoji nekoliko izazova za koje se misli da ograničavaju potencijalne koristi primene eko-vožnje, a to su:

- Postojeći način obuke vozača još uvek nije u potpunosti prilagođen potrebama vozača,
- Metode obuke ne uključuju u potpunosti vozače, tako da vozači imaju određen otpor,
- Treba obezbediti bolje pružanje povratnih informacija vozačima u toku vožnje,
- Još uvek postoji nedostatak uređaja u vozilima kako bi se vozačima osigurale kontinuirane informacije u vezi sa vozačkim aktivnostima koje treba bezbedno sprovesti da bi se poboljšala ekonomija potrošnje goriva,

- Često se javlja nedostatak jasnoće u pogledu cilja ili svrhe obuke: ekonomičnost potrošnje goriva, "špijuniranje" vozača ili bezbednost.

2. 6. PREPORUKE I MERE ZA PRIHVATANJE EKO-VOŽNJE

Eko vožnja može biti dobitna kombinacija i za pojedince (kroz uštedu troškova i ličnu sigurnost) i za društvo (kroz smanjenje emisije CO₂ i drugih konvencionalnih zagađujućih materija ali i kroz smanjenje broja i posledica saobraćajnih nezgoda) (Barkenbus, 2010). Međutim, i dalje postoje kulturne, tehničke i obrazovne barijere koje sprečavaju usvajanje eko-vožnje. Promena višegodišnje prakse i navike vozača nije jednostavan proces. Da bi se postigao željeni rezultat u ekonomskom i ekološkom smislu potrebno je osmisliti dobar koncept intervencija koje će uključivati obrazovanje, regulative, novčane podsticaje i socijalni marketing. Jedan od primera javnog obrazovanja o eko-vožnji je kampanja osmišljena od strane (Alliance of Automobile Manufacturers, 2008) koja je usmerena na državne i lokalne vlasti i koja sadrži 13 akcija kako bi eko-vožnja ušla u školske programe edukacije mladih vozača. Jedan od najvažnijih obrazovnih elemenata je naglašavanje činjenice da prisustvo povratnih informacija vozačima može doprineti boljim rezultatima primene eko-vožnje i promeni vozačkih navika (Kurani, 2007). Značaj kontinuiranog obaveštavanja vozača je poznat još od 1985.godine (Greene, 1986). Regulativne akcije mogu biti dodatak drugim već postojećim instrumentima javne politike. Jedna od regulativnih mera jeste uvođenje eko-vožnje kod obuke vozača u zemljama Evropske Unije jer se pravila eko-vožnje mogu lako prilagoditi postojećim priručnicima za obuku. Još jedna moguća regulativna mera mogla bi da bude ograničavanje rada vozila u mirovanju. Mnoge države već imaju propise koji zabranjuju rad vozila u stanju mirovanja duže od 5 minuta (ATRI, 2009). S obzirom na to da izduvni gasovi iz vozila utiču na zdravlje ljudi (Bhandarkar, 2013; Kagawa, 2002), predlaže se da se socijalni marketing može koristiti za promovisanje eko-vožnje i smanjenje izduvnih gasova jer je uglavnom do sada socijalni marketing bio usmeren ka pitanjima javnog zdravlja. Osnovni alat u socijalnom marketingu jeste konkurentnost i mnogi evropski programi eko-vožnje uključuju neku vrstu konkurencije u svojim događajima. Međutim, ono što najviše vozače interesuje jesu novčani podsticaji, odnosno novčana nagrada onima koji postignu najbolju ekonomiju potrošnje goriva. Pored toga, poseban podsticaj može pružiti država prilikom kupovine uređaja za davanje povratnih informacija vozačima tokom vožnje svakom pojedincu koji je uspešno završio kurs eko-vožnje. Ovo bi imalo velikog značaja za postizanje dugoročnih efekata. Poznato je da u odsustvu povratnih informacija moguće je ostvariti uštedu od 5% dugoročno a sa povratnim informacijama može se postići ušteda od 10% u potrošnji goriva (International Transport Forum, 2007a,b). Još jedan podsticaj može biti i smanjenje stope osiguranja vozila za one koji su završili kurs eko-vožnje (GreenRoad, 2009; McQueen, 2008). Takođe, i kupovina modernijih vozila može doprineti smanjenju emisije

štetnih materija. Istraživanja u Evropskoj Uniji pokazala su da je najveći nivo uspešnosti kupovine takvih vozila ostvaren u kombinaciji sa novčanim podsticajima, kao što je primer u Holandiji i Velikoj Britaniji (EC and ADAC, 2005). Pored toga, u Irskoj zbog poreskih olakšica porastao je procenat prodaje putničkih automobila sa nižim granicama emisije sa 41% na 83% (O’Gallachoir i ostali., 2009). U Japanu je dostupan poreski kredit za vozila sa niskom emisijom dok se u Sjedinjenim Američkim Državama poreski krediti daju kupcima vozila sa naprednom tehnologijom (npr. hibridnih i električnih vozila) (Barkenbus, 2010 i IEA, 2008).

2. 7. AMBIJENTALNA TEMPERATURA I EFEKTI EKO-VOŽNJE

Naučnici su grupisali faktore koji utiču na potrošnju goriva kod teških teretnih vozila u tri kategorije: eksterni faktori (saobraćajna gužva, vozačko ponašanje i vremenski uslovi), faktori dizajna vozila (dužina, širina, masa, pneumatici, aerodinamika itd.) i logistički faktori (brzina vozila, prostorni razmeštaj centara itd.). Na potrošnju goriva od vremenskih uslova najviše utiču: temperatura okoline, vazdušni pritisak i vetar (Odhams i ostali, 2010).

Baker (1994) je ustanovio da potrošnja goriva može da se pogorša za 15 do 20% zimi u odnosu na leto u evropskim uslovima. Vremenski uslovi uglavnom utiču na potrošnju goriva preko upotrebe dodatnih sistema u vozilu (A/C, sistem za grejanje, pumpe za vodu). Usled različitih spoljnih temperatura upotrebom sistema za grejanje dolazi do povećanja potrošnje goriva sa 0,15 l/100km do 0,25 l/100km (Feuerecker, Schafer i Strauss, 2005).

Ambijentalna temperatura može uticati na sve vrste spoljnih otpora na vozilu. Niža temperatura okoline dovodi do veće gustine vazduha i većeg aerodinamičkog otpora (Fontaras i Dilara, 2012) što bi pri vožnji na autoputu zbog većeg otpora došlo do povećanja potrošnje goriva za oko 1,3% (Natural Resources Canada, 2014). Goodyear Commercial Tire Systems (2008) su ustanovili da otpor kotrljanja takođe raste sa porastom brzine ali u manjem intenzitetu a Michelin (2013) je utvrdio da temperatura vazduha utiče na karakteristike otpora kotrljanja. Po istraživanju TRB (2006) viša temperatura vazduha izaziva manji otpor kotrljanja. Istraživanja su potvrdila da smanjenja u otporu kotrljanja dovode do uštede u potrošnji goriva od 1-3,5% (Burgess i Choi, 2003; Continental, 2012; ECMT, 2005; IEA, 2005; Smokers i ostali, 2006).

Identifikovano je da ambijentalna temperatura ima veliki uticaj i na hladan start vozila pa i na veću potrošnju goriva tokom faze zagrevanja. Do povećanja potrošnje goriva dovode i drugi sistemi koji rade različito u početnim uslovima i tokom faze zagrevanja, a to su: sistem za podmazivanje sa svojim komponentama (Dossegger, 2013), transmisija vozila i sistem za obradu izduvnih gasova (Mock i ostali, 2012). Ako je temperatura pri startovanju vozila niža od 20°C može doći do povećanja u potrošnji goriva za 6% (Barrand i Bokar, 2008; Mock i

ostali, 2012). Hladan start ima veći uticaj na potrošnju goriva kod kratkih rastojanja (Dardiotis i ostali, 2013; DOE-EPA, n.a.) nego kod srednjih i dužih rastojanja.

Takođe, Degraeuwe & Beusen (2013) su istraživali uticaj temperature okoline na potrošnju goriva i rezultati njihovog istraživanja pokazali su da dolazi do porasta potrošnje goriva za $0,38 \pm 0,079\%$ kada temperatura padne za 1°C . Oni su dobili da se pogoršanje efekata treninga eko-vožnje u prvih 6 meseci nakon kursa nadoknađuje povećanjem temperature u proleće i leto. Zbog toga efekat obuke nije trajan u dužem vremenskom periodu i postepeno se gubi u mesecima nakon završene obuke.

Na rad motora, pomoćnih sistema, otpor kotrljanja pa tako i na potrošnju goriva zbog načina na koji se upravlja vozilom, utiču i vremenski uslovi kao što su kiša i sneg. U Americi je rađena analiza uticaja kiše na potrošnju goriva kod teških teretnih vozila i utvrđeno je da dolazi do veće potrošnje goriva kada je kolovoz mokar (Commins, n.a.). Kiša i sneg menjaju karakteristike površine kolovoza pa utiču na otpor kotrljanja vozila. Osnova ovog otpora je fenomen "aquaplaning". Za održavanje iste brzine na vlažnom kolovozu, povećanje potrošnje goriva može iznositi preko 30% (Karlsson i ostali, 2012). Takođe, i DOE-EPA (n.a.) su pokazali da sneg i led utiču na povećanje potrošnje goriva zbog smanjenog prijanjanja i niže brzine pri vožnji od normalne.

Ipak mnogi istraživači su podržali činjenicu da bi obuka vozača o eko-vožnji i uticanje na vozačko ponašanje mogla da bude najefikasnija intervencija za poboljšanje ekonomičnosti potrošnje goriva (Ericsson, 2001; Evans, 1979; Luther i Baas, 2011; Scott i ostali, 2012; Siero i ostali, 1989; Symmons i Rose, 2009; af Wahlberg, 2006; af Wahlberg, 2007; Zarkadoula, Zoidis i Tritopoulou, 2007).

2.8. REZIME

Uopšteno govoreći, može se potvrditi da primena saveta i jednostavnih pravila može uticati na parametre vožnje a naročito na smanjenje potrošnje goriva i emisije CO_2 . Najrelevantniji saveti su:

1. Održavati ravnomernu brzinu,
2. Promeniti u viši stepen prenosa što je pre moguće,
3. Predviđati u saobraćaju,
4. Ravnomerno usporavati,
5. Dodatni saveti vezani za aerodinamiku, vožnju uzbrdo i u krivinama, gašenje vozila pri stajanju, održavanje adekvatnog pritiska u pneumaticima itd.

U ovom poglavlju dat je prikaz rezultata brojnih studija i programa eko-vožnje realizovanih na različitim kategorijama vozila koji pokazuju pozitivan efekat primene eko-

vožnje iako je bilo određenih nedostataka u metodološkom pristupu. Takođe, najveći broj istraživanja se bavio kratkoročnim efektima obuke, a manji broj dugoročnim efektima.

Određena istraživanja su potvrdila da su od većeg značaja uređaji u vozilu koji pružaju direktnu povratnu informaciju vozačima tokom vožnje (dinamička eko-vožnja) u odnosu na statičku eko-vožnju, odnosno učenje kroz teorijsku obuku, brošure, web stranice i kampanje. Međutim rezultati primene eko-vožnje zavise od pojedinca do pojedinca jer se tehnike eko-vožnje uče u različitim uslovima a vozači imaju i različitu praksu i motive. Istraživači su naveli ograničenja u primeni eko-vožnje a na osnovu toga i mere i preporuke za njeno prihvatanje.

I na kraju poglavlja 2, ukratko je opisan uticaj vremenskih uslova na efekte eko-vožnje. Naime, predstavljeni su rezultati uticaja ambijentalne temperature na potrošnju goriva.

LITERATURA

Agency for Natural Resources and Energy (ANRE) and Ministry of Economy, Trade and Industry (METI). Japanese Eco-driving Initiative.

Abuzo, A. A. (2013). Effectiveness of Ecodriving program on fuel economy in developing country real-world application, Doctoral Thesis: Department of Built Environment, Tokyo, Japan. Barkenbus, J. N. (2010). Eco-driving: An overlooked climate change initiative. *Energy Policy*, 38(2), 762-769.

Abuzo, A. A. i Muromachi, Y. (2011). The effect of Ecodrive Program on Driving Behavior and Fuel Economy of Passenger Cars in Tokyo. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 9, 858-871.

Alliance of Automobile Manufacturers. (2003). Ecodriving USA <http://www.ecodriving.com>

Alliance to Safe Energy. (2008). The Driver Smarter Challenge. <http://www.drivesmarterchallenge.org>

American Transportation Research Institute (ATRI). (2009). Compendium of Idling Regulations.

Ando, R., Nishihori, Y., i Ochi, D. (2010). Development of a system to promote eco-driving and safe-driving. Smart spaces and next generation wired/vwireless networking, 6294, 207–218.

Andrieu, C. i Pierre, G. S. (2012). Using statistical models to characterize eco-driving style with an aggregated indicator. Intelligent Vehicles Symposium (IV), IEEE, 3-7 Jun, 63-68.

Azzi, S., Reymond, G., Mérienne, F., i Kemeny, A. (2011). Eco-driving performance assessment with in-car visual and haptic feedback assistance. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 11 (4), 041005-5.

Barrand, J., i Bokar, J. (2008). Reducing tire rolling resistance to save fuel and lower emissions. *SAE International Journal of Passenger Cars – Mechanical Systems*, 1, 9–17.

Barbe, J., i Boy, G. (2006). On-board System Design to Optimize Energy Management. 10th Symposium on Analysis, Design and Evaluation. Korea: International Federation of Automatic Design, <http://www.ifacpaperonline.net/Detailed/39408.html>

Barić, D., Zovak, G., i Periša, M. (2013). Effects of eco-drive education on the reduction of fuel consumption and CO₂ emissions, *PROMET-Traffic&Transportation*, 25(3), 265–272.

Barth, M., i Boriboonsomsin, K. (2009). Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving systems. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14 (6), 400-410

Basarić, V., jambrović, M., Miličić, M., Savković, T., Basarić, Đ., i Bogdanović, V. (2017). Positive Effects of Eco-Driving in Public Transport - A Case Study of the City Novi Sad, *Thermal Science*, 21(1B), 683–692.

Bhandarkar, S. (2013). Vehicular pollution, their effect on human health and mitigation measures. *Vehicle Engineering*, 1(2), 33-40.

Beijing Transport Energy i Environment Centre. (2013). Transport energy conversation and emissions reduction brief report. Beijing, Kina

Baker, M. (1994). Fuel Consumption and Emission Models for Evaluating Traffic Control and Route Guidance Strategies, MSc Thesis: Queen's University, Kingston, Ontario, Canada.

Berry, I. M. (2010). The Effects of Driving Style and Vehicle performance on the Real-World Fuel Consumption of U.S. Light-Duty Vehicles, *Master Thesis*: Massachusetts Institute of Technology.

Birrell, S. A., Fowkes, M. i Jennings, P. A. (2014). Effect of Using an InVehicle Smart Driving Aid on Real-World Driver Performance. *Intelligent Transportation Systems*, IEEE Transactions on, 15, 1801- 1810.

Beusen, B., Broekx, S., Denys, T., Beckx, C., Degraeuwe, B., Gijssbers, M., i Panis, L.I. (2009). Using on-board logging devices to study the longer-term impact of an eco-driving course. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14 (7), 514 520.

Boriboonsomsin, K., Vu, A., i Barth, M. (2010). Co Eco-Driving: Pilot Evaluation of Driving Behavior Changes among U.S. Drivers. University of California Transportation Center UCTC-FR-2010-20.

Breithaupt, M., i Eberz, O. (2005). EcoDriving. GTZ. Project Transport Policy Advice.

Breithaupt, M., i Eberz, O. (2005). Sustainable Transport: A sourcebook for policy-makers in developing cities. Module-Eco-driving. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Nemačka.

Burgess, S.C., i Choi, J. M. J. (2003). A parametric study of the energy demands of car transportation: a case study of two competing commuter routes in the UK. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 8(1), 21–36.

Case Study EcoDriving: American Programs and Results. (2010). Driving Sustainability. <http://www.drivingsustainability.com/fles/EcoDrivingImpact.pdf>

Christen, S. (2000). Eco-Drive Under Test: Evaluation of Eco-Drive Courses,” Quality Alliance Eco-Drive, 2000, http://web.archive.org/web/20030310155504/http://www.eco-drive.ch/pdf/evalu_e.pdf.

CIECA Eco-driving project, (2007). Eco-driving in driver training and testing, Final Report.

Commission for Integrated Transport (CfIT). (2007). Transport and Climate Change: Advice to Government from the Commission for Integrated Transport, London.

Continental. (2012). Relevance of the EU tire label. <https://www.continental-tyres.co.za/truck/knowhow/eu-tire-label-truck>

Cummins. Secrets of better fuel economy - the physics of MPG. Cummins MPG Guide. <https://www.idleair.com/wp-content/uploads/2011/02/2012-04-26-Cummins-Secrets-of-Fuel-Economy-Idling-pgs-29-and-32.pdf>

Dardiotis, C., Martini, G., Marotta, A., i Manfredi, U. (2013). Low-temperature cold-start gaseous emissions of late technology passenger cars. *Applied Energy*, 111, 468–478.

Decicco, J., i Ross, M. (1996). Recent Advances in Automotive technology and the Cost effectiveness of Fuel Economy Improvement. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 1(2), 76-79.

Degraeuwe, B., i Beusen, B. (2013). Corrigendum on the paper “Using on-board data logging devices to study the longer-term impact of an eco-driving course”. *Transportation Research part D: Transport and Environment*, 19, 48-49.

Delhomme, P., Cristea, M. i Paran, F. (2013). Self-reported frequency and perceived difficulty of adopting eco-friendly driving behavior according to gender, age, and environmental concern. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 20, 55-58.

DOE - EPA. Fuel Economy in Cold Weather. <https://www.fueleconomy.gov/feg/coldweather.shtml>

Dossegger, L. (2013). Diskrepanz zwischen norm - und realverbrauch bei personenwagen. Bs Thesis, Swiss Federal Institute of Technology Zurich - Department of Environmental Systems Science, Ciriš, Švajcarska.

Dzenisiuk, K. (2011). Eco-Driving – Changing truck driver behavior to achieve long-term sustainability results. MSc Thesis: Copenhagen Business School, Department of International Economics and Management, Danska.

Ecodrive.org. (2009). <http://www.ecodrive.org>

EcoDrive. (2012), The Golden Rules of EcoDriving. http://www.ecodrive.org/en/what_is_ecodriving-/benefits_of_ecodriving/

ECOWILL. What is Ecodriving. http://www.ecodrive.org/en/what_is_ecodriving-/

El-Shawarby, I., Ahn, K., i Rakha, H. (2005). Comparative field evaluation of vehicle cruise speed and acceleration level impacts on hot stabilized emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 10, 13-30.

Energy Saving Trust (EST). (2005). Ecodriving: Smart efficient driving techniques, London.

Enviance. (2009). Denver's driving change program reduces vehicular CO₂ emissions. [/http://www.enviance.com/about-enviance/PressReleaseView.aspx?id=53S](http://www.enviance.com/about-enviance/PressReleaseView.aspx?id=53S)

Ericsson, E. (2001). Independent driving pattern factors and their influence on fuel-use and exhaust emission factors. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 6, 325-345.

European Conference of Ministers of Transport (ECMT). (2005). OECD. Making cars more fuel efficient: Technology for real improvements on the road. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/05cars.pdf>

European Environmental Agency, EEA. (2008). Success stories within the road transport sector on reducing greenhouse gas emission and producing ancillary benefits. Technical Report No.2, ISSN 1725-2237. file:///C:/Users/Tatjana/Downloads/Success-stories-Tech_2_2008_final.pdf

Evans, L. (1979). Driver behavior effects on fuel consumption in urban driving. *Humane Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 21(4), 389–398.

Feuerecker, G., Schafer, B., i Strauss, T. (2005). Auxiliary heating systems of conventional and heat pump type: technology, performance and efficiency. *SAE International Journal of Passenger Cars – Mechanical Systems*, pages 11.

FIAT, (2010). Eco-Driving Uncovered- the Benefit and Challenges of Eco-Driving Based on the First Study Using Real Journey Data, http://www.futuremobilitynow.com/assets/ECODRIVING_UNCOVERED_summary_2010_EN.pdf

Fontaras, G., i Dilara, P. (2012). The evolution of European passenger car characteristics 2000-2010 and its effects on real-world CO₂ emissions and CO₂ reduction policy. *Energy Policy*, 49, 719–730.

Fujikawa, T., Taniguchi, M. (2002). Effects of ordinary users' driving conditions on automobile fuel consumption. *Proceedings of the Society of Automotive Engineers of Japan (JSAE) annual Congress, 100-02,5-8*.

Gonder, J., Earleywine, M., i Sparks, W. (2011). Final report on the fuel saving effectiveness of various driver feedback approaches. Contract 303, 275-3000.

Goodyear commercial Tire Systems. (2008). Factors Affecting Truck fuel Economy. https://www.goodyeartrucktires.com/pdf/resources/publications/factors_affecting_truck_fuel_economy.df

Green Car Congress. (2008). Ford tests show eco-driving can improve fuel economy by an average of 24 percent, December 19.

Greene, D. L. (1986). Driver Energy Conservation Awareness Training: review and recommendations for a national program, Oak Ridge, Tennessee: Oak Ridge National Laboratory.

GreenRoad. (2009). GreenRoad and admiral partner to launch first 'Pay How you Drive' insurance scheme. Press Release.

Hallihan, G., Mayer, A., Caird, J., i Milloy, S. (2011). Effects of hybrid interface on ecodriving and driver distraction. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2248 (1)*, 74-80.

Harvey, J., Thorpe, N., i Fairchild, R. (2013). Attitudes towards and perceptions of eco-driving and the role of feedback systems. *Ergonomics, 56*, 507-521.

Haworth, N., i Symmons, M. (2001). The relationship between fuel economy and safety outcomes. Report No. 188, Monash University Accident Research Centre.

Haworth, N., i Symmons, M. (2001). Driving to Reduce Fuel Consumption. Conference Australasian Road safety Research, Policing and Education, Melbourne, Australija, 1, 141-147.

Henning, W. (2008). Ford Eco-Driving Best Practice Training and Evaluation – Improving Fuel Economy, Reducing CO₂. Energy Efficiency Business Week.

Hof, T., Conde, L., Garcia, E., Iviglia, A., Jamson, S., Jopson, A., Lai, F., Merat, N., Nyberg, J., Rios, S., Sanchez, D., Schneider, S., Seewald, P., Weerdt, C. V. D., Wijn, R., i Zlocki, A. (2012). D11.1: A state of the art review and user's expectations, ecoDriver project.

Honda's eco assist system. (2009). <https://www.thespec.com/autos-story/2086536-honda-s-eco-assist-system/>

Hornung, D., Rothlisberger, T., i Stampfli, M., (2001). Evaluation of the Eco-Drive Simulator Courses. In Response to a Commission From the Quality Alliance Eco-Drive and the Swiss Federal Office of Energy 9BFE, Nemačka, Bern.

Hornung, D., Stiefel, A., Stampfli, M., i von Hebenstreit, B. (2000). Evaluation of the eco-drive courses. In Response to a Commission from the Federal Office of Energy, No. 905.527, Nemačka, Bern.

- <https://plutonlogistics.com/drumski-transport/eko-voznja-ne-utice-samo-na-zivotnu-okolinu-vec-i-na-novcanik-procitajte-i-kako/>
- <http://ricocentre.com/programi-obuke/>
- http://vtsnis.edu.rs/wpcontent/plugins/vtspredmeti/uploads/Bezbednost_06_Tema_Cov_ek%20kao%20faktor%20bezbednosti%202018%20.pdf
- Husnjak, S., Forenbacher, I., i Bucak, T. (2015). Evaluation of Eco-driving using smart mobile devices. *Promet – Traffic&Transportation*, 27(4), 335-344.
- Igarashi, T., Yagi, Y., Tamura, S., i Masaki, K. (2006). Effects of Ecodrive Using ‘‘DriveManager’’, *Proceedings of the Society of Automotive Engineers of Japan (JSAE) Annual Congress*, 1(1), 110-114.
- Intelligent Energy Europe (IEE). Benefits of Eco-driving, Project - Together on the move, www.together-eu.org/docs/102/TOGETHER_Eco-driving_5_Handout_15.pdf.
- IEA. (2005). Saving oil in a hurry. <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/savingoil.pdf>
- International Energy Agency. (2008). Energy Policies of IEA Countries, Japan.
- Intelligent Energy Europe (IEE). (2008). ECODRIVEN Campaign Catalogue for European Ecodriving & Traffic Safety Campaigns.
- International Transport Forum, 2007b. Ecodriving. [/http://www.internationaltransportforum.org/Topics/ecodriving/ecodriving07.html](http://www.internationaltransportforum.org/Topics/ecodriving/ecodriving07.html)
- International Transport Forum/International Energy Agency. (2007a). Workshop on EcoDriving: Findings and messages for Policy Makers.
- Lonero, L. P., Clinton, K. M. 2008. Extensive Series of Research and Annual Reports for the 5-Year Formative Evaluation of MPI’s High School Education Project. Winnipeg, Manitoba: Manitoba Public Insurance
- Jamson, S. L., Hibberd, D. L., i Jamson, A. H. (2015b). Drivers’ ability to learn eco-driving skills; effects on fuel efficient and safe driving behaviour. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 58, 657-668.
- Pampel, S. M., Jamson, S. L., Hibberd, D. L., i Barnard, Y. (2018). Old habits die hard? The fragility of eco-driving mental models and why green driving behaviour is difficult to sustain. *Transportation Research Part F: traffic Psychology and Behaviour*, 57, 139-150.
- Japan Automobile Research Institute (JARI). (2012). Eco-driving. 1st Asia Automobile Institute Summit. http://www.jari.or.jp/Portals/0/resource/uploads/AAI_Summit_09-JARI.pdf
- Johannes, T. (2013). Combining ICT with Eco-driving Concepts to Improve Corporate Car Drivers’ Fuel Efficiency. Doctoral Dissertation: University of St. Gallen, Ciriš
- Johansson, H., Färnlund, J. i Engström, C. (1999). Impact of EcoDriving on emissions and fuel consumption: A pre-study. Swedish National Road Administration Report Borlange, Švedska.

Johansson, H., Gustafsson, P., Henke, M., i Rosengren, M. (2003). Impact of EcoDriving on emissions. *Transport and Air Pollution. Proceedings from the 12th Symposium, Avinjon.*

Jones, C. (2007). Tough to maintain ecodriving policies. *Commercial Motor*, <http://www.roadtransport.com/Articles/2007/11/30/129239/tough-to-maintainecodriving-policies.html>

Kagawa, J. (2002). Health effects of diesel exhaust emissions-a mixturw of air pollutants of worldwide concern, *Toxicology*, 181-182, 349-353. [https://doi.org/10.1016/S0300-483X\(02\)00461-4](https://doi.org/10.1016/S0300-483X(02)00461-4)

Karlsson, R., Carlson, A., i Dolk, E. (2012). Energy use generated by traffic and pavement maintenance: Decision support for optimization of low rolling resistance maintenance treatments. VTI notat 36A-2012. Linköping: Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI).

Katayama, H., i Taniguchi, M. (2005). A study on practical training system for energy conservational drives. *Proc. Soc. Automot. Eng. Japan* 20, 80–85.

Kircher, K., Fors, C., i Ahlstrom, C. (2014). Continuous versus intermittent presentation of visual eco-driving advice. *Transportation Research Part F – Traffic Psychology and Behaviour*, 24, 27-38.

Knowles, M., Scott, H., i Baglee, D. (2012). The effect of driving style on electric vehicle performance, economy and perception. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, 4, 228-247.

Kumar, P., Pirjola, L., Ketzler, M., i Harrison, R. M. (2013). Nanoparticle emissions from 11 non-vehicle exhaust sources – a review, *Atmospheric Environment*, 67, 252–277.

Kurani, K.. (2007). Impact of in-car instruments on driver behavior. Presentation at the Eco-Drive Workshop, Pariz, November 22–23.

Kurani, K., Stillwater, T., Jones, M., i Caperello, N. (2013). *Eco-drive I-80: A Large Sample Fuel Economy Feedback Field Test*. Report: ITS-RR-13-15.

Larsson, H., i Ericsson, E. (2009). The effects of an acceleration advisory tool in vehicles for reduced fuel consumption and emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(2), 141–146.

Lauper, E., Moser, S., Fisher, M., Matthies, E i Kaufmann-Hayoz, R. (2015). Psychological predictors of eco-driving: A longitudinal study, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, 33, 27-37.

Lewin, K. (1947). *Frontiers in Group Dynamics*. In D. Cartwright, *Field Theory in Social Science: Selected Theoretical Papers* (188-237). London: Tavistock Publications.

Luther, R., i Baas P. (2011). *Eco-Driving Scoping Study*, New Zealand: AA research foundation, <https://www.aa.co.nz/assets/about/Research-Foundation/Ecodrive/TERNZ-Eco-DrivingReport.pdf?m=1466990331%22%20class=%22type:%7Bpdf%7D%20size:%7B891%20KB%7D%20file>.

Martin, E., Chan, N. D., i Shaheen, S.A. (2012). Understanding how ecodriving public education can result in reduced fuel use and greenhouse gas emissions. In: *Transportation Research Board, 91th Annual Meeting, Washington, D.C., Januar.*

Matsuki, Y. (2006). The relationship between driving behavior and fuel consumption. Institute of electronics information and communication engineers (IEICE). Technical Report, *Proceedings of the Society of Automotive Engineers of Japan (JSAE) annual Congress, 106 (266)*, 1-6.

McQueen, M. P. (2008). How technology can help trim auto insurance. *The Wall Street Journal.*

Mensing, F., Bideaux, E., Trigui, R., Ribet, J. i Jeanneret, B. (2014). Ecodriving: An economic or ecologic driving style? *Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 38*, 110-121.

Mensing, F., Bideaux, E., Trigui, R. i Tattgrain, H., (2013). Trajectory optimization for eco-driving taking into account traffic constraints. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 18*, 55- 61.

McIlroy, R. C., i Stanton, N. A. (2015). A decision ladder analysis of eco-driving: The first step towards fuel-efficient driving behaviour. *Ergonomics, 58(6)*, 866–882. doi:10.1080/00140139.2014.997807

Michelin. (2003). The tyre rolling resistance and fuel savings. Clermont-Ferrand: Société de Technologie Michelin.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport, MLIT. (2005). Support for introducing Eco-drive Management System, Tokio, Japan.

Miyasaka, T., Taniguchi, M., i Sambuichi, H. (2005). Potentiality of Effects by Fuel Conservation Driving in Automatic Transmission Car, *Proceedings of the Society of Automotive Engineers of Japan (JSAE), 80-05*, 13-16.

Mock, P., German, J., Bandivadekar, A., i Riemersma, I. (2012). Discrepancies between typeapproval and “real-world” fuel consumption and CO2 values - assessment for 2001-2011 European passenger cars. Working paper 2012-02. International Council on Clean Transportation.

Natural Resources Canada. (2014). Learn the facts: Cold weather effects on fuel consumption. https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/oeef/pdf/transportation/fuel-efficient-technologies/autosmart_factsheet_3_e.pdf

Odhams, A. M. C., Roebuck, R. L., Lee, Y. J., Hunt, S. W., i Cebon, D. (2010). Factors influencing the energy consumption of road freight transport. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 224(9)*, 1995-2010.

O’Gallachoir, B., Howley, M., Cunningham, S., i Bazilian, M. (2009), How private car purchasing trends offset efficiency gains and the successful energy policy response, *Energy Policy, 37(10)*, 3790–3802.

Ojok, A. (2014). Improving road transport energy efficiency through driver training. Doctoral Thesis: School of Civil Engineering, Birmingham, Engleska.

Onoda, T. (2009). IEA policies—G8 Recommendations and an Afterwards, *Energy Policy*, 37, 3823–3831.

Pampel, S. M., Jamson, S. L., Hibberd, D. L., i Barnard, Y. (2015). How I reduce fuel consumption: an experimental study on mental models of eco-driving. *Transportation Research Part C – Emerging Technologies*, 58 (0), 669–680.

Reed, N., Cynk, S., i Parkes, A.M.. (2012). *From research to commercial fuel efficiency training for truck drivers using TruckSim*. L. Dorn (Ed.), Driver Behaviour and Training IV. Olderšot: Ashgate Publishing limited, Engleska.

Romm, J. J., i Frank, A. A. (2006). Hybrid vehicles gain traction. *Scientific American*, 294(4), 72–79.

Rutty, M., Matthews, L., Andrey, J., i Del Matto, T. (2013). Eco-driver training within the City of Calgary's municipal fleet: monitoring the impact. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 24, 44-51.

Saboochi, Y., i Farzaneh, H. (2005). Model for developing an Eco-driving strategy of a passenger vehicle based on Fuel Consumption. *Applied energy*, 6(10), 1925-1932.

SAFED. (2007). Safe and Fuel Efficient Driving. <https://safednz.govt.nz/>

Satou, K., Shitamatsu, R., Sugimoto, M., i Kamata, E. (2010). Development of the on-board eco-driving support system. *International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology*, 9(852), 35–40.

Savković, T., Gladović, P., Miličić, M., Pitka, P., i Ilić, S. (2019). Effects of Eco-Driving Training: A Pilot Program in belgrade Public Transport. *Technical Gazette*, 26(4), 1031-1037.

Saynor, B. (2008). Energy Saving Trust – Ford Eco-Driving Challenge, Workshop Prague.

Scott, H., Knowles, M., Morris, A., i Kok, D. (2012). The role of a driving simulator in driver training to improve fuel economy. *Proceedings of Driving Simulator Conference Europe 2012*, 313-325.

Senge, P. (1990). *The Fifth discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*, Currency Doubleday, New York.

SenterNovem (2005). Ecodriving. The smart driving style, TREATISE project.

Shaheen, S., Martin, E. W., i Finson, R. S. (2012). Ecodriving and Carbon Footprinting: Understanding How Public Education Can Reduce Greenhouse Gas Emissions and Fuel Use, Mineta Transportation Institute, MTI Report II-II.

Siero, S., Boon, M., Kok, G., i Siero, F. (1989) Modification of driving behavior in a large transport organization: a field experiment. *Journal of Applied Psychology* 74, 417–423.

Siuru, B. (2008). 10 ecodriving tactics save gas. http://www.greencar.com/features/10_eco_driving_tactics_save_gas.php.

Smokers, R., Vermeulen, R., Van, R., Gense, R., Skinner, I., Fergusson, M., Mackay, E. B., i Ten Brink, P. (2006). Fontaras, G., i Samaras, Z. Review and analysis of the reduction potential and costs of technological and other measures to reduce CO₂ emissions from passenger cars, European Commission, Final Report - contract Nr. SI2.408212.

Staubach, M., Schebitz, N., Koster, F., i Kuck, D. (2014). Evaluation of an eco-driving support system. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 27, 11-21.

Strayer, D. L., i Drews, F.A. (2003). Simulator Training Improves Driver Efficiency: Transfer from the Simulator to the Real World. In: *Proceedings of the Second International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design*. Park City, Juta.

Strömberg, H. K., i Karlsson, M. A. (2013). Comparative effects of eco-driving initiatives aimed at urban bus drivers – results from a field trial. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 22, 28-33.

Sullman, M. J. M., Dorn, L., i Niemi, P. (2015). Eco-driving training of professional bus drivers - Does it work? *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 58, 749–759.

Sustainable Energy Ireland (2013). A guide to Eco-driving. EmissionZero, Dublin, Irska.

Summary of Eco-Drive Training Courses. (2004). Quality Alliance Eco-Drive and the Swiss Federal Office of Energy (BFE).

Syed, F. U., i Filev, D. (2008). Real time advisory system for fuel economy improvement in a hybrid electric vehicle. Annual meeting of the North American Fuzzy information processing society, 1–6.

Syme, G., Seligman, C., Kantola, S., i Macpherson, D. K. (1987). Evaluating a Television Campaign to Promote Petrol Conservation. *Environment and Behavior*, 19(4), 444-461.

Symmons, M. A., i Rose, G. (2009). Ecodriving Training Delivers Substantial Fuel Savings for Heavy Vehicle Drivers. In *5th International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design* (pp. 46–53). Montana.

Taniguchi, M., Kasai, J., i Sambuichi, H. (2006). A Study on the Fuel Consumption for Driving at Vehicle Starting Under Energy Saving Drives, *Proceedings of the Society of Automotive Engineers of Japan (JSAE)*, 26.

Taniguchi M., i Mori, K. (2006). The Influence Of Idling Stops On Traffic At The Intersection, *Proceedings of the Society of Automotive Engineers of Japan (JSAE) Annual Congress, 112-06*, 5-6.

Taniguchi, M., i Sato, F., (2003). The Effect of Idling Stop at Red Light for Fuel Saving from the Data of the Field Test, *Proceedings of the Society of Automotive Engineers of Japan (JSAE) Annual Congress, 4-03*, 9-12.

Transportation Research Board-TRB. (2006). Tires and passenger vehicle fuel economy: informing consumers, improving performance. Report 286. Washington, DC: The National Academies Press.

Tulusan, J., Soi, L., Paefgen, J., Brogle, M., i Staake, T. (2011). 64-efficient feedback technologies: Which eco-feedback types prefer drivers most? *IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks*, Lucca, Italija.

Ukita, M. i Shirota, H. (2003). Study on the Effect of Eco-Driving by Equipping with Fuel Consumption Meter, *Proceedings of Annual Meeting of Environmental Systems Research, 31*, 413-419.

U.S Department of Transportation. (2010). Transportation's Role in Reducing U.S Greenhouse Gas Emissions. Volume 1: Synthesis Report. Report to Congress.

van der Voort, M. (2001). A prototype fuel-efficiency support tool. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 9(4)*, 279–296.

Van Mierlo, J., Maggetto, G., Van De Burgwal, E., i Gense, R. (2004). Driving style and traffic measures—influence on vehicle emissions and fuel consumption, *Proceedings of the Institution of mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 2018 (1)*, 43-50.

Vermeulen R.J. (2006). The effects of a range of measures to reduce the tail pipe emissions and/or the fuel consumption of modern passenger cars on petrol and diesel, *TNO report*, IS-RPT-033-DTS-2006- 01695.

af Wahlberg, A. E. (2006). Short-term effects of training in economical driving: Passenger comfort and driver acceleration behavior. *International Journal of Industrial Ergonomics, 36(2)*, 151-163.

Wahlberg, A. E. (2007). Long-term effects of training in economical driving: fuel consumption, accidents, driver acceleration behaviour and technical feedback. *Int. J. Ind. Ergon.*, 37, 333-343.

Waters, M. H. L. i Laker, I. B. (1980). Research on Fuel Conservation for Cars. Crowthorne, Engleska: Transport and Road Research Laboratory.

Wengraf, I. (2012). Easy on the gas-The effectiveness of eco-driving. RAC Foundation, London

Wilbers, P. (1999). The new driving force: A new approach to promote energy efficient purchasing and driving behavior. In Proceedings of EcoDriving Conference, 44-47. Grac, Austria.

Woodyard, C. (2007). Nissan to put lead-foot gauge on all models.

Wu, Y., Zhao, X., Rong, J., i Zhang, Y. (2018). The Effectiveness of eco-driving training for male professional and non-professional drivers. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 121-133.

Young, M. S., Birrell, S. A., i Stanton, N. A. (2011). Safe driving in a green world: A review of driver performance benchmarks and technologies to support 'smart' driving. *Applied Ergonomics*, 42, 533-539.

Zarkadoula, M., Zoidis, G., i Tritopoulou E. (2007). Training urban bus drivers to promote smart driving: a note on a Greek eco-driving pilot program. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12 (6), 449-451.

Zhu, Q., Sarkis, J., i Geng, Y. (2005). Green supply chain management in China: Pressures, practices and performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(5), 449-468.

3. REALIZACIJA EKO-VOŽNJE - STUDIJA SLUČAJA

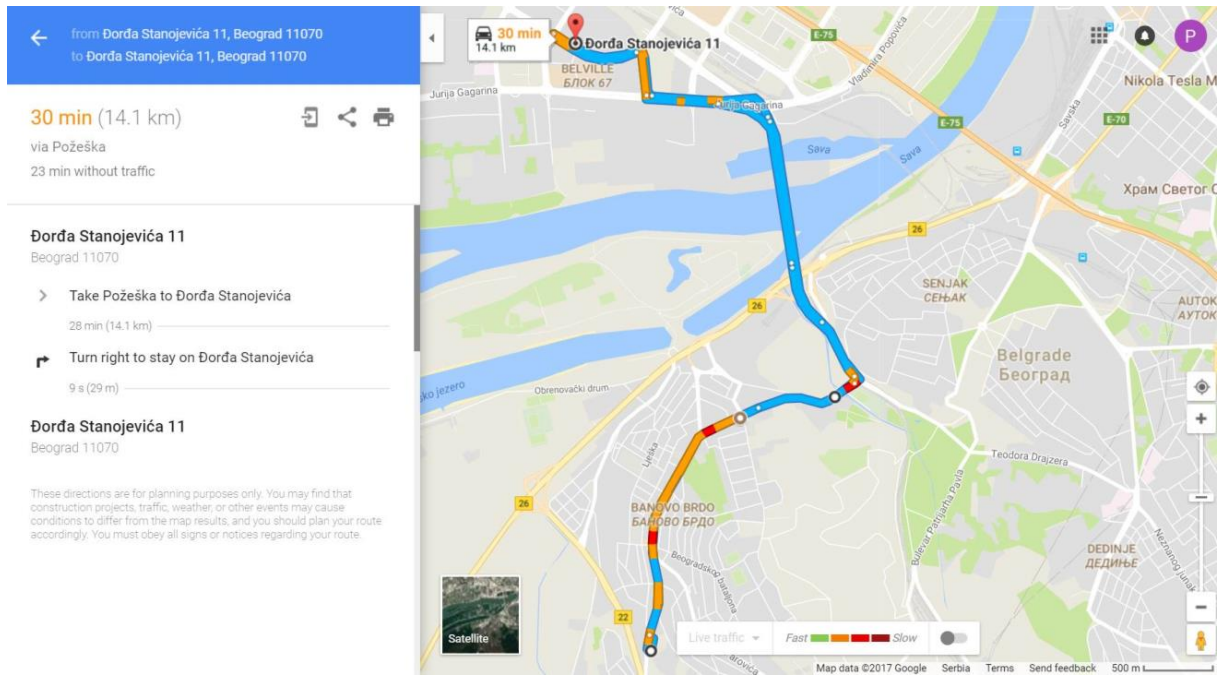
U ovom poglavlju će biti prikazana studija slučaja realizacije eko-vožnje koja je sprovedena na autobusima u preduzeću "JGSP Beograd". Ova studija slučaja prikazuje kratkoročne efekte eko-vožnje kod 13 vozača autobusa na prevoznom putu od 14 km. Rezultati istraživanja dobijeni su statističkom analizom a na kraju poglavlja prikazana je i ekonomska dobit primene eko-vožnje.

3.1. EKO-VOŽNJA U PREDUZEĆU "JGSP" U BEOGRADU

Pilot program eko-vožnje za vozače autobusa javnog gradskog prevoza putnika je naglasio ekonomske i ekološke prednosti što je i pokazano u narednim poglavljima. Ovo istraživanje je predstavljalo preliminarni korak za eventualnu buduću implementaciju programa za sve vozače u javnom transportnom preduzeću "JGSP Beograd", odnosno za 841 vozilo u ovom preduzeću.

UČESNICI: Obuka trinaest vozača autobusa koji su dobrovoljno učestvovali u studiji održana je petog, šestog, dvanaestog i trinaestog jula 2013. godine. Prosečna starost vozača je 42 godine sa standardnom devijacijom od 2,62, a prosečno vozačko iskustvo je 12 godina ($SD = 2,19$).

PREVOZNI PUT I TEST VOZILO: Da bi se eliminisala razlika u stanju na putevima, obe test vožnje (pre i nakon obuke) su realizovane na istoj trasi dužine oko 14km. Trasa se prostirala od depoa preduzeća "JGSP Beograd" na Novom Beogradu do poslednjeg autobusnog stajališta linije 85 na Banovom Brdu (Slika 3.1.). Obuka je vršena na autobusu MAN SG313 sa automatskim menjačem i vozilo je opremljeno kontrolorom mreže (Controller Area Network – CAN bus) koji omogućava očitavanje parametara vožnje.



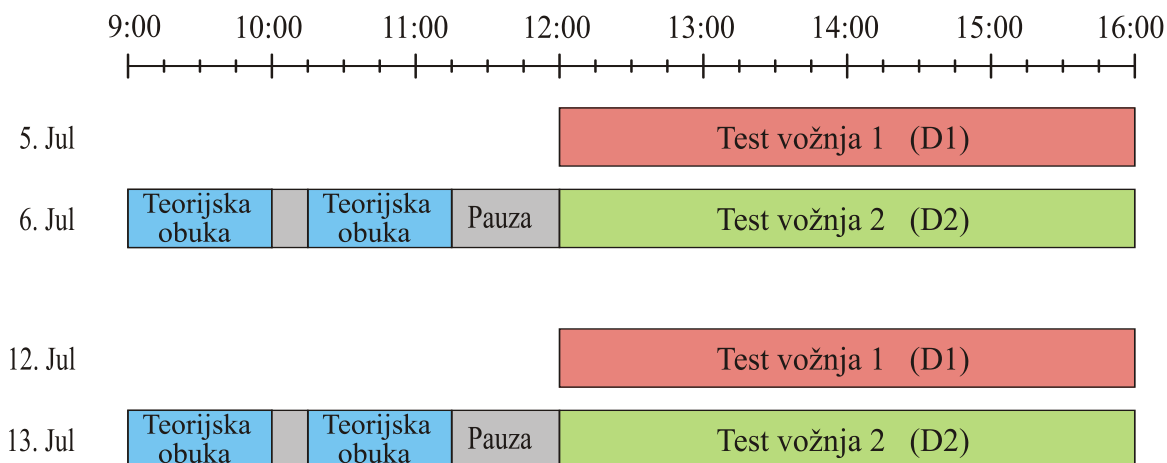
Slika 3.1. Prevozni put

PROCEDURA: Istraživanje je obavljeno između 9:00 i 16:00 časova. Kao inicijalna postavka koja je usvojena da bi se opisao vremenski period i vozačko ponašanje u ispitivanom vremenskom intervalu uzet je približno isti broj vozila i uslovi na mreži.

Svaki vozač je dva puta testiran: pre obuke (normalna vožnja) i nakon obuke na kojoj su dobijali profesionalne savete. Sama obuka je imala dve sesije, i to: teorijski pristup i praktičan pristup sa instruktorom u vozilu. Celokupan period pilot programa je obuhvatao tri faze (Grafik 3.1.):

- Pre treninga - D1 (Prva test vožnja) – Ovu vožnju su realizovali svi vozači koji su učestvovali u istraživanju tako da je ovaj stil vožnje zabeležen pre primene saveta za eko-vožnju. Prvih sedam vozača (vozač 1 – vozač 7) su prvu test vožnju obavili petog jula 2013. godine a ostalih šest vozača (vozač 8 – vozač 13) dvanaestog jula 2013. godine između 12:00 i 16:00. Ova vožnja je predstavljala baznu tačku u poređenju sa drugom test vožnjom kako bi se procenili potencijali ekonomičnosti potrošnje goriva i napredak u vožnji.

- Teorijska obuka vozača – Teorijsku obuku o eko-vožnji sproveli su licencirani instruktore iz RICO Trening Centra u trajanju od 120 minuta. Prva grupa vozača (vozač 1 – vozač 7) je pohađala teorijsku obuku u učionici šestog jula 2013. godine a druga grupa vozača (vozač 8 – vozač 13) trinaestog jula 2013. godine. Program ovog dela obuke je bio statičkog pristupa i imao je za cilj da podstakne vozače da primene tehnike eko-vožnje nakon učenja. Neki od saveta koji su dati vozačima uključuju: vožnju uz ograničenje brzine, nenaglo (blago) kretanje, lagano usporavanje, predviđanje u saobraćaju, održavanje ravnomerne brzine pri manjem broju obrtaja motora itd.



Grafik 3.1. Vremenski period pilot programa

- Praktična obuka vozača - D2 (Druga test vožnja) – Ova test vožnja je kombinacija naučenih tehnika prilikom teorijske obuke i saveta koje vozač dobija direktno od instruktora u vozilu za vreme ove vožnje. Praktična obuka prve grupa vozača (vozač 1 – vozač 7) je realizovana šestog jula 2013. godine a druge grupe vozača (vozač 8 – vozač 13) trinaestog jula 2013. godine između 12:00 i 16:00 časova. Nakon završene druge test vožnje, dobijeni rezultati su predstavljeni vozačima kako bi se procenili efekti obuke. Analizirani parametri su prikazani u Tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Lista analiziranih parametara

Parametar	Jedinica	Opis
Vreme	hh:mm:ss	Vreme od početka do kraja vožnje
Distanca	km	Pređena distanca
Prosečna brzina	km/h	Brzina vozila za pređenu udaljenost u određenom vremenskom periodu
Prosečna brzina – u kretanju	km/h	Brzina vozila za pređenu udaljenost u određenom vremenskom periodu samo kada je vozilo u pokretu
Potrošnja goriva – u kretanju	L(litar)	Količina potrošenog goriva dok je vozilo u pokretu
Ukupna potrošnja goriva	L(litar)	Ukupna količina potrošenog goriva za specifičnu vožnju
Prosečna potrošnja goriva	L/100 km	Prosečna količina potrošenog goriva za specifičnu vožnju
Prosečna CO ₂ emisija	kg/100 km	Prosečna emisija CO ₂ za specifičnu vožnju
Prosečna pozicija papučice gasa	%	Prosečan položaj papučice gasa u intervalu od 0% (nepritisnuta) i 100% (potpuno pritisnuta)
Vožnja bez upotrebe papučice gasa – vreme u kretanju	mm:ss	Vreme vožnje bez upotrebe papučice gasa
Vreme kočenja	mm:ss	Ukupno vreme kočenja po vožnji
Vožnja bez upotrebe papučice gasa – ukupna distanca	km	Ukupna pređena distanca bez upotrebe papučice gasa
Upotreba kočnice – ukupna distanca	km	Ukupna pređena distanca sa upotrebom kočnice po vožnji
Broj pritisaka na kočnicu	#	Ukupan broj pritisaka na kočnicu po vožnji

Broj zaustavljanja vozila	#	Ukupan broj događaja koji utiču na zaustavljanje vozila
Vreme rada motora u stajanju	mm:ss	Ukupno vreme rada motora kada vozilo nije u pokretu
Broj promene stepena prenosa	#	Ukupan broj promena stepena prenosa u skladu sa stilom vožnje
Prosečna brzina motora	o/min	Broj obrtaja motora u minuti

PRIKUPLJANJE PODATAKA: Podaci su prikupljeni nakon povezivanja na CAN mrežu sa softverom Key Driving Training System proizveden od strane belgijske kompanije Key Driving Competence upotrebom dijagnostičkog kabla SAE J1939. Koristeći dva interfejsa (Kvaser and Squarell) podaci su prevedeni u čitljive i izračunljive vrednosti koji se mogu koristiti na računaru. Da bi se izmerila efikasnost programa obuke vozača, prikupljeni podaci su statistički ocenjeni primenom uparenog t-testa sa nivoom značajnosti od 5% u statističkom programu MINITAB 17. Upareni t-test je primenjen kako bi se utvrdilo da li je došlo do poboljšanja parametara vožnje nakon obuke u odnosu na period pre obuke.

3.1.1. ANALIZA REZULTATA

Analiza parametara koji pokazuju kvalitet vožnje pre (D1) i nakon obuke vozača o eko-vožnji (D2), a prema Tabeli 3.2., pokazuje da se prosečna brzina smanjila nakon obuke kod devet vozača u rasponu od 2,92% - 14,67%, dok se kod četiri vozača povećala nakon treninga u rasponu od 0,73% – 23,70%. Slične vrednosti su dobijene i kod analize prosečne brzine vozila dok je vozilo bilo u pokretu. Statistička analiza pokazuje da nije bilo značajnog uticaja eko-vožnje na ova dva parametra sa verovatnoćama $p=0,756$ i $p=0,548$, respektivno.

Nakon završetka druge test vožnje (D2), skoro svi vozači su smanjili potrošnju goriva kada je vozilo bilo u pokretu. Vozač 2 je ostvario najmanju uštedu od 0,99% u poređenju sa D1, dok je vozač 11 ostvario najveću uštedu od 20,95%. Vozač 12 je nakon obuke ostvario povećanje u potrošnji goriva dok je vozilo bilo u pokretu za 0,30%. Takođe, ukupna potrošnja goriva je smanjena kod svih vozača nakon obuke i u proseku za sve vozače iznosi 8,61%. Statistički gledano, tehnike eko-vožnje su značajno doprinele smanjenju parametara: FMC (potrošnja goriva dok je vozilo u pokretu), TFC (ukupna potrošnja goriva) i AFC (prosečna potrošnja goriva) jer su vrednosti ovih parametara bile značajno veće pre treninga sa verovatnoćama od $p=0,000$, $p=0,001$ i $p=0,001$, respektivno. I prethodna istraživanja (Basarić i ostali, 2017; Carrese, Gemma i La Spada, 2013; Huertas i ostali, 2018; Stromberg i Karlsson, 2013) su pokazala uštedu u potrošnji goriva primenom eko-vožnje kod vozača autobusa. Istraživači su pokazali da se ekonomija potrošnje goriva (km/l) može povećati čak i do 27%.

Posledično smanjenju potrošnje goriva, došlo je i do smanjenja emisije CO₂ kod svih vozača u rasponu od 0,13% do 19,95% u odnosu na vožnju pre treninga. Prosečno kod svih trinaest vozača, postignuto je smanjenje od 8,61%. Rezultati pokazuju da je program eko-

vožnje značajno uticao na smanjenje emisije CO₂ nakon treninga sa verovatnoćom od p=0,001.

Tabela 3.2. Parametri kvaliteta vožnje pre (D1) i nakon treninga o eko-vožnji (D2)

		Parametri							
		D	Dis	AS	ASM	FCM	TFC	AFC	ACO ₂
		hh:mm:ss	km	km/h	km/h	L(litar)	L(litar)	L/100 km	kg/100 km
Vozač 1	D1	0:25:00	14,34	34,42	37,08	7,89	8,13	56,7	150,7
	D2	0:25:50	14,35	33,33	35,85	7,81	8,12	56,63	150,5
	%	3,33	0,07	-3,17	-3,31	-1,01	-0,12	-0,12	-0,13
Vozač 2	D1	0:25:52	14,39	33,38	35,09	8,04	8,25	57,3	152,5
	D2	0:30:19	14,39	28,48	30,25	7,96	8,23	57,16	152,2
	%	17,20	0,00	-14,67	-13,8	-0,99	-0,24	-0,24	-0,19
Vozač 3	D1	0:26:55	14,34	31,98	35,01	7,9	8,28	57,7	153,6
	D2	0:29:27	14,34	29,21	32,1	7,58	7,81	57,43	144,9
	%	9,41	0,00	-8,66	-8,31	-4,05	-5,67	-0,47	-5,66
Vozač 4	D1	0:28:46	14,38	30,00	32,35	8,82	9,09	63,2	168,1
	D2	0:26:42	14,33	32,19	33,11	7,42	7,53	52,36	139,7
	%	-7,18	-0,35	7,30	2,35	-15,87	-17,16	-17,16	-16,89
Vozač 5	D1	0:27:18	14,35	31,53	33,57	7,92	8,16	56,9	151,3
	D2	0:28:39	14,33	30,00	32,88	7,33	7,73	53,9	143,5
	%	4,97	-0,11	-4,84	-2,03	-7,48	-5,31	-5,20	-5,20
Vozač 6	D1	0:30:02	14,27	28,51	30,49	7,5	7,84	54,94	145,1
	D2	0:30:43	14,18	27,7	29,32	6,42	6,72	47,4	126,1
	%	2,30	-0,63	-2,92	-3,84	-14,39	-14,20	-15,91	-15,07
Vozač 7	D1	0:27:47	14,54	31,41	33,80	6,61	6,78	46,6	124,0
	D2	0:27:35	14,55	31,64	32,81	6,47	6,57	45,2	120,2
	%	-0,54	0,03	0,73	-2,95	-2,25	-3,05	-3,08	-3,08
Vozač 8	D1	0:31:26	14,33	27,36	29,11	8,44	8,70	60,7	161,4
	D2	0:25:27	14,36	33,85	36,14	7,25	7,37	51,3	136,5
	%	-19,03	0,20	23,70	24,18	-14,07	-15,23	-15,40	-15,40
Vozač 9	D1	0:27:13	14,16	31,21	33,25	7,69	7,96	56,2	149,5
	D2	0:22:26	14,28	38,19	39,26	7,12	7,22	50,5	134,4
	%	-17,54	0,91	22,37	18,07	-7,40	-9,29	-10,14	-10,11
Vozač 10	D1	0:24:17	14,40	35,57	37,84	8,91	9,09	63,1	167,9
	D2	0:25:49	14,40	33,47	35,10	7,43	7,63	53,0	141,0
	%	6,29	0,00	-5,90	-7,23	-16,66	-15,98	-15,99	-16,02
Vozač 11	D1	0:24:40	14,37	34,95	36,06	9,30	9,39	65,4	173,8
	D2	0:27:33	14,33	31,21	32,21	7,35	7,50	52,3	139,2
	%	11,68	-0,29	-10,72	-10,68	-20,95	-20,18	-19,95	-19,95
Vozač 12	D1	0:25:31	14,26	33,54	36,69	7,32	7,60	53,3	141,7
	D2	0:26:44	14,26	32,01	34,24	7,34	7,56	53,0	141,0
	%	4,78	0,00	-4,55	-6,68	0,30	-0,47	-0,48	-0,49
Vozač 13	D1	0:33:15	14,29	25,79	28,95	8,43	8,81	61,7	164,1
	D2	0:35:19	14,29	24,27	28,24	7,82	8,36	58,5	155,6
	%	6,22	0,00	-5,87	-2,45	-7,25	-5,18	-5,16	-5,16

Napomena: D – Vreme; DIS – Distanca; AS – Prosečna brzina; ASM – Prosečna brzina– u kretanju; FCM – Potrošnja goriva – u kretanju; TFC – Ukupna potrošnja goriva; AFC – Prosečna potrošnja goriva; ACO₂ – Prosečna emisija CO₂

Tabela 3.3. Analiza rezultata testiranih vozača pre (D1) i nakon treninga o eko-vožnji (D2)

		Parametri									
		APGP	DWTM	BT	DWTTD	BUTD	BC	SEC	IT	GSC	AES
		%	mm:ss	mm:ss	km	km	#	#	mm:ss	#	rpm
Vozač 1	D1	30,00	05:09	01:07	3,13	0,17	20	6	01:48	88	1077
	D2	26,00	05:10	01:51	2,85	0,13	20	8	01:49	89	1021
	%	-13,13	0,32	41,12	-8,94	-23,53	0,00	33,33	0,92	1,14	-5,19
Vozač 2	D1	30,00	04:30	01:18	2,56	0,19	26	2	01:16	95	1072
	D2	25,00	06:18	01:49	3,28	0,15	34	3	01:46	104	1045
	%	-16,67	40,00	26,27	28,12	-21,05	30,77	50,00	39,47	9,47	-2,52
Vozač 3	D1	28,00	04:13	03:18	2,36	0,22	19	9	02:20	96	1034
	D2	25,00	06:14	03:11	3,25	0,07	12	7	02:39	99	1015
	%	-10,71	47,83	-3,53	37,71	-68,18	-36,84	-22,22	13,57	3,12	-1,84
Vozač 4	D1	28,00	07:39	03:21	4,5	0,17	26	9	02:05	144	1054
	D2	28,00	04:44	01:00	2,57	0,04	9	4	00:44	68	1046
	%	0,00	-38,13	-70,15	-42,89	-76,47	-65,38	-55,55	-64,80	-52,78	-0,76
Vozač 5	D1	28,00	06:04	02:45	3,41	0,19	24	9	01:39	102	1038
	D2	25,00	05:17	02:06	2,77	0,13	14	6	02:31	71	1025
	%	-9,09	-12,91	-23,74	-18,79	-32,87	-43,75	-33,33	51,70	-30,39	-1,22
Vozač 6	D1	23,00	08:56	02:01	5,32	0,28	51	11	01:57	125	1021
	D2	21,00	08:24	01:30	4,22	0,20	24	4	01:42	95	1002
	%	-9,73	-6,00	-25,38	-20,70	-29,01	-52,48	-63,64	-12,94	-24,00	-1,84
Vozač 7	D1	24,00	05:04	01:09	2,74	0,10	13	6	01:58	86	1014
	D2	24,00	06:20	01:16	3,63	0,11	18	3	00:59	100	1014
	%	0,00	24,79	9,07	32,52	15,82	38,46	-50,00	-50,10	16,28	0,00
Vozač 8	D1	26,00	04:45	02:57	2,39	0,18	28	10	01:53	130	1013
	D2	28,00	04:54	01:08	2,86	0,09	10	3	01:37	76	1056
	%	8,45	3,14	-61,48	19,86	-49,10	-64,29	-70,00	-14,07	-41,54	4,25
Vozač 9	D1	27,00	04:26	02:04	2,56	0,05	10	6	01:40	76	1032
	D2	30,00	04:58	00:57	3,06	0,07	6	2	00:37	65	1088
	%	9,57	12,00	-53,55	19,79	43,82	-40,00	-66,67	-63,35	-14,47	5,39
Vozač 10	D1	36,00	06:45	02:50	4,52	0,48	49	6	01:27	101	1116
	D2	29,00	06:32	01:24	3,68	0,02	7	3	01:12	86	1069
	%	-19,98	-3,38	-50,77	-18,57	-94,99	-86,60	-50,00	-17,59	-14,85	-4,16
Vozač 11	D1	36,00	07:14	02:07	4,72	0,26	25	5	00:45	106	1109
	D2	26,00	07:21	00:45	3,97	0,03	4	3	00:51	84	1056
	%	-27,93	1,76	-64,46	-16,00	-88,78	-85,71	-40,00	13,37	-20,75	-4,73
Vozač 12	D1	28,00	04:23	02:24	2,53	0,12	27	4	02:12	82	1036
	D2	25,00	06:33	01:58	3,70	0,12	16	7	01:44	104	1041
	%	-8,62	49,49	-17,91	46,12	0,00	-39,62	75,00	-20,66	26,83	0,49
Vozač 13	D1	24,00	04:47	05:30	2,26	0,25	48	13	03:38	113	1005
	D2	21,00	06:06	04:19	3,35	0,07	19	11	04:58	106	954
	%	-13,60	27,84	-21,60	48,27	-72,76	-60,00	-15,38	36,60	-6,19	-5,05

Napomena: APGP – Prosečna pozicija papučice gasa; DWTM – Vožnja bez upotrebe papučice gasa – vreme u kretanju; BT – Vreme kočenja; DWTTD - Vožnja bez upotrebe papučice gasa – ukupna distanca; BUTD – Upotreba kočnice – ukupna distanca; BC – Broj pritisaka na kočnicu; SEC – Broj zaustavljanja vozila; IT – Vreme rada motora u stajanju; GSC – Broj promene stepena prenosa; AES – Prosečna brzina motora

Prema Tabeli 3.3. analiza rezultata nakon obuke vozača o eko-vožnji pokazala je da je devet vozača smanjilo parametar APGP (prosečna pozicija papučice gasa) izbegavajući nagla ubrzanja, što pokazuje da je obuka značajno uticala na poboljšanje ovog parametra nakon

treninga sa verovatnoćom od $p=0,009$. Pritiskanje na papučicu gasa manje od 50% može biti korisno za ekonomiju potrošnje goriva (km/l) (Johansson, 1999). Nakon završene obuke, devet vozača je povećalo vreme vožnje bez pritiska na papučicu gasa dok je vozilo bilo u pokretu. Postignuta poboljšanja su u rasponu od 0,32 – 49,49%. Četiri vozača su smanjila vreme vožnje bez pritiska na papučicu gasa u rasponu od 3,38% - 38,13%. Poboljšanje ovog parametra nije bilo statistički značajno ($p=0,155$) nakon treninga. Takođe nije bilo ni značajnog uticaja obuke na povećanje ukupno pređene udaljenosti bez pritiska na papučicu gasa ($p=0,479$).

Nakon primene saveta o smanjenju rizičnih situacija u saobraćaju, deset vozača je smanjilo vreme kočenja tokom vožnje nakon treninga. Oni su nakon treninga smanjili i upotrebu kočnice u rasponu od 36,84% – 86,60% što je dovelo posledično do smanjenja u potrošnji goriva. Program eko-vožnje je bio efikasan kod ova dva parametra (BT-vreme kočenja i BC-broj kočenja), tako da je statistički pokazano sa verovatnoćama od $p=0,004$ i $p=0,003$, respektivno. Ovi rezultati su potvrđeni i u prethodnim istraživanjima (Ericsson, 2001; Saboohi i Farzaneh, 2009), gde je dokazano da bi veliki broj naglih kočenja mogao biti odgovoran za povećanje potrošnje goriva za oko 30 – 44% u odnosu na vozila koja su se kretala umereno.

Nakon obuke vozača, broj zaustavljanja vozača se smanjio što je statistički i dokazano, $p=0,007$. U situacijama kada su vozači morali stati (npr. na raskrscima), oni su trebali predvideti situacije u saobraćaju koje omogućavaju udobniju i sigurniju vožnju bez naglog kočenja.

I broj promena stepena prenosa posle treninga je smanjen kod osam vozača u rasponu od 6,19% - 52,78% dok se kod pet vozača povećao u rasponu od 1,14% - 26,83%. Može se zaključiti da je nakon primene saveta o eko-vožnji postignuta ravnomernija vožnja što je i dokazano statistički ($p=0,036$). Symmons, Rose & van Doorn (2008) tvrde da smanjenje broja stepena prenosa i upotreba kočnice ne samo da pozitivno utiču na smanjenje rizičnih situacija, već i pozitivno utiču na troškove popravke i održavanja vozila. Basarić i ostali (2017) takođe su pokazali da manji broj promena stepena prenosa i umerenija vožnja dovode do smanjenja habanja delova vozila.

Iako su postignuta poboljšanja prosečne brzine motora kod devet vozača u odnosu na vožnju pre obuke u rasponu od 0,76% - 5,19%, rezultati kod svih trinaest vozača otkrivaju da nije bilo statistički značajnog efekta obuke ($p=0,080$).

Nakon obuke, sedam vozača je smanjilo vreme rada vozila u stanju mirovanja u rasponu od 12,94% to 64,80% dok je kod šest vozača došlo do povećanja ovog parametra. Statistički gledano, kod treniranih vozača nije došlo do značajnog uticaja obuke na smanjenje rada vozila u stanju mirovanja ($p=0,300$). Istraživači su pokazali da je ovo vreme najneefikasnije za potrošnju goriva (Rutty i ostali, 2013). Natural Resources Canada (2009) su

zaključili da vreme rada vozila u stanju mirovanja duže od 10 sekundi ima veću potrošnju goriva nego isključivanje motora i ponovo pokretanje vozila.

U tabeli 3.4. rezimiran je ishod obuke vozača o eko-vožnji koji pokazuje da je došlo do opšteg poboljšanja u načinu vožnje.

Tabela 3.4. Statistička analiza rezultata pre (D1) i nakon treninga o eko-vožnji (D2)

Parametri vožnje	Jedinice	Srednja vrednost	Standardna devijacijaa	P-vrednost	T-vrednost
D (D1) - D (D2)	h	-0,0058	0,0498	0,680	-0,42
AS (D1) - AS (D2)	km/h	0,315	3,574	0,756	0,32
ASM (D1) - ASM (D2)	km/h	0,598	3,494	0,548	0,62
FCM (D1) - FCM (D2)	L(litar)	0,758	0,609	0,000**	4,49
TFC (D1) - TFC (D2)	L(litar)	0,748	0,651	0,001**	4,15
AFC (D1) - AFC (D2)	L/100 km	5,00	4,70	0,001**	3,84
ACO ₂ (D1) - ACO ₂ (D2)	kg/100 km	13,76	11,90	0,001**	4,17
APGP (D1) - APGP (D2)	%	2,692	3,521	0,009**	2,76
DWTM (D1) - DWTM (D2)	h	-0,00675	0,02294	0,155	-1,06
BT (D1) - BT (D2)	h	0,01327	0,01533	0,004**	3,12
DWTTD (D1) - DWTTD (D2)	km	-0,015	0,992	0,479	-0,05
BUTD (D1) - BUTD (D2)	km	0,1100	0,1294	0,005**	3,07
BC (D1) - BC (D2)	#	13,31	14,32	0,003**	3,35
SEC (D1) - SEC (D2)	#	2,462	3,072	0,007**	2,89
IT (D1) - IT (D2)	h	0,00190	0,01275	0,300	0,54
GSC (D1) - GSC (D2)	#	15,15	27,72	0,036**	1,97
AES (D1) - AES (D2)	o/min	14,54	35,00	0,080	1,50

Napomena: Parametri vožnje su proračunati kao (D1) minus (D2); **značajna P-vrednost sa pragom značajnosti od 5%; SD: Standardna Devijacija

3.1.2. EKONOMSKE KORISTI EKO-VOŽNJE

Procena ekonomičnosti potrošnje goriva omogućava izračunavanje ekonomskih koristi primene eko-vožnje za preduzeće "JGSP Beograd". U ovoj kompaniji u ukupnoj strukturi troškova sa 32% učestvuju troškovi goriva. Svaki autobus troši oko 22 829 litara godišnje, i sa prosečnom uštedom u potrošnji goriva od 8,61% ostvaruje se godišnja ušteta od 1966 litara dizela po jednom autobusu. Ako je prosečna cena jedne litre dizela 0,90 evra, onda bi godišnja ušteta za svaki autobus iznosila 1769 evra, odnosno 1487729 evra za vozni park od 841 autobus. Symmons, Rose & van Doorn (2008) su proračunali da vozni park koji troši 1,5 milijon litara dizela godišnje, sa uštedom od samo 1%, može da uštedi 15 000 dolara godišnje.

3.2. REZIME

Ovo istraživanje je pokazalo efikasnost obuke vozača o eko-vožnji u kompaniji "JGSP Beograd". Dobijeni rezultati potvrđuju zaključke prethodnih istraživanja da obuka smanjuje potrošnju goriva, emisiju CO₂, i poboljšava vozačko ponašanje kratkoročno. U ovom istraživanju postignuto je smanjenje emisije CO₂ i potrošnje goriva za 8,61%. Efekti eko-vožnje su pokazali opšta poboljšanja u načinu vožnje vozača autobusa. Međutim, neki parametri vožnje (D, AS, ASM, DWTM, DWTTD, IT, AES) nisu značajno poboljšani nakon treninga što ukazuje na sporo prilagođavanje i promenu postojećih tehnika vožnje. Pored toga, rezultati su pokazali da obuka o eko-vožnji ima potencijal da značajno smanji troškove potrošnje goriva što je od izuzetne važnosti za transportne kompanije.

Iako su rezultati u ovom istraživanju dobijeni u realnim uslovima uz potencijalno veliku validnost, ipak postoje ograničenja koja bi se mogla prihvatiti u kontekstu rezultata. Jedno od ograničenja je mala veličina uzorka (N=13) i možda neće biti moguće generalizovati nalaze istraživanja na druge kompanije bez određenih ograničenja. Međutim, ovi rezultati mogu obezbediti preliminarni pristup koji pokazuje do kog nivoa utiče obuka vozača i obrazovanje o eko-vožnji na efikasnost potrošnje goriva kod vozača. Vozačima autobusa, primarni cilj nije ušteda goriva nego prevoz putnika do odredišta i vozači možda neće reagovati na intervencije o eko-vožnji isto kao i vozači sa drugim primarnim ciljevima u različitim okolnostima. Nije bilo ni kontrolne grupe, tako da na rezultate istraživanja pored obuke vozača mogu uticati i neki drugi faktori koji mogu da ometaju efekte. Još jedan nedostatak je i taj da nema podataka o dugoročnom efektu, već je analiziran kratkoročni efekat obuke (odmah nakon završene obuke).

Transportne kompanije bi trebalo da promovišu društveno odgovorno ponašanje u pogledu manjeg zagađenja životne sredine usvajanjem koncepta eko-vožnje, i pored toga što se ostvaruje veći profit smanjenjem potrošnje goriva. Na osnovu ankete iz 2017. godine u kojoj je učestvovalo 58 domaćih transportnih i logističkih kompanija, oko 30% vlasnika je slalo svoje vozače na obuku i većina njih su bili zadovoljni postignutim rezultatima (<https://plutonlogistics.com/drumski-transport/eko-voznja-ne-utice-samo-na-zivotnu-okolinu-vec-i-na-novcanik-procitajte-i-kako/>). Većina njih se izjasnila da nije slala svoje vozače na obuku zbog nedostatka vremena, nepostojanja relevantnih institucija koje bi vršile obuku ili zbog novčanih ograničenja, pa bi podrška države kroz određene subvencije bio pozitivan korak u široj primeni eko-vožnje.

LITERATURA

Barić, D., Zovak, G., i Periša, M. (2013). Effects of eco-drive education on the reduction of fuel consumption and CO₂ emissions. *PROMET-Traffic&Transportation*, 25(3), 265–272.

Basarić, V., Jambrović, M., Miličić, M., Savković, T., Basarić, Đ. i Bogdanović, V. (2017). Positive Effects of Eco- Driving in Public Transport - A Case Study of the City Novi Sad. *Thermal Science*, 21(1B), 683–692.

Carrese, S., Gemma, A., i La Spada, S. (2013). Impacts of Driving Behaviours, Slope and Vehicle Load Factor on Bus Fuel Consumption and Emissions: A Real Case Study in the City of Rome. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 87(10), 211–221.

Ericsson, E. (2001). Independent driving pattern factors and their influence on fuel use and exhaust emission factors. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 6(5), 325-345.

<https://plutonlogistics.com/drumski-transport/eko-voznja-ne-utice-samo-na-zivotnu-okolinu-vec-i-na-novcanik-procitajte-i-kako/>

Huertas, J. I., Díaz, J., Giraldo, M., Cordero, D., i Tabares, L. M. (2018). Eco-driving by replicating best driving practices. *International Journal of Sustainable Transportation*, 12(2), 107–116.

Johansson, H. (1999). Impact of Eco-driving on emissions and fuel consumption: A pre study, Publication No.1999:169E, Swedish Road Administration, Borlange, Sweden.

Natural Resources Canada (2009). Idling Wastes Fuel and Money, <http://oee.nrcan.gc.ca/transportation/idling/wastes.cfm?attr=8>.

Rutty, M., Matthews, L., Andrey, J., i Del Matto, T. (2013). Eco-driver training within the City of Calgary ' s municipal fleet : Monitoring the impact. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 24, 44–51.

Saboochi, Y., i Farzaneh, H. (2009). Model for developing an eco-driving strategy of a passenger vehicle based on the least fuel consumption. *Applied Energy*, 86(10), 1925–1932.

Strömberg, H. K., i Karlsson, M. A. (2013). Comparative effects of eco-driving initiatives aimed at urban bus drivers – Results from a field trial. *Transport Research Part D: Transport and Environment*, 22, 28–33.

Symmons, M. A., Rose, G. i Van Doorn, G. H. (2008). The effectiveness of an ecodrive course for heavy vehicle drivers. Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference, Adelaide, South Australia, 187–194.

4. PRIKUPLJANJE PODATAKA

U ovom poglavlju će biti dat detaljan pregled skice istraživanja, odnosno opisaće se proces prikupljanja podataka: izbor vozila, prevoznog puta, instrumenta i učesnika istraživanja. Nakon toga sledi priprema podataka potrebnih za specifičnu analizu i formiranje modela, što je dato u narednim poglavljima.

4.1. PREGLED (SKICA) ISTRAŽIVANJA I PRIKUPLJANJE PODATAKA

Prikupljanje podataka je jedan od najvažnijih koraka u svakom istraživačkom procesu budući da u velikoj meri zavisi od cilja istraživanja. Da bi se postigao cilj ove doktorske disertacije a to je utvrđivanje optimalnog perioda obuke vozača sa ciljnom funkcijom minimizacije troškova na osnovu analize dinamike parametara rada vozača i režima vožnje u jednogodišnjem periodu kao i operativnih troškova, izvršeno je utvrđivanje svih relevantnih parametara.

4.1.1. PREVOZNI PUT I TEST VOZILO

Za potrebe istraživanja koristio se kamion Scania, model R410 LA4X2MNA sa poluprikolicom Schmitz, na prevoznom putu dužine od 50km koja se sastojala iz deonica različitih kategorija kako bi se obezbedili realniji uslovi vožnje i predstavile dobre pogodnosti primene Scania FMS (Tabela 4.1.). Svaki vozač je putovao istim prevoznim putem dva puta (pre i nakon obuke) kako bi se izbegla odstupanja u potrošnji goriva usled različitih udaljenosti.

Tabela 4.1. Prevozni put

Prevozni put	Distanca	Karakteristike	Komentar
Šmarjeta – Novo Mesto (Broj puta 448)	12 [km]	Regionalni put Prolazak kroz naselja Kružne raskrsnice	Vozač ima bolju mogućnost da se upozna sa anticipacijom i pravovremenim kočenjem
Novo Mesto – Trebnje (Auto-put A2)	13 [km]	Auto-put Ulazak u kružne raskrsnice izlaz iz kružnih raskrsnica	Vozač ima bolju mogućnost da se upozna sa anticipacijom i pravovremenim kočenjem
Trebnje – Novo Mesto (Auto-put A2)	13 [km]	Auto-put Ulazak u kružne raskrsnice izlaz iz kružnih raskrsnica	Isti prevozni put u povratku
Novo Mesto - Šmarjeta (Broj puta 448)	12 [km]	Regionalni put Prolazak kroz naselja Kružne raskrsnice	Isti prevozni put u povratku

4.1.2. UČESNICI ISTRAŽIVANJA

Obuka vozača u kompanijama koje koriste Skanijin sistem za upravljanje voznim parkom - Scania FMS (Fleet Management System) na teritoriji bivše Jugoslavije (Bosna i Hercegovina, Crna Gora, Hrvatska, Severna Makedonija, Slovenija i Srbija) se sprovodi u laboratoriji kompanije Scania u Ljubljani u Sloveniji. Veličina grupe bila je ograničena kapacitetom laboratorije (8 mesta). Parametri rada koji su se ocenjivali kod 7 vozača koji su se dobrovoljno složili da budu praćeni tokom jednogodišnje longitudinalne studije su: potrošnja goriva, emisija CO₂ i parametar SDS (Scania Driver Support - Skanijina podrška vozaču). Vrednosti parametara su date u vidu mesečnog proseka. Svi učesnici su bili profesionalni vozači kamiona koji nisu imali nikakvo prethodno iskustvo sa eko-vožnjom. Prosečna starost vozača je 38,14 godine sa standardnom devijacijom od 4,67 a prosečno vozačko iskustvo je 7,86 godina (SD = 2,61).

4.1.3. SKANIJIN SISTEM ZA UPRAVLJANJE VOZIM PARKOM (SCANIA FMS)

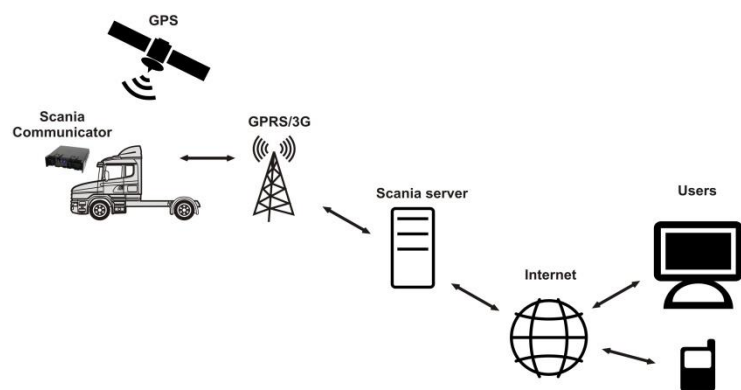
Skanija (Scania) je vodeći proizvođač industrijskih i brodskih motora kao i autobusa i teških kamiona. Poslujući u preko 100 država, ima preko 52000 zaposlenih (www.scania.com). U saradnji sa Eriksonom dogovoreno je da se stvori tehnologija (primena GPRS, GPS, GSM i interneta) preko koje će se povezati vozač, vozilo, Skanija i autotransportno preduzeće.

Skanijin sistem za upravljanje voznim parkom - Scania FMS (Fleet Management System) je fabrički servis koji je osmišljen sa ciljem da se omogući praćenje performansi vozača i vozila. Razvoj Skanijinog FMS je počeo od kreiranja interfejsa (hardvera) sa jednosmernom komunikacijom. Zahvaljujući njemu i ostali sistemi za upravljanje voznim

parkom na tržištu mogli su da preuzimaju podatke (vreme rada vozila, pređeni put i potrošnja goriva) i koriste ih za svoje potrebe. Nakon toga, 2002. godine razvijen je sistem sa integrisanim mobilnim telefonom i sa dvosmernom komunikacijom između auto-transportnog preduzeća i vozila pri čemu je praćenjem eksploatacionih parametara u svakom trenutku došlo i do većih zarada transportnih preduzeća. Proizvodnja navigacionih uređaja sa integrisanim za navođenje putem displeja i glasovnih poruka desila se 2005. godine. Neke od karakteristika sistema bile su: veoma precizno navođenje vozila, prikaz mapa sa servisima Skanije za hitne slučajeve, proračun određenih parametara i prikaz na displeju visoke rezolucije, glasovno usmeravanje vozača i slanje poruka itd. Da bi se Skanija što više približila krajnjem korisniku proširila je svoje usluge razvojem telematske jedinice Skanija Komunikatora - Scania Communicator C200 (Slika 4.1.) koja prenosi podatke između vozila i kancelarije bez interakcije sa vozačem (Slika 4.2.). Na ovaj način su brzina prenosa podataka i njihova količina bili značajno unapređeni (www.scania.com). Ova jedinica se sastoji od nekoliko strujnih kola koji su povezani sa centralnom procesnom jedinicom - Central Processing Unit (CPU) čiji je zadatak da održava sistem u radu i da upravlja svom razmenom podataka unutar platforme. Za praćenje vozila zadužen je GPS prijemnik. Očitavanje podataka sa CAN bus mreže (Controller Area Network) vrši se preko CAN interfejsa koji snabdeva platformu informacijama o brzini vozila i drugim dostupnim podacima. Telekomunikaciona jedinica je GPRS (General Packet Radio Service) modem koji upravlja prenosom podataka između vozila i kancelarije. Softver se povremeno osvežava i novija verzija se instalira na vozilo preko dijagnostičkog softvera Scania Diagnos & Programmer (SDP3). Ovaj softver radi samo sa Scania Vehicle Connection Interfaces (VCI 2 and VCI 3 – dijagnostički interfejsi za povezivanje sa vozilima) i kompatibilan je sa najnovijim Skanjinim kamionima i motorima.



Slika 4.1. Scania Communicator C200



Slika 4.2. Arhitektura Scania FMS

4.1.3.1. Hardver sistema i pristup portalu

Kompletan sistem se sastoji od sledećih hardverskih komponenti:

1. Komponente koje su ugrađene u vozilo (antene, instalacije, nosači opreme i komunikator – kontrolna jedinica koja sa vozila šalje podatke),
2. Komponente za prenos podataka (GPS/GPRS),
3. Serveri koji se nalaze u kompaniji Skanija i koji arhiviraju podatke koji su poslani sa vozila preko GPRS mreže,
4. Računar krajnjeg korisnika (autotransportno preduzeće) preko kojeg se pristupa web portalu (Fleet Management Portal) i vrši analiza podataka.

Na osnovu potpisane odgovarajuće dokumentacije, korisnik portala dobija korisničko ime i lozinku za pristup. Svaki korisnik može isključivo samo za sopstveni vozni park vršiti pregled podataka.

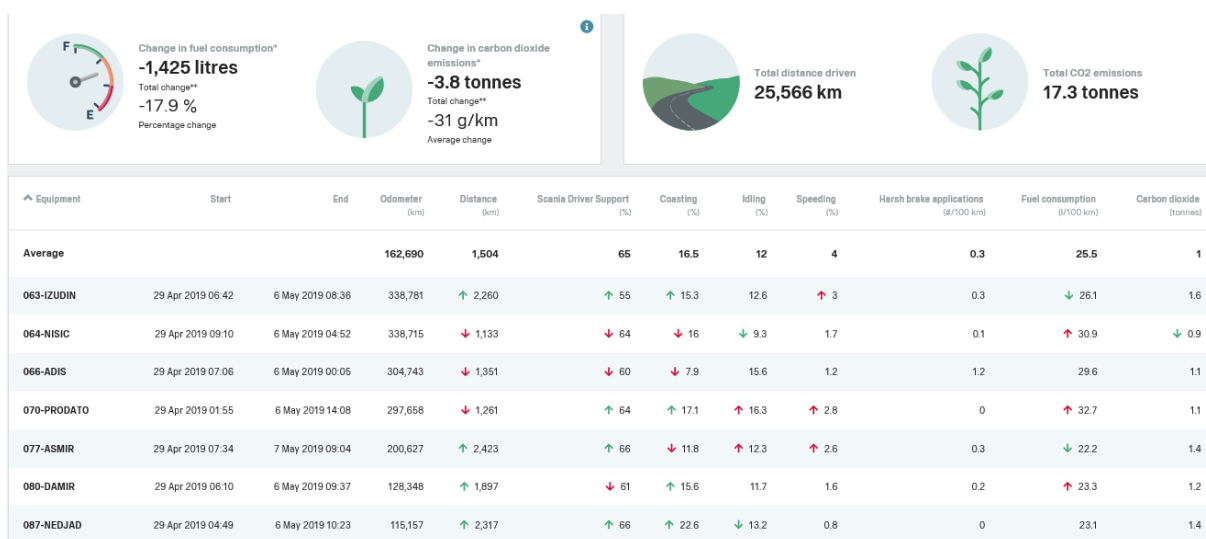
4.1.3.2. Prikaz i analiza podataka

FMS Skanije daje dve vrste izveštaja na osnovu prikupljenih podataka zahvaljujući jedinici Scania Communicator, i to:

1. Izveštaj o nadzoru (Monitoring Report),
2. Kontrolni Paket (Control Package).

Izveštaj o nadzoru

Vlasnik na osnovu sedmičnih (Slika 4.3.), mesečnih i godišnjih izveštaja koje dobija putem elektronske pošte, može vršiti analizu parametara rada svakog vozila i pratiti određene informacije o trendovima tokom vremena. Na ovaj način se utvrđuje potreba o edukaciji vozača o ekonomičnijoj i ekološki prihvatljivijoj vožnji.



Slika 4.3. Sedmični izveštaj parametara rada vozila (<https://fmpnextgen.scania.com>)

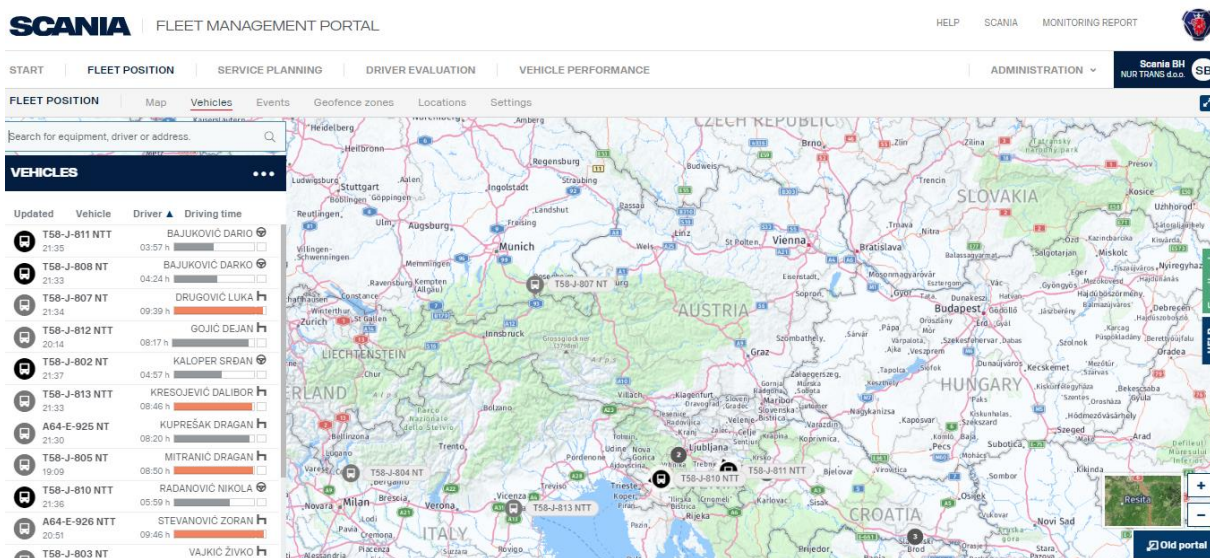
Kontrolni paket

Ovaj paket omogućava vlasniku autotransportnog preduzeća da pristupa FMS web portalu (Slika 4.4.) pri čemu ima mnogo više mogućnosti za uvid i analizu podataka.



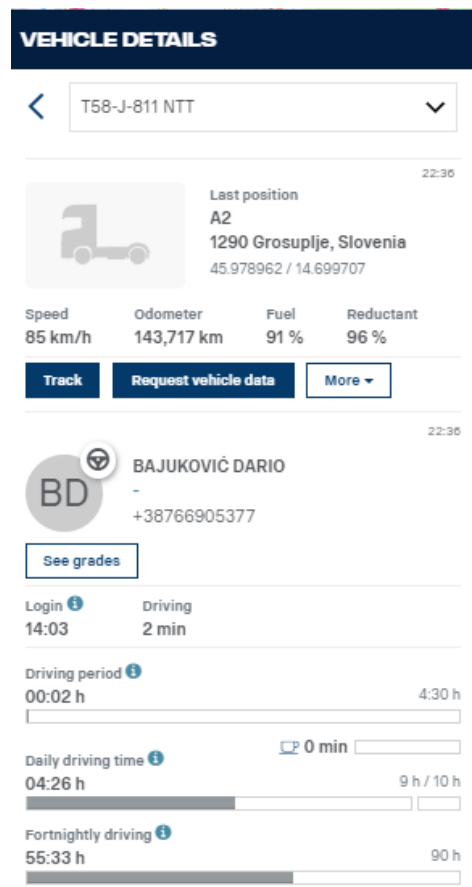
Slika 4.4. Početna stranica FMS web portala (<https://fmpnextgen.scania.com>)

FMS Skanije daje mogućnost prikaza brojnih izveštaja u Excel formi, poput pozicije voznog parka (Slika 4.5.), dodatnih podataka (Slika 4.6.), pregleda servisa vozila (Slika 4.7.), prikaza ocenjivanja vozača (Slika 4.8.) itd.



Slika 4.5. Prikaz pozicije vozila (<https://fmpnextgen.scania.com>)

Selektovanjem vozila na mapi dobijaju se i dodatni trenutni podaci o vozilu, kao što su: brzina, količina potrošenog goriva, vozač koji upravlja vozilom, ukupna kilometraža itd.



VEHICLE DETAILS

T58-J-811 NTT

Last position
A2
1290 Grosuplje, Slovenia
45.978962 / 14.699707

Speed 85 km/h Odometer 143,717 km Fuel 91 % Reductant 96 %

Track Request vehicle data More

BAJUKOVIĆ DARIO
BD
+38766905377

See grades

Login 14:03 Driving 2 min

Driving period 00:02 h 4:30 h

Daily driving time 04:26 h 9 h / 10 h

Fortnightly driving 55:33 h 90 h

Slika 4.6. Prikaz dodatnih podataka (<https://fmpnextgen.scania.com>)

SERVICE PLANNING			
To do Calendar Defect reports Service activities Workshop history			
Service events to book 0 Booked service events 1 Defect reports to review 0 Review repair needs Review service coverage			
▲ Date	Equipment	Service activity	Maintenance plan
Delayed 30/04/2019 (184,736 km)	T58-J-804 NT	Flexible maintenance	Flexible maintenance Scania maintenance plan
Delayed 30/04/2019 (164,168 km)	T58-J-807 NT	Flexible maintenance	Flexible maintenance Scania maintenance plan
Delayed 30/04/2019 (196,001 km)	T58-J-813 NTT	Flexible maintenance	Flexible maintenance Scania maintenance plan
Delayed 30/04/2019 (162,312 km)	T58-J-808 NT	Flexible maintenance	Flexible maintenance Scania maintenance plan
Due 17/05/2019 (163,870 km)	T58-J-812 NTT	Flexible maintenance	Flexible maintenance Scania maintenance plan
Due 30/05/2019 (166,500 km)	T58-J-809 NTT	Flexible maintenance	Flexible maintenance Scania maintenance plan

T58-J-809 NTT
Scania 2018
Nur Trans-Transport T58J809

Odometer
160,227 km
118,906 km/year

Activity
Flexible maintenance

Planned date
30/05/2019

Duration
7 hours

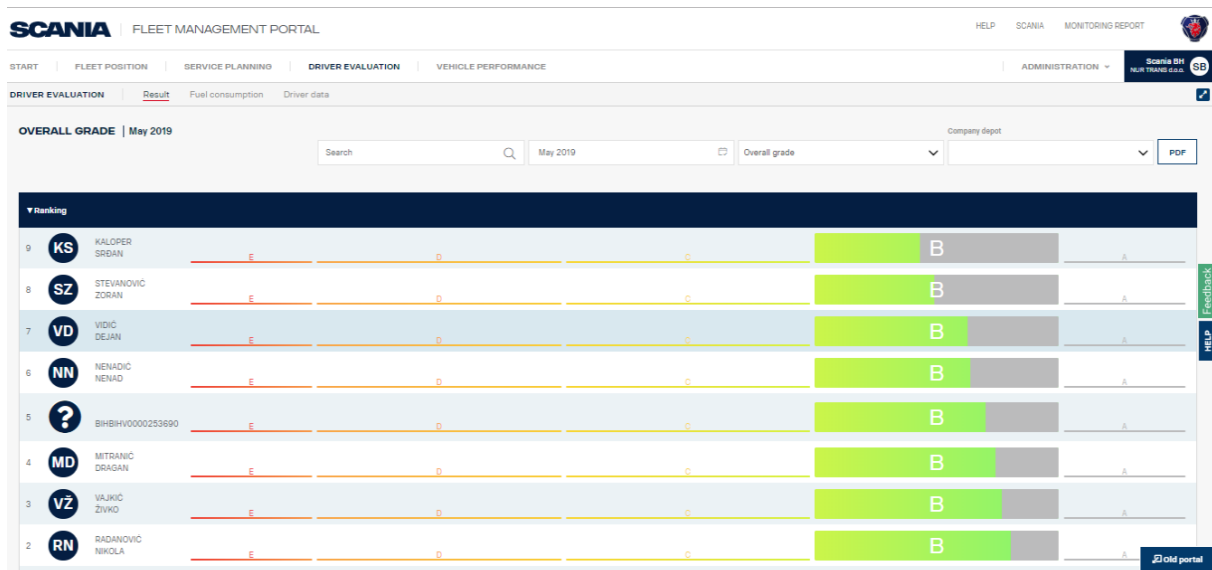
Reviewed defect reports
-

New defect reports
-

Slika 4.7. Pregled servisa vozila (<https://fmpnextgen.scania.com>)

Ocenjivanje vozača se može izvršiti čak i za dve godine unazad. Ocene se kreću u opsegu od A-E. Njihove ocene govore o tome koji vozač zahteva dodatnu obuku, koji

parametar treba unaprediti itd. Pored svake ocene, vozaču se prikazuju i saveti o tome šta vozač treba da unapredi tokom vožnje da bi povećao svoju ocenu.

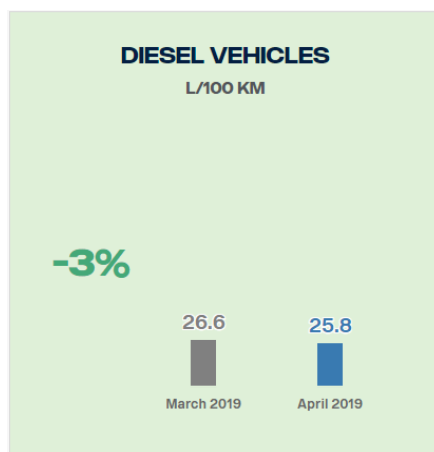


Slika 4.8. Evaluacija vozača (<https://fmpnextgen.scania.com>)

Uzimajući u obzir uslove pri vožnji, ocena se računa za svaki parametar vožnje posebno, i to:

1. Ocena za rad u praznom hodu (Idling) – računa se u odnosu na vreme rada motora (%),
2. Ocena za vožnju sa tempomatom (Cruise Control) – računa se u odnosu na ukupno pređenu udaljenost (%),
3. Ocena za prebrzu vožnju (Speeding) – računa se u odnosu na ukupno vreme rada motora (%). Vozač treba da vodi računa da ne premašuje graničnu vrednost za prebrzu vožnju,
4. Ocena za upotrebu inercije vozila – "kotrljanje" (Coasting) – računa se u odnosu na ukupno pređenu kilometražu (%). "Kotrljanje" podrazumeva vožnju bez upotrebe papučice gasa i bez ubrizgavanja goriva u cilindre motora,
5. Ocena za predviđanje (Anticipation) – vozač se ocenjuje na osnovu toga kako unapred planira svoju vožnju i kako koristi papučicu kočnice i gasa (koliko je vreme između njihove upotrebe),
6. Ocena za vožnju preko prevoja (Hill driving) – ocena zavisi od toga kako vozač koristi papučicu gasa i inerciju vozila na brdovitom terenu,

FMS Skanije daje mogućnost pregleda potrošnje goriva (Slika 4.9.) kao i emisije izduvnih gasova (Slika 4.10.) za svakog vozača kao i upoređivanje na mesečnom nivou među vozačima.

Slika 4.9. Prikaz poređenja potrošnje goriva vozača (<https://fmpnextgen.scania.com>)

ENVIRONMENTAL REPORT 01/04/2019 00:00 - 30/04/2019 23:59								April 2019
Carbon dioxide CO ₂	Distance driven	Number of vehicles	Nitrogen oxide NO _x	Particulates PM	Hydrocarbons HC	Carbon monoxide CO		
94,856 kg	140,977 km	14	34.26 kg	0.36 kg	1.08 kg	2.89 kg		
Equipment	Distance (km)	Fuel consumption	NO _x (kg)	PM (kg)	HC (kg)	CO (kg)	CO ₂ (kg)	Emission specification
A64-E-925 NT	12,497	3,154 l	3.0	0.03	0.09	0.3	8,295	Euro 6, SC, DC13 155
A64-E-926 NTT	11,367	2,859 l	2.7	0.03	0.09	0.2	7,517	Euro 6, SC, DC13 155
T58-J-802 NT	6,796	2,015 l	1.9	0.02	0.06	0.2	5,299	Euro 6, SC, DC13 155
T58-J-803 NT	7,519	1,861 l	1.8	0.02	0.06	0.1	4,894	Euro 6, SC, DC13 155
T58-J-804 NT	11,400	2,832 l	2.7	0.03	0.08	0.2	7,446	Euro 6, SC, DC13 155
T58-J-805 NT	8,350	2,101 l	2.0	0.02	0.06	0.2	5,523	Euro 6, SC, DC13 155

Slika 4.10. Prikaz emisije izduvnih gasova (<https://fmpnextgen.scania.com>)

Prikaz i praćenje parametara rada vozača omogućava uočavanje njihovih dobrih ili loših trendova tokom vremena i delovanje u smeru njihovog poboljšanja. Neki od parametara rada vozača koje FMS Skanije prikazuje su:

- Emisija štetnih materija (CO₂, CO, HC, PM, NO_x...),
- Potrošnja goriva pri radu vozila u različitim režimima (l/km, l/100km),
- Tip i vrsta vozila,
- Vreme vožnje (h),
- Broj pritisaka na kočnicu ili papučicu gasa (#),
- Prosečna upotreba kočnice ili papučice gasa (#/100km),
- Broj naglih kočenja ili naglih ubrzanja (#) – ukoliko je došlo do naglog opadanja brzine od 9 km/h u toku 1 sekunde smatra se da je vozač naglo zakočio,
- Rad vozila izvan dozvoljenog opsega obrtaja motora (%) odnosno, rad vozila pri visokom broju obrtaja motora. Posmatra se kao % u odnosu na ukupno vreme rada,

- Prosečna težina (t), pređena kilometražu (km) ili brzina kretanja (km/h),
- Ukupna ocena vozača prema Skanijinom programu za podršku vozaču (%) (Scania Driver Support). Ova ocena se dobija kao prosek uzimajući u obzir 4 faktora i njihove pojedinačne ocene (izbor odgovarajućeg stepena prenosa, upotreba kočnice, anticipacija i vožnja u skladu sa topografijom terena) itd.

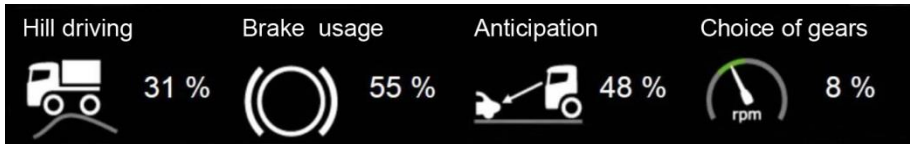
4.1.3.3. Posebne mogućnosti uz Scania Communicator

Besplatnim skidanjem aplikacije za mobilne telefone moguće je dobiti informacije o greškama na vozilu i opremi pri čemu se vrši najava vozila u ovlašćenom servisu. Tako se radnici servisa unapred bolje pripreme za opravku vozila. Pored toga, da bi Skanija postigla bolju konkurentnost na tržištu, omogućeno je da se i proizvođači drugih sistema za upravljanje voznim parkom mogu priključiti na Skanijin FMS. Na ovaj način se vrši poređenje rezultata različitih sistema za upravljanje voznim parkom što dovodi do njihovog daljeg razvoja. Skanijin Komunikator omogućava i daljinsko dijagnostifikovanje vozila povezivanjem vozila sa servisom. Na ovaj način se mehaničari koji izlaze na teren bolje i brže pripreme. Takođe, vozač može unapred da pripremi prijatnije okruženje u vozilu uključivanjem grejanja uz pomoć aplikacije koja se instalira na mobilni telefon. Ovo je moguće uz prethodnu autorizaciju korisnika web portala. Prednost je i u tome jer je uz Skanijin Komunikator moguće daljinsko skladištenje podataka i tako se može izbeći dodatni trošak dolaska vozila u auto-bazu zbog memorisanja podataka sa kartice tahografa.

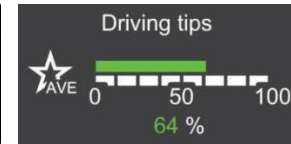
4.1.4. SKANIJINA PODRŠKA VOZAČU (SCANIA DRIVER SUPPORT - SDS)

Ovaj vid podrške vozačima predstavlja deo Skanijinog sistema za upravljanje voznim parkom i obezbeđuje vozačima savete u realnom vremenu tokom vožnje i ima za cilj da pomogne vozačima da razviju stil vožnje koji smanjuje potrošnju goriva, emisiju i habanje delova na vozilu. Ovakav način ocene ponašanja vozača predstavlja podršku vozačima da održe veštine stečene tokom obuke u dužem vremenskom periodu. SDS parametar uključuje četiri veštine vozača koje su se ocenjivale (Slika 4.11.):

- 1. Vožnja uzbrdo** – vrši se procena kako se koristi papučica gasa i inercija vozila na terenima različite topografije,
- 2. Predviđanje** – procenjuje se naglo ubrzanje i usporenje i daje se ocena koliko dobro vozač predviđa različite situacije,
- 3. Upotreba kočnice** – vrši se procena učestalosti korišćenja kočnice i oštine korišćenja,
- 4. Izbor stepena prenosa** – procenjuje se kolika je usklađenost odabira stepena prenosa i obrtaja motora radi uštede goriva.



Slika 4.11. Prikaz rezultata vožnje u skladu sa Skanijinom podrškom vozaču



Slika 4.12. Prosečna ocena

SDS kontinuirano analizira podatke iz različitih senzora na vozilu kako bi se pratile performanse vozača, zatim se vrši procena vožnje i prosečna ocena vozača se prikazuje u procentima za svaku kategoriju. One se takođe sabiraju i daje se jedna ocena koja predstavlja prosek ove četiri ocene (Slika 4.12.). Veća SDS vrednost pokazuje veću mogućnost za nižu amortizaciju vozila, niže troškove održavanja vozila (manje trošenje kočionog sistema, manje habanje motora itd.) i niže troškove za transportne kompanije.

4.2. TRENING EKO-VOŽNJE

Obuka 7 vozača kamiona o eko-vožnji održana je u periodu Maj – Jun 2015. godine u Ljubljani (Slovenija). Svi vozači su pohađali dvodnevne treninge u istom dvomesečnom periodu. Obuka se sastojala iz 3 faze:

I faza: Prva test vožnja obavljena je na unapred definisanom prevoznom putu i vozači su vozili u svom jedinstvenom stilu pre primene saveta za eko-vožnju. Ova vožnja je služila kao kontrolna tačka za poređenje sa drugom test vožnjom kako bi se procenio potencijal uštede goriva, emisije CO₂ i povećanje SDS-a primenom eko-vožnje. Nakon ove test vožnje, rezultati parametara su prikupljeni uz pomoć Skanijinog FMS.

II faza: U okviru ove faze izvršena je teorijska obuka vozača u trajanju od 2 sata. Njima su predstavljeni rezultati prve test vožnje i date su im informacije i saveti o tome kako i gde mogu postići uštede i šta te uštede znače za vozače, vozila i transportne kompanije. Saveti su se odnosili na: broj smanjenja upotrebe kočnice, održavanje pravilnog odstojanja između vozila, promena u viši stepen prenosa što je pre moguće, upotrebu inercije vozila, smanjenje rada vozila dok vozilo stoji, naglo ubrzanje i kočenje, proveru pritiska u pneumaticima pre vožnje itd.

III faza: Po završetku teorijske obuke, vozači su realizovali drugu test vožnju na istom prevoznom putu na kojoj je i prva test vožnja obavljena. Ova test vožnja je modifikovani stil vožnje sa primenjenim savetima o eko-vožnji. Za vreme ove vožnje, instruktor se nalazi u vozilu i aktivno učestvuje kod donošenja odluka vozača. Odnosno, kada vozači nisu primenjivali znanje stečeno tokom teorijske obuke, instruktor je davao sugestije i savete. Poređenjem prve i druge test vožnje uočavaju se promene usled primene saveta o ekonomičnoj vožnji. Nakon završenog perioda realizacije treninga, vozači nisu dobijali dalja uputstva i povratne informacije o eko-vožnji.

Nakon treće faze, rezultati test vožnje su razmatrani sa vozačima i oni su dobili uputstva za dalja poboljšanja. Rezultati vožnje za celokupni period posmatranja predstavljeni su u Tabeli 5.1.

4.3. EVALUACIJA PODATAKA

Za ocenu podataka korišćena je analiza varijanse (ANOVA) SDS parametra, emisije CO₂ i potrošnje goriva po faktorima Vreme (meseci) i Distanca (km*1000). Odnosno, primenjen je Dunkanov test za post-hoc poređenje grupa (pre treninga, za vreme treninga, kratkoročni period, dugoročni period). Ukoliko je verovatnoća razlike $p < 0,05$ onda se ta razlika smatra statistički značajnom. Analiza je izvršena upotrebom statističkog programa Microsoft Statistica, verzija 12.

Da bi se odredila zavisnost između potrošnje goriva i emisije CO₂ tokom perioda posmatranja, korišćena je linearna korelacija. Za utvrđivanje minimuma funkcije zavisnosti potrošnje goriva od vremena primenjena je matematička analiza. Dalje, za utvrđivanje maksimalne uštede primenom eko-vožnje za optimalan period kondicioniranja (Δt) i optimalno T_0 (tačke u kojima su iste potrošnje goriva i u kojima se prekida funkcija), koriste se parcijalni izvodi kao i integrali i granična vrednost.

LITERATURA

<https://fmpnextgen.scania.com>

www.scania.com

5. FORMIRANJE MODELA ZA OPTIMIZACIJU PERIODIČNE OBUKE VOZAČA U REŽIMU EKO-VOŽNJE

U petom poglavlju, izvršeno je istraživanje vozačkog ponašanja nakon obuke o eko-vožnji. Uz pomoć analize parametara vožnje, cilj je da se istraži koji je optimalan period ponovne obuke kako bi se efekti eko-vožnje održali dugoročno a da se pri tome ostvare maksimalne uštede. Ovaj cilj je postignut kroz modeliranje i upoređivanje vozačkog ponašanja što je i opisano u ovom poglavlju. Kao što je naglašeno u poglavlju 4, za modeliranje je uzeto u obzir ponašanje vozača na prevoznom putu sa deonicama različitih kategorija gde se vrše bitne vozačke operacije (rad vozila u stanju mirovanja, ubrzanje, usporavanje, održavanje ravnomerne brzine, motorno kočenje) koje su prisutne u tipičnoj (uobičajenoj) vožnji.

5.1. SKUP PODATAKA POTREBNIH ZA RAZVOJ MODELA

Za analizu i razvoj modela korišćeni su rezultati vožnje 7 vozača prikupljeni u periodu od godinu dana kako bi se rezultati vožnje analizirali u kratkoročnom i dugoročnom periodu nakon obuke vozača, u odnosu na period pre obuke. Uticaj eko-vožnje analiziran je kod svih vozača preko sledećih parametara koji se odnose na ponašanje vozača u toku vožnje, a to su: potrošnja goriva, emisija CO₂ i parametar SDS. Za modeliranje optimalnog perioda kondicioniranja vozača pri ostvarivanju maksimalne uštede korišćeni su sledeći parametri: potrošnja goriva, emisija CO₂, cena obuke vozača, cena koštanja goriva, cena koštanja emisije CO₂ po jednoj litri goriva i pređena kilometraža.

Podaci o parametrima rada vozača su dobijeni od transportne kompanije SCANIA putem njihovog FMS (Fleet Management System). Podatak vezan za cenu koštanja goriva dobijen je na terenu a cena koštanja emisije CO₂ uzeta je iz stručne literature, dok je podatak o ceni koštanja obuke vozača dobijen od nadležne osobe iz kompanije SCANIA.

Jednogodišnji period istraživanja je podeljen na sledeće segmente: (Tabela 5.1.):

- Period pre obuke: April, 2015
- Obuka vozača: Maj, 2015 - Jun, 2015
- Kratkoročni period: Jul, 2015 – Decembar, 2015
- Dugoročni period: Januar, 2016 – April, 2016

Table 5.1. Rezultati israživanja pre i posle obuke o eko-vožnji

Vozač	Parametar	Period pre obuke	Obuka vozača			Kratkoročni period						Prosek	Dugoročni period				Prosek
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	3-8	9	10	11	12	9-12	
		04 2015	05 2015	06 2015	07 2015	08 2015	09 2015	10 2015	11 2015	12 2015	07-12 2015	01 2016	02 2016	03 2016	04 2016	01-04 2016	
1	SDS ¹	62	64	65	63	63	65	64	65	64	64	64	64	63	63	64	
	Potrošnja goriva ²	28	26,2	27,5	26	25,6	28,4	27	29,4	27,7	27,4	29,2	30,9	28,4	29	29,4	
	CO ₂ emisija ³	0,76	0,70	0,74	0,70	0,69	0,76	0,73	0,79	0,74	0,75	0,79	0,83	0,76	0,78	0,80	
	Distanca ⁴	11,9	10,5	11,9	12,3	10,7	12,3	12,9	13,0	8,9	11,7	10,3	11,1	10,1	9,9	10,3	
2	SDS	60	79	94	88	86	85	84	84	79	84	76	77	79	78	78	
	Potrošnja goriva	28,6	27,2	24,9	26,4	25,1	25,1	27,8	26,1	29,3	26,6	27,5	27,6	28,7	29,2	28,2	
	CO ₂ emisija	0,77	0,73	0,67	0,71	0,67	0,67	0,75	0,70	0,78	0,72	0,75	0,74	0,76	0,78	0,77	
	Distanca	13,5	8,1	12,4	11,5	10,1	12,3	12,2	12,8	9,3	11,4	11,4	9,8	8,5	9,6	9,8	
3	SDS	77	80	81	79	87	86	85	85	74	84	77	78	77	81	79	
	Potrošnja goriva	28	28,4	26,2	27,7	25	26,7	27,2	29,9	30,5	27,8	28,5	29	28,1	30,1	28,9	
	CO ₂ emisija	0,77	0,73	0,67	0,71	0,67	0,67	0,75	0,70	0,78	0,72	0,75	0,74	0,76	0,78	0,77	
	Distanca	12,9	9,9	12,5	10,9	8,9	13,9	14,3	12,1	8,2	11,4	10,9	9,8	10,6	10,1	10,4	
4	SDS	68	73	88	90	82	83	64	61	62	68	84	84	87	83	85	
	Potrošnja goriva	27,5	26,6	26,8	26,5	28,2	27,9	28,2	29,2	29,4	28,2	27,1	27,6	28,4	28,1	27,8	
	CO ₂ emisija	0,74	0,71	0,72	0,72	0,75	0,75	0,76	0,79	0,79	0,79	0,73	0,75	0,76	0,75	0,76	
	Distanca	13,5	10,1	13,5	13,0	6,5	13,9	13,3	10,9	10,9	11,4	10,6	8,0	8,4	11,8	9,7	
5	SDS	66	64	65	67	79	81	78	77	79	79	77	76	79	74	77	
	Potrošnja goriva	26,6	26,4	27,7	27,1	25,7	26,7	25,8	30,8	29,9	27,6	28	26,4	30,8	28,7	28,5	
	CO ₂ emisija	0,71	0,71	0,75	0,73	0,69	0,72	0,70	0,83	0,80	0,77	0,75	0,71	0,83	0,77	0,77	
	Distanca	12,6	12,0	12,7	7,5	11,7	11,3	12,2	12,5	8,6	10,6	9,1	11,0	11,5	8,8	10,1	
6	SDS	67	66	68	76	77	74	73	73	73	74	74	74	73	73	74	
	Potrošnja goriva	25,8	24,1	25,1	23,5	23,9	24,8	25,3	25,9	26,5	25,0	25,2	26,1	23,4	24,8	24,9	
	CO ₂ emisija	0,70	0,65	0,68	0,63	0,64	0,67	0,68	0,70	0,71	0,70	0,67	0,69	0,63	0,67	0,67	
	Distanca	13,5	11,3	11,7	12,5	5,9	12,7	11,5	11,2	10,5	10,7	10,4	9,5	9,9	10,9	10,1	
7	SDS	59	61	67	66	66	63	65	67	68	65	69	71	66	68	69	
	Potrošnja goriva	29,3	28,5	24,7	25,3	26	26,5	24,1	27,2	27,1	26,0	26,7	27,8	24,5	26,2	26,3	
	CO ₂ emisija	0,79	0,77	0,67	0,68	0,70	0,72	0,65	0,73	0,73	0,70	0,72	0,74	0,66	0,70	0,71	
	Distanca	12,0	10,4	11,7	13,1	8,9	12,3	12,0	10,7	11,8	11,5	9,6	8,2	9,4	11,5	9,7	
Prosek	SDS	66	70	75	76	77	77	73	73	71	74	74	75	75	74	75	
	Potrošnja goriva	27,7	26,8	26,1	26,1	25,6	26,6	26,5	28,4	28,6	27,7	27,5	27,9	27,5	28,0	27,8	
	CO ₂ emisija	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,72	0,71	0,76	0,77	0,75	0,74	0,75	0,73	0,75	0,75	
	Distanca	12,9	10,3	12,3	11,5	9,0	12,7	12,6	11,9	9,7	11,2	10,3	9,6	9,8	10,4	10,0	

¹Prosečna ocena vozača - %

²Prosečna potrošnja goriva - l/100km

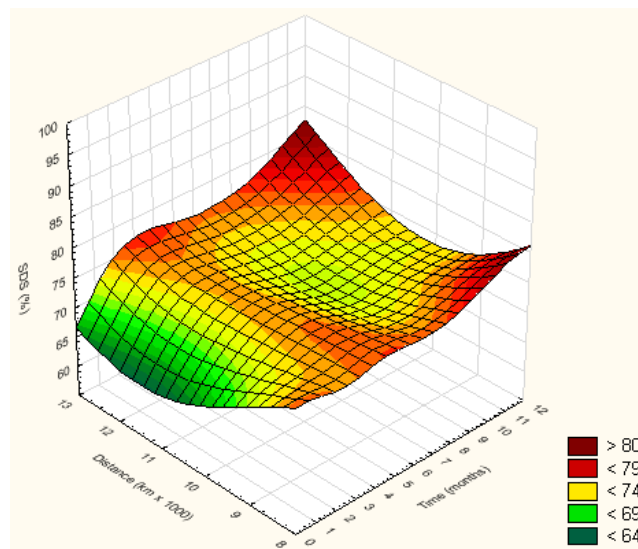
³Prosečna CO₂ emisija – kg/km

⁴Prosečna pređena kilometraža - km (x10³)

5.2. POSTAVLJANJE MODELA

Na grafiku 5.1. je data aproksimativna dvodimenzionalna zavisnost vrednosti parametra SDS od promenljivih Vreme(meseci) i Distanca(km*1000). Sa grafika je očigledno da vozači ulaze u proces obuke sa niskom prosečnom vrednošću parametra SDS ($SDS(0)=65,57\%$). Grafik ističe visoku zavisnost vrednosti parametra SDS od vremena posmatranja, i istovremenu nezavisnost od pređene mesečne kilometraže tokom čitavog perioda posmatranja. U vremenskom intervalu obuke, $Vreme(meseci) \in (0, 2]$, ustanovljen je porast vrednosti parametra SDS. U mesecima 4 i 5 (Avgust i Septembar, 2015) se pojavljuje maksimum vrednosti SDS-a koji vremenom opada. U dugoročnom periodu posmatranja, vrednost SDS-a stagnira oko prosečne vrednosti $\approx 74\%$.

Uočene varijacije prosečnih vrednosti SDS-a imaju značajno veću vrednost od inicijalnih vrednosti. U tabeli 5.2. su date srednje vrednosti parametra SDS po mesecima i rezultati post-hoc Dulkanovog testa za analizu varijanse. Pre obuke, prosečna vrednost SDS parametra je iznosila $SDS(0)=65,57\%$, zatim raste tokom treninga a maksimum postiže u drugom mesecu nakon obuke sa prosečnom vrednošću $SDS(4)=77,14\%$ i trećem mesecu nakon obuke sa prosečnom vrednošću $SDS(5)=76,71\%$. Ove dve prosečne vrednosti se signifikantno razlikuju od prosečne vrednosti SDS-a pre treninga, $p(4)=0,0384$ i $p(5)=0,0453$ respektivno, što ukazuje na činjenicu da je obuka ostvarila značajan napredak u pristupu vožnji tokom ova dva meseca u kojima su se SDS vrednosti karakteristično povećale.



Grafik 5.1. SDS parametar kao funkcija Vremena (meseci) i Distance – 3D prostor

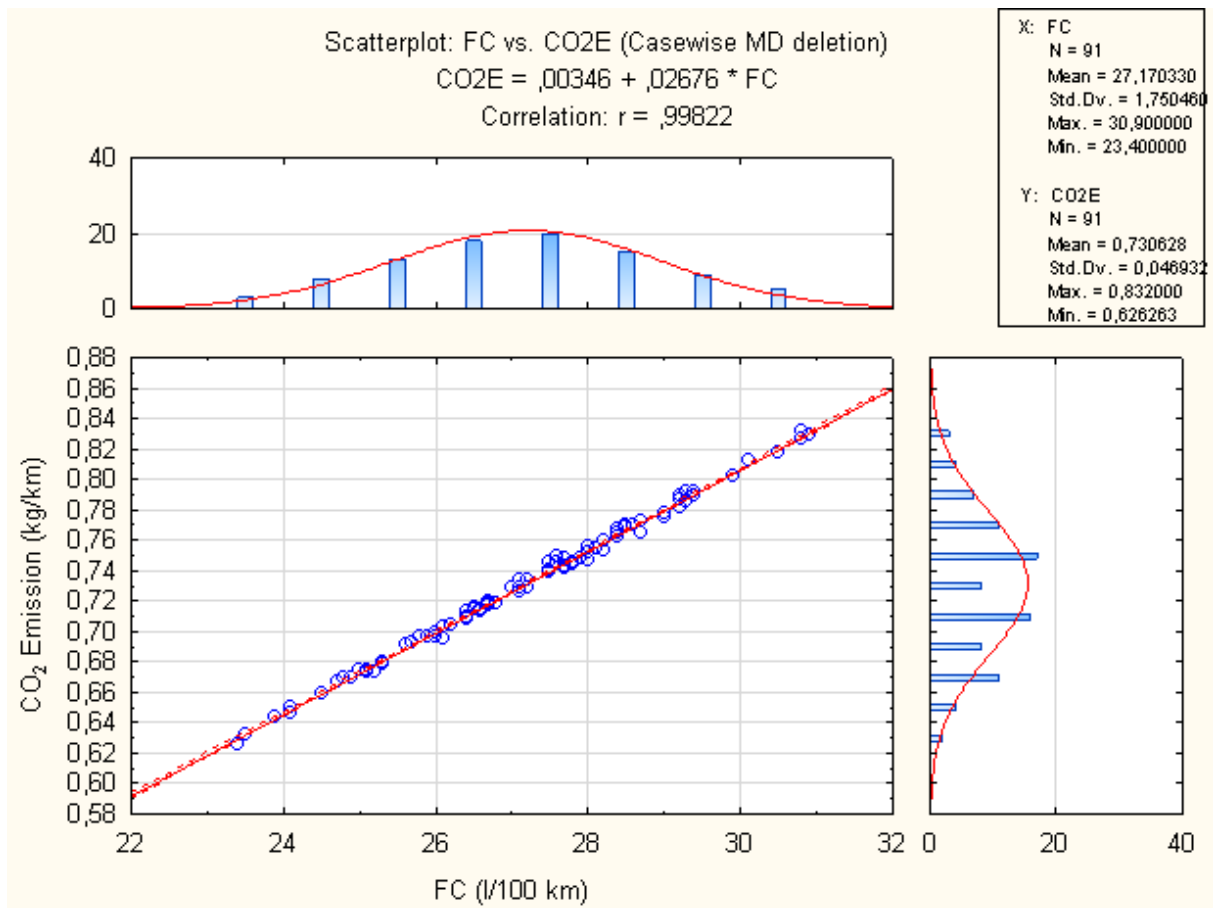
Tabela 5.2. P-vrednosti post-hoc Dulkanovog testa za analizu varijanse za srednje mesečne vrednosti SDS parametra u celokupnom periodu posmatranja

	Pre obuke	Period obuke			Kratkoročni period						Dugoročni period			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Vreme (meseci)	04 2015	05 2015	06 2015	07 2015	08 2015	09 2015	10 2015	11 2015	12 2015	01 2016	02 2016	03 2016	04 2016	
SDS(%)	65,57	69,57	75,42	75,57	77,14	76,71	73,28	73,14	71,28	74,42	74,85	74,85	74,28	
P-vrednost	-	0,3859	0,0741	0,0718	0,0384	0,0453	0,1392	0,1367	0,2451	0,0994	0,0904	0,0873	0,1001	

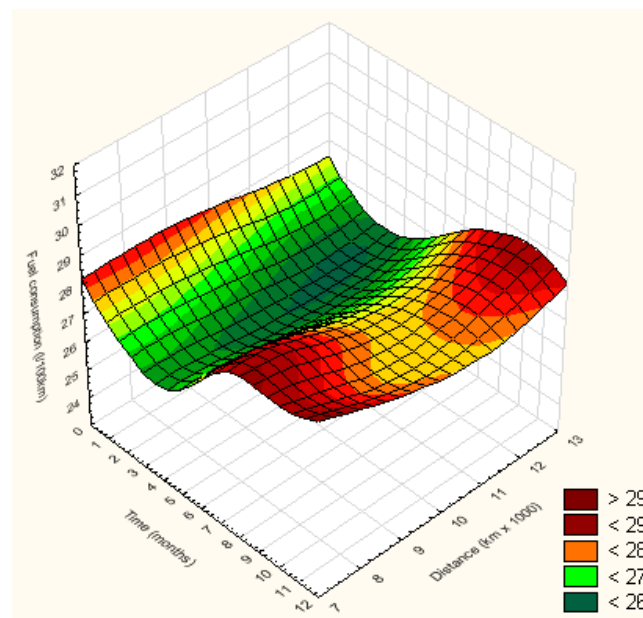
Među ostalim vrednostima parametra SDS nema značajnih razlika u odnosu na pređenu mesečnu kilometražu i period posmatranja. Dugoročno, vrednosti parametra SDS su konstantne i permanentno veće od inicijalne vrednosti. Međutim, iako su SDS vrednosti u dugoročnom periodu veće od inicijalnih i vrednosti ostvarenih tokom treninga, one se po analizi varijanse ne razlikuju značajno.

Na Graficima 5.3. i 5.4. su dati prikazi aproksimativnih dvodimenzionalnih zavisnosti vrednosti potrošnje goriva i CO₂ emisije od faktora Vreme(meseci) i Distanca(km*1000). Položaj minimuma se ne menja sa pređenom kilometražom, pa su vrednosti prosečne potrošnje goriva i emisije CO₂ nepromenljive u odnosu na distancu. Na ovaj način se isključuje mogući uticaj pređene kilometraže na prosečnu potrošnju goriva i emisiju CO₂. Očekivano, grafici su slični, a zbog boljeg uočavanja detalja dati su različiti uglovi posmatranja 3D grafika. Potvrda očekivane sličnosti nalazi se u linearnoj korelaciji sa visokim koeficijentom korelacije $r=0,99822$. Koeficijent uz promenljivu Potrošnja goriva (FC) ima očekivanu vrednost 0,02676 koja odgovara standardnoj vrednosti emisija CO₂ po potrošenoj litri goriva (gustina od 0,85g/cm³) od $\approx 2,7$ kg (Grafik 5.2.).

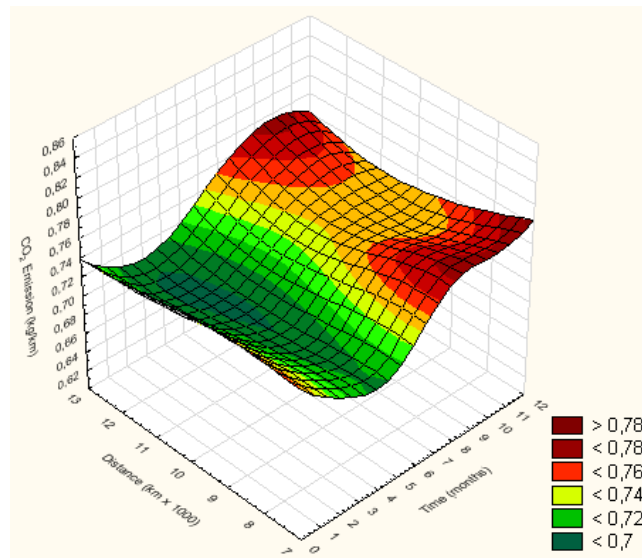
Očigledno je da i na potrošnju goriva i na emisiju CO₂, bitan uticaj ima vremenski period posmatranja, dok su ovi parametri potpuno nezavisni od pređene mesečne kilometraže. Uticaj treninga je očigledan i već sa obukom (meseci 1 i 2) je uočljivo smanjenje potrošnje goriva i smanjenje emisije CO₂. Sa početkom kratkoročnog perioda vidi se pozitivan uticaj treninga tokom prva dva meseca nakon obuke (mesec 3 i mesec 4) a nakon toga dolazi do porasta potrošnje goriva i CO₂ emisije. Ovaj porast se realizuje tokom 5. i 6. meseca, stabilizuje se tokom 7. meseca i do kraja perioda posmatranja se vrednosti ova dva parametra zadržavaju bez nekih naknadnih varijacija.



Garfik 5.2. Linearna korelacija potrošnje goriva i emisije CO₂ za celokupni istraživački period



Garfik 5.3. Potrošnja goriva kao funkcija Vremena (meseci) i Distance – 3D prostor



Grafik 5.4. Emisija CO₂ kao funkcija Vremena (meseći) i Distance – 3D prostor

Tabela 5.3. pokazuje komparaciju prosečnih mesečnih vrednosti potrošnje goriva po faktoru Vreme (meseći) i ona je izvršena upotrebom post-hoc Dunkanovog testa za analizu varijanse. Analiza varijanse ističe mesec Avgust sa minimumom od FC(4)=25,64 l/100 km. Ova vrednost predstavlja značajno smanjenje u odnosu na vrednost pre obuke FC(0)=27,68 l/100km, ($p=0,0446$). Istovremeno, ova vrednost se signifikantno razlikuje od vrednosti FC(7)=28,35 l/100km, ($p=0,0080$), FC(8)=28,62 l/100km, ($p=0,0035$), FC(10)=27,91 l/100km, ($p=0,0260$) i FC(12)=28,01 l/100km, ($p=0,0207$). Uočljivo je da minimum potrošnje goriva nema značajnih razlika sa prethodnim mesečnim periodima (Maj, Jun, Jul) i uzastopnim mesečnim periodima (Septembar i Oktobar) ali ima sa mesecima u zimskom periodu. Utvrđeno je da se u petom mesecu nakon treninga (mesec 7 - Novembar) vozači vraćaju svojim starim vozačkim navikama sa istom potrošnjom goriva kao i u periodu pre treninga. Ekstremne vrednosti maksimuma realizovane su u mesecima Novembar i Decembar sa srednjom potrošnjom od FC(7)=28,35 l/100km i FC(8)=28,62 l/100km, respektivno. Ove vrednosti se ne razlikuju značajno od vrednosti pre obuke, FC(0)=27,68 ($p=0,4824$ i $p=0,3356$). Dobijeni rezultati upućuju na mogući uticaj meteoroloških faktora a pre svega ambijentalne temperature na srednju potrošnju goriva.

Tabela 5.3. P-vrednosti post-hoc Dunkanovog testa za analizu varijanse za srednje mesečne vrednosti potrošnje goriva u celokupnom periodu posmatranja

Vreme (meseci)	Pre obuke	Period obuke		Kratkoročni period						Dugoročni period			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	04 2015	05 2015	06 2015	07 2015	08 2015	09 2015	10 2015	11 2015	12 2015	01 2016	02 2016	03 2016	04 2016
FC*	27,68	26,77	26,12	26,07	25,64	26,58	26,48	28,35	28,62	27,45	27,91	27,47	28,01
0		0,3379	0,1211	0,1119	0,0446	0,2605	0,2279	0,4824	0,3356	0,8039	0,7902	0,8030	0,7209
1	0,3379		0,5013	0,4756	0,2572	0,8289	0,7562	0,1143	0,0662	0,4255	0,2422	0,4460	0,2115
2	0,1211	0,5013		0,9470	0,5972	0,6190	0,6777	0,0291	0,0145	0,1729	0,0778	0,1764	0,0646
3	0,1119	0,4756	0,9470		0,6180	0,5909	0,6523	0,0261	0,0128	0,1627	0,0711	0,1645	0,0587
4	0,0446	0,2572	0,5972	0,6180		0,3356	0,3773	0,0080	0,0035	0,0697	0,0260	0,0707	0,0207
5	0,2605	0,8289	0,6190	0,5909	0,3356		0,9074	0,0803	0,0446	0,3425	0,1811	0,3533	0,1559
6	0,2279	0,7562	0,6777	0,6523	0,3773	0,9074		0,0667	0,0363	0,3083	0,1559	0,3139	0,1328
7	0,4824	0,1143	0,0291	0,0261	0,0080	0,0803	0,0667		0,7521	0,3674	0,6300	0,3660	0,6899
8	0,3356	0,0662	0,0145	0,0128	0,0035	0,0446	0,0363	0,7521		0,2462	0,4547	0,2452	0,5038
9	0,8039	0,4255	0,1729	0,1627	0,0697	0,3425	0,3083	0,3674	0,2462		0,6329	0,9868	0,5706
10	0,7902	0,2422	0,0778	0,0711	0,0260	0,1811	0,1559	0,6300	0,4547	0,6329		0,6300	0,9074
11	0,8030	0,4460	0,1764	0,1645	0,0707	0,3533	0,3139	0,3660	0,2452	0,9868	0,6300		0,5704
12	0,7209	0,2115	0,0646	0,0587	0,0207	0,1559	0,1328	0,6899	0,5038	0,5706	0,9074	0,5704	

*Prosečna potrošnja goriva - l/100km

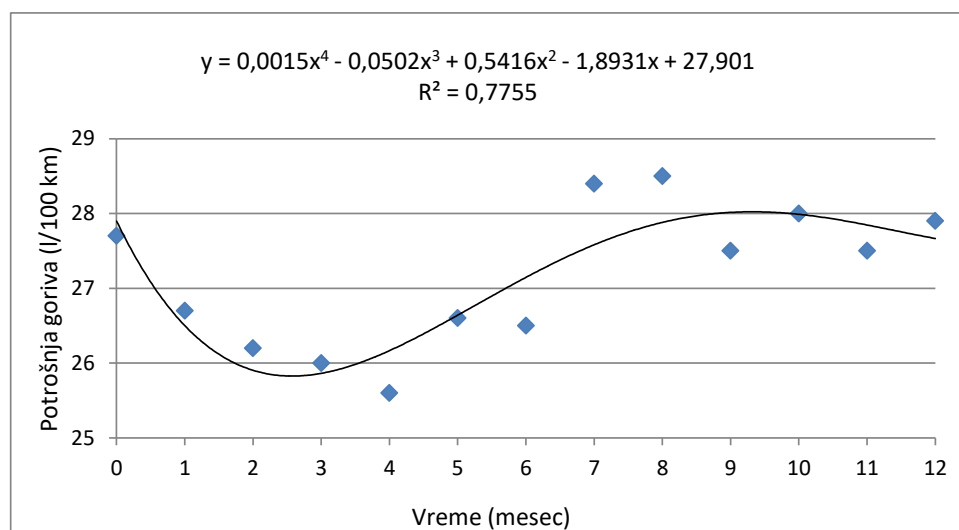
Primenom post-hoc Dunkanovog testa za analizu varijanse izvršeno je poređenje srednjih vrednosti emisije CO₂ po faktoru Vreme(meseci) i rezultati su dati u Tabeli 5.4. U drugom mesecu nakon obuke zabeležen je minimum emisije CO₂ sa vrednošću CO₂(4)=0,6894 kg/km što predstavlja značajno smanjenje u odnosu na vrednost pre obuke CO₂(0)=0,7459 kg/km, (p=0,0388). Istovremeno, ova vrednost se signifikantno razlikuje od vrednosti CO₂(7)=0,7634 kg/km, (p=0,0072), CO₂(8)=0,7683 kg/km, (p=0,0042), CO₂(10)=0,7496 kg/km, (p=0,0287), CO₂(12)=0,7531 kg/km, (p=0,0210). I u slučaju emisije CO₂ može se zaključiti da je trening imao značajan uticaj na ponašanje vozača u periodu za vreme obuke i 4 meseca nakon obuke. Od petog meseca nakon završene obuke (mesec 7 - Novembar) pa do kraja perioda posmatranja, vozači vraćaju svoje stare vozačke navike i dolazi do povećavanja vrednosti emisije CO₂.

Tabela 5.4. P-vrednosti post-hoc Dulkanovog testa za analizu varijanse za srednje mesečne vrednosti emisije CO₂ u celokupnom periodu posmatranja

Vreme (meseći)	Pre obuke	Period obuke		Kratkoročni period						Dugoročni period			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	04 2015	05 2015	06 2015	07 2015	08 2015	09 2015	10 2015	11 2015	12 2015	01 2016	02 2016	03 2016	04 2016
CO ₂ *	0,7459	0,7196	0,7030	0,7022	0,6894	0,7155	0,7133	0,7634	0,7683	0,7383	0,7496	0,7365	0,7531
0		0,3052	0,1126	0,1098	0,0388	0,2468	0,2235	0,4989	0,3974	0,7415	0,8756	0,7036	0,7717
1	0,3052		0,5199	0,5104	0,2603	0,8575	0,7996	0,1056	0,0741	0,4499	0,2552	0,4656	0,2108
2	0,1126	0,5199		0,9714	0,5819	0,6160	0,6570	0,0283	0,0180	0,1876	0,0883	0,2028	0,0685
3	0,1098	0,5104	0,9714		0,5804	0,6072	0,6537	0,0272	0,0172	0,1836	0,0856	0,2001	0,0661
4	0,0388	0,2603	0,5819	0,5804		0,3232	0,3522	0,0072	0,0042	0,0728	0,0287	0,0807	0,0210
5	0,2468	0,8575	0,6160	0,6072	0,3232		0,9264	0,0790	0,0542	0,3741	0,2028	0,3945	0,1648
6	0,2235	0,7996	0,6570	0,6537	0,3522	0,9264		0,0688	0,0466	0,3434	0,1818	0,3668	0,1463
7	0,4989	0,1056	0,0283	0,0272	0,0072	0,0790	0,0688		0,8312	0,3423	0,5776	0,3179	0,6589
8	0,3974	0,0741	0,0180	0,0172	0,0042	0,0542	0,0466	0,8312		0,2639	0,4670	0,2429	0,5405
9	0,7415	0,4499	0,1876	0,1836	0,0728	0,3741	0,3434	0,3423	0,2639		0,6494	0,9384	0,5649
10	0,8756	0,2552	0,0883	0,0856	0,0287	0,2028	0,1818	0,5776	0,4670	0,6494		0,6127	0,8775
11	0,7036	0,4656	0,2028	0,2001	0,0807	0,3945	0,3668	0,3179	0,2429	0,9384	0,6127		0,5298
12	0,7717	0,2108	0,0685	0,0661	0,0210	0,1648	0,1463	0,6589	0,5405	0,5649	0,8775	0,5298	

*Prosečna CO₂ emisija – kg/km

Opšti minimum u funkciji vremena posmatranja može se proračunavati preko potrošnje goriva ili CO₂ emisije, svejedno je zbog velike vrednosti koeficijenta korelacije između njih. Funkcionalna veza između vremena posmatranja kao nezavisno promenljive i potrošnje goriva kao zavisno promenljive je utvrđena polinomom 4-tog stepena sa korelacijom $r=0,8803$ ($R^2=0,7750$) (Grafik 5.5.).



Grafik 5.5. Funkcionalna veza potrošnje goriva od vremena posmatranja (meseći)

Prvi izvod funkcije (5.1.) je:

$$f'(x) = (0,001x^4 - 0,050x^3 + 0,541x^2 - 1,893x + 27,9)' = 0 \quad (5.1.)$$

i ima minimum u vrednosti $x=2,66254$ meseci. To znači da se najbolji rezultati postižu u prvom mesecu nakon treninga. Ovim je dokazano da su efekti obuke vozača egzaktni, da su dobro projektovani ali da su kratkoročnog efekta.

Na osnovu dobijene funkcionalne veze, očigledno je da za postizanje dobrih rezultata potrebno je ponovno kondicioniranje vozača obukom. Na osnovu prikazanih rezultata optimalan termin kondicioniranja treninga je po završetku petog meseca kako bi se sprečilo dostizanje vrednosti potrošnje goriva u dugoročnom periodu koje su približno iste kao i u periodu pre obuke (inicijalnom periodu).

Procena uštede potrošnje goriva omogućava da se proračunaju ekonomske koristi za transportna preduzeća. Sa karakterističnim parametrima (Tabela 5.5.) za svakog vozača koji je završio obuku o eko-vožnji može se izračunati godišnja ušteda.

Tabela 5.5. Ulazni parametri za proračun ušteda

Ulazni parametri	Vrednosti
Prosečna pređena kilometraža za sve vozače u posmatranom periodu	11003 [km]
Broj vozača	7 [vozača]
Razlika u prosečnoj potrošnji goriva u dugoročnom periodu i postignute minimalne potrošnje goriva	1,66 [l/100 km]
Cena obuke vozača o eko-vožnji	250 [evra/vozaču]
Cena jedne litre goriva	0,9 [evra]
Cena rehabilitacije CO ₂	140 [evra/t]

Izvor: Tanackov i ostali, 2011

$$\Delta_{FC} = \frac{(27,73 - 26,07)}{100} * 11,003 = 182,651 \text{ [l]}, \quad (5.2.)$$

$$\Delta_{CO_2} \cong 182,65 * 2,7 = 493,16 \text{ [kg]}, \quad (5.3.)$$

$$\Delta_{EB} = (12 * 235) - (4 * 250) = 1820 \text{ [evra/vozilu]} \quad (5.4.)$$

Procena je da bi se kondicioniranjem vozača, potrošnja goriva mogla zadržati na nivou trećeg meseca od $FC(3)=26,07$ l/100km. Prosečna potrošnja goriva u dugoročnom periodu je iznosila 27,73 l/100km, pa je razlika u odnosu na ostvareni minimum 1,66 l/100km. Ako bi se

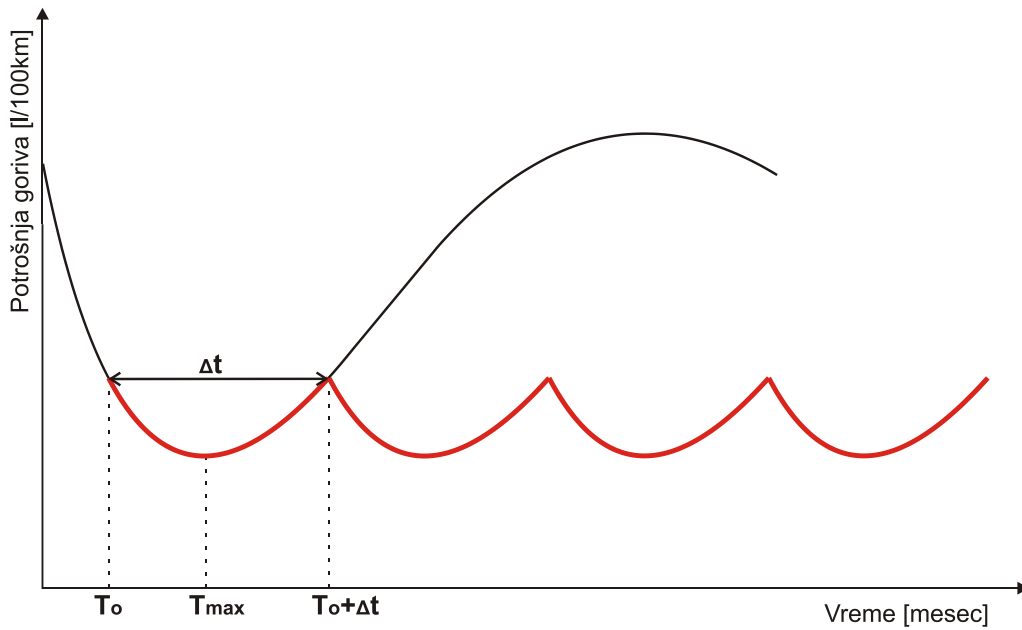
u dugoročnom periodu sačuvao postignut minimum u potrošnji goriva pri pređenoj prosečnoj kilometraži za sve vozače od 11003km, može se postići prosečna mesečna ušteda goriva od 182,65 l goriva (5.2.), odnosno 165 evra po vozilu. Pri tome, emisija CO₂ bi bila smanjena za oko 493,16 kg prosečno u toku meseca (5.3.), što bi mesečno iznosilo oko 70 evra po vozilu. Tako da bi ukupna ušteda u toku meseca od potrošnje goriva i emisije CO₂ iznosila 235 evra po vozilu. Ako bi se obuka ponavljala na svaka 3 meseca, i pri ceni obuke od 250 evra po vozaču, godišnje uštede bi mogle iznositi 1820 evra po vozilu (5.4.), odnosno 12740 evra godišnje za 7 testiranih vozača.

Za velike vozne parkove, ove uštede bi mogle biti i značajnije. Zarkadoula, Zoidis i Tritopoulou (2007) su proračunali da bi godišnja ušteda na osnovu karakterističnih parametara za svaki autobus mogla da iznosi 1697 evra, odnosno 2884900 evra godišnje za 1700 vozila. Barić, Zovak i Periša (2013) su pokazali da godišnje uštede nakon obuke vozača komercijalnih vozila mogu biti 1505 evra za jedno komercijalno vozilo, odnosno 2257500 evra godišnje za vozni park od 1500 komercijalnih vozila.

5.2.1. MODEL ZA OPTIMIZACIJU PERIODIČNE OBUKE VOZAČA

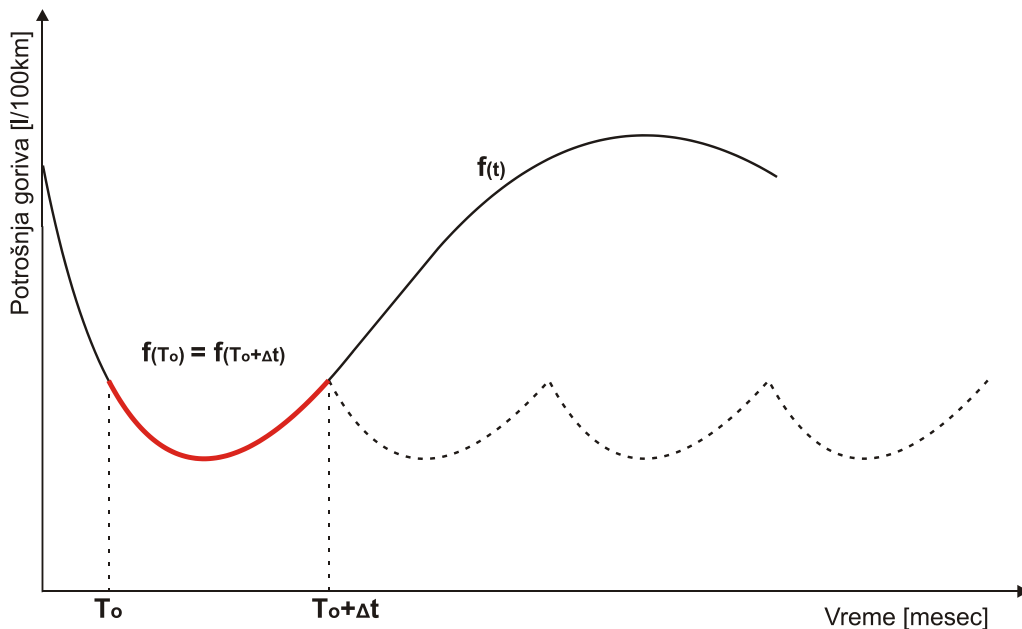
Osnova za razvoj modela za optimizaciju periodične obuke vozača pri najvećoj uštedi jeste funkcija srednje potrošnje goriva, $f(x)=0,001x^4-0,050x^3+0,541x^2-1,893x+27,90$ koja predstavlja zavisnost potrošnje goriva od vremena posmatranja (Grafik 5.5.). Model se formira tako što se funkcija srednje potrošnje goriva prekine i napravi ciklična funkcija koja može teorijski stalno da se ponavlja, odnosno beskonačno (Grafik 5.6). Međutim, pri preseku funkcije treba utvrditi dve presečne tačke u kojima je ista potrošnja goriva. Period ponovne obuke (Δt) utvrđuje se na osnovu zadatog T_0 , tj. početnog perioda posmatranja i funkcije srednjih vrednosti potrošnje goriva ($FC= 0,001T_0^4 - 0,050 T_0^3 + 0,541 T_0^2 - 1,893 T_0 + 27,90$). Prvi izvod ove funkcije daje 3 realne nule od kojih je minimalna potrošnja goriva u 2,66254 meseci. Vrednosti T_0 mogu da budu do minimuma funkcije gde je $T_0=\max(T_{\max})$ a $\Delta t=0$ (Grafik 5.6.).

Da bi se našla zavisnost Δt u odnosu na T_0 prvo treba utvrditi kolika je srednja potrošnja goriva, $FC= 0,001T_0^4 - 0,050 T_0^3 + 0,541 T_0^2 - 1,893 T_0 + 27,90$ na osnovu T_0 . Nalaženjem identičnih vrednosti potrošnje goriva utvrđuje se period Δt . Tek nakon toga predstavlja se zavisnost Δt u odnosu na T_0 .



Grafik 5.6. Ciklična funkcija

Naime, prekinuta funkcija je funkcija pronalaska intervala gde su potrošnje goriva jednake (2 tačke preseka) i razlika između njih (Δt) kazuje na koliko treba da se vrši obuka. Odnosno, prva izabrana tačka preseka je T_0 a druga tačka preseka je $T_0 + \Delta t$, pozicija Δt zavisi od toga gde smo postavili tačku T_0 (Grafik 5.7.).



Grafik 5.7. Presečne tačke u kojima su jednake potrošnje goriva

Srednja vrednost funkcije koja predstavlja zavisnost potrošnje goriva od vremena posmatranja između dve presečne tačke, odnosno matematičko očekivanje neprekidne slučajne promenljive sa gustinom raspodele f je (5.5.):

$$\int_{T_0}^{T_0+\Delta t} tf(t)dt \quad (5.5.)$$

gde je $T_0 \in (0, T_{\max})$, u T_{\max} je $\Delta t=0$ i T_0 ne može biti ispod minimuma funkcije.

S obzirom da su u presečnim tačkama potrošnje goriva jednake, može se zapisati sledeće:

$$f(T_0) = f(T_0 + \Delta t), \quad (5.6.)$$

razvijanjem funkcije 4. stepena dobija se:

$$\begin{aligned} aT_0^4 - bT_0^3 + cT_0^2 - dT_0 + e \\ = a(T_0 + \Delta t)^4 - b(T_0 + \Delta t)^3 + c(T_0 + \Delta t)^2 - d(T_0 + \Delta t) + e \end{aligned} \quad (5.7.)$$

$$\begin{aligned} aT_0^4 - bT_0^3 + cT_0^2 - dT_0 + e = aT_0^4 + 4aT_0^3\Delta t + 6aT_0^2\Delta t^2 + 4T_0\Delta t^3 + a\Delta t^4 - \\ - bT_0^3 - 3bT_0^2\Delta t - 3bT_0\Delta t^2 - b\Delta t^3 + \\ + cT_0^2 + 2cT_0\Delta t + c\Delta t^2 - \\ - dT_0 - d\Delta t + e, \end{aligned} \quad (5.8.)$$

skraćivanjem istih članova sa jedne i druge strane jednačine dobija se sledeća jednačina:

$$\begin{aligned} 4aT_0^3\Delta t + 6aT_0^2\Delta t^2 + 4T_0\Delta t^3 + a\Delta t^4 - 3bT_0^2\Delta t - 3bT_0\Delta t^2 - b\Delta t^3 + 2cT_0\Delta t \\ + c\Delta t^2 - d\Delta t = 0 \end{aligned} \quad (5.9.)$$

pri čemu važi da $T_0 \in (0, T_{\max})$, u T_{\max} je $\Delta t = 0$.

Kao rešenje, traži se promenljiva Δt (period kondicioniranja) a T_0 se proizvoljno bira, tako da Δt zavisi od T_0 . S obzirom da je ovo funkcija 4. stepena, od koeficijenata se mogu dobiti 4 nule (4 realne ili 4 kompleksne ili 2 realne i 2 kompleksne). Treba naći koja je prava nula (ne one iz skupa kompleksnih brojeva) i gde je interval te nule. Ovo je pod uslovom da je koncept kondicioniranja u psiho-motoričkom smislu isti jer tada Δt samo zavisi od T_0 . Ako koncept nije isti onda bi i koeficijenti a, b, c, d, e postali promenljive i Δt bi zavisio i od njih što bi proceduru dodatno zakomplikovalo.

S obzirom na to da je cilj postići maksimalne uštede pri optimalnom periodu ponovne obuke vozača, potrebno je dobijenu funkciju četvrtog stepena razviti i tražiti realne nule (ekstreme), tj. maksimume. Odnosno,

$$\begin{aligned} f(T_0, \Delta t) = 4aT_0^3\Delta t + 6aT_0^2\Delta t^2 + 4T_0\Delta t^3 + a\Delta t^4 - 3bT_0^2\Delta t - 3bT_0\Delta t^2 - b\Delta t^3 \\ + 2cT_0\Delta t + c\Delta t^2 - d\Delta t = 0 \end{aligned} \quad (5.10.)$$

pri čemu važi da $T_0 \in (0, T_{\max})$, u T_{\max} je $\Delta t = 0$.

Nalaženjem prvog izvoda funkcije i izjednačavanjem sa nulom dobijaju se ekstremi funkcije. Pošto je u pitanju funkcija sa dve promenljive, potrebno je naći parcijalne izvode po promenljivama T_o i Δt (5.11. i 5.12.), i to:

$$f_{T_o}(T_o, \Delta t) = \frac{\partial f(T_o, \Delta t)}{\partial T_o} - \text{parcijalni izvod prvog reda po promenljivoj } T_o,$$

$$f_{\Delta t}(T_o, \Delta t) = \frac{\partial f(T_o, \Delta t)}{\partial \Delta t} - \text{parcijalni izvod prvog reda po promenljivoj } \Delta t.$$

Rešavanjem dobija se:

$$\frac{\partial f(T_o, \Delta t)}{\partial T_o} = 12a\Delta t T_o^2 + 12a\Delta t^2 T_o + 4\Delta t^3 - 6b\Delta t T_o - 3b\Delta t^2 + 2c\Delta t \quad (5.11.)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial f(T_o, \Delta t)}{\partial \Delta t} = & 4aT_o^3 + 12a\Delta t T_o^2 + 12a\Delta t^2 T_o + 4a\Delta t^3 - 3bT_o^2 - 6b\Delta t T_o - 3b\Delta t^2 \\ & + 2cT_o + 2c\Delta t - d \end{aligned} \quad (5.12.)$$

Iz jednačine (5.11.) izrazi se promenljiva T_o a nakon toga se uvrsti u jednačinu (5.12.) kako bi se izrazila promenljiva Δt . S obzirom da je funkcija $f(T_o, \Delta t) = 0$, mogu se zapisati i njeni parcijalni izvodi prvog reda da su jednaki nuli, $f_{T_o}(T_o, \Delta t) = 0$ i $f_{\Delta t}(T_o, \Delta t) = 0$. Odnosno,

$$12a\Delta t T_o^2 + 12a\Delta t^2 T_o + 4\Delta t^3 - 6b\Delta t T_o - 3b\Delta t^2 + 2c\Delta t = 0 \quad (5.13.)$$

$$\begin{aligned} 4aT_o^3 + 12a\Delta t T_o^2 + 12a\Delta t^2 T_o + 4a\Delta t^3 - 3bT_o^2 - 6b\Delta t T_o - 3b\Delta t^2 + 2cT_o + 2c\Delta t \\ - d \end{aligned} \quad (5.14.)$$

$$12a\Delta t T_o^2 + 12a\Delta t^2 T_o - 6b\Delta t T_o = 3b\Delta t^2 - 2c\Delta t - 4\Delta t^3 \quad (5.15.)$$

$$T_o(12a\Delta t T_o + 12a\Delta t^2 - 6b\Delta t) = 3b\Delta t^2 - 2c\Delta t - 4\Delta t^3 \quad (5.16.)$$

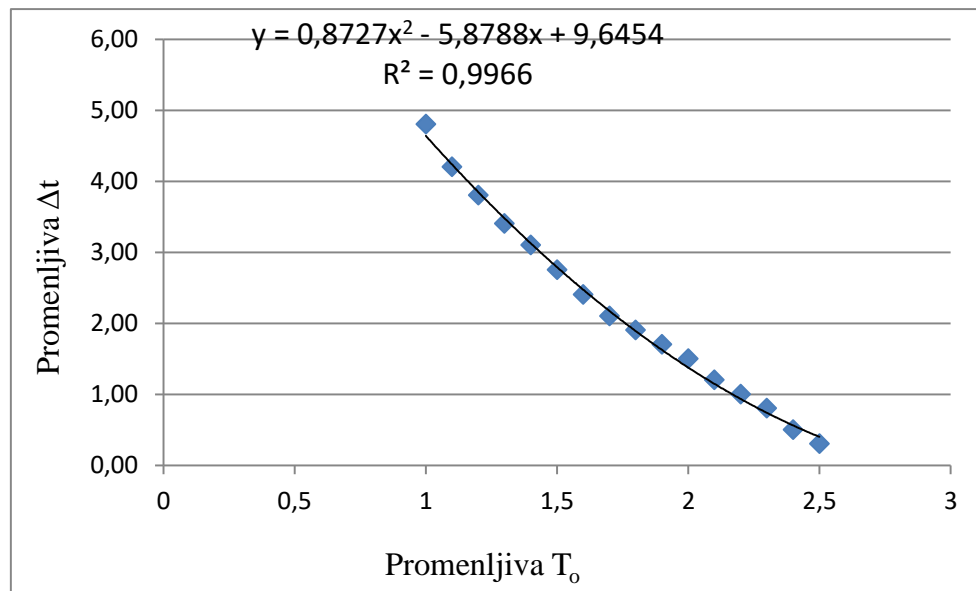
$$T_o = \frac{\Delta t (3b \Delta t - 2c - 4 \Delta t^2)}{\Delta t (12a T_o + 12a \Delta t - 6b)} \quad (5.17.)$$

$$T_o = \frac{(3b \Delta t - 2c - 4 \Delta t^2)}{(12a T_o + 12a \Delta t - 6b)} \quad (5.18.)$$

Uvrštavanjem promenljive T_o u jednačinu (5.14.), dobija se:

$$\begin{aligned} 4a \left(\frac{(3b \Delta t - 2c - 4 \Delta t^2)}{(12a T_o + 12a \Delta t - 6b)} \right)^3 + 12a \left(\frac{(3b \Delta t - 2c - 4 \Delta t^2)}{(12a T_o + 12a \Delta t - 6b)} \right)^2 \Delta t + \\ 12a \left(\frac{(3b \Delta t - 2c - 4 \Delta t^2)}{(12a T_o + 12a \Delta t - 6b)} \right) \Delta t^2 + 4a\Delta t^3 - \\ - 3b \left(\frac{(3b \Delta t - 2c - 4 \Delta t^2)}{(12a T_o + 12a \Delta t - 6b)} \right)^2 - 6b \left(\frac{(3b \Delta t - 2c - 4 \Delta t^2)}{(12a T_o + 12a \Delta t - 6b)} \right) \Delta t - \\ 3b\Delta t^2 + 2c \left(\frac{(3b \Delta t - 2c - 4 \Delta t^2)}{(12a T_o + 12a \Delta t - 6b)} \right) + 2c \Delta t - d = 0 \end{aligned} \quad (5.19.)$$

Izražavanje promenljive Δt u zavisnosti od T_0 ne bi bilo jednostavno zbog složenosti funkcije četvrtog stepena, zato će se dalje raditi sa aproksimativnom funkcijom drugog stepena, $\Delta t = 0,8727T_0^2 - 5,8788T_0 + 9,6454$ sa visokim koeficijentom korelacije $r = 0,9983$ (Grafik 5.8.). Pri utvrđivanju uštede, funkcija četvrtog stepena bi se množila sa cenom koštanja jedne litre goriva (C_{gor}) i cenom koštanja emisije CO_2 po jednoj litri goriva (C_{CO_2}) pa bi se takođe dodatno usložilo, zato je lakše rešavati funkcijom drugog stepena.

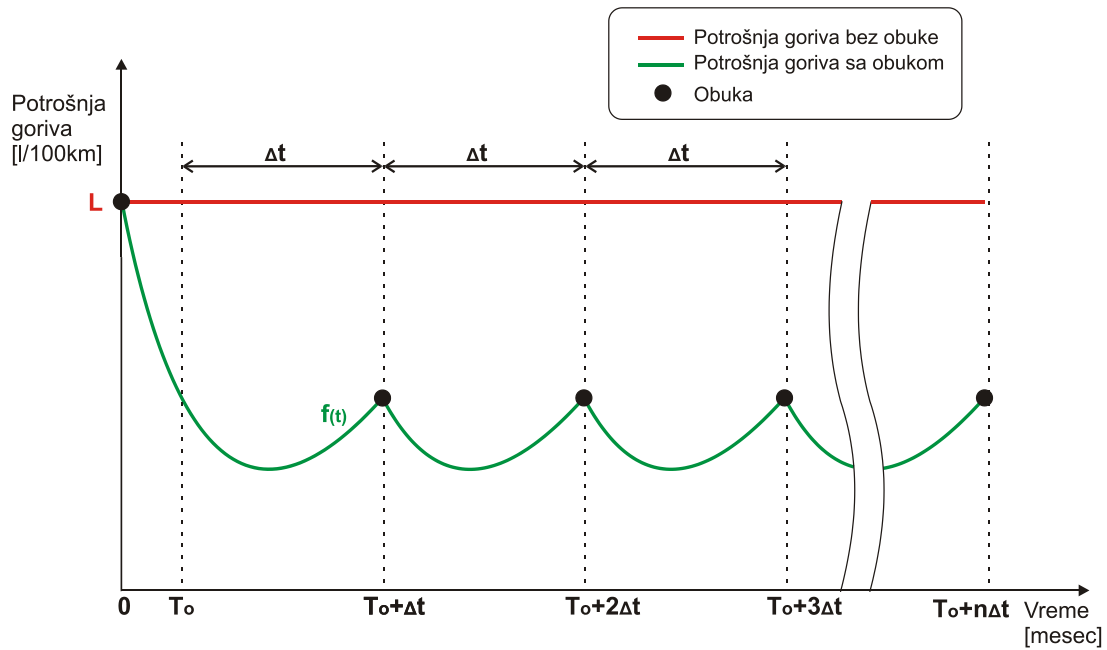


Grafik 5.8. Zavisnost promenljive Δt u odnosu na T_0

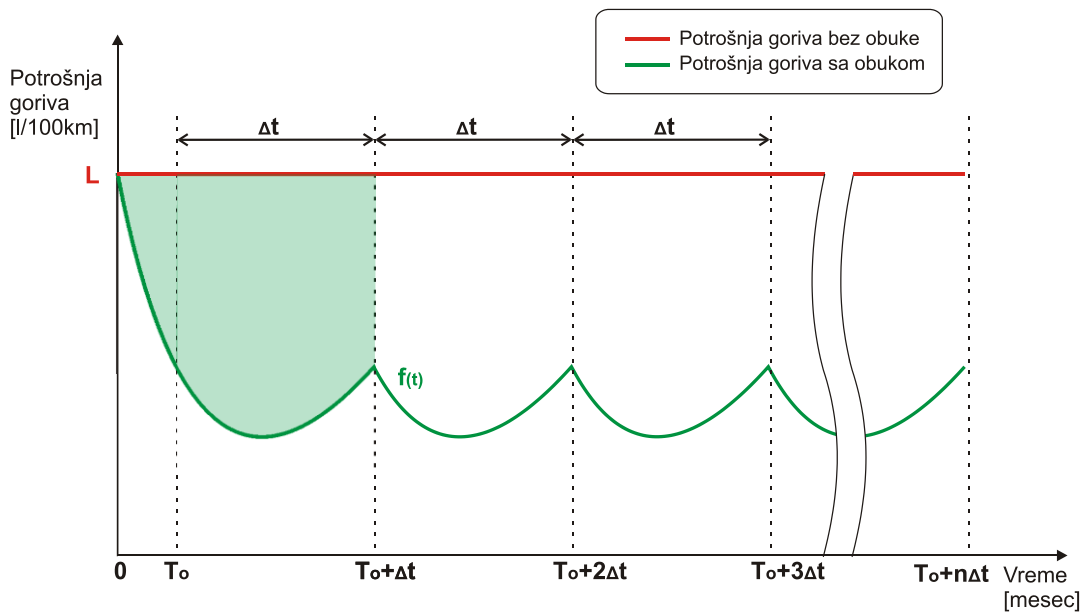
5.2.1.1. Ukupna maksimalna ušteda za optimalan period kondicioniranja (Δt)

Prilikom utvrđivanja maksimalne uštede za optimalan period kondicioniranja koristi se Heuristički pristup, i optimalno rešenje se traži nakon formiranja funkcije.

Naime, uzimajući u obzir cenu koštanja jedne litre goriva i emisije CO_2 po 1 litri goriva i povezujući Δt sa prosečnom mesečnom pređenom kilometražom, uštedu ćemo računati preko srednje vrednosti potrošnje goriva (l/100km) odnosno, preko površine ispod integrala (5.5.):



Grafik 5.9. Vremenski periodi obuke



Grafik 5.10. Ukupna ušteda u odnosu na potrošnju goriva bez i sa obukom

Detaljnije, ušteda (U) se računa na sledeći način:

$$U_0^{T_0+\Delta t} = \left(L - \int_0^{T_0+\Delta t} tf(t)dt \right) * (C_{gor} + C_{co2}) \quad (5.20.)$$

gde je:

C_{gor} – cena koštanja jedne litre goriva,

C_{co2} – cena koštanja emisije CO_2 po 1 litri goriva

L – potrošnja goriva pre obuke o eko-vožnji

Ukupna ušteda (5.21.) može se razmatrati i podeliti na dva perioda:

1. Ušteda u periodu od 0 do T_0 (5.22.),

2. n ušteda za period od T_0 do $T_0 + \Delta t$ (5.23.). S obzirom da je moguće imati beskonačno perioda Δt , uzeće se n perioda Δt tj. $(T_0 + n\Delta t)$ u kojima je $n+1$ obuka. Naime, na kraju prvog Δt postoje dve obuke, prva inicijalna i druga koja je nakon perioda $T_0 + \Delta t$. Znači, $\Delta t = 1$ a dve je obuke i tako se može gledati redom za svaku tačku (Grafik 5.9.).

Ukupna ušteda je prikazana ispod:

$$U_0^{T_0+\Delta t} = \frac{U_0^{T_0} + nU_{T_0}^{T_0+\Delta t} - (n+1)C_{kon}}{T_0 + n\Delta t}, \text{ za svako } n \in N, \text{ gde su:} \quad (5.21.)$$

$$U_0^{T_0} = \left(L - \int_0^{T_0} tf(t)dt \right) * (C_{gor} + C_{co2}) \quad (5.22.)$$

$$U_{T_0}^{T_0+\Delta t} = \left(L - \int_{T_0}^{T_0+\Delta t} tf(t)dt \right) * (C_{gor} + C_{co2}) \quad (5.23.)$$

S obzirom da n može da ide u beskonačnost, ukupni troškovi U se mogu pojednostaviti i uprostiti tako što će se uvesti limes kada n teži beskonačnosti (5.24.), i dobiće se:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{U_0^{T_0} + nU_{T_0}^{T_0+\Delta t} - (n+1)C_{kon}}{T_0 + n\Delta t} = \frac{U_{T_0}^{T_0+\Delta t} - C_{kon}}{\Delta t} \quad (5.24.)$$

odnosno, kada se svaki član kod ukupne uštede U podeli sa n , a pošto n teži beskonačnosti dobija se sledeće:

$$\frac{U_0^{T_0}}{n} = 0 \quad (5.25.)$$

$$\frac{nU_{T_0}^{T_0+\Delta t}}{n} = U_{T_0}^{T_0+\Delta t} \quad (5.26.)$$

$$\frac{(n+1)C_{kon}}{n} = C_{kon}; \quad (5.27.)$$

$$\frac{T_0}{n} = 0 \quad (5.28.)$$

$$\frac{n\Delta t}{n} = \Delta t \quad (5.29.)$$

Dalje, potrebno je da se nađe maksimalna ušteda uzimajući u obzir troškove goriva, CO₂ emisije, obuku vozača pri optimalnom Δt (periodu kondicioniranja). Odnosno, da bi se našla maksimalna ušteda potrebne su vrednosti svih promenljivih (T_0 , Δt , sve cene) i potrebno je da se reši integral sa granicama. Pretpostavka je da se maksimalna ušteda nalazi nakon prve inicijalne obuke u intervalu T_0 koji se kreće od 0,9 do 1,11 sa korakom 0,01, oko

lokalnog minimuma potrošnje goriva. U kvadratnu jednačinu $\Delta t = 0,8727T_0^2 - 5,8788T_0 + 9,6454$ uvrštavaju se vrednosti T_0 i dobijaju se vrednosti Δt .

Rešavanjem integrala $\int_{T_0}^{T_0+\Delta t} tf(t)dt$, gde je $f(t) = 0,001T_0^4 - 0,050T_0^3 + 0,541T_0^2 - 1,893T_0 + 27,90$ i uvrštavanjem donje i gornje granice, dobijaju se srednje vrednosti potrošnje goriva (površina ispod ovog integrala) za period Δt . Kada se ova vrednost подели sa periodom Δt dobiće se srednja mesečna potrošnja goriva (l/100km) a koja kada se oduzme od 27,7 l/100km (potrošnja goriva pre obuke - L) daje mesečnu uštedu goriva na 100km. Uzimajući u obzir cenu koštanja jedne litre goriva i emisije CO₂ po jednoj litri goriva dobijamo cenu koštanja od 0,9+0,378=1,278 evra/l. Ukoliko 1,278 evra/l se pomnoži sa postignutom uštedom u potrošnji goriva na mesečnom nivou dobijamo uštedu u evrima na 100 km. Povezivanjem Δt sa pređenom kilometražom od 11003km kao proseka na mesečnom nivou po vozilu za sve vozače, dobija se ukupna novčana ušteda usled smanjenja potrošnje goriva i emisije CO₂ u intervalu Δt . Oduzimanjem cene kondicioniranja od 250 evra po vozaču i deljenjem sa periodom Δt dobija se mesečna ušteda u evrima po vozilu. Dobijena je maksimalna ušteda od 175,0849 evra/voz kada je $T_0 = 1,08$ a $T_0 + \Delta t = 5,39$ i to je optimalan početak, optimalno mesto preseka funkcije. Odnosno, prvo kondicioniranje je u 5,39 meseci i tada je $\Delta t = 5,39 - 1,08 = 4,31$. Na svakih 4,31 meseci treba vršiti obuku vozača.

5.2.2. UTICAJ AMBIJENTALNE TEMPERATURE NA EFEKTE EKO-VOŽNJE

U okviru ovog poglavlja biće prikazan uticaj ambijentalne temperature na efekte eko-vožnje. Pregled literature je pokazao bitan uticaj temperature okoline na potrošnju goriva. Pored toga, jednogodišnjim periodom istraživanja pokriven je i ciklus srednje ambijentalne temperature šireg geografskog područja i time su se ostvarili uslovi za istraživanje mogućih uticaja ovog eksternog parametra na efekte eko-vožnje. U daljem tekstu se pristupa ovoj analizi.

Analiza je izvršena na istom skupu podataka kao što je opisano u poglavlju 5.1. a rezultati vožnje za celokupni period posmatranja predstavljeni su u Tabeli 5.6. Pri ovoj analizi promena je napravljena kod podele perioda istraživanja na vremenske segmente kako bi se detaljnije ispitaio uticaj obuke uzimajući u obzir ambijentalnu temperaturu. Odnosno, granica između kratkoročnog i dugoročnog perioda je napravljena kod četvrtog meseca nakon završene obuke (Oktobar 2015) nakon čega dolazi do značajnog povećanja potrošnje goriva kao što je bilo i pre obuke. Takođe pomenuta granica je postavljena i na osnovu činjenice da potrošnja goriva u dugoročnom periodu nije značajno različita u odnosu na potrošnju pre početka obuke, pa je:

- P1 (Period pre obuke): 1. april 2015 – 30. april 2015,

- P2 (Period obuke zajedno sa kratkoročnim uticajem obuke na vozače): 1. maj 2015 – 30. jun 2015,
- P3 (Period kratkoročnog uticaja obuke na vozače nakon završene obuke): 1. jul 2015. – 30. oktobar 2015,
- P4 (Period dugoročnog uticaja eko-vožnje): 1. novembar 2015 – 30. april 2016.

Za ocenu podataka korišćen je post-hoc Duncanov test za analizu varijanse. Ukoliko je verovatnoća razlike $p < 0,05$ onda se ta razlika smatra statistički značajnom. Analiza je izvršena upotrebom statističkog programa Microsoft Statistica, verzija 12.

Table 5.6. Rezultati israživanja pre i posle obuke o eko-vožnji

Vozač	Parametar	P1		P2		P3				P4				Prosek	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	7-12
		April 2015	Maj 2015	Jun 2015	Jul 2015	August 2015	Septembar 2015	Oktobar 2015	Novembar 2015	Decembar 2015	Januar 2016	Februar 2016	Mart 2016	April 2016	Novembar 2015 - April 2016
1	SDS ¹	62	64	65	63	63	65	64	65	64	64	64	63	63	63,83
	Potrošnja goriva ²	28	26,2	27,5	26	25,6	28,4	27	29,4	27,7	29,2	30,9	28,4	29	29,10
	CO ₂ emisija ³	0,76	0,70	0,74	0,70	0,69	0,76	0,73	0,79	0,74	0,79	0,83	0,76	0,78	0,78
	Distanca ⁴	11,9	10,5	11,9	12,3	10,7	12,3	12,9	13,0	8,9	10,3	11,1	10,1	9,9	10,55
2	SDS	60	79	94	88	86	85	84	84	79	76	77	79	78	78,83
	Potrošnja goriva	28,6	27,2	24,9	26,4	25,1	25,1	27,8	26,1	29,3	27,5	27,6	28,7	29,2	28,07
	CO ₂ emisija	0,77	0,73	0,67	0,71	0,67	0,67	0,75	0,70	0,78	0,75	0,74	0,76	0,78	0,75
	Distanca	13,5	8,1	12,4	11,5	10,1	12,3	12,2	12,8	9,3	11,4	9,8	8,5	9,6	10,23
3	SDS	77	80	81	79	87	86	85	85	74	77	78	77	81	78,67
	Potrošnja goriva	28	28,4	26,2	27,7	25	26,7	27,2	29,9	30,5	28,5	29	28,1	30,1	29,35
	CO ₂ emisija	0,77	0,73	0,67	0,71	0,67	0,67	0,75	0,70	0,78	0,75	0,74	0,76	0,78	0,75
	Distanca	12,9	9,9	12,5	10,9	8,9	13,9	14,3	12,1	8,2	10,9	9,8	10,6	10,1	10,28
4	SDS	68	73	88	90	82	83	64	61	62	84	84	87	83	76,83
	Potrošnja goriva	27,5	26,6	26,8	26,5	28,2	27,9	28,2	29,2	29,4	27,1	27,6	28,4	28,1	28,30
	CO ₂ emisija	0,74	0,71	0,72	0,72	0,75	0,75	0,76	0,79	0,79	0,73	0,75	0,76	0,75	0,76
	Distanca	13,5	10,1	13,5	13,0	6,5	13,9	13,3	10,9	10,9	10,6	8,0	8,4	11,8	10,1
5	SDS	66	64	65	67	79	81	78	77	79	77	76	79	74	77,00
	Potrošnja goriva	26,6	26,4	27,7	27,1	25,7	26,7	25,8	30,8	29,9	28	26,4	30,8	28,7	29,10
	CO ₂ emisija	0,71	0,71	0,75	0,73	0,69	0,72	0,70	0,83	0,80	0,75	0,71	0,83	0,77	0,78
	Distanca	12,6	12,0	12,7	7,5	11,7	11,3	12,2	12,5	8,6	9,1	11,0	11,5	8,8	10,25
6	SDS	67	66	68	76	77	74	73	73	73	74	74	73	73	73,33
	Potrošnja goriva	25,8	24,1	25,1	23,5	23,9	24,8	25,3	25,9	26,5	25,2	26,1	23,4	24,8	25,32
	CO ₂ emisija	0,70	0,65	0,68	0,63	0,64	0,67	0,68	0,70	0,71	0,67	0,69	0,63	0,67	0,68
	Distanca	13,5	11,3	11,7	12,5	5,9	12,7	11,5	11,2	10,5	10,4	9,5	9,9	10,9	10,40
7	SDS	59	61	67	66	66	63	65	67	68	69	71	66	68	68,17
	Potrošnja goriva	29,3	28,5	24,7	25,3	26	26,5	24,1	27,2	27,1	26,7	27,8	24,5	26,2	26,58
	CO ₂ emisija	0,79	0,77	0,67	0,68	0,70	0,72	0,65	0,73	0,73	0,72	0,74	0,66	0,70	0,71
	Distanca	12,0	10,4	11,7	13,1	8,9	12,3	12,0	10,7	11,8	9,6	8,2	9,4	11,5	10,20
Prosek	SDS	66	70	75	76	77	77	73	73	71	74	75	75	74	73,67
	Potrošnja goriva	27,7	26,8	26,1	26,1	25,6	26,6	26,5	28,4	28,6	27,5	27,9	27,5	28,0	27,97
	CO ₂ emisija	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,72	0,71	0,76	0,77	0,74	0,75	0,73	0,75	0,75
	Distanca	12,9	10,3	12,3	11,5	9,0	12,7	12,6	11,9	9,7	10,3	9,6	9,8	10,4	10,28
	Mesečna temperatura ⁵	10	15	18	20	19	16	10	3	1	0	3	5	10	3,67

¹Prosečna ocena vozača - %; ²Prosečna potrošnja goriva - l/100km; ³Prosečna CO₂ emisija - kg/km; ⁴Prosečna pređena kilometraža - km (x10³); ⁵Prosečna mesečna temperatura - °C (Izvor: ARSO, <http://www.arso.gov.si/o%20agenciji/knji%C5%BEnica/mese%C4%8Dni%20bil>)

Tabela 5.7. pokazuje prosečne vrednosti SDS parametra po mesecima, kao i rezultate post-hoc Dulkanovog testa za analizu varijanse. Ukoliko se uzme u obzir prag značajnosti $p=0,05$, može se zaključiti da vozači ulaze u proces obuke sa niskom prosečnom vrednošću SDS parametra ($SDS(0)=65,57\%$). Vrednost ovog parametra raste za vreme treninga i dostiže svoj maksimum u drugom i trećem mesecu nakon treninga, $SDS(4)=77,14\%$ i $SDS(5)=76,71\%$, respektivno. Ovo potvrđuje zaključke koji su dobijeni na osnovu Tabele 3 da se ove dve vrednosti statistički značajno razlikuju u odnosu na prosečnu vrednost SDS parametra pre treninga ($p(4)=0,0384$ i $p(5)=0,0453$). Dugoročno, vrednosti parametra SDS su konstantne i permanentno veće od početnih vrednosti. Međutim, iako su vrednosti ovog parametra u dugoročnom periodu veće od početnih vrednosti, one se ne razlikuju značajno prema analizi varijanse. Međutim ako se usvoji prag značajnosti $p=0,10$, signifikantni efekti se dobijaju već za vreme treniga u mesecu Junu, dostižu svoj maksimum posle treninga u mesecima Jula i Avgusta, zatim se gube u periodu Oktobra, Novembra i Decembra, da bi se ponovo pojavili u periodu Januara, Februara i Marta.

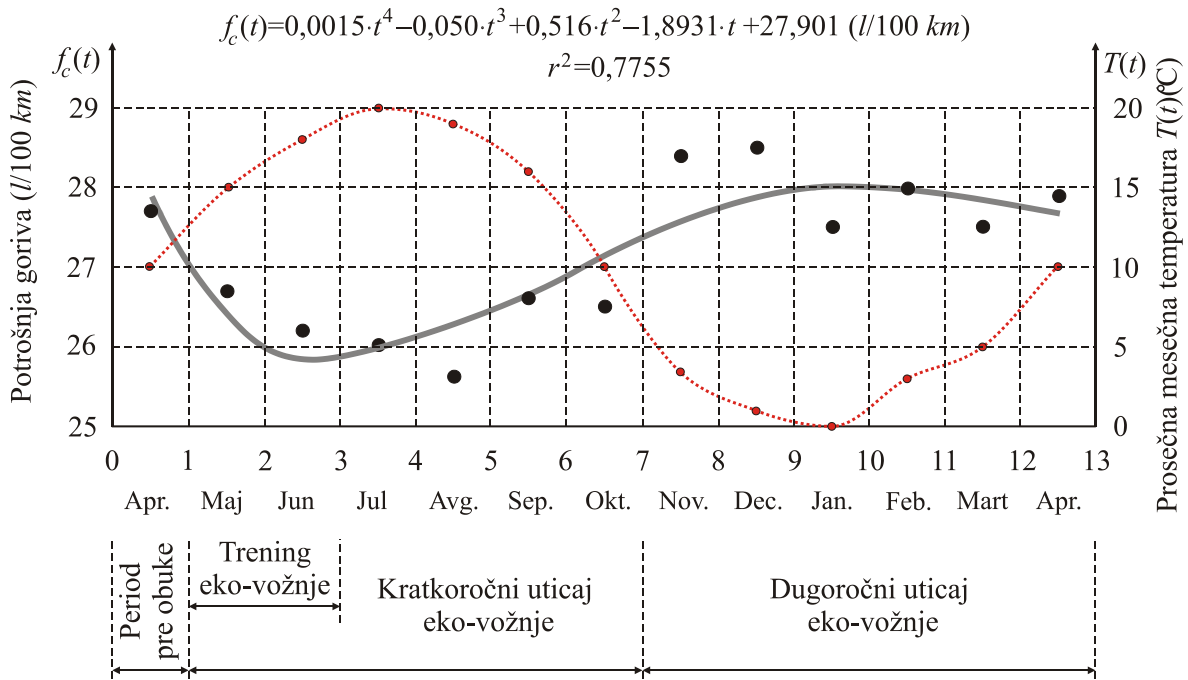
Tabela 5.7. P-vrednosti post-hoc Dulkanovog testa za analizu varijanse za srednje mesečne vrednosti SDS parametra u celokupnom periodu posmatranja

	P1		P2		P3				P4					
Vreme (meseci)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	April	Maj	Jun	Jul	Avg.	Sep.	Okt.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mart	April	
SDS(%)	65,57	69,57	75,42	75,57	77,14	76,71	73,28	73,14	71,28	74,42	74,85	74,85	74,28	
P-vrednost	-	0,3859	0,0741	0,0718	0,0384	0,0453	0,1392	0,1367	0,2451	0,0994	0,0904	0,0873	0,1001	

U tabeli 5.7., analiza varijanse vrednosti SDS parametra sa verovatnoćom od $p=0,10$ potvrđuje značajan uticaj treninga tokom većeg dela perioda posmatranja. Treba napomenuti da je uticaj obuke na SDS istaknut u mesecu minimalne prosečne temperature okoline (mesec Januar 2016). To nas upućuje na sinergijski uticaj eko-vožnje i srednje ambijentalne temperature.

Osetljivost vozačkih karakteristika (ubrzanje, kočenje i prekoračenje brzine), nazvane kao "vozačke greške" sa eko-vožnjom utvrdili su Diaz-Ramirez i ostali, 2017. Ove vozačke greške su identične kategorijama koje procenjuje SDS parametar. Istraživači su pronašli da je moguće smanjiti vozačke greške i do 96% primenom eko-vožnje, čime bi se postigle uštede u potrošnji goriva.

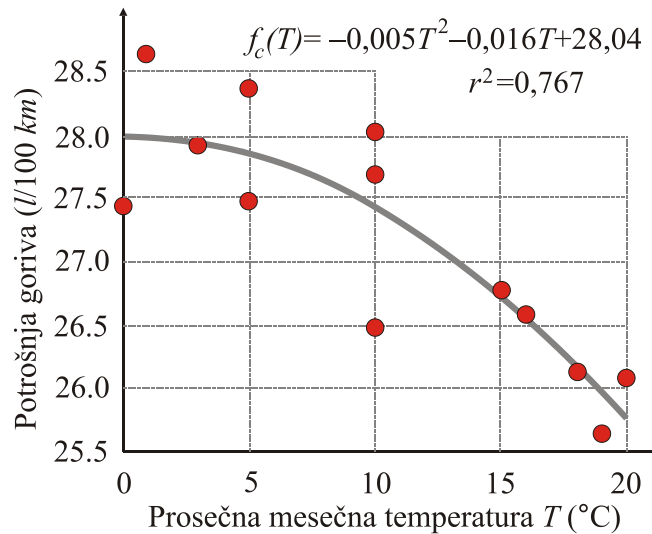
Zbog potvrđene visoke funkcionalne linearne zavisnosti između potrošnje goriva i CO_2 emisije ($r=0,99822$) što je prikazano na Grafiku 5.2., dovoljno je da se u daljoj analizi uticaja efekata eko-vožnje izabere samo jedna od ove dve funkcionalne promenljive. Za referentnu promenljivu je izabrana srednja potrošnja goriva.



Grafik 5.11. Raspedela potrošnje goriva i srednje mesečne temperature; korelaciona funkcija potrošnje goriva i srednje mesečne temperature

Prikaz sinhrono naznačenih vrednosti potrošnje goriva i prosečne mesečne temperature okoline u odnosu na period ispitivanja dat je na Grafiku 5.11. i može se uočiti vizuelno izražen inverzni odnos između ove dve promenljive. Visoke vrednosti prosečne temperature okoline nalaze se u minimumu potrošnje goriva a vrednosti najniže ambijentalne temperature nalaze se na najvišim vrednostima prosečne potrošnje goriva. Ovaj sistem vrednosti naglašava snažan uticaj ambijentalne temperature na prosečnu potrošnju goriva a time posredno, i na efekte obuke vozača o eko-vožnji.

Na grafiku 5.12. ilustrovana je kvadratna funkcija prosečne ambijentalne temperature i srednje potrošnje goriva. Ustanovljena kvadratna funkcija $f_c(T) = -0,005T^2 - 0,016T + 28,04$ (l/100 km) je ocenjena visokim koeficijentom korelacije $r^2 = 0,767$. U ovoj funkciji se nalazi sinergijski uticaj efekata eko-vožnje i uticaj srednje ambijentalne temperature. Dobijeni rezultati su saglasni sa prethodnim istraživanjem (Degraeuwe i Beusen, 2013) u kom je prvobitno ustanovljen uticaj temperature okoline na potrošnju goriva u uslovima eko-vožnje.



Grafik 5.12. Potrošnja goriva u funkciji srednje mesečne ambijentalne temperature

Na osnovu ove funkcije (Grafik 5.12.), može se izvršiti proračun teorijskih vrednosti srednje potrošnja goriva pri apsolutnom uticaju temperature bez pretpostavljenog uticaja eko-vožnje. Vrednosti teorijske potrošnje goriva (f_{ct}) se dobijaju direktno iz kvadratne funkcije, zamenom srednjih mesečnih ambijentalnih temperatura. Formiranjem ove zavisne promenljive dobija se komparativna osnova za testiranje srednje potrošnje goriva. Empirijske vrednosti potrošnje goriva (f_{ce}) su postojeće ustanovljene vrednosti srednje potrošnje goriva (Tabela 5.6). Srednje vrednosti empirijske i teorijske potrošnje goriva su proračunate za kratkoročni i dugoročni period. Rezultati su prikazani u Tabeli 5.8.

Tabela 5.8. Empirijske i teorijske vrednosti srednje potrošnje goriva u celokupnom periodu posmatranja sa srednjom ambijentalnom temperaturom

	Maj 2015	Jun 2015	Jul 2015	August 2015	Septembar 2015	Oktoobar 2015	Novembar 2015	Decembar 2015	Januar 2016	Februar 2016	Mart 2016	April 2016
Period	Kratkoročni uticaj eko-vožnje						Dugoročni uticaj eko-vožnje					
Prosečna temperatura (°C)	15	18	20	19	16	10	3	1	0	3	5	10
f_{ce} (l/100 km)	26,77	26,12	26,07	25,64	26,58	26,48	28,35	28,62	27,45	27,91	27,47	28,01
Prosečna f_{ce}	26,277 ± 0,412						27,968 ± 0,467					
f_{ct} (l/100 km)	27,10	26,70	26,40	26,56	26,97	27,60	27,96	27,99	28,00	27,96	27,90	27,60
Prosečna f_{ct}	26,747 ± 0,434						27,904 ± 0,1531					

Primenom post-hoc Dulkanovog testa za analizu varijanse empirijskih i teorijskih srednjih vrednosti potrošnje goriva u kratkoročnom i dugoročnom periodu, dobijeni su sledeći rezultati:

- Između srednjih vrednosti empirijske potrošnje goriva ($26,277 \pm 0,412$ l/100km) i teorijske potrošnje goriva ($26,747 \pm 0,434$ l/100km) u kratkoročnom periodu, ustanovljena je značajna razlika, **p=0,0310**. U empirijskim uslovima eko-vožnje srednja potrošnja goriva je signifikantno manja bez obzira na uticaj temperature.
- Između srednjih vrednosti empirijske potrošnje goriva ($27,968 \pm 0,467$ l/100km) i teorijske potrošnje goriva ($27,904 \pm 0,1531$ l/100km) u dugoročnom periodu, nije ustanovljena značajna razlika, **p=0,7554**. U ovom periodu nema razlike u srednjoj potrošnji goriva bez obzira na uticaj temperature.

Ako se uzme u obzir da između srednje vrednosti empirijske potrošnje goriva u dugoročnom periodu ($27,97$ l/100km) i početne vrednosti potrošnje pre početka treninga u Aprilu 2015 ($27,70$ l/100km), nije ustanovljena signifikantna razlika, $p=0,2606 > 0,05$, zaključuje se da se u dugoročnom periodu uticaj obuke vozača u potpunosti gubi.

5.2.2.1. Ekonomske uštede

Za uštedu u potrošnji goriva može se usvojiti razlika između empirijskih i teorijskih vrednosti u kratkoročnom periodu koja iznosi $\Delta = 26,747 - 26,277 = 0,47$ l/100km.

Sa dobijenom razlikom u potrošnji goriva od $0,47$ l/100km i prosečnom mesečnom pređenom kilometražom od 11003 km za sve vozače, mogla bi se postići ušteda u prosečnoj mesečnoj potrošnji goriva od $51,7141$ litara (5.30.), odnosno $46,543$ evra po vozilu po ceni jedne litre goriva od $0,9$ evra. Istovremeno, emisija CO_2 bi se smanjila prosečno za oko $139,628$ kg mesečno (5.31.), što bi iznosilo oko $19,548$ evra po vozilu uzimajući u obzir cenu sanacije emisije CO_2 koja iznosi 140 evra/t (Tanackov i ostali, 2011), odnosno $0,378$ evra/l, s obzirom na činjenicu da se iz 1 litre dizel goriva emituje $2,7$ kg CO_2 . U tom smislu, ukupna mesečna ušteda koja se ostvaruje smanjenjem potrošnje goriva i emisije CO_2 bi iznosila $66,091$ evra po vozilu. Za kratkoročni period koji je u konkretnom slučaju 6 meseci i cenu obuke vozača od 250 evra, dobije se participacija obuke u mesečnom periodu od $250/6$ (5.32.), što odgovara uštedama za prosečnu kilometražu od 11003 km. U konkretnom slučaju ostvarene su sledeće uštede po vozilu mesečno:

$$\Delta_{FC(\text{vozilo})} = \frac{(26,747 - 26,277)}{100} * 11003 = 51,7141 \text{ [l/ vozilu]} \quad (5.30.)$$

$$\Delta_{\text{CO}_2(\text{vozilo})} \cong 51,7141 \cdot 2,7 = 139,628 \text{ [kg/ vozilu]} \quad (5.31.)$$

$$\Delta_{\text{EB}(\text{vozilo})} = 66,091 - \frac{250}{6} = 24,394 \text{ [euro/ vozilu]} \quad (5.32.)$$

U opštem slučaju, sve uštede su svedene na kilometražu. U kratkoročnom periodu, sa uticajem eko-vožnje, dobijeni su sledeći rezultati za uštedu u potrošnji goriva Δ_{FC} (5.33.), u emisiji ugljen-dioksida Δ_{CO_2} (5.34.) i ekonomske koristi Δ_{EB} (5.35.).

$$\Delta_{\text{FC}(km)} = \frac{(26,747 - 26,277)}{100} = 0,0047 \text{ [l/ km]} \quad (5.33.)$$

$$\Delta_{\text{CO}_2(km)} \cong 0,0047 \cdot 2,7 = 0,01269 \text{ [kg/ km]} \quad (5.34.)$$

$$\Delta_{\text{EB}(km)} = 0,0047 \cdot 0,90 + 0,01269 \cdot 0,378 = 0,00903 \text{ [euro/ km]} \quad (5.35.)$$

Na osnovu podatka o ekonomskim koristima (5.35.), dobija se minimalna kilometraža L_{min} koju vozač mora da realizuje tokom kratkoročnog perioda, kako bi se opravdale investicije u obuku od 250 evra po vozaču (5.36.).

$$L_{\text{min}} = \frac{250 \text{ [euro]}}{0,00903 \text{ [euro/ km]}} = 27685,49 \text{ [km]} \quad (5.36.)$$

Primena L_{min} u konkretnom slučaju kratkoročnog perioda od 6 meseci i 11003km koju svaki vozač realizuje ili 66018 kilometara u kratkoročnom periodu, proizilazi da je 41,94 % prevezene distance bilo potrebno za opravdavanje investicije u obuku. Ako se usvoji da je značajan uticaj obuke 6 meseci, minimalna prosečna mesečna kilometraža koja obezbeđuje rentabilnost investicije u obuku vozača je 4614,28 km ili 153,81 km dnevno.

Dobijeni rezultati uvažavaju pre svega uticaj temperature okoline, koja podrazumeva eksterni uticaj loših uslova vožnje na potrošnju goriva. Proračunate uštede primenom eko-vožnje su egzaktne ali su dosta manje nego u prethodnim istraživanjima zato što je uzet u obzir uticaj temperature okoline.

5.3. REZIME

Dobijeni rezultati prilikom definisanja modela za optimizaciju ponovne obuke vozača pokazuju egzaktno određenu dinamiku vozačkih navika u funkciji vremena, što predstavlja nov rezultat. *Model dinamike vozačkih navika je ustanovljen u realnim uslovima što daje*

osnovu za uvođenje procesa kondicioniranja vozača. Rezultati su pokazali da su prednosti primene eko-vožnje najistaknutije odmah nakon obuke i da se vremenom smanjuju.

Praktično posmatrano, model bi mogao da se primeni za testiranje efekata obuke vozača u bilo kojoj transportnoj kompaniji i na bilo kom tržištu (u zavisnosti od cene goriva, sanacije emisije CO₂ kao i temperature okoline).

Struktura dugoročnog procesa kondicioniranja do sada nije poznata i nije detaljnije istraživana i može se pretpostaviti da sa uzastopnim periodičnim kondicioniranjem, vozači mogu da uđu u režim samokontrole, ali to bi se trebalo preciznije ispitati na istom skupu vozača i može biti ideja za neka naredna istraživanja.

Eko-vožnja može da rezultira sa značajnim uštedama za transportne kompanije. Ekonomski efekat od 1820 evra/vozilu na godišnjem nivou apsolutno opravdava primenu obuke i proces periodične obuke vozača. Ekološki efekti su kvantitativno izraženi u ekonomskom efektu.

Rezultati istraživanja dobijeni u potpoglavlju 5.2.2. potvrđuju pozitivan efekat koncepta eko-vožnje, ali i visoku senzitivnost ovih efekata na ambijentalne uslove vožnje. Efekti eko-vožnje nisu permanentni i značajno ih degradiraju loši vremenski uslovi vožnje. Takođe je ustanovljeno da efekti eko-vožnje ne zavise od pređene kilometraže nego od perioda koji je protekao od početka obuke. Takođe je potvrđeno da su ekonomski i ekološki efekti pozitivni i opravdavaju investiciju u obuku vozača a time se opravdava predlog periodičnog kondicioniranja vozača.

Na osnovu dobijenih rezultata mogu se izneti pretpostavke da i u dobrim ambijentalnim uslovima postoje faktori koji suprimiraju efekte eko-vožnje. Na primer, u uslovima velike gustine saobraćajnog toka, teška teretna vozila se teže prilagođavaju varijacijama brzina. Dalje, varijabilne karakteristike trase (krivine, usponi, padovi) mogu da diktiraju uslove vožnje u koje se ne uklapaju osnovni principi eko-vožnje. Zbog toga, može se pretpostaviti da prethodno upoznavanje obučanih vozača sa geometrijskim karakteristikama trase doprinosi optimalnoj upotrebi saveta o eko-vožnji. Može se zaključiti da su eksterni uslovi vožnje dominantni za ostvarivanje pozitivnih efekata eko-vožnje. U ovoj disertaciji je to dokazano samo za ambijentalnu temperaturu.

Za detaljnije ispitivanje uticaja temperature na efekte eko-vožnje, predlaže se plan istraživanja koji se mora odvijati u minimalnom jednogodišnjem ciklusu sa tri grupe vozača bez prethodnog iskustva o eko-vožnji. U ovim grupama se prethodno moraju ustanoviti signifikantno iste početne vrednosti SDS parametra. Prvu grupu čine vozači koji neće pohađati trening eko-vožnje. Drugu grupu čine vozači koji će pohađati trening eko-vožnje samo na početku perioda posmatranja a treću grupu vozači koji će pohađati trening eko-vožnje na početku i periodično tokom perioda posmatranja. Za sve tri grupe vozača treba evidentirati vrednosti SDS parametra tokom celokupnog perioda istraživanja, kao i vrednosti srednje ambijentalne temperature, da bi se uspostavila komparativna osnova za precizno utvrđivanje efekata eko-vožnje.

LITERATURA

ARSO, <http://www.arso.gov.si/o%20agenciji/knji%C5%BEnica/mese%C4%8Dni%20bilten/>

Barić, D., Zovak, G., i Periša, M. (2013). Effects of eco-drive education on the reduction of fuel consumption and CO₂ emissions. *PROMET-Traffic&Transportation*, 25(3), 265–272.

Degraeuwe, B., i Beusen B. (2013). Corrigendum on the paper "Using on-board data logging devices to study the longer-term impact of an eco-driving course". *Transportation research part D: Transport and Environment*, 19, 48-49.

Díaz-Ramirez, J., Giraldo-Peralta, N., Flórez-Ceron, D., Rangel, V., Mejía-Argueta, C., Huertas, J. I., i Bernal, M. (2017). Eco-driving key factors that influence fuel consumption in heavy-truck fleets: A Colombian case. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 56, 258-270.

Tanackov, I., Tepić, J., Stojić, G., Sremac, S., i Simić, D. (2011). Balance of the CO₂ emission on the corridor X through Serbia and proposals for remediation of the part of the emission applying transportation-logistics system. In *Proceedings of the 24th International Conference on Efficiency, Cost, Optimizatopn, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, ECOS*, 4-7 July 2011, Novi Sad, Serbia, 2286-2276.

Zarkadoula, M., Zoidis, G., i Tritopoulou, E. (2007). Training urban bus drivers to promote smart driving: A note on a Greek eco-driving pilot program. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12(6), 449–451.

6. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

U ovom poglavlju izvršeno je sumiranje rezultata i doprinosa modela za optimizaciju periodične obuke vozača u režimu eko-vožnje. Takođe, diskutuje se i o usvojenim pretpostavkama kao i o ograničenjima modela, ali su date i preporuke za buduća istraživanja.

6.1. GLAVNI ZAKLJUČCI

U doktorskoj disertaciji izvršeno je istraživanje efekata primene eko-vožnje u kratkoročnom i dugoročnom periodu. Pored toga, utvrđeno je optimalno vreme ponovne obuke vozača pri postizanju maksimalne dobiti za transportna preduzeća uvažavajući propratne troškove.

- 1) Eko-vožnja može doprineti ekonomskoj i ekološkoj efikasnosti rada vozača i dobijeni rezultati daju preliminaran uvid u efekte eko-vožnje.
- 2) Efekti obuke o eko-vožnji opadaju u dužem vremenskom periodu i vozači vraćaju stare vozačke navike.
- 3) U okviru istraživanja dobijen rezultat po pitanju uticaja temperature na efekte eko-vožnje pokazuje značajano delovanje na rezultate obuke vozača.

6.2. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati istraživačkog rada su sledeći:

1. U radu je utvrđena optimizacija periodične obuke vozača primenom eko-vožnje pri definisanju maksimalne uštede za transportne kompanije,
2. Analiza je pokazala da se primenjeni model može koristiti za predviđanje performansi vozača u smislu promene vozačkog ponašanja nakon treninga,

3. Da bi se rezultati parametara vožnje (potrošnja goriva, emisija CO₂ i SDS parametar) analizirali za 7 vozača kratkoročno i dugoročno, prikupljeni su podaci u periodu od godinu dana. Primenom post-hoc Dunkanovog testa za analizu varijanse sa intervalom pouzdanosti od 95% utvrđeno je sledeće:

a) Obuka je ostvarila značajno poboljšanje vrednosti SDS parametra kratkoročno, naročito u drugom i trećem mesecu nakon završene obuke, SDS(4)=77,14% i SDS(5)=76,71% u odnosu na vrednost pre obuke SDS(0)=65,57%. Dugoročno, vrednost parametra SDS stagnira oko prosečne vrednosti $\approx 74\%$ i ne razlikuje se značajno u odnosu na inicijalne vrednosti,

b) Analiza varijanse ističe da je minimalna potrošnja goriva (FC(4)=25,64 l/100km) ostvarena u Avgustu i da se značajno razlikuje u odnosu na vrednost pre obuke (FC(0)=27,68 l/100km). Dobijeno je i da ova minimalna vrednost ima signifikantnih razlika sa mesecima u zimskom periodu,

c) Rezultati pokazuju da su maksimalne vrednosti potrošnje goriva ustanovljene u Novembru i Decembru (FC(7)=28,35 l/100km i FC(8)=28,62 l/100km) i one se ne razlikuju značajno od vrednosti pre obuke,

d) Rezultati pod b) i c) upućuju na mogući uticaj meteoroloških faktora na srednju potrošnju goriva,

e) Slični rezultati kao kod potrošnje goriva dobijeni su i prilikom analize emisije CO₂. Kratkoročno su ostvarena smanjenja emisije CO₂, dok dugoročno gledano, vozači vraćaju svoje stare vozačke navike i dolazi do povećanja ovog parametra,

4. Kao što je pomenuto u prethodno iznešenim rezultatima, zavisnosti potrošnje goriva kao i emisije CO₂ u odnosu na vremenksi period posmatranja su očekivano slične sa visokom koeficijentom korelacije $r=0,99822$. Poboljšanja su uočena još za vreme trajanja obuke a takođe i tokom prva dva meseca nakon završene obuke. Funkcionalna veza potrošnje goriva i vremena posmatranja pokazuje da je minimum funkcije u $x=2,66254$ meseci, odnosno da je u prvom mesecu nakon završene obuke najbolji rezultat. Ovo može da upućuje na kratkoročnost efekata obuke o eko-vožnji,

5. Analiza ekonomskih koristi eko-vožnje je zasnovana isključivo na poređenju troškova i koristi programa obuke u smislu ekonomičnosti potrošnje goriva i emisije CO₂. Značajna ušteda na godišnjem nivou dobijena empirijski u studiji slučaja (1820 evra/vozilu) ukoliko bi se potrošnja goriva dugoročno održala na nivou FC(3)=26,07 l/100km, opravdava primenu obuke vozača kao i njihovog periodičnog kondicioniranja,

6. Uzimajući u obzir sve troškove i moguće uštede u potrošnji goriva i emisiji CO₂, matematičkom analizom je dobijeno da obuku vozača treba vršiti na svakih 4,31 meseci kako bi se dobila maksimalna mesečna ušteda od 175,0849 evra/vozilu,

7. Korelaciona funkcija srednje mesečne potrošnje goriva i srednje mesečne temperature ($r=0,88063$) pokazuje inverzan odnos između njih i naglašava veliki uticaj ambijentalne temperature na potrošnju goriva odnosno, na efekte obuke. Postoji visoka senzitivnost efekata eko-vožnje na ambijentalne uslove vožnje,
8. Rezultati pokazuju da je uticaj obuke vozača o eko-vožnji na parametar SDS istaknut u Januaru kada je zabeležena minimalna temperatura okoline ($0,0994 < 0,10$), što pokazuje da postoji sinergijski uticaj eko-vožnje i srednje temperature okoline,
9. Primenom post-hoc Dunkanovog testa za analizu varijanse sa intervalom pouzdanosti od 95% dobijeni su sledeći rezultati:
- a) Kratkoročno gledano, postoji statistički značajna razlika između empirijskih vrednosti potrošnje goriva (ustanovljene srednje vrednosti potrošnje goriva) i teorijskih vrednosti potrošnje goriva (dobijena potrošnja goriva u funkciji srednje mesečne ambijentalne temperature),
 - b) Srednja potrošnja goriva u empirijskim uslovima eko-vožnje je značajno manja u kratkoročnom periodu u odnosu na teorijske vrednosti, iako je u ovom periodu zabeležen uticaj temperature na potrošnju goriva,
 - c) U dugoročnom periodu nije ustanovljena značajna razlika između srednje vrednosti empirijske potrošnje goriva i teorijske potrošnje goriva bez obzira na uticaj temperature.
10. Uštede dobijene primenom eko-vožnje uzimajući u obzir uticaj temperature okoline su znatno manje i iznose oko 300 evra/vozilu godišnje.

6.3. PRETPOSTAVKE

Prilikom istraživanja za potrebe ove doktorske disertacije usvojene su određene pretpostavke, kako bi se kontrolisali parametri istraživanja. Usvojene pretpostavke su sledeće:

- 1) Vozači su bili približno istih psihomotornih karakteristika,
- 2) Tokom obuke, vozači su bili u svom normalnom stanju, odnosno nisu osećali umor,
- 3) Vozilo je bilo u ispravnom stanju prilikom obuke svih vozača,
- 4) Vremenski uslovi za vreme realizacije obuke kod svih vozača su bili identični,
- 5) Instruktor je imao jednak pristup svakom vozaču,
- 6) Uslovi na mreži tj. opterećenost saobraćajnica su bili identični prilikom obuke svakog vozača,
- 7) Vozači nisu imali prethodno iskustvo sa obukom o eko-vožnji,

6.4. OGRANIČENJA

Dobijeni nalazi imaju visoku validnost jer su dobijeni iz realnih uslova vožnje. U pogledu rezultata postavljena su određena ograničenja:

- 1) Nije bilo kontrolne grupe u eksperimentalnom istraživanju kako bi se utvrdilo da li postoje razlike u dobijenim rezultatima i da li postoje neki drugi spoljni faktori koji mogu uticati na parametre vožnje,
- 2) Uzorak je $n=7$ vozača jer iz objektivnih razloga veličina uzorka nije mogla biti veća,
- 3) Iako je uzorak mali, on se može generalizovati na manje komercijalne vozne parkove transportnih kompanija sa sličnim uslovima vožnje i putnim karakteristikama. Prenosivost dobijenih nalaza na veće kompanije ili na druge vrste voznih parkova mora se proceniti od slučaja do slučaja,
- 4) Svi ispitanici žive na istoj teritoriji i ne mogu se generalizovati na druge kulture, obrazovanje i nacionalnosti. Čak su Harvey i ostali (2013) pokazali da stavovi prema eko-vožnji se razlikuju po nacionalnosti,
- 5) Pristup obuci zasniva se na subjektivnim pogledima vozača,
- 6) Teorijska obuka je sprovedena grupno kako bi se uštedelo vreme, i ne može da ispuni sve individualne potrebe vozača uvek, ukoliko se na taj način sprovodi,
- 7) Ovo istraživanje nije analiziralo druge potencijalne ciljeve koji mogu imati uticaj na rezultate (npr. pravovremenost, distribucija proizvoda itd.) već samo smanjenje karakterističnih parametara vožnje. Reagovanje vozača na obuku može da zavisi od primarnosti ciljeva u različitim okruženjima.

6.5. PREDLOZI ZA BUDUĆA ISTRAŽIVANJA

Utvrđeni rezultati istraživanja za potrebe doktorske disertacije predstavljaju nova otkrića dok ujedno i potvrđuju postojeće nalaze. Gore navedena ograničenja doktorske disertacije mogu se rešiti u budućim istraživanjima. U ovom poglavlju date su preporuke za unapređenje istraživanja, a to su:

- 1) Povećanje broja ispitanika,
- 2) Budućim istraživanjima se mogu rešiti pitanja različitosti stavova prema eko-vožnji u zavisnosti od kulturoloških i obrazovnih razlika,
- 3) Istraživanje za potrebe ove doktorske disertacije nije pokrilo materijalnu stimulaciju za vozače. Preporuka za neka naredna istraživanja je da se izvrši analiza rezultata efekata eko-vožnje uključujući i novčane podsticaje za vozače,
- 4) Da bi se obezbedio detaljniji uvid u efekte obuke preporučuju se dalja istraživanja uzimajući u obzir starosnu razliku i druge socio-demografske karakteristike. U

istraživanjima je uglavnom vršena obuka na vozačima muškog pola, moguće je da postoji "efekat pola". Zbog toga treba uključiti u istraživanja i druge grupe ispitanika,

- 5) Na istoj grupi vozača ispitati pretpostavku da sa uzastopnim periodičnim kondicioniranjem, vozači mogu da uđu u režim samokontrole.