



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Управљање отпадом

Број индекса: 389/2013

Марија С. Јовановић

**Симулација еколошких перформанси процеса
сакупљања комуналног отпада
мастер рад**

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Горан Бошковић – ментор
2. Др Небојша Јовичић
3. Др Јасна Глишовић

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Идеја дипломског рада је да се анализира процес прикупљања и транспорта комуналног отпада у урбаним условима. Посебна пажња ће бити посвећена еколошким показатељима и утицају сакупљања и транспорта отпада на животну средину. Моделирање процеса прикупљања комуналног отпада подразумева коришћење података добијених применом GIS и GPS технологија, као и софтверског пакета ArcGIS. На примеру града Крагујевца, спровешће се еколошка анализа постојећег стања, као и предложених оптимизованих рута сакупљања отпада. Рад треба да садржи следеће целине:

- 1 Управљање чврстим отпадом у урбаним срединама
- 2 Прикупљање и транспорт комуналног отпада (инфраструктура и модалитети, примери у свету и код нас)
- 3 Методологија за мониторинг процеса прикупљања комуналног отпада применом GIS и GPS технологија
- 4 Математички модели за прорачун еколошких показатеља процеса сакупљања чврстог отпада
- 5 Примена модела на град Крагујевац
- 6 Закључак

Препоручена литература:

[1] Јовичић Н., “Управљање чврстим отпадом”, скрипта са материјалом за курс-Технологије и опрема за депоновање отпада, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2005

[2] Emrah Demir, “Models and Algorithms for the Pollution – Routing Problem and Its Variations”, Thesis for the degree of Doctor of Philosophy, University of Southampton, 2012.

[3] Јовичић Н., Вујић, Миловановић Д., Јовичић Г., Деспотовић М., Батинић Б., Станисављевић Н., Убавин Д., Гвозденац Б., Бошковић Г., “Методологија за одређивање морфолошког састава комуналног отпада, Техничко решење”, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2009

[4] Бошковић Г., “Унапређење енергетске ефикасности градског система за управљање чврстим отпадом”, докторска дисертација”, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2014

Крагујевац, март 2016

ментор: Др Горан Бошковић, доцент

Резиме

Један од проблема савременог друштва је свакако проблем управљања отпадом. Са повећањем количине генерисаног отпада, већи су и проблеми са депонијама, загађењем животне средине и трошковима превоза отпада. Зато се и јавља потреба за унапређењем система управљања отпадом.

Трошкови сакупљања и превоза чврстог отпада могу да достигну и до 75% од укупних трошкова управљања отпадом. Стога се, чак и малим променама у овом сегменту система, могу постићи значајне економске, енергетске али и сразмерно еколошке уштеде, будући да су комунална возила велики загађивачи животне средине.

Циљ овог рада је симулација еколошких перформанси процеса сакупљања комуналног отпада. У оквиру овог рада најпре су анализирани основни елементи система за сакупљање и транспорт комуналног отпада (модалитети сакупљања, возила и опрема за сакупљање...). Обзиром да Географски информациони системи имају велику улогу у унапређењу система, један део рада посвећен је његовим основама.

За добијање еколошких показатеља процеса сакупљања и транспорта отпада развијен је велики број математичких модела. У оквиру овог рада приказано је укупно шест математичких модела за прорачун укупне потрошње горива и емисије штетних гасова из возила. Обзиром на ограничен број улазних података који су били на располагању у току израде овог рада, добијени су показатељи потрошње горива и емисије издувних гасова, за изабрани циклус сакупљања отпада, коришћењем два од претходно поменутих математичких модела.

Оптимизацијом постојеће руте утврђена је могућност уштеде у броју пређених километара, што на годишњем нивоу износи 124 километра, чиме би се смањила потрошња горива и емисија штетних гасова у атмосферу.

Кључне речи: управљање отпадом, проблем рутирања возила, сакупљање и транспорт отпада, оптимизација рута

Abstract

One of the greatest problem of modern society is certainly the problem of waste management. With the increasing amount of generated waste, there are greater problems with landfills, environmental pollution and costs of waste collection.. Therefore, there is a need to improve the waste management system.

The costs of collection and transportation of solid waste can reach up to 75% of the total cost of waste management. Therefore, even small changes in this segment, can achieve significant economic, energy and proportionate environmental savings, since the waste collection vehicles have great environmental impact.

The aim of this work is the simulation of the environmental performance of the process of collection of municipal waste. Within this research the fundamental elements of a system for the collection and transportation of municipal waste (modalities of collection, vehicles and equipment for collecting ...) were analyzed. Since the Geographic Information Systems play an important role in improving the system, one part this research is dedicated to it.

In order to obtain environmental indicators of the process of collection and transportation of waste a great number of mathematical models were developed.. The present work shows a total of six mathematical models for the computation of fuel consumption and emissions from vehicles. Since a limited number of input data that were available during the preparation of this work, fuel consumption and exhaust gas emissions for selected waste collection cycle were calculated using two of the aforementioned mathematical models.

By optimizing the existing route the possibility of savings in route length, which reffers to to 124 kilometers annually was determined using GIS. This would reduce fuel consumption and emissions into the atmosphere.

Keywords: Waste management, Vehicle routing problem, collection and transport waste, route optimization

САДРЖАЈ

1. УПРАВЉАЊЕ ЧВРСТИМ ОТПАДОМ У УРБАНИМ СРЕДИНАМА	8
1.1. Кључни принципи управљања отпадом	11
1.2. Технички аспекти управљања отпадом	13
2. ПРИКУПЉАЊЕ И ТРАНСПОРТ КОМУНАЛНОГ ОТПАДА	16
2.1. Фазе прикупљања отпада	17
2.2. Модалитети прикупљања отпада	18
2.3. Опрема за прикупљање отпада	18
2.4. Возила за прикупљање комуналног чврстог отпада	21
2.5. Дефинисање кретања комуналних возила	23
3. МЕТОДОЛОГИЈА ЗА МОНИТОРИНГ ПРОЦЕСА ПРИКУПЉАЊА КОМУНАЛНОГ ОТПАДА ПРИМЕНОМ GIS И GPS ТЕХНОЛОГИЈА	25
3.1. Компоненте географских информационих система	25
3.1.1. Компјутерски хардвер	26
3.1.2. Софтверски модели	27
3.1.3. Образовни људски кадар	27
3.1.4. GIS база података	28
3.2. Улога GIS-а у процесу прикупљања комуналног чврстог отпада	29
3.3. Глобални позициони систем (GPS)	31
4. МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛИ ЗА ПРОРАЧУН ЕКОЛОШКИХ ПОКАЗАТЕЉА ПРОЦЕСА САКУПЉАЊА ЧВРСТОГ ОТПАДА	33
4.1. Проблем рутирања возила	33
4.2. Планирање зелене руте возила	34
4.3. Анализа математичких емисионих модела за теретни саобраћај	35
4.3.1. Модел тренутне потрошње горива	35
4.3.2. Елементарни модел потрошње горива за 4 режима	37
4.3.2.1. Потрошња горива током убрзања F_a	37
4.3.2.2. Потрошња горива током успорења F_d	38
4.3.2.3. Потрошња горива при кретању возила константном брзином F_c	38
4.3.2.4. Потрошња горива при раду мотора на празном ходу F_i	39
4.3.3. Модел потрошње горива у зависности од брзине кретања	39
4.3.4. Свеобухватни модел емисија	40
4.3.5. Модел за израчунавање емисије гасова из транспорта и модел потрошње енергије	42
4.3.6. Компјутерски програм за израчунавање емисија из друмског саобраћаја	44
5. ПРИМЕНА МОДЕЛА НА ГРАД КРАГУЈЕВАЦ	46

5.1.	Област истраживања	46
5.2.	Опрема за снимање карактеристика процеса прикупљања комуналног отпада	47
5.3.	Модели прорачуна емисије издувних гасова и потрошње горива комуналног возила, на основу података добијених помоћу GPS мерног уређаја	48
5.3.1.	Модел потрошње горива у зависности од брзине кретања.....	52
5.3.2.	Модел за израчунавање емисије гасова из транспорта и модел потрошње енергије	54
5.4.	Поређење Модела потрошње горива у зависности од брзине кретања и Модела за израчунавање емисије гасова из транспорта и модела потрошње енергије	57
5.5.	Оптимизација путање кретања возила.....	58
ЗАКЉУЧАК.....		60
ЛИТЕРАТУРА.....		61
ПРИЛОГ I ПОТРОШЊА ГОРИВА ПРИМЕНОМ МОДЕЛА ПОТРОШЊЕ ГОРИВА У ЗАВИСНОСТИ ОД БРЗИНЕ КРЕТАЊА		63
ПРИЛОГ II СТОПА ЕМИСИЈЕ ГАСА ПРИМЕНОМ МОДЕЛА ЗА ИЗРАЧУНАВАЊЕ ЕМИСИЈЕ ГАСОВА ИЗ ТРАНСПОРТА, МОДЕЛА ПОТРОШЊЕ ЕНЕРГИЈЕ		74
ПРИЛОГ III ПРОЦЕНА ЕМИСИЈЕ CO ₂ ПРИМЕНОМ ПРИМЕНОМ МОДЕЛА ЗА ИЗРАЧУНАВАЊЕ ЕМИСИЈЕ ГАСОВА ИЗ ТРАНСПОРТА, МОДЕЛА ПОТРОШЊЕ ЕНЕРГИЈЕ		84

1. Управљање чврстим отпадом у урбаним срединама

Наша цивилизација генерише све више отпада и ништа не указује на скоре промене овог тренда. Човек је једино биће које својим активностима генерише отпад. Све те активности у великој мери утичу на промену животне средине. Међутим, захваљујући подизању еколошке свести и технолошком развоју, борба против отпада постаје много успешнија.

Настајање отпада представља резултат укупне економске активности сваке државе и као такво је у директној корелацији са националном економијом.

Под појмом „отпад“ подразумева се сав нежељени материјал или предмет који настаје као резултат одређене производне операције, услужне или друге делатности, предмети који нису више у употреби, као и отпадне материје које настају у потрошњи и које са аспекта произвођача, односно потрошача нису за даље коришћење и морају се одбацити [1].

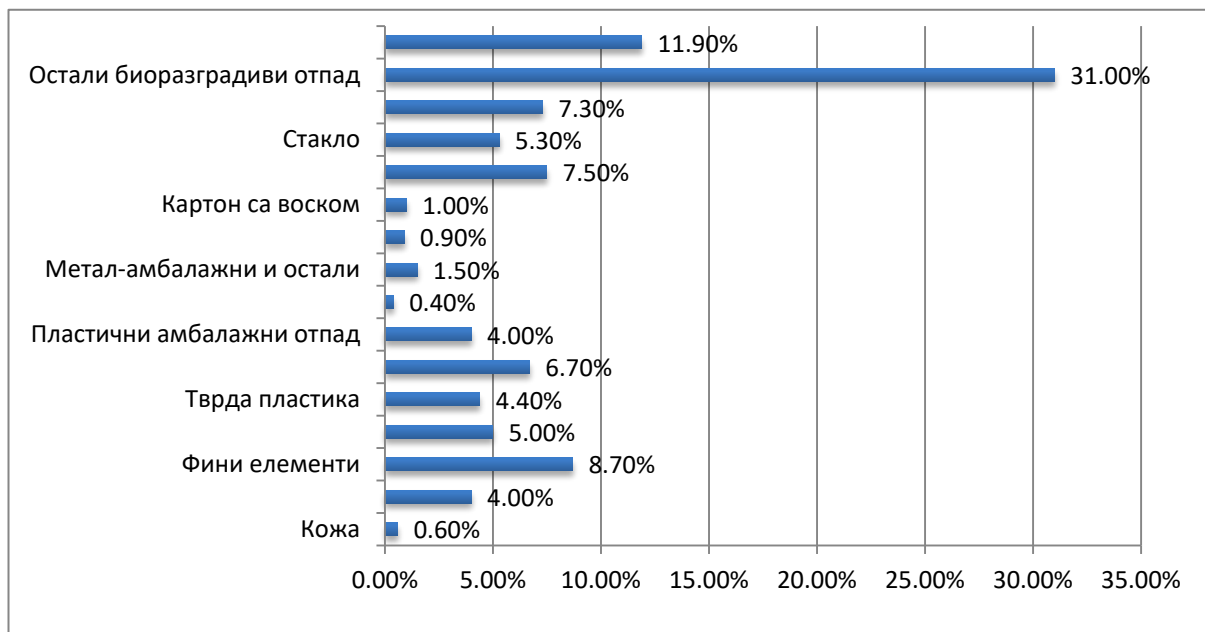
Под појмом „чврсти отпад“ подразумева се отпад у чврстом стању настао као последица људских и животињских активности, који је неупотребљив и непожељан.

Према месту настанка, чврсти отпад се може поделити на:

1. **Комунални отпад** – према саставу је веома разноврстан,
 - Сав отпад из домаћинства који није опасан по животну средину,
 - Комерцијални отпад – отпад који настаје у установама које се баве трговином, канцеларијским пословима, забавом,...
 - Институционални отпад – отпад из школа, болница, министарстава,...
 - Отпад са јавних површина – делом органски стабилне материје, тј. отпаци, отпаци биља, омоти од слаткиша, хартија, кутија и опущици од цигарета, а делом органски нестабилне материје тј. отпад од хране, животињски остаци,...
2. **Индустријски отпад** – подразумева отпад који настаје у току процеса производње и који се састоји од стабилних и нестабилних материјала неорганског и органског порекла, а са становишта последица по људско здравље, углавном је опасан (отпад из фабрика или индустријских предузећа).
3. **Грађевински отпад** – отпад који настаје током грађевинских радова, углавном инертне материје као што су: грађевински шут (цигле, фасадни материјал, малтер, цреп), ископи разне земље, отпад при радовима на путевима и слично.
4. **Пољопривредни отпад** – представља отпад који настаје на њивама, у воћњацима, у повртњацима, виноградима, фармама... Овај отпад чине натрули отпади хране, биљни отпад и различити опасан отпад.
5. **Медицински отпад** – је отпад који представља категорију опасног отпада јер укључује опасан отпад из болница и других здравствених установа, лабораторија, ветеринарских установа, фармацеутски отпад, оштре предмете, хемијски отпад,...

6. Отпад генерисан рударским активностима и раду у каменолому – неконтролисани отпад.

У градовима, највише комуналног отпада генеришу домаћинства и јавне градске површине (тргови, паркови, улице). Индустријализација и урбанизација су веома утицале на повећање количине отпада, који је почео да представља огроман светски проблем и који ће у наредном периоду бити један од приоритета за решавање. На слици 1.1 може се видети морфолошки састав отпада на нивоу Републике Србије.



Слика 1.1 Морфолошки састав комуналног отпада у Републици Србији

Чврст отпад се према токсичности може поделити на:

1. Опасан
2. Неопасан
3. Инертан.

Опасан отпад представља отпад који има бар једно од својстава које га чине опасним (експлозивност, запаљивост, инфективност, склоност оксидацији, склоност корозији, садржи токсичне супстанце). У ову категорију отпада спадају уља и мазива, медицински отпад, батерије, разне хемијске супстанце, амбалажа у којој је опасан отпад био или је још увек упакован.

Неопасан отпад подразумева отпад који због своје количине, концентрације или физичке, хемијске и биолошке природе, за разлику од опасног отпада, ни на који начин не угрожава здравље људи или животну средину и нема карактеристике опасног отпада.

Инертан отпад је отпад који није подложен било којим физичким хемијским и биолошким променама, не раствара се, не сагорева или на други начин физички и хемијски реагује, не утиче неповољно на друге материје са којима долази у контакт на

начин који би могао довести до загађења околине или би на било који начин угрозио здравље људи.

Кренувши од растућих захтева светске заједнице, велики број установа и предузећа, своју пословну стратегију прилагодио је потребама савременог друштва за очување животне средине. Са развојем еколошке свести, расту и могућности за заштиту од штетног дејства чврстог отпада. Појавиле су се нове технологије за збрињавање отпада, а произвођачи отпада открили су нове могућности примене рециклираних материјала. Са порастом светске популације, јавља се потреба за много више фабрика и предузећа, као и за више обрадивих површина, што условљава појаву разних врста отпада [1].

Настајање комуналног отпада зависи од степена индустријског развоја, животног стандарда, начина живота, социјалног окружења, потрошње и друго. Највећу одговорност за процес управљања чврстим комуналним отпадом има локална самоуправа. Конципирање и реализација процеса управљања отпадом у урбаним срединама представљају комплексне задатке, који захтевају одговарајуће организационе капацитете и сарадњу између бројних заинтересованих чинилаца у приватном и јавном сектору. Од тренутка настанка отпада до његовог коначног одлагања, функције које су повезане са управљањем чврстим комуналним отпадом у урбаним срединама, се могу сврстати у шест међусобно повезаних елемената. Елементи система за управљање чврстим отпадом приказани су на слици 1.2.



Слика 1.2 Елементи система за управљање отпадом

Управљање чврстим комуналним отпадом је много скупље и сложеније данас него икада раније, па је због тога значај планирања и важност обуке кадрова у овој области много већи.

Све ове активности у процесу управљања отпадом морају се изводити у складу са постојећим законским, друштвеним и нормама које се тичу животне средине, које штите животну средину и здравље, а притом су и економски и естетски прихватљиве.

Настанак чврстог отпада подразумева низ активности на процени састава и количине отпада које је потребно прикупити.

Руковање отпадом на извору представља активности у оквиру управљања отпадом док отпад не стигне у посуде или контејнере предвиђене за привремено складиштење.

Такође, ова активност подразумева и кућно компостирање као и примарну сепарацију чврстог отпада у домаћинствима на рециклабилни и нерациклабилни отпад.

Сакупљање и транспорт комуналног отпада представља део система који подразумева пражњење посуда у којима се отпад привремено налазио у за то предвиђено возило и транспорт отпада до локације за пражњење возила.

Третман отпада подразумева активности раздвајања у постројењима за рециклажу или неки други начин третирања отпада (компостирање, инсинерација, анаеробна дигестија).

Трансфер станице или претоварне станице подразумевају постројења у којима се отпад из једне области, након издвајања материјала који се може поново прерадити или употребити, балира и припрема за транспорт до регионалне депоније.

Депоноване отпада укључује трајно одлагање прикупљеног отпада или отпадног материјала из постројења за третман отпада.

1.1. Кључни принципи управљања отпадом

Управљање чврстим комуналним отпадом је делатност од општег интереса. Кључни принципи који се морају узети у обзир приликом успостављања и имплементације Националне стратегије управљања отпадом су бројни, и то су пре свега:

1. Принцип одрживог развоја,
2. Принцип близине и регионални приступ управљању отпадом,
3. Принцип предострожности,
4. Принцип загађивач плаћа,
5. Принцип хијерархије у управљању отпадом,
6. Принцип одговорности произвођача, и
7. Принцип примене најпрактичнијих опција за животну средину.

Принцип одрживог развоја – Одрживи развој представља усклађени систем техничко-технолошких, економских и друштвених активности у укупном развоју у коме се на принципима економичности, разумности и рационалности користе природне и створене вредности, са циљем да се сачува и унапреди квалитет животне средине за садашње и будуће генерације. Кораци ка достизању одрживог развоја укључују: развој нових мера, јачање постојећих мера, повећану интеграцију интереса за животну средину у остале секторске политике, прихватање веће појединачне одговорности за животну средину и активније учешће јавности у процесима доношења одлука. Концепт одрживог развоја се може разложити у три основне димензије: Економска, социјална и еколошка одрживост (слика 1.3)



Слика 1.3 *Принцип одрживог развоја*

Принцип близине и регионални приступ управљању отпадом – Принцип близине подразумева да отпад треба третирати или одложити што је могуће ближе тачки његовог настајања. Како би се избегао нежељени утицај транспорта отпада на животну средину, треба поштовати принцип близине приликом избора локација постројења за третман и локације за одлагање отпада, водећи рачуна о равнотежи између принципа близине и економичности. Регионално управљање отпадом подразумева да одређене регије треба да развију своје стратешке планове за управљање отпадом у урбаним срединама, на бази политике и принципа управљања отпадом на националном нивоу уважавају и друге регионалне стратегије и планове. Притом се не мисли на регион као административну целину, већ интересно повезану групу општина које у заједничком приступу решавања проблема управљања отпадом проналазе интерес дугорочне сарадње [1].

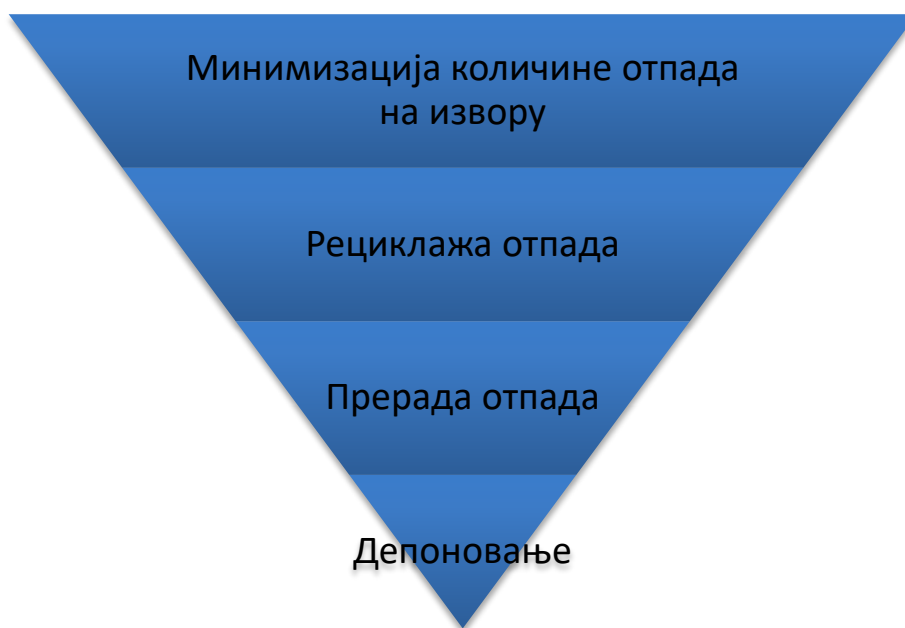
Принцип предострожности – Подразумева да уколико постоји могућност озбиљне или неповратне штете, одсуство научне поузданости не може бити разлог за непредузимање мера спречавања деградације животне средине у случају могућих или постојећих значајнијих утицаја на животну средину.

Принцип загађивач плаћа – Овај принцип значи да загађивач мора да сноси све трошкове настале угрожавањем животне средине.

Принцип хијерархије у управљању отпадом - Хијерархија управљања отпадом (слика 1.4) представља редослед приоритета у управљању отпадом:

1. Превенција стварања отпада и редукција – минимизација коришћења ресурса и смањење количина и/или опасних карактеристика насталог отпада.

2. Поновна употреба – представља поновно коришћење производа за исту или неку другу намену.
3. Рециклажа– представља поновни третман отпада ради његовог поновног коришћења као сировине у производњи истог или различитог производа.
4. Искоришћење– Представља искоришћење вредности отпада применом различитих технологија и третмана.
5. Одлагање отпада– уколико не постоји неко друго одговарајуће решење, одлагање отпада се врши депоновањем.



Слика 1.4 Хијерархија управљања отпадом

Принцип одговорности произвођача – Увозници, дистрибутери, произвођачи и продавци производа који утичу на повећање количине отпада су одговорни за отпад који настаје услед њихових активности. Произвођач има највећу одговорност јер утиче на особине и састав производа и његове амбалаже. Обавезан је да брине о смањењу настајања отпада, развоју производа који су рециклабилни, развоју тржишта за поновно коришћење и рециклажу својих производа.

Принцип примене најпрактичнијих опција за животну средину – подразумева постизање и одржавање ефективне равнотеже између економског развоја и заштите животне средине, стварање отвореног и флексибилног тржишта за услуге управљања отпадом и увек кад је могуће, пожељно је користити економске инструменте у циљу иницирања и подстицања промена које су у складу са стратешким циљевима.

1.2. Технички аспекти управљања отпадом

Удруживањем општина ради заједничког управљања отпадом успоставиће се систем регионалних центара који обухватају регионалну депонију за комунални отпад, постројење за селекцију рециклажног отпада, трансфер или претоварне станице, као и

постројења за компостирање, што чини потребну инфраструктуру за управљање комуналним отпадом. Потребно је у градовима одредити локације центара за одвојено прикупљање рециклажног отпада, где би грађани сами доносили свој отпад.

Управљање отпадом ће тачно бити дефинисано регионалним плановима управљања отпадом, у складу са директивама ЕУ и смерницама из Националне стратегије управљања отпадом [2]. Регионални центри за управљање отпадом, односно њихове потенцијалне локације, критеријуми и смернице за њихову изградњу морају бити обухваћене просторним плановима, док ће се одабир коначних локација вршити након обављених истражних радова и спровођења поступка процене утицаја на околину у којој живимо. Веома је битно донети нове критеријуме за оцену и избор локација за депоније у складу са ЕУ Директивом 99/31/ЕС о депонијама [2], с обзиром да је постојећи правилник застарео. Пројекти депонија морају бити усклађени са ЕУ директивом о депонијама. На основу претходно поменуте директиве у Републици Србији је донета Уредба о одлагању отпада на депоније која прописује правилно руковање сакупљеним отпадом и уводи одређене рестрикције депоновања појединих врста отпада [3]. Рационално коришћење простора као ресурса и смањење трошкова управљања отпадом представљају основне циљеве у изради регионалног концепта управљања отпадом. Овим предлогом се не искључују друге варијанте удруживања, што ће се тачно утврдити након потписивања међуопштинских споразума и доношења регионалних планова управљања отпадом. Регионалне депоније су депоније за неопасан отпад. У оквиру центра може бити изграђена и депонија за инертни отпад у складу са одговарајућим прописима. На депонију неопасног отпада може се одложити само: неопасни отпад било ког порекла који испуњава критеријуме за прихват отпада на депонију за неопасан отпад, комунални отпад после сепарације, стабилизovan и нереактиван, претходно третирани опасан отпад, под условом да граничне вредности загађујућих материја не прелазе граничне вредности за неопасан отпад. Депонија се опрема системом за сакупљање депонијских гасова. Уколико искоришћење гаса није економично, треба га спаљивати на лицу места. Поред осталих елемената, регионална депонија мора имати и постројење за третман процедурних вода. На простору поред депоније поставља се и постројење за сепарацију (раздвајање) отпада. Поставља се технолошка линија за аутоматско и/или мануелно разврставање отпада. Издвојене рециклабилне сировине се мељу, балирају или пресују и даље одвозе у постројења која су специјализована за рециклажу таквих рециклабилних материјала. Постројење за компостирање или анаеробну дигестију може обухватати комплетан механичко-биолошки третман отпада, или само аеробни третман отпада у постројењу или компостном пољу смештеном поред депоније.

Дефинисане су обавезе локалних самоуправа у складу са Законом о управљању отпадом [4] и то: јединица локалне самоуправе у обавези је да донесе локални план управљања отпадом и обезбеди услове за његово спровођење, јединица локалне самоуправе је дужна да организује и спроводи управљање комуналним на својој територији, две или више јединица локалне самоуправе могу заједнички управљати отпадом, уколико им је то заједнички интерес, под условима утврђеним законом и склапањем споразума између скупштина јединица локалне самоуправе, којим се уређују међусобна права и обавезе у обезбеђивању услова за обављање делатности и рад постројења за управљање отпадом на подручјима тих јединица локалне самоуправе.

Регионални план управљања отпадом дефинише заједничке циљеве у управљању отпадом и доноси га скупштина две или више јединица локалне самоуправе на чијим територијама укупно живи најмање 200.000 становника, уз сагласност министарства. Регионални план управљања отпадом може се донети и за територије општина на којима живи мање од 200.000 становника по претходно израђеној студији оправданости за доношење регионалног плана на коју сагласност даје министарство. Поступак израде и доношења регионалног плана уређује се споразумом скупштина јединица локалне самоуправе. Истовремено, у наредном периоду, потребно је радити на санацији постојећих депонија - сметлишта које представљају ризик по животну средину. Санација одлагалишта отпада треба да се спроводи у складу са усвојеним законима који су усаглашени са захтевима директива ЕУ[5].

Табела 1. Количине генерисаног отпадана годишњем нивоу у тонама од 2010 до 2014. и предвиђена количина отпада на годишњем нивоу за 2019. годину

Врста отпада	2010.	2014.	2019.
Комунални отпад	2.451.000	2.785.000	3.268.000
• <i>Отпад из домаћинства</i>	2.084.000	2.367.000	2.778.000
• <i>Комерцијални отпад</i>	367.000	418.000	490.000
Амбалажа	607.000	693.000	817.000
Биоразградиви комунални отпад	1.538.000	1.747.000	2.049.000
Опасан комунални отпад	25.000	28.000	33.000

2. Прикупљање и транспорт комуналног отпада

Управљање отпадом представља најстарији задатак прикупљања отпада из градских домаћинстава. Сама сврха система прикупљања комуналног чврстог отпада, историјски гледно, била је уклањање отпада из дворишта и са градских улица. Прикупљање отпада је знатно побољшало хигијену у градовима и на тај начин спречено је ширење зараза и болести. Данас, прикупљање комуналног чврстог отпада обезбеђује успешно функционисање урбане инфраструктуре, пружањем логистичког оквира за издвајање рециклабилних материјала и отпада за одлагање.

Систем прикупљања комуналног чврстог отпада обухвата свако домаћинство у граду и стога је за испуњавање овако важних услуга неопходна организација са одговарајућим капацитетом. За прикупљање отпада се издваја око 50% новца, од укупне количине новца која је потребна за прикупљање, транспорт и одлагање чврстог комуналног отпада. Када нема третмана отпада и када се сав отпад који се прикупи трајно одлаже на депонију, трошкови прикупљања и транспорта отпада, могу да достигну и 85% од укупних трошкова. Наведене чињенице су веома значајне, јер мала побољшања у операцији сакупљања отпада могу имати за ефекат значајну уштеду у укупним трошковима [1].

Прикупљање чврстог комуналног отпада у урбаним срединама је веома тежак и комплексан задатак, и може да буде:

- Заједничко прикупљање – подразумева сакупљање свих врста отпада заједно и заједничко одвожење до места третмана или на трајно одлагалиште,
- Раздвојено прикупљање – подразумева сакупљање отпада одвојено по врстама: отпади као секундарне сировине, папир, стакло, отпад од хране, и остали отпади...).

Побољшање функционисања градског система за управљање отпадом може се постићи помоћу три нивоа могуће оптимизације

1. Стратешки ниво – подразумева избор одрживих технологија третмана отпада,
2. Тактички ниво – подразумева избор економски оправданих локација претоварних станица,
3. Оперативни ниво – подразумева дефинисање енергетски ефикаснијих система сакупљања отпада на градском нивоу.

У пракси се разликују два метода прикупљања отпада:

- **Holsystem** – или метод прикупљања отпада на месту настанка, односи се на сакупљање отпада директно из домаћинства или привредних објеката организованим системом прикупљања.
- **Bringsystem** – комерцијални или стамбени објекат који генерише отпад дужан је да произведени отпад самостално транспортује до централног места прикупљања, као што су рециклажни центри, трансфер станице и сл.

На слици 2.1 приказане мере и кораци у процесу прикупљања мешаног и раздвојеног комуналног отпада.



Слика 2.1 Кораци и мере у процесу прикупљања мешаног и одвојеног комуналног отпада

2.1. Фазе прикупљања отпада

Процес прикупљања отпада се не може посматрати као једнофазни процес. Најчешће подразумева следеће фазе:

Прва фаза прикупљања подразумева да власник домаћинства, све што сматра отпадом, мора пренети до канте за отпатке која може бити изван или унутар стана.

Друга фаза прикупљања подразумева пренос канте за отпад до возила за прикупљање, што најчешће ради екипа за прикупљање. У индивидуалним типовима домаћинства уобичајено је да власник домаћинства канту за отпад износи на улицу, то прикупљање се назива „улично“ прикупљање.

Трећа фаза прикупљања подразумева да камион за сакупљање, на најефикаснији могући начин, мора прикупити отпад из много домаћинстава. Кретање камиона од куће до куће, како би он могао да прикупи отпад из много домаћинстава на најисплативији могући начин, је највише испитивана фаза прикупљања отпада.

Четврта фаза прикупљања подразумева да је камион пун и да мора однети отпад на привремену локацију, односно трансфер станицу.

Пета фаза прикупљања подразумева одношење отпада на локацију за третирање отпада или његово коначно одлагање.

2.2. Модалитети прикупљања отпада

Прикупљање отпада из објеката индивидуалног типа становања

Локалне службе за прикупљање отпада за одвојене објекте ниске спратности укључују:

- Сакупљање отпада са прилаза кућама,
- Сакупљање отпада са ивичњака улица.

Када су прилази кућама део основног плана дате насељене области, тада постоји опција постављања канти на прилазу куће. У службама за прикупљање отпада, канте или кесе се износе изван куће, а затим посебан тим људи износи отпад и враћа испражњене канте.

Уколико се користи служба за прикупљање отпада са ивичњака, власник домаћинства је дужан да постави канте, које треба да се испразне, на ивичњак, и то у току дана када се отпад прикупља и да врати испражњене канте на претходну локацију.

Прикупљање отпада из објеката колективног типа становања, односно објеката ниске или средње спратности

Прикупљање отпада са ивичњака улица или посебних места резервисаних за већи број контејнера, карактеристично је за објекте ниске или средње спратности. У нашој земљи се у већини случајева налазе на улици контејнери запремине $1,1\text{m}^3$, поред ивичњака или у посебно направљеним и ограђеним просторима за контејнере. Власници из објеката колективног типа становања доносе отпад до контејнера. Боље резултате је показао систем да се контејнери држе и чувају на закључаним и затвореним местима која су доступна само становницима који одлажу отпад у њих, као и сакупљачима отпада из компаније која прикупља отпад из тог реона [5].

Прикупљање отпада који се раздваја на извору

Прикупљање раздвојеног отпада у домаћинствима је директно повезано са технологијама третмана отпада, као и са тржиштем секундарних сировина. У Европи, развијени системи разврставања отпада су најчешће пројектовани на тај начин да се у домаћинствима одвајају пластика, отпад за компостирање, папир и остатак отпада, док се стаклена амбалажа или враћа у велике тржне центре или постоје посебни контејнери у појединим деловима насеља. Принцип прикупљања је такав да се одређеним даном у недељи прикупља једна врста отпада, а другим данима остале врсте отпада. У Србији се у неколико градова одвојено сакупљају пластика, папир и остали отпад [6].

2.3. Опрема за прикупљање отпада

Контејнери који се користе за прикупљање комуналног отпада пре свега зависе од врсте обезбеђеног сервиса са прикупљање, као и од чињенице да ли је укључено

раздвајање отпада. У стамбеним областима које су слабо или средње насељене, често се користе велики контејнери који се постављају у ограђеним просторима (слика 2.2). Најчешће су у овим областима обезбеђени и постављени посебни контејнери за рециклирајуће материјале и нерестицирајуће материјале.



Слика 2.2 Контејнери за слабо или средње насељена места

У већини случајева се користе контејнери запремине од $1,1\text{m}^3$ који је приказан на слици 2.3, док се у новије време користе контејнери од $3,2\text{ m}^3$ за које је потребно инвестирати у возила за бочни утовар.



Слика 2.3 Типичан изглед контејнера запремине од $1,1\text{m}^3$

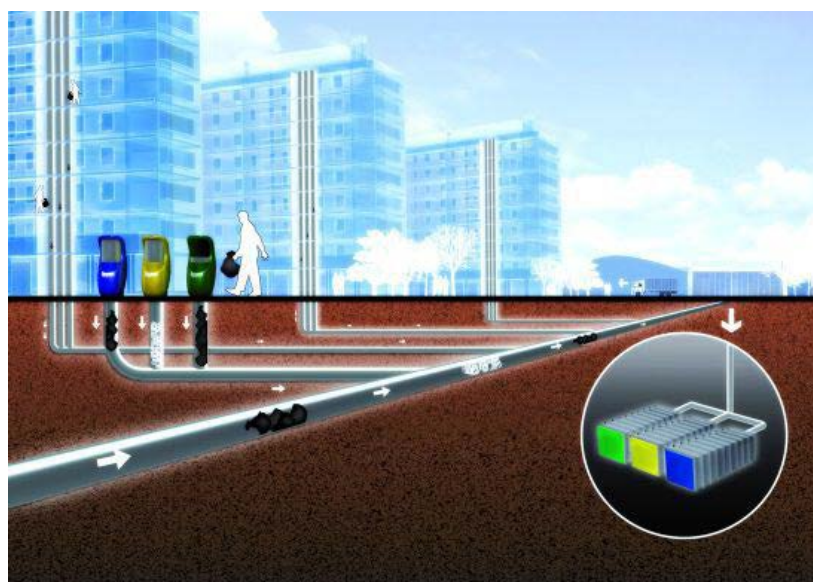
Специјализоване канте и контејнере за чврсти комунални отпад треба користити тамо где се стварају запремински велике количине отпадних материјала, у ресторанима, мотелима, хотелима, великим стамбеним зградама, тржним центрима, као и у другим пословним центрима. Контејнере треба поставити на чврстој и равној подлози, и на

отвореном и осветљеном месту. Данас се у већини случајева комбинују контејнери са компакторима (слика 2.4).



Слика 2.4 Контејнер са компактором

У неким новијим зградама за становање, у земљама Европске Уније, постављени су подземни пнеуматски транспортни системи заједно са одводним каналима из домаћинстава (слика 2.5), а такође се користе и улични подземни контејнери (слика 2.6).



Слика 2.4 Подземни пнеуматски транспортни систем отпада



Слика 2.5 Улични подземни контејнер

2.4. Возила за прикупљање комуналног чврстог отпада

Покривени компактори називани „смећари“ или „powerpress“ су врста камиона који се користе за стамбено и комерцијално сакупљање комуналног чврстог отпада. Њихова основна разлика је у дизајну и величини, а највише се примењују они са 12 и 15 m³ товара. Имају ниску платформу за пуњење са задње стране камиона, која чини пражњење канти једноставним и лаким (слика 2.5), а такође имају и хидраулички механизам за сабијање отпада.



Слика 2.5 Powerpress возило

Поред поменутог типа возила, код нас се користе и такозване ротопресе. Њихова главна разлика од „powerpress“ камиона је да примају веома веће количине отпада из разлога што секу и уситњавају отпад (слика 2.6). Након коришћења такозваних ротопреса није могуће обавити раздвајање отпада, већ се отпад директно одлаже на депонију.



Слика 2.6 *Rotopress возило*

У данашње време се користе возила за сакупљање и транспорт комуналног чврстог отпада, која могу да подижу и утоварају контејнере са стране камиона, односно испред кабине возача (слика 2.7). Поменути систем транспорта и прикупљања чврстог отпада захтева да контејнери стоје увек на истом месту, јер возило опслужује само један радник.



Слика 2.7 *Sidepress возило*

Раније су коришћени камиони са дизалицом, који су подизали отворене контејнере, запремине од 5 m^3 . Овај тип камиона користио се за прикупљање отпада са пар локација где се стварала значајна количина отпада, као и за прикупљање индустријског отпада и крупних предмета, као што су отпаци од метала и грађевински отпад (слика 2.7).



Слика 2.8 Возило са дизалицом

2.5. Дефинисање кретања комуналних возила

Кретање комуналних возила је потребно дефинисати да би се спречило закрчење саобраћаја и да би се оствариле знатне уштеде у гориву, односно да би се постигло најефикасније прикупљање чврстог отпада. Веома битну ставку у успешности прикупљања комуналног чврстог отпада чини и сама учесталост прикупљања.

Учесталост прикупљања отпада

Учесталост прикупљања отпада зависи од годишњег доба, количине генерисаног отпада, социо-економске ситуације опслуживане области, као и од локалне комуналне одговорности.

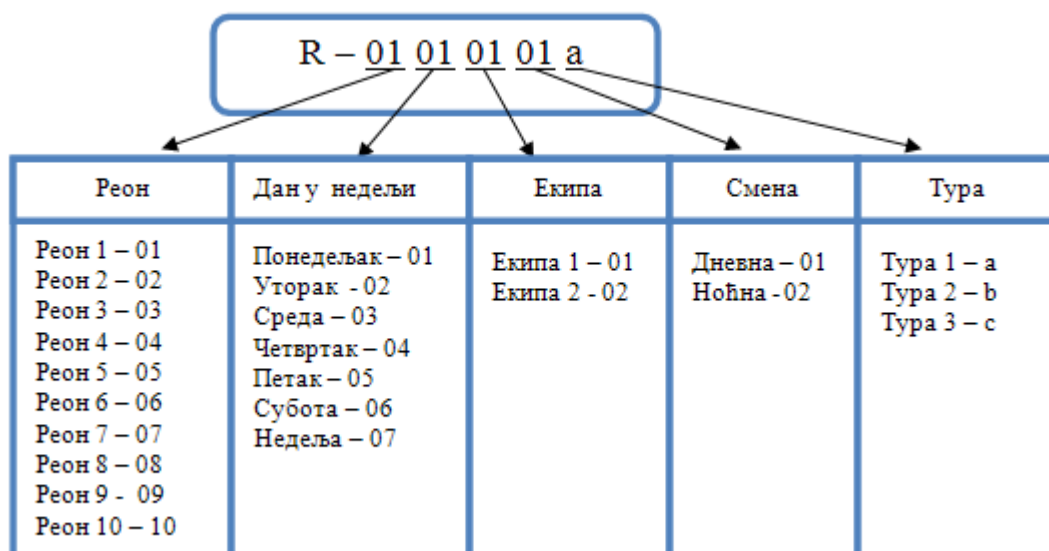
Избор руте

На ефикасност прикупљања отпада може утицати избор одговарајуће руте, а такође правилним одабиром руте се могу остварити и значајне уштеде новца. Највећи проблем избора руте је да се утврди оптимална путања кретања возила кроз зону сакупљања. Најчешће решење је да се отпад најпре одлаже на најближем месту за одлагање, а потом на следећој најближој локацији. Означавање руте приказано је на слици 2.9.

У процесу оптимизације кретања комуналних возила постоји неколико важних правила:

- Руте не треба да се преклапају и морају бити компактне,
- Тачка са које почиње прикупљање отпада требало би да буде ближа гаражи возила што је више могуће,
- Требало би избегавати улице са великом густином саобраћаја за време шпица,

- У случају слепих улица, прикупљање отпада треба обављати када су контејнери са десне стране улице,
- На узвишењима, прикупљање се обавља низбрдо како би се камион спуштао,
- Кретања око блокова треба да буду у смеру казаљке на сату,
- У – окретања, се могу избећи уколико се никад не остави једна двосмерна улица као једини приступ или излаз из чворишта.



Слика 2.9 *Означавањеруте*

Појам рута представља путању једног комуналног возила у току једног радног дана. Рута може да се састоји из једне или више тура. Дефинисање одговарајуће руте прикупљања комуналног чврстог отпада је могуће постићи коришћењем програма који на основу потребних информација и позиције контејнера, која се дефинише помоћу GPS уређаја, дефинишу оптималну руту прикупљања.

3. Методологија за мониторинг процеса прикупљања комуналног отпада применом GIS и GPS технологија

Компаније које у свом раду поседују и користе већи број возила, имају потребу за системом који ће им омогућити лоцирање возила у сваком тренутку, као и надгледање и праћење њиховог кретања. Основни задатак ових система је повећање ефикасности коришћења возила за прикупљање комуналног отпада и смањење трошкова њихове експлоатације. Знатно смањење цена GPS пријемника високе прецизности је доста допринело распрострањености система за праћење и контролу возила.

Географски информациони систем представља организован скуп рачунарског хардвера, софтвера, података, особља и мрежа ради ефикаснијег прикупљања, складиштења, руковања, анализе, моделовања, преноса и приказа свих облика просторних информација. Заснован је на својеврсним принципима, а најпродорнија реч која га описује је интеграција. Снага географског информационог система је у његовој способности да интегрише, односно уједини просторне и непросторне информације.

Интеграција у GIS концепту има два значења:

- Да везује просторне информације о објектима у јединствен модел,
- Да преноси заједно просторне податке из бројних извора, укључујући инструментална мерења са терена, карте, сателитске фотографије, писани текст и статистичке податке.

GIS сензори имају могућност да директно скенирају неке од наведених података. Уколико оператер скенира фотографију или мапу, посебним софтвером их конвертује и даље их представља и користи као GIS базу података [6].

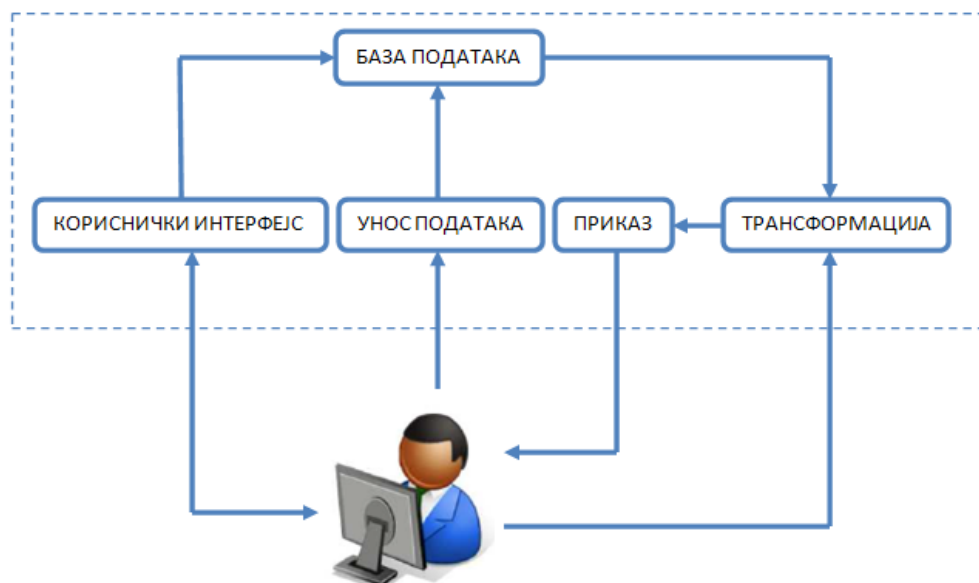
3.1. Компоненте географских информационих система

GIS садржи три основне компоненте које, да би систем функционисао, морају бити усклађене:

1. Компјутерски хардвер,
2. Софтверски модели, и
3. Одговарајући организациони садржај, односно обучене људе.

Основу сваког GIS-а, поред наведених компонената, чине свакако и подаци.

Систем функционалних делова GIS-а приказан је на слици 3.1.



Слика 3.1 Функционални делови GIS-а

3.1.1. Компјутерски хардвер

GIS хардверске компоненте чине пре свега рачунар, скенери, меморијски уређаји, дигитајзери, плотери, штампачи и рачунарске мреже, приказане на слици 3.2.



Слика 3.2 Главне хардверске компоненте GIS-а

Рачунар поседује хард диск за меморисање података, а додатна меморија се може обезбедити CD-DVD-ROM-овима и сличним уређајима.

Дигитајзер се састоји од табле и курсора и служи за конверзију аналогних података са папирних карата у дигиталне форме које се могу унети у GIS.

Скенер представља улазни уређај помоћу којег можемо брзо и ефикасно да конвертујемо аналогне податке у дигиталне слике, цртеже или текст.

Плотер представља излазни аутоматизован технички цртач који служи за израду GIS приказа на филму или цртежу. Примењује се за израду цртежа одличног квалитета и великих димензија.

Штампачи су уређаји који користе електронски пренос туша из кетрица на папир, односно тушеви различитих боја се испуштају кроз танке млазнице штампача, као одзив на електронске сигнале које шаље GIS.

Електронским мрежама постиже се комуникација између рачунара, коришћењем оптичких водова или преко телефонских линија [7].

3.1.2. Софтверски модели

GIS софтверски модели садрже функције потребне за уношење, креирање и чување информација. Овај софтверски модел не укључује само GIS софтвер, него и различите софтвере база података, цртачке софтвере, статистичке софтвере, софтвере за обраду дигиталних слика и слично. Структура софтверског модела у GIS-у приказана је на слици 3.3.

Софтверски модели GIS-а морају да испуњавају следеће услове:

- Треба да имају просторну базу података,
- Да имају способност да манипулишу и анализирају просторне информације из базе података,
- Да поседују механизам за повезивање атрибута и просторних података.



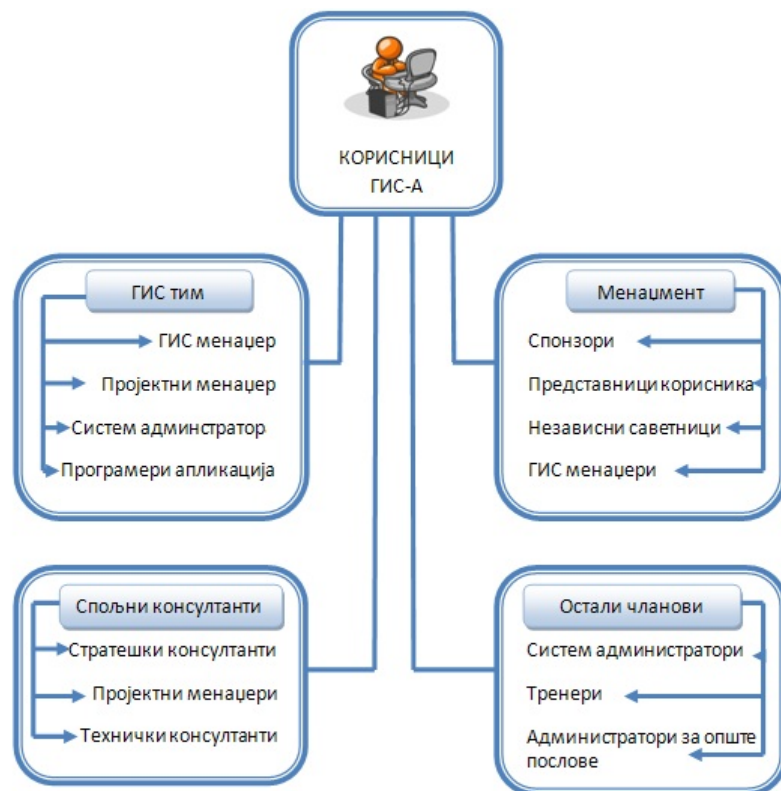
Слика 3.3 Софтверска архитектура у GIS-у

Уколико би се један од модула, софтверског модела GIS-а, изоставио, систем би комплетно био изгубљен и не би имао назив и функције GIS-а.

3.1.3. Образовни људски кадар

За најповољнији развој и примену GIS-а неопходно је да корисници поседују одређени ниво образовања. Поседовање знања за рад са GIS-ом, потребно је за коришћење расположивих и развијање нових апликација. Иако олакшавају поједине операције, ни најсавршенији хардвер и софтвер не могу да замене улогу човека у свим фазама потребним за изградњу GIS апликација [7].

Образовни људски кадрови креирају GIS пакете, баве се анализом у окружењу уз поседовање општих знања о процесима и одличног познавања основних GIS функција. Многи видови коришћења GIS-а захтевају ангажовање већег броја људи. Углавном се у оквиру сложенијих GIS пројеката, функцијама GIS-а баве тимови стручњака. У зависности од величине и сложености пројекта, формира се тачан број тимова и њихова прецизна улога у пројекту. Сви значајни пројекти GIS-а су под сталним надзором и контролом менаџмента компаније, али и под надзором крајњих GIS корисника. На слици 3.4 приказане су главне улоге тимова у средњим или великим GIS пројектима.



Слика 3.4 *Могуће врсте тимова у средњим и великим GIS пројектима*

3.1.4. GIS база података

База података представља скуп међусобно повезаних података који служе једној или више апликација на оптималан начин, при чему су подаци независни од програма који их обрађује. Најважнија компонента географског информационог система је база података у којој су подаци сортирани како не би дошло до дуплирања појединих података. База података је доступна широком броју корисника, а ажурирање података је веома битан процес уношења нових и измене постојећих података. Употребна вредност географских информација је у поседовању података о локацијама, границама, растојањима и слично.

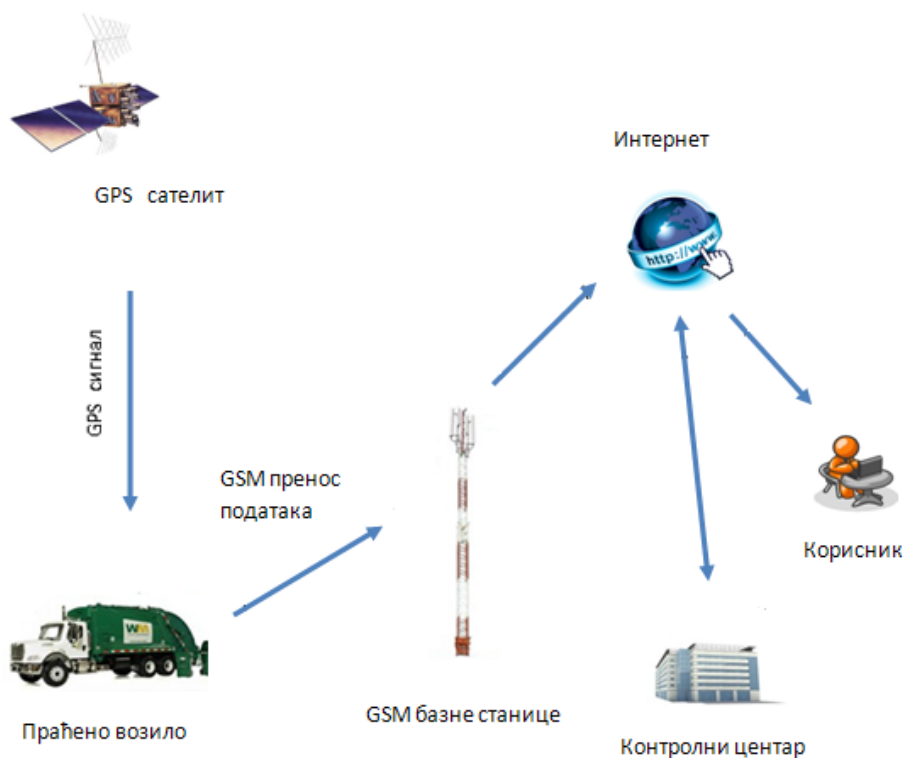
Подаци се састоје од речи, бројева, слике, звука, текста, дијаграма, табела или симбола, и могу да означавају број становника, број рачунара, температуру ваздуха на одређеној локацији и слично [8].

3.2. Улога GIS-а у процесу прикупљања комуналног чврстог отпада

Географски информациони систем се може користити на различите начине. Има могућност да препозна, анализира и повеже просторне везе између различитих појава на мапи и на тај начин омогућава повезивање различитих информација и праћење резултата пројеката. GIS је веома распрострањен у области управљања отпадом, и највише се примењује за одређивање локације за депонију, трансфер станицу или постројење за третман комуналног отпада. Користи се и за оптимизацију процеса прикупљања и транспорта комуналног отпада, кроз одређивање најкраће путање кретања комуналног возила, смањење укупног трајања руте, смањење емисија штетних гасова, смањење броја потребних возила, итд [6].

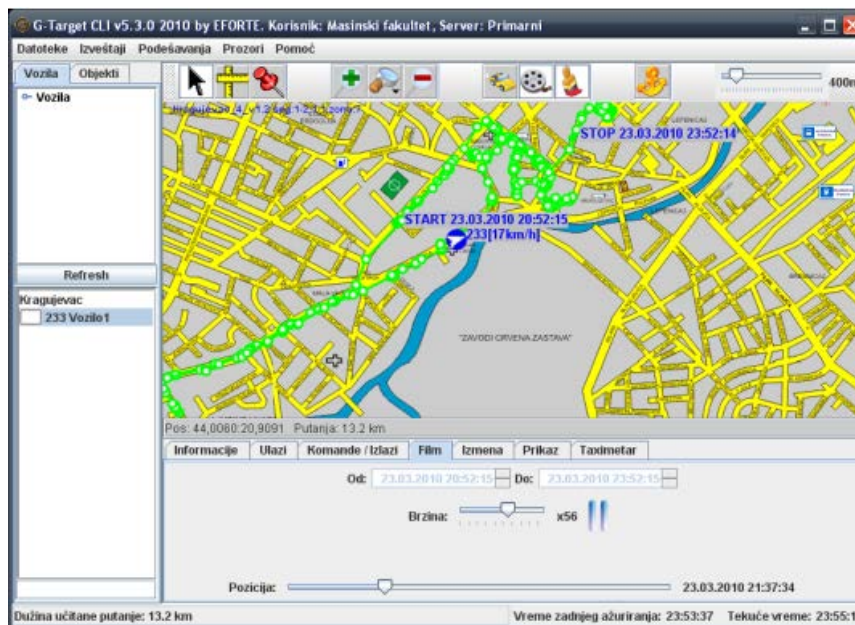
Као један од начина за смањење трошкова и постизање веће економичности у процесу прикупљања и транспорта комуналног отпада, је смањење укупне дужине пређеног пута комуналног возила. Коришћењем GIS/GPS технологија, у већим европским градовима, се врши праћење комуналних возила за прикупљање отпада. Комунално возило које се посматра и прати има уграђен GPS уређај и инсталиран софтвер за надзор возила путем интернета. Помоћу одговарајућег програма, корисник посматра своја возила на географској карти, приказује податке и задаје команде уређају у возилу. На слици 3.5 приказана је GIS/GPS технологија за праћење комуналних возила.

Циљ коришћења ове технологије је да се утврде оптималне руте за прикупљање и транспорт отпада, као и да се упореде трошкови транспорта између постојећих и оптимизованих рута.



Слика 3.5 Праћење комуналних возила коришћењем GIS/GPS технологија

Применом нових и напредних софтверских пакета, постоји могућност праћења тренутне позиције возила на мапи града. Мапе које се примењују нису увек исте, па се код сложенијих система примењују специјално дизајниране дигиталне мапе града, док се код једноставнијих система возила прате на Google мапи. Праћење комуналног возила у софтверском пакету G Target CLI приказано је на слици 3.6.



Слика 3.6 Праћење комуналног возила у софтверском програму G Target CLI путем интернета

Применом GIS софтверског пакета могуће је евидентирати уштеде на дужини путање прикупљања и транспорта отпада. На основу параметара, као што су врста контејнера и возила, густина насељености, стопа стварања отпада и мрежа улица, може се утврдити најефикаснија путања за транспорт отпада до његовог коначног одлагалишта, односно депоније. GIS модел се може користити као подршка компаније за ефикасније управљање дневним операцијама транспорта комуналног отпада, смањење потрошње горива, прављење распореда за раднике и возила, као и равномерније оптерећење возила отпадом. На укупну потрошњу горива, поред дужине пређеног пута, утиче и нагиб пута.

Географски информациони систем се такође примењује за повећање ефикасности прикупљања различитих врста отпада. Развијени су модели за одвојено прикупљање кабастог отпада, медицинског отпада и рециклабилног отпада. Оптимизацијом путања кретања возила за прикупљање и транспорт отпада и смањењем дужине пређеног пута, смањује се укупно време које је потребно за овај процес. На укупне трошкове прикупљања отпада утиче и број возила и радника ангажованих за овај процес, број потребних контејнера и оптималан просторни распоред и оптимална учесталост пражњења контејнера. Уколико је учесталост прикупљања отпада већа од потребне, долази до пражњења контејнера који нису довољно пуни и на тај начин се непотребно увећавају трошкови. С друге стране, уколико је учесталост прикупљања отпада мања од оптималне, долази до нагомилавања отпада поред контејнера што нарушава изглед животне средине у којој живимо.

3.3.Глобални позициони систем (GPS)

GPS (*GlobalPositioning System*) представља потпуно функционалан глобални сателитски навигациони систем, који се састоји од 24 активна сателита распоређених око Земље и који шаљу сигнал на површину Земље. На основу ових сигнала, GPS пријемници могу да одреде своју позицију (надморску висину, географску дужину и географску ширину), на било ком месту на планети, при свим временским условима. Глобални позициони систем се примењује као глобални сервис у разним областима, у научне и комерцијалне сврхе: навигација на земљи, мору и у ваздуху, одређивање тачног времена, мапирању земљишта, откривању земљотреса и слично [6].

GPS систем развијен је од стране Министарства одбране САД-а под службеним називом NAVSTAR GPS и првенствено се користио у- војне сврхе, али већ од 1980. године потпуно бесплатно је стављен на располагање цивилима као јавно добро. Цена одржавања GPS система на годишњем нивоу износи око 750 милиона америчких долара [8].

Прецизност GPS система је већа од било ког радио-навигацијског система до сада. Уређај GPS система прорачунава своју позицију на основу мерења удаљености од најмање три сателита. Што је већи број сателита који се прате, већа је и прецизност мерења. Одмах по укључењу GPS уређај лоцира доступне сателите и одржава задовољавајући пријем и у условима који су отежани: високе зграде, густа шума и слично. Сваки сателит емитује микроталасни сигнал који препознаје сваки GPS уређај. Док прима сигнал, уређај има могућност да одреди време које протекне од емитовања сигнала са сателита до пријема на својој позицији, а такође и прима информацију о тренутном положају сателита са ког се емитује. Пошто микроталасни сигнал путује познатом брзином, удаљеност уређаја од сателита се прорачунава на основу тог времена. Ако је позната удаљеност уређаја од сателита и позиција сателита, поступком трилатерације се одређује позиција GPS уређаја. Рачунање позиције помоћу сателита приказано је на слици 3.7.



Слика 3.7 Рачунање позиције помоћу сателита

Један од GPS уређаја за тренутно давање позиције и висине и/или тачног времена кориснику је ручни GPS уређај приказан на слици 3.8. GPS се код навигацијских апликација користи у саставу навигацијских система који садрже информације о окружењу, као нпр. GPS систем у возилу који поседује мапе путева и градова, и који прати где се возило у датом тренутку налази и којим путевима се креће (слика 3.9) или GPS систем у ваздухопловима који контролише да ли се авион креће по прописаним ваздушним путевима и рутама за прилаз и одлет авиона.



Слика 3.8 РучниGPS уређај



Слика 3.9 Навигациони GPS уређај у аутомобилу

4. Математички модели за прорачун еколошких показатеља процеса сакупљања чврстог отпада

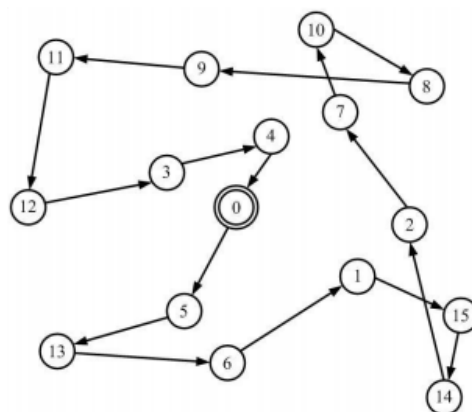
Власти и други приватни субјекти широм света, због све веће бриге за животну средину, имају за циљ минимизацију штетних ефеката на друштво као што су: загађење животне средине, неконтролисана потрошња природних ресурса, коришћење земљишта, токсични ефекти на екосистем и емисија штетних гасова (CO_2 , CO , CH_4 , NO_2 ...).

Да би се постигло смањење нивоа CO_2 , потребно је посветити више пажње од стране научне заједнице. Значајни извори емисије гасова стаклене баште су електране, индустријски производни процеси и транспорт. Сектор транспорта је тренутно одговоран за 26% од укупне емисије гаса, са предвиђањем да ће се емисија гасова повећати на 41% до 2050. године. САД-ов саобраћајни систем је највећи на свету и емитује више од 180 милиона тона CO_2 годишње. У Великој Британији, транспортни сектор је трећи највећи извор емисије штетних гасова. Само теретни саобраћај у овој земљи је одговоран за 22% емисије CO_2 , што је приближно 33,7 милиона тона годишње.

У циљу смањења потрошње горива и последично великих количина издувних гасова развијен је читав низ математичких модела за проналажење оптималних путања возила. Основе овог проблема биће приказане у наставку.

4.1. Проблем рутирања возила

Један од најпознатијих проблема оптимизационе комбинаторике је проблем рутирања возила (VRP – VehicleRouting Problem). Састоји се од пројектовања оптималних рута возила за испоруку робе из централног складишта до географски расутих купаца, уз постојећа ограничења као што су дужина руте, временски интервали, капацитет возила и слично. Потребно је возилом обићи само једном све локације, тако да је пређено растојање најмање. На крају своје руте, свако возило се мора вратити у складиште из ког је кренуло. Порекло проблема рутирања возила води од проблема трговачког путника (TSP- TravellingSalesman Problem). Овај проблем подразумева да су задате локације које трговачки путник треба да посети и то само једном, одређеним редоследом и да при том пређе најмање растојање. Један такав проблем приказан је на слици 4.1, где 0 представља почетну локацију.

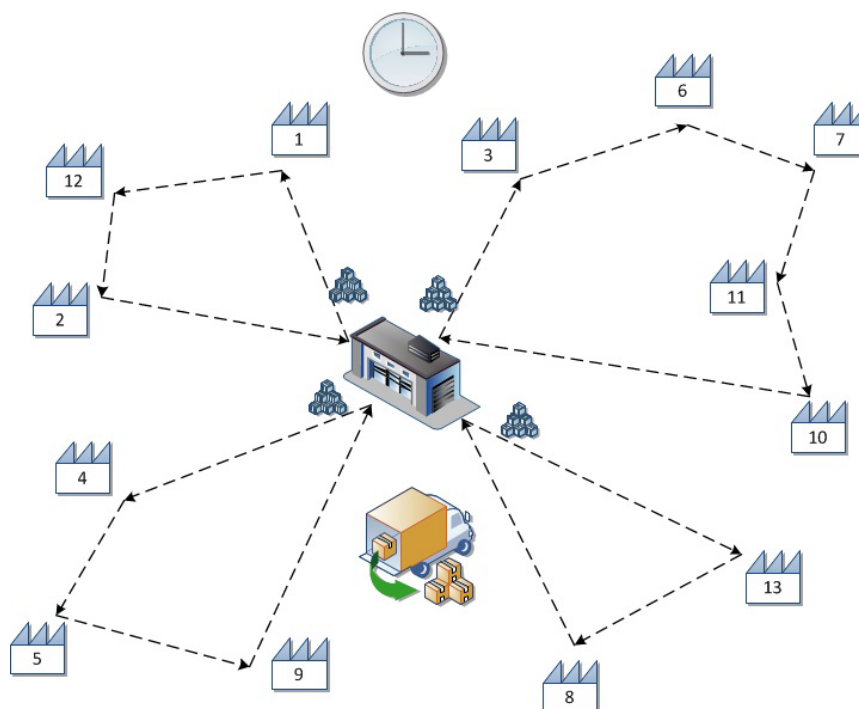


Слика 4.1 Проблем трговачког путника [9]

4.2. Планирање зелене руте возила

У овом делу о проблему рутирања возила посвећена је пажња заштити животне средине, а посебно смањењу емисије угљен диоксида. Термин којим је означена ова врста проблема је Зелена рута.

Проучавањем емисија насталих током једне руте кретања возила, долази се до фактора који утичу на потрошњу горива. У процени емисије гасова у атмосферу, брзина возила је најважнији фактор. Такође битни фактори су и пређени пут, тежина оптерећења и дистрибуција, мотор возила, дизајн возила, начин управљања возилом, односно стил вожње, нагиб пута, величина мотора, старост возила и време за које возило обиђе руту. На слици 4.2 приказан је проблем рутирања возила са временским ограничењем (VRPTW– VehicleRouting Problem with Time Windows).



Слика 4.2 Графички приказ VRPTW

4.3. Анализа математичких емисионих модела за теретни саобраћај

Сектор транспорта је један од највећих емитера штетних гасова, посебно CO₂. Друмски саобраћај представља 92% ових емисија. Повећање теретног саобраћаја директно утиче на животну средину, па због тога одлука о смањењу емисија постаје све важнија. Емисија CO₂ код транспортних возила директно је пропорционална потрошњи горива.

Постоје два начина за процену потрошње горива возила и то:

- Мерења на путу – која се заснивају на прикупљању података о емисијама гасова у реалном времену,
- Аналитички модели потрошње горива који процењују потрошњу горива на бази утицаја животне средине, различитог типа возила и саобраћајних параметара као што су: брзина возила, оптерећења и убрзање.

Мерење и избор врсте и природе емисија нивоа CO₂ су веома важни како би се обезбедила прецизна процена у планирању транспортних активности. Постоји читав низ различитих аналитичких модела емисије који се разликују у начинима на који процењују потрошњу горива или емисију гаса [10].

У овом поглављу представљен је упоредни преглед неких доступних модела емисије возила, развој истих и њихова примена.

4.3.1. Модел тренутне потрошње горива

Модел процене емисије енергије, назван модел тренутне потрошње горива или укратко тренутни модел, описао је Bowyer [11]. Овај модел је наставак модела енергије који је објавио Kent [12]. Модел користи карактеристике возила као што су: маса, енергија, параметри ефикасности, вучна сила, и компоненте потрошње горива везане за отпор ваздуха и отпор котрљања, и даје приближну вредност потрошње горива у секунди. Модел тренутне потрошње горива претпоставља да се промене нивоа убрзавања и успоравања јављају у временском интервалу од једне секунде. Тренутна потрошња горива се израчунава према следећој једначини:

$$f_t = \begin{cases} \alpha + \beta_1 R_t V + (\beta_2 + M\tau^2 V/1000) & \text{за } R_t > 0 \\ \alpha & \text{за } R_t < 0 \end{cases} \quad (4.1)$$

$$f_t = \begin{cases} \alpha + \beta_1 R_t V + (\beta_2 + M\tau^2 V/1000) & \text{за } R_t > 0 \\ \alpha & \text{за } R_t < 0 \end{cases} \quad (4.2)$$

где су:

f_t – потрошња горива по јединици времена (ml/s)

R_t – укупна вучна сила (KN)

τ – убрзање (m/s^2)

M – маса возила (kg)

α – потрошња горива приликом празног хода мотора

β_1 – потрошња горива по јединици енергије

β_2 – потрошња горива по јединици енергије – убрзања

V – запремина мотора

Укупна вучна сила која тежи да помери возило израчунава се као збир отпора силе, инерције силе и степена силе:

$$R_t = b_1 + b_2 v^2 + \frac{M\tau}{1000} + \frac{gM\omega}{1000} \quad (4.3)$$

Где су:

ω – оцена квалитета (%)

b_1 – ваљање вучне силе (kN)

b_2 – ваљање аеродинамичке силе ($\text{kN}/(\text{m/s}^2)$)

v – брзина (m/s^2)

t_o – време пута

g – гравитациона константа

Користећи модел тренутне потрошње горива, укупан износ потрошње горива $F_t(\text{mL/s})$ за време путовања се израчунава према следећем изразу:

$$F_t = \int_0^{t_o} f_t^+ dt + \int_0^{t_o} f_t^- dt \quad (4.4)$$

Гдесу:

$$f_t^+ = \begin{cases} \alpha + \beta_1 R_t V + (\beta_2 + M\tau^2 V/1000) & \text{за } R_t > 0 \\ 0 & \text{за } R_t \leq 0 \end{cases} \quad (4.5)$$

и

$$f_t^- = \begin{cases} \alpha, & \text{за } R_t > 0 \\ 0, & \text{за } R_t \leq 0 \end{cases} \quad (4.6)$$

Тренутни модел функционише на нивоу микро обима и погодан је за процену емисија за кратко путовање. Модел не користи макро – ниво податке као што је број заустављања. Може узети у обзир убрзање, успорење и празан ход мотора. Користећи податке из специјалних експеримената у Мелбурну, Bower [11] је показао да модел може да приближи потрошњу горива унутар маргина грешке до 5%, за кратке релације.

4.3.2. Елементарни модел потрошње горива за 4 режима

Модел потрошње горива за четири режима описао је Bower [11]. Модел процењује потрошњу горива за сваки од четири следећа начина вожње: убрзање, успоравање, кретање равномерном брзином и рад мотора на празном ходу. Овај модел укључује исте параметре као модел тренутне потрошње горива, али уводи и нове параметре као што су почетна брзина, брзина и енергетски параметри. Модел захтева податке који се односе на укупну раздаљину, брзину, време мировања и просечан нагиб пута. Возило се налази у стању мировања када мотор ради, али је брзина мања од 5 km/h. Прецизнији подаци се могу добити ако су познате вредности почетне и коначне брзине за свако убрзавање и успоравање.

Модел се састоји од четири функције F_a , F_d , F_c , и F_i који одговарају процени потрошње горива (mL) за убрзавање, успоравање, константну брзину кретања и време рада мотора на празном ходу. Ове функције су детаљније описане у наставку.

4.3.2.1. Потрошња горива током убрзања F_a

Следећа функција се може користити за израчунавање количине потрошеног горива у фази убрзавања од почетне брзине v_i до коначне брзине v_f :

$$F_a = \max\{\alpha t_a + (A + k_1 B(v_i^2 + v_f^2) + \beta_1 M E_k + k_2 \beta_2 M E_k^2 + 0,0981 \beta_1 M \omega) x_a, \alpha t_a\} \quad (4.7)$$

t_a — време убрзавања

v_i — почетна брзина

v_f — коначна брзина

E_k — промена кинетичке енергије по јединици удаљености током убрзања

A — параметар функције (mL/km)

B — параметар функције (mL/km/(km/h)²)

x_a — растојање убрзавања

k_1 — коефицијент интеграције

k_2 — коефицијент интеграције

Промена кинетичке енергије по јединици убрзавања се израчунава према следећој једначини:

$$E_k = 03858 \cdot 10^4 (v_f^2 - v_i^2) x_a \quad (4.8)$$

Осим тога, коефицијенте интеграције може се израчунати на следећи начин:

$$k_1 = 0.616 + 0,000544 v_f - 0,0171 \sqrt{v_i} \quad (4.9)$$

и

$$k_2 = 1.376 + 0,00205 v_f - 0,00538 v_i \quad (4.10)$$

Уколико удаљеност убрзавања и време путовања нису познати, они се могу проценити према следећим једначинама:

$$x_a = m_a(v_i + v_f)t_a/3600 \quad (4.11)$$

$$m_a = 0,467 + 0,00200v_f - 0,00210v_i \quad (4.12)$$

$$t_a = \frac{(v_f - v_i)}{2.08} + 0,127\sqrt{v_f - v_i} - 0,0182v_i \quad (4.13)$$

4.3.2.2. Потрошња горива током успорења F_d

Следећа функција се може користити за израчунавање количине потрошеног горива у фази успоравања од почетне брзине v_i до коначне брзине v_f :

$$F_d = \max\{\alpha t_d + (k_x A + k_y B(v_i^2 + v_f^2) + k_a \beta_1 M E_k + k_x \beta_1 M E_k^2 + 0,0981 \beta_1 M \omega) x_d, \alpha t_d\} \quad (4.14)$$

Одакле су

$$k_x = 0,046 + \frac{100}{M} + 0,00421v_i + 0,00260v_f + 0,05444\omega \quad (4.15)$$

$$k_y = k_x^{0,75} \quad (4.16)$$

$$k_a = k_x^{3,81}(2 - k_x^{3,81}) \quad (4.17)$$

$$k_1 = 0,621 + 0,000777v_i - 0,0189\sqrt{v_f} \quad (4.18)$$

4.3.2.3. Потрошња горива при кретању возила константном брзином F_c

Следећа функција се може користити за израчунавање укупног износа потрошње горива по возилу током ове фазе која омогућава промене брзине:

$$F_c = \max\left\{\frac{f_i}{v_c} + A + Bv_c^2 + k_{E1}\beta_1 M E_{k+} + k_{E1}\beta_2 M E_{k+}^2 + 0,0981 k_G \beta_1 M \omega, \quad f_i/v_c\right\} x_c \quad (4.19)$$

f_i — стопа потрошње горива када возило мирује (mL/h)

v_c — просечна брзина (km/h)

x_c — растојање (km)

Промена укупне позитивне кинетичке енергије по јединици удаљености током овефазе се израчунава према следећем изразу:

$$E_{k+} = \max\{0,258 - 0,0018v_c\} \quad (4.20)$$

а остали параметри се рачунају према следећим једначинама:

$$k_{E1} = \max\left\{\frac{12.5}{v_c} + 0,000013v_c^2\right\} \quad (4.21)$$

$$k_{E2} = 3,17 \quad (4.22)$$

$$k_G = 1 - 2,1E_{k+} \quad \text{за } \omega < 0 \quad (4.23)$$

$$k_G = 1 - 0,3E_{k+} \quad \text{за } \omega > 0 \quad (4.24)$$

4.3.2.4. Потрошња горива при раду мотора на празном ходу F_i

Следећа функција се може користити за израчунавање укупне потрошње горива када се возило налази у стању мировања:

$$F_i = \alpha t_i \quad (4.25)$$

t_i — времемиравања возила(s)

α — стопа потрошње горива у стању мировања (mL/s)

Укупна потрошња горива F_t , користећи модел потрошње горива за четири режима вожње, може се израчунати на следећи начин:

$$F_t = \int_0^{t_a} F_a dt + \int_0^{t_d} F_d dt + \int_0^{t_c} F_c dt + \int_0^{t_i} F_i dt \quad (4.26)$$

Елементарни модел претпоставља минималан губитак информација у вожњи и самим тим минималан губитак тачности у проценама потрошње горива. Модел је бољи за процену потрошње горива за кратка путовања. Међутим, његов велики број параметара и постојање четири различита режима може отежати спровођење овог модела у пракси, у поређењу са другим доступним моделима.

4.3.3. Модел потрошње горива у зависности од брзине кретања

Модел потрошње горива у зависности од брзине кретања је увео Bowyer [11]. Модел посебно рачуна потрошњу горива током периода када се возило креће и у периоду када возило мирује. Укупна потрошња горива, применом овог модела, израчунава се на следећи начин:

$$F_s = \max \left\{ \alpha t_i + \left(\frac{f_i}{v_r} + A + B v_r^2 + k_{E1} \beta_1 M E_{k+} + k_{E2} \beta_2 M E_{k+}^2 + 0,09810 k_G \beta_1 M \omega \right) x_s, \alpha t_s \right\} \quad (4.26)$$

где су

F_s – укупна потрошња горива (mL)

x_s – укупна дистанца

v_r – просечна брзина кретања (km/h)

t_s – време путовања

t_i – време мировања

Просечна брзина може да се израчуна према следећем изразу:

$$v_r = 3600 x_s / (t_s - t_i) \quad (4.27)$$

Остали параметри се рачунају према следећим једначинама:

$$E_{k+} = \max \{ 0,35 - 0,0025 v_r \} \quad (4.28)$$

$$k_{E1} = \max \left\{ 0,675 - \frac{1,22}{v_r} \right\} \quad (4.29)$$

$$k_{E2} = 2,78 + 0,0178 v_r \quad (4.30)$$

Модел потрошње горива у зависности од брзине кретања је проширење тренутног модела, а може се посматрати као груписање елементарног модела. Убрзање, успоравање и режими брзине се посматрају заједно унутар једне функције. Међутим, овај модел не узима у обзир неактиван режим вожње. Модел се може применити у различитим ситуацијама у саобраћају, у распону од кратких до дугих путовања, иако је више користан за процену потрошње горива за дуга путовања [10].

4.3.4. Свеобухватни модел емисија

Свеобухватни модел емисија за тешка теретна возила су развили и представили Barth [13]; Scora и Barth [14] и Barth и Voriboonsomsin [15].

Из тога следи у извесној мери модел који је представио Ross [16] и састоји се од три модула; Снаге мотора, броја обртаја мотора и цене горива, који су сажети на следећи начин:

1. Модул снаге мотора

Функција потражње снаге за возило је добијена из укупних потреба вучне снаге P_{tract} (kW) постављене на точковима возила:

$$P_{tract} = (M\tau + Mg \sin \theta + 0,5C_d\rho Av^2 + MgC_r \cos \theta)v/1000 \quad (4.31)$$

Да би се пренела вучна сила у снагу мотора, коришћен је следећи однос:

$$P = \frac{P_{tract}}{\eta_{tf}} + P_{acc} \quad (4.32)$$

где су

$P(kW)$ – снага мотора

η_{tf} – ефикасност погона возила

P_{acc} – неопходна снага мотора потребна да надокнади текуће губитке мотора и рада додатне опреме у возилу, као што је нпр. коришћење клима уређаја.

2. Модул броја обртаја мотора

Број обртаја мотора усклађен је са брзином возила:

$$N = S(R(L)/R(L_g))v \quad (4.33)$$

где су

$N(rpm)$ – број обртаја мотора

S – однос мотор-брзина, брзина-мотор у највишем степену преноса

$L_g, R(L)$ – је однос мењача у брзини $L= 1, \dots, L_g$

3. Модул цене горива

Цена горива је дата изразом:

$$FR = \xi(kNV + P/\eta)/44 \quad (4.34)$$

ξ – однос маса гориво-ваздух

k – фактор трења мотора

V – простор за мотор

Свеобухватни модел емисија је сличан моделу тренутне потрошње горива. Међутим, за прецизније процене, захтевају се детаљни специфични параметри за процену возила као што су: коефицијент трења мотора и број обртаја мотора возила. Barth [13] је тестирао овај модел у различитим саобраћајним сценаријима са 23 различита возила, различитих категорија технологија и различитих циклуса.

4.3.5. Модел за израчунавање емисије гасова из транспорта и модел потрошње енергије

У објави европске комисије, о факторима емисије за друмски саобраћај, описана је методологија под називом MEET, која се користи за израчунавање емисија из транспорта и потрошње енергије за тешка теретна возила [17]. Ова методологија обухвата различите процене функције, које првенствено зависе од брзине и броја фиксних и унапред дефинисаних параметара за возила у распону тежине од 3,5 до 32 тоне.

За возила чија је тежина мања од 3,5 тона, потрошња горива се процењује:

$$\epsilon = 0,0617 v^2 - 7,8227 v + 429,51 \quad (4.35)$$

За остале класе возила, MEET предлаже употребу функције у облику:

$$\epsilon = K + av + bv^2 + cv^3 + \frac{d}{v} + \frac{e}{v^2} + \frac{f}{v^3} \quad (4.36)$$

Где су:

ϵ (g/km) – стопа емисије гаса за неистоварено возило на путу са градијентом нула,

v (km/h) – просечна брзина возила.

Параметри K и a - f су унапред дефинисани коефицијенти, чије су вредности за различите класе возила дате у табели 1:

Табела 4.1 Емисиони параметри

тежина	K	a	b	c	d	e	f
3,5<тежина≤7,5	110	0	0	0,000375	8702	0	0
7,5<тежина≤16	871	-16,0	0,143	0	0	32031	0
16<тежина≤32	765	-7,04	0	0,000632	8334	0	0
тежина>32	1576	-17	0	0,00117	0	36067	0

Емисиони фактори и функције које су предложене се користе при стандардним условима тестирања (када је путни градијент нула, када је возило празно итд.) и обично се израчунава као функција просечне брзине возила. У зависности од типа возила, може бити потребан број корекција како би се утврдио утицај нагиба пута и оптерећења возила на ефекат емисија. Следећа корекција функције се користи узимајући у обзир нагиб пута:

$$GC = A_6 v^6 + A_5 v^5 + A_4 v^4 + A_3 v^3 + A_2 v^2 + A_1 v + A_0 \quad (4.37)$$

Где су:

GC – корективни фактор за нагиб пута

Коефицијенти A₀-A₆ који се користе у израчунавању GC дати су у табели 2:

Табела 4.2 Фактори нагиба пута

Тежина	A ₆	A ₅	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀	Нагиб
Тежина ≤7,5	0	-3,01E-09	5,73E-07	-4,3E-05	1,13E-03	8,13E-03	9,14E-01	[0,4]
Тежина ≤7,5	0	-1,39E-10	5,03E-08	-4,18E-06	1,95E-05	3,68E-03	9,69E-01	[-4,0]
7,5<теж.≤16	0	-9,78E-10	-2,01E-09	1,91E-05	-1,63E-03	5,91E-02	7,70E-01	[0,4]
7,5<теж.≤16	0	-6,04E-11	-2,36E-08	7,76E-06	-6,38E-04	1,79E-02	6,21E-01	[-4,0]
16<теж.≤32	0	-5,25E-09	9,93E-07	-6,74E-05	2,06E-03	-1,96E-03	1,45E-00	[0,4]
16<теж.≤32	0	-8,24E-11	2,91E-08	-2,58E-06	5,76E-05	-4,74E-05	8,55E-01	[-4,0]
тежина>32	0	-2,04E-09	4,35E-07	-3,69E-03	1,69E-03	-3,16E-02	1,77E-00	[0,4]
тежина>32	0	-1,10E-09	2,69E-07	-2,38E-05	9,51E-04	-2,24E-02	9,16E-01	[-4,0]

Следећа функција се користи узимајући у обзир фактор оптерећења:

$$LC = k + n\gamma + p\gamma^2 + q\gamma^3 + \frac{r}{v} + \frac{s}{v^2} + \frac{t}{v^3} + \frac{u}{v} \quad (4.38)$$

Где су:

LC- корективни фактор оптерећења

k и n-и су коефицијенти чије су вредности дате у табели 3.

Табела 4.3. Корективни фактори оптерећења

Тежина	k	n	p	q	r	s	t	u
тежина ≤7,5	1,27	0,0614	0	-0,00110	-0,00235	0	0	-1,33
7,5<теж.≤16	1,26	0,0790	0	-0,00109	0	0	-2,03E-7	-1,14
16<теж.≤32	1,27	0,0882	0	-0,00101	0	0	0	-0,483
тежина>32	1,43	0,121	0	-0,00125	0	0	0	-0,916

(MEET) сугерише процену емисија CO₂ (g):

$$F = \epsilon \cdot GC \cdot LC \cdot \text{растојање}$$

MEET се заснива на мерењима на путу и сви параметри у експерименту су из стварног живота. Главни недостатак овог модела је коришћење фиксних параметара возила – специфичних за свако возило у одређеној класи возила.

4.3.6. Компјутерски програм за израчунавање емисија из друмског саобраћаја

Компјутерски програм за израчунавање емисија из друмског транспорта је последњи модел који је обрађен у овом делу. COPERТ процењује емисије за све главне загађиваче ваздуха, као и ефекат стаклене баште (тј CO₂), који производе возила различитих категорија (на пример: путнички аутомобили, лака теретна возила, тешка возила, мопеди и мотоцикли). COPERТ користи велики број регресије функције за процену потрошње горива, који су специфични за возила различитих тежина.

Ове регресионе функције приказане су у табели 4.

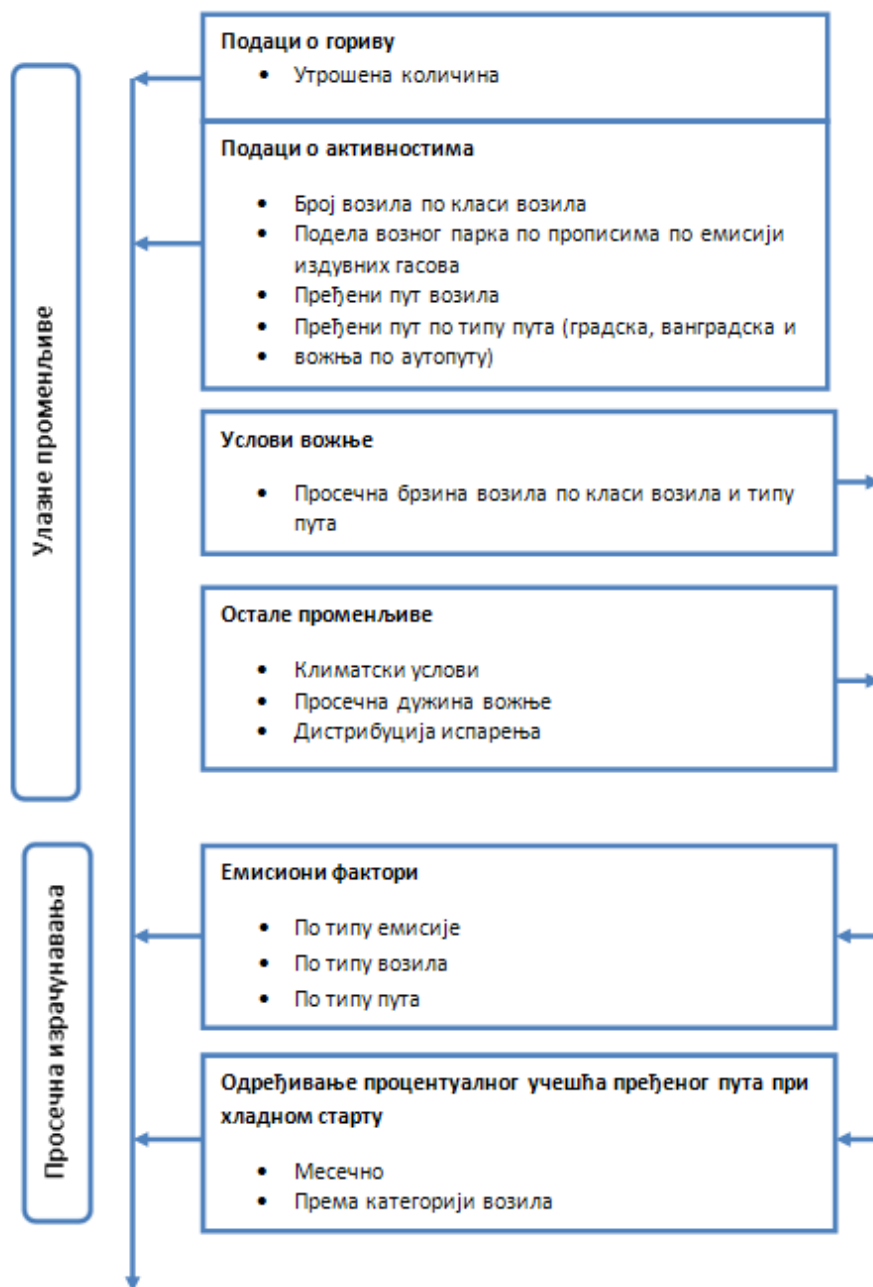
Табела 4.4 COPERТ фактор процене емисије

Тежина	Опсег брзине	Фактор емисије (g/km)
<3,5	10 - 120	$0,0198v^2 - 2,506 v + 137,42$
$3,5 < \text{теж.} \leq 7,5$	0 - 47	$1425,2 v^{-0,7593}$
$3,5 < \text{теж.} \leq 7,5$	47 - 110	$0,0082 v^2 - 0,0430 v + 60,12$
$7,5 < \text{теж.} \leq 16$	0 - 59	$1068,4 v^{-0,4905}$
$7,5 < \text{теж.} \leq 16$	59 - 110	$0,0126 v^2 - 0,06589 v + 141,18$
$16 < \text{теж.} \leq 32$	0 - 59	$1595,1 v^{-0,4744}$
$16 < \text{теж.} \leq 32$	59 - 110	$0,0382 v^2 - 5,1630 v + 399,3$
$\text{тежина} > 32$	0 - 50	$1855,7 v^{-0,4367}$

COPERТ се такође заснива на мерењима на путу, као и претходни модел. Међутим, овај модел не узима у обзир нагиб пута и убрзање возила. Један занимљив аспект овог модела је његова способност да се направи разлика између два различита опсега брзине за сваку класу возила, као што је и приказано у табели 4.

Емисија издувних гасова из транспортног возила, према овом моделу, зависи у великој мери од услова рада мотора. Тако да различити услови вожње намећу различите услове рада мотора, а самим тим и различите количине емитованих загађујућих материја. Укупна емисија штетних гасова, рачуна се комбиновањем података о активностима за сваку класу возила са одговарајућим емисионим факторима [18].

У зависности од улазних података (услова вожње, климатских услова...), разликују се емисиони фактори. На слици 4.3 шематски је приказан оквирни преглед потребних података у Copert-у.



Слика 4.3 Приказ методологије за прорачун емисије загађујућих материја

5. Примена модела на град Крагујевац

Претходно приказани математички модели примењени су за прорачун потрошње горива и емисије издувних гасова приликом процеса сакупљања и транспорта отпада. Услед ограничења у неопходним подацима за примену модела (недостатак одговарајуће мерне опреме) у наредном делу биће приказан прорачун заснован на два претходно приказана модела. У наставку се налази детаљан опис области истраживања, коришћене опреме и софтвера.

5.1. Област истраживања

Град Крагујевац налази се у централном делу Републике Србије. Седиште је Шумадијског округа и представља значајан образовни, привредни, здравствени и културни центар централне Србије.

Обављање комуналних делатности на подручју града Крагујевца поверено је Јавном комуналном предузећу „Чистоћа“. Отпад који се генерише на територији града, одлаже се на градску депонију у Јовановцу од 1966. године. Јавно комунално предузеће „Чистоћа“ је до недавно прикупљало отпад само из градских насеља, међутим од 2011. године ово предузеће је своју делатност сакупљања отпада проширило и на сеоска насеља. Корисници услуга сакупљања отпада су сва домаћинства сеоских и градских насеља на територији града Крагујевца [19].

ЈКП „Чистоћа“ за прикупљање отпада користи сопствену опрему коју чине: опрема за сакупљање, возила за транспорт отпада и механизација за рад на депонији. За прикупљање и транспорт отпада користи се возни парк који чини 20 аутосмеђара, 4 кипера и 4 подизача.

Механизација која се користи за прикупљање и транспорт отпада, показала се као неефикасна и недовољна. Просечна старост возног парка је петнаест година и то је највећи недостатак овог предузећа.

Аутосмеђари којима располаже ЈКП „Чистоћа“ приказани су у табели 5.1. Приказани су типови и произвођачи возила, година производње возила, као и њихова носивост и запремина товарног простора.

Табела 5.1 Возни парк Јавног комуналног предузећа „Чистоћа“

Редни број	Тип возила	Модел возила	Година производње	Носивост	
				Запремина (m ³)	Тона(t)
1	MAN 22-240	РОТ. ПЛОЧА	1987.	19	8,60
2	FAP 16-20	ФАУН-РОТО	1990.	16	4,94
3	FAP22-28	ВАР-ПРЕСА	1991.	19	13,00
4	MAN 24-242	РОТ.ПЛОЧА	1991.	19	9,63

5	MERC 16-17	ROT.ПРЕСА	1991.	16	5,60
6	MB 17-22	ФАУН-РОТО	1992.	16	6,80
7	MERC 29-24	ROT.ПРЕСА	1993.	19	13,35
8	MAN 18-192	ROT.ПЛОЧА	1993.	16	6,60
9	RENAULT	ROT.ПЛОЧА	1996.	16	7,20
10	MERC 25.27	ROT.ПЛОЧА	1996.	19	10,00
11	MAN16-293	ROT.ПЛОЧА	1996.	19	11,40
12	RENAULT	ROT.ПЛОЧА	1999.	19	11,40
13	RENAULT	ROT.ПЛОЧА	1999.	19	11,40
14	FAP 19-21	ROT.ПЛОЧА	2003.	15	8,00
15	FAP19-21	ROT.ПЛОЧА	2003.	15	6,68
16	ZETA 8-5.14	ROT.ПЛОЧА	2006.	5	2,71
17	MERC 18-23	ROT.ПЛОЧА	2006.	16	5,94
18	MERC 18-23	ROT.ПЛОЧА	2007.	16	5,50
19	MERC 18.23	ROT.ПЛОЧА	2007	16	5,95
20	EURO ZETA	ROT.ПЛОЧА	2009	8	5,2

5.2. Опрема за снимање карактеристика процеса прикупљања комуналног отпада

Подаци потребни за формирање база података прикупљени су посебном мерном опремом. На слици 5.1 приказан је преносни GPS уређај (GarminColorado 300).



Слика 5.1 GarminColorado 300

GarminColorado 300, уређај за навигацију, намењен је за рад на отвореном. Подаци снимљени овим уређајем пребачени су на рачунар и могу се учитати у MapSource софтвер и прегледати на постојећој мапи.

Прикупљени су подаци о брзини и смеру кретања комуналног возила, број пређених километара, као и позиција на којој се возило тренутно налази.

Количина штетних гасова емитованих приликом прикупљања и транспорта отпада се најчешће описује бројем потрошених литара горива по километру пређеног пута.

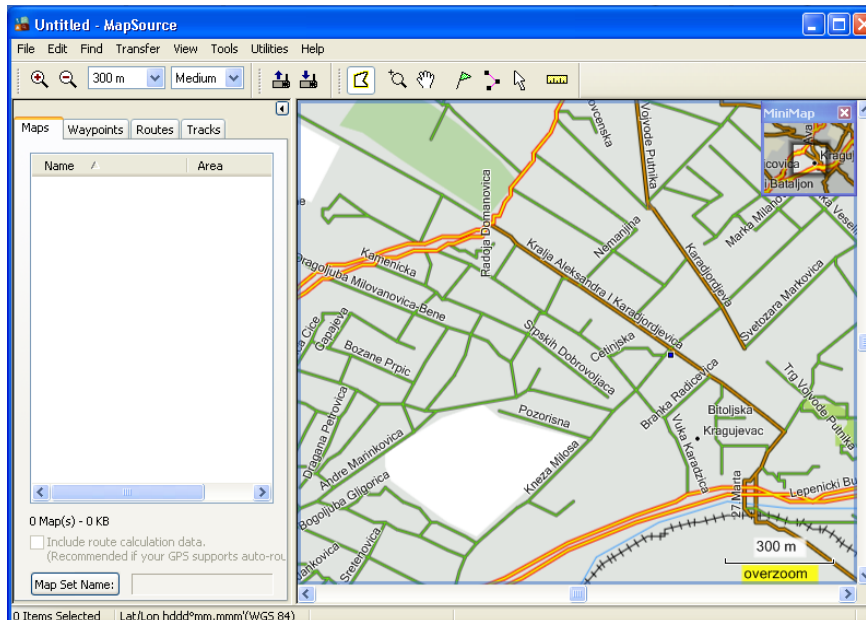
Приликом прорачуна потрошње горива и емисије издувних гасова најпожељније је да се користе подаци добијени са терена, али се могу користити и спецификације које дају произвођачи возила, као што су: просечна потрошња горива возила, емисија издувних гасова у зависности од оптерећења возила (да ли је возило празно или пуно), и слично. У процесу прикупљања и транспорта чврстог комуналног отпада. Најбитнији фактори који утичу на количину потрошње горива су растојање које возило пређе, убрзање возила, брзина возила, број заустављања, оптерећење возила, нагиб пута и други фактори.

5.3. Модели прорачуна емисије издувних гасова и потрошње горива комуналног возила, на основу података добијених помоћу GPS мерног уређаја

За процену потрошње горива и емисија издувних гасова неопходна је детаљна анализа сваке руте и потребно је прикупити и убацити у прорачун велики број параметара. Процена потрошње горива и емисије гасова у овом случају извршена је на основу података прикупљених на једној изабраној рути. Укупно растојање које возило прелази у току трајања изабране руте износи 10,21 километар.

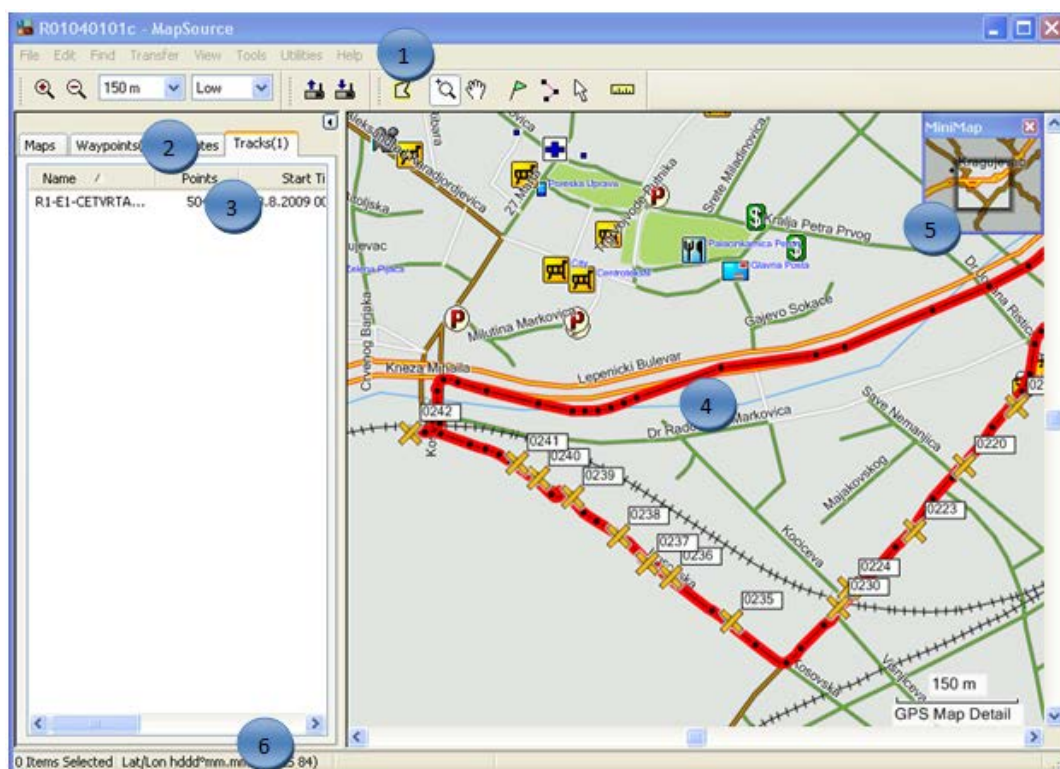
Подаци који су дефинисани су просечна брзина кретања комуналног возила, укупно растојање које је возило прешло у оквиру изабране руте, и време које је возило провело у кретању или мировању.

Добијени подаци убацују се у MapSource програм. MapSource програм приказан је на слици 5.2.



Слика 5.2 MapSource програм

Помоћу MapSource програма могу се видети постојеће тачке, руте и ознаке на карти, а могу се и креирати нове тачке и руте. Овај програм садржи све потребне алате за обраду и приказ података учитаних са Гарминовог GPS уређаја. MapSource прозор садржи шест основних делова који су приказани на слици 5.3.

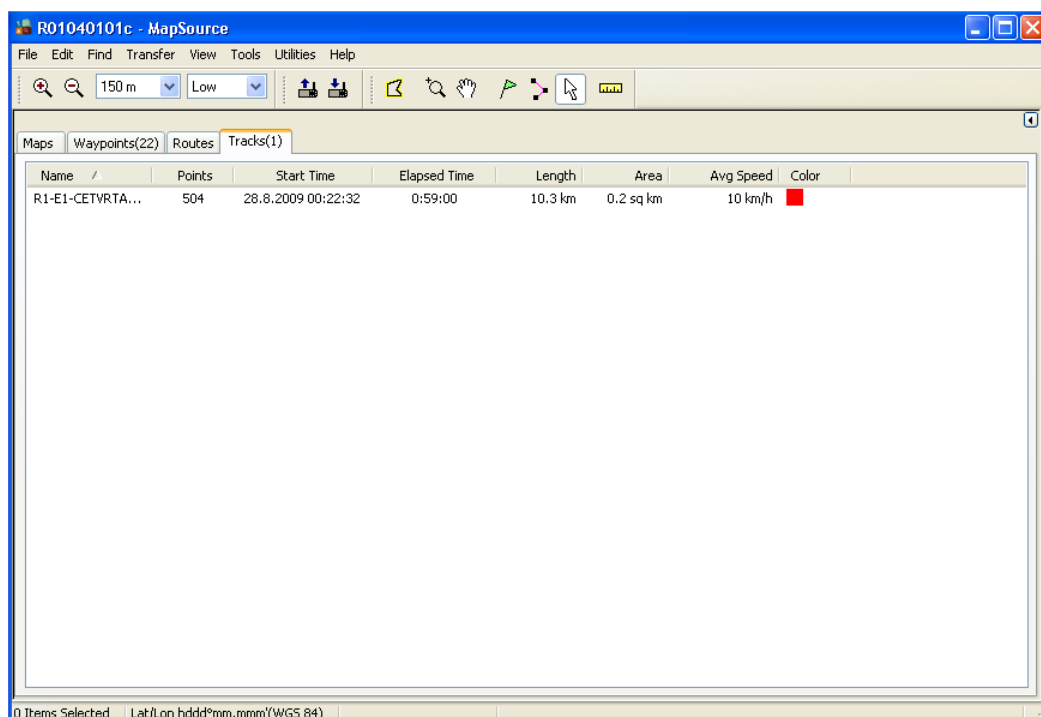


Слика 5.3 Делови MapSource прозора 1)палета алата са изборницима, 2) табела садржаја, 3) палета алата, 4) графичи приказ мапе, 5) мини мапа, 6) статусна трака

Приликом креирања или учитавања података са GPS уређаја активираће се таблице са леве стране приказа. Свака таблица приказује различити садржај. Постоје следеће таблице:

- **Maps** – представља карте које је могуће учитати у уређај или које су учитане са уређаја,
- **Waypoint** – представљају тачке које је могуће учитати у уређај или које су учитане са уређаја,
- **Routes** – су руте које је могуће учитати у уређај или које су учитане са уређаја,
- **Tracks** – представљају трагове које је могуће учитати у уређај или који су учитане са уређаја,
- **GPS** – подаци који се учитавају са GPS-а у реалном времену. При томе GPS уређај мора бити прикључен на лаптоп или рачунар. Ова могућност се може користити и у возилу.

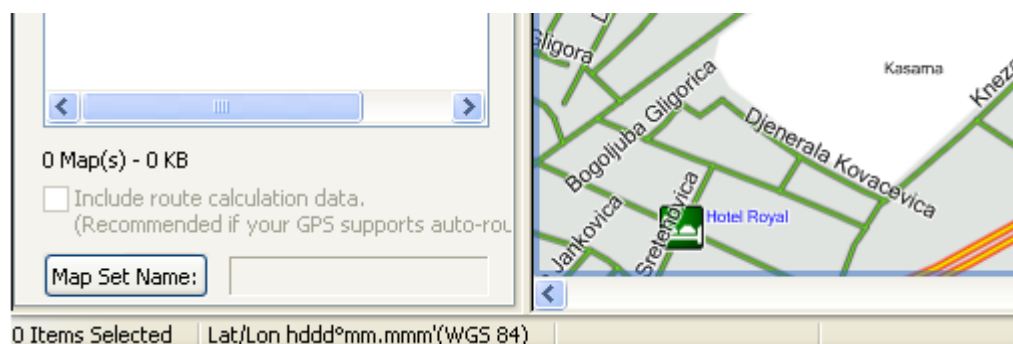
На слици 5.4 приказан је пример таблице са означеним селокупним мерењем



Слика 5.4 Таблице података

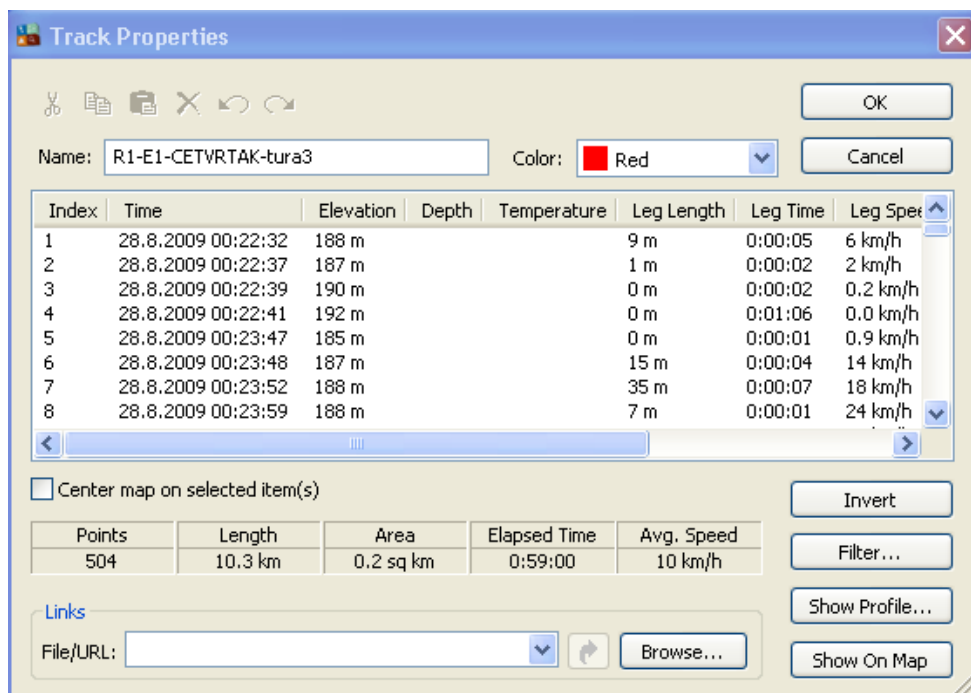
Статусна трака се налази на дну програма MapSource. Приказује податке везане за тренутну акцију (слика 5.5). Трака може да приказује географску ширину и дужину, може да показује и показивач миша када је миш постављен на карту, број опција одабране таблице, тренутни формат положаја и датум карте, као и назив и приближну величину података на карти.

Ако је одабран алат Удаљеност/Оријентација приказиваће се удаљеност и оријентација од почетне тачке.



Слика 5.5 Статусна трака

Након пребацивања података са GPS уређаја у програм, могу се прочитати податци који су потребни за прорачун потрошње горива и емисију гасова. Пример очитивања података приказан је на слици 5.6.



Слика 5.6 Подаци који су снимљени GPS уређајем

На следећој слици (слика 5.7), на мапи града, приказана је рута комуналног возила на коју је примењен модел прорачуна потрошње горива.



Слика 5.7 Приказ руте са местима прикупљања на дигиталној мапи града

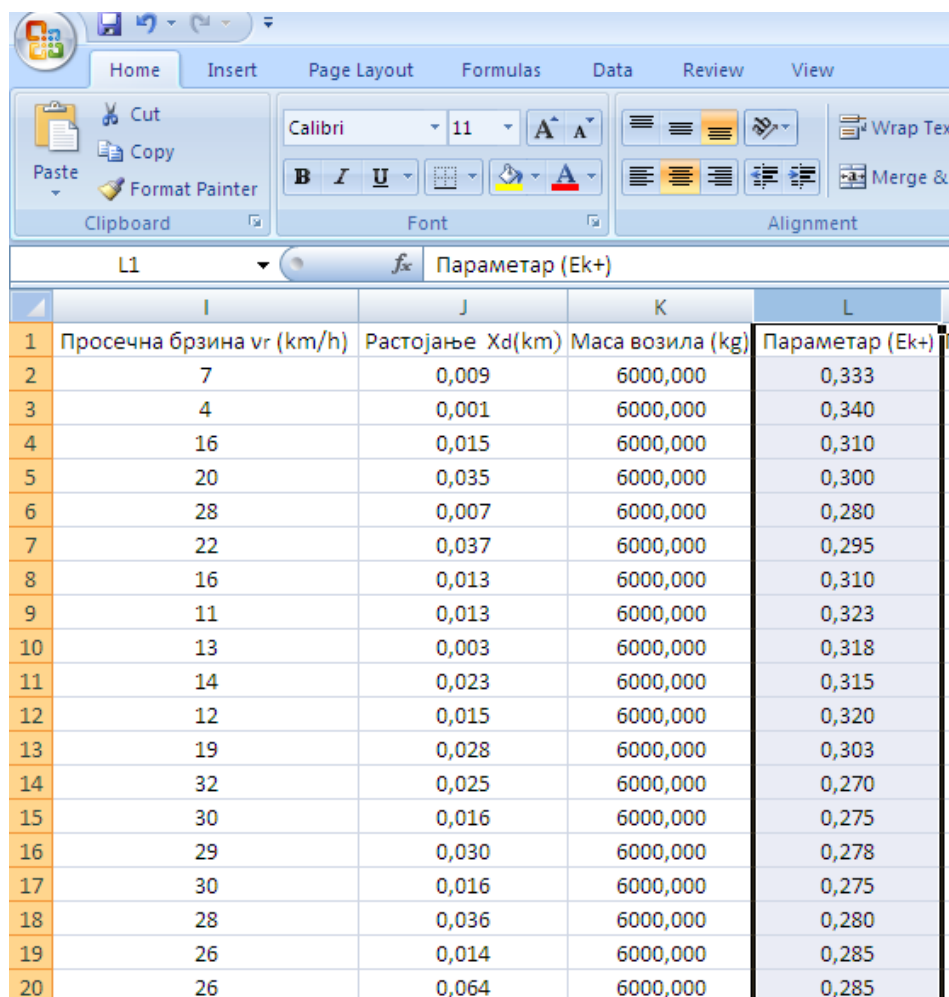
5.3.1. Модел потрошње горива у зависности од брзине кретања

Овим моделом се рачуна потрошња горива када возило мирује и у периоду када се возило креће. На основу података добијених мерењем на путу, применом овог модела израчуната је укупна потрошња горива. Укупна потрошња горива може се израчунати применом следеће једначине:

$$F_s = \max \left\{ \alpha t_i + \left(\frac{f_i}{v_r} + A + B v_r^2 + k_{E1} \beta_1 M E_{k+} + k_{E2} \beta_2 M E_{k+}^2 + 0.09810 k_G \beta_1 M \omega \right) x_s, \alpha t_s \right\} \quad (4.26)$$

Пре него што се почне са рачунањем укупне потрошње горива, потребно је израчунати одређене параметре. Ти параметри рачунају се помоћу једначина из претходног дела (4.28), (4.29) и (4.30), а њихова вредност зависи од просечне брзине кретања возила.

Део резултата добијених прорачуном у ексел-у приказан је на слици 5.8, док је читав прорачун дат у прилогу рада.



	I	J	K	L
1	Просечна брзина v_r (km/h)	Растојање X_d (km)	Маса возила (kg)	Параметар (E_{k+})
2	7	0,009	6000,000	0,333
3	4	0,001	6000,000	0,340
4	16	0,015	6000,000	0,310
5	20	0,035	6000,000	0,300
6	28	0,007	6000,000	0,280
7	22	0,037	6000,000	0,295
8	16	0,013	6000,000	0,310
9	11	0,013	6000,000	0,323
10	13	0,003	6000,000	0,318
11	14	0,023	6000,000	0,315
12	12	0,015	6000,000	0,320
13	19	0,028	6000,000	0,303
14	32	0,025	6000,000	0,270
15	30	0,016	6000,000	0,275
16	29	0,030	6000,000	0,278
17	30	0,016	6000,000	0,275
18	28	0,036	6000,000	0,280
19	26	0,014	6000,000	0,285
20	26	0,064	6000,000	0,285

Слика 5.8 Вредности параметра E_{k+}

Резултати параметра k_{E1} приказани су на слици 5.9.

	I	J	K	L	M
1	Просечна брзина v_r (km/h)	Растојање X_d (km)	Маса возила (kg)	Параметар (E_{k+})	Параметар (k_{e1})
2	7	0,009	6000,000	0,333	0,501
3	4	0,001	6000,000	0,340	0,370
4	16	0,015	6000,000	0,310	0,599
5	20	0,035	6000,000	0,300	0,614
6	28	0,007	6000,000	0,280	0,631
7	22	0,037	6000,000	0,295	0,620
8	16	0,013	6000,000	0,310	0,599
9	11	0,013	6000,000	0,323	0,564
10	13	0,003	6000,000	0,318	0,581
11	14	0,023	6000,000	0,315	0,588
12	12	0,015	6000,000	0,320	0,573
13	19	0,028	6000,000	0,303	0,611
14	32	0,025	6000,000	0,270	0,637
15	30	0,016	6000,000	0,275	0,634

Слика 5.9 Прорачунате вредности параметра k_{E1}

Вредности параметра k_{E2} добијене прорачуном приказане су на слици 5.10

	I	J	K	L	M	N
1	Просечна брзина v_r (km/h)	Растојање X_d (km)	Маса возила (kg)	Параметар (E_{k+})	Параметар (k_{e1})	Параметар (k_{e2})
2	7	0,009	6000,000	0,333	0,501	2,905
3	4	0,001	6000,000	0,340	0,370	2,851
4	16	0,015	6000,000	0,310	0,599	3,065
5	20	0,035	6000,000	0,300	0,614	3,136
6	28	0,007	6000,000	0,280	0,631	3,278
7	22	0,037	6000,000	0,295	0,620	3,172
8	16	0,013	6000,000	0,310	0,599	3,065
9	11	0,013	6000,000	0,323	0,564	2,976
10	13	0,003	6000,000	0,318	0,581	3,011
11	14	0,023	6000,000	0,315	0,588	3,029
12	12	0,015	6000,000	0,320	0,573	2,994
13	19	0,028	6000,000	0,303	0,611	3,118
14	32	0,025	6000,000	0,270	0,637	3,350
15	30	0,016	6000,000	0,275	0,634	3,314

Слика 5.10 Прорачунате вредности параметра k_{E2}

Након што су израчунате вредности потребних параметара, може се приступити израчунавању укупне потрошње горива применом овог модела.

На слици 5.11 приказан је део резултата потрошње горива за одређени део пута (цео прорачун у прилогу).

1	Растојање Xd(km)	Маса возила (kg)	Параметар (Ек+)	Параметар (ке1)	Параметар (ке2)	Параметар (kg)	Укупна потрошња горива Fs (ml)
2	0,009	6000,000	0,333	0,501	2,905	0,302	3,302
3	0,001	6000,000	0,340	0,370	2,851	0,286	0,329
4	0,015	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	5,738
5	0,035	6000,000	0,300	0,614	3,136	0,370	13,326
6	0,007	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	2,620
7	0,037	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	14,036
8	0,013	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	4,973
9	0,013	6000,000	0,323	0,564	2,976	0,323	4,943
10	0,003	6000,000	0,318	0,581	3,011	0,333	1,146
11	0,023	6000,000	0,315	0,588	3,029	0,339	8,798
12	0,015	6000,000	0,320	0,573	2,994	0,328	5,721
13	0,028	6000,000	0,303	0,611	3,118	0,365	10,678
14	0,025	6000,000	0,270	0,637	3,350	0,433	9,271
15	0,016	6000,000	0,275	0,634	3,314	0,423	5,962
16	0,030	6000,000	0,278	0,633	3,296	0,417	11,204
17	0,016	6000,000	0,275	0,634	3,314	0,423	5,962
18	0,036	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	13,477
19	0,014	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	5,265
20	0,064	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	24,070
21	0,022	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	8,274
22	0,056	6000,000	0,288	0,626	3,225	0,396	21,109
23	0,013	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	4,922
24	0,006	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	2,267
25	0,006	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	2,272

Слика 5.11 Део добијених резултата потрошње горива

За деоницу пута, чије је укупно растојање 10,21 km, прорачуном је добијена вредност укупне потрошње горива, као збир потрошње горива на снакој од деоница пута која износи 3708,23ml, односно 3,71 l и приказана је на слици 5.12.

475	0,028	6000,000	0,313	0,594	3,047	0,344	10,713
476	0,030	6000,000	0,300	0,614	3,136	0,370	11,423
477	0,006	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	2,272
478	0,006	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	2,276
479	0,018	6000,000	0,305	0,607	3,100	0,360	6,873
480	0,012	6000,000	0,330	0,523	2,922	0,307	4,466
481	0,010	6000,000	0,323	0,564	2,976	0,323	3,802
482	0,001	6000,000	0,346	-0,087	2,808	0,273	0,181
483	0,012	6000,000	0,328	0,539	2,940	0,312	4,510
484	0,004	6000,000	0,340	0,370	2,851	0,286	1,317
485	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
486							
487							Fs = 3708,231ml = 3,708l

Слика 5.12 Прорачуном добијена вредност укупне потрошње горива

5.3.2. Модел за израчунавање емисије гасова из транспорта и модел потрошње енергије

На основу унапред дефинисаних параметара и података добијених мерењем на терену, применом овог модела, добијени су резултати стопе емисије свих гасова из возила(NO_x , CO , CH_x , O_2), као и вредност емисије гаса CO_2 . На слици 5.13 приказан је део прорачуна у коме је рачуната стопа емисије свих издувних гасова из возила.

1	Просечна брзина (km/h)	Параметар k	Пар. a	Пар. b	Пар. c	Пар. d	Пар. e	Пар. f	Стопа емисије гасова ε (g/km)
2	6	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,560
3	2	110	0	0	0,000375	8702	0	0	4,461
4	14	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,733
5	18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596
6	24	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,478
7	19	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,571
8	12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
9	9	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,077
10	11	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,902
11	12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
12	13	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,780
13	17	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,624
14	30	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,410
15	29	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,419
16	27	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,440
17	29	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,419
18	26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
19	24	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,478
20	25	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,464
21	26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
22	25	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,464
23	23	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,493
24	23	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,493
25	22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510

Слика 5.13 Вредност емисије свих гасова из возила

Да би се извршила процена емисије гаса CO₂, потребно је израчунати корективни фактор оптерећења. На слици 5.14 приказан је део резултата добијених рачунањем корективног фактора оптерећења.

1	Пар. k	Пар. n	Пар. p	Пар. q	Пар. r	Пар. s	Пар. t	Пар. u	Корективни фактор оптерећења LC
2	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,049
3	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	0,604
4	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,175
5	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,197
6	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,215
7	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,200
8	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,160
9	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,123
10	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,149
11	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,160
12	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,168
13	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,192
14	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,226
15	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,225
16	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,221
17	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,225
18	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,219
19	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,215
20	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,217
21	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,219
22	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,217
23	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,213
24	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,213
25	1,270	0,061	0,000	-0,001	-0,002	0,000	0,000	-1,330	1,210

Слика 5.14 Вредности корективног фактора оптерећења

Део прорачуна емисије гаса CO₂ приказан је на слици 5.15.

1	Растојање (km)	€	LC	Процена емисије гаса CO ₂ F (g)
2	0,009	1560,330	1,050	14,745
3	0,001	4461,003	0,600	2,677
4	0,015	732,600	1,170	12,857
5	0,035	595,630	1,200	25,016
6	0,007	477,760	1,210	4,047
7	0,037	570,570	1,200	25,333
8	0,013	835,820	1,160	12,604
9	0,013	1077,160	1,120	15,683
10	0,003	901,590	1,150	3,110
11	0,023	835,820	1,160	22,300
12	0,015	780,200	1,170	13,693
13	0,028	623,720	1,190	20,782
14	0,025	410,190	1,230	12,613
15	0,016	419,220	1,220	8,183
16	0,030	439,680	1,220	16,092
17	0,016	419,220	1,220	8,183
18	0,036	451,280	1,220	19,820
19	0,014	477,760	1,210	8,093
20	0,064	463,940	1,220	36,224
21	0,022	451,280	1,220	12,112
22	0,056	463,940	1,220	31,696
23	0,013	492,910	1,210	7,753
24	0,006	492,910	1,210	3,579
25	0,006	509,530	1,210	3,699

Слика 5.15 Емисија гаса CO₂ по сегментима пређеног пута

Модел за израчунавање емисије гасова из транспорта и модел потрошње енергије, поред унапред дефинисаних параметара и података заснованих на мерењима на путу, узима у обзир и путне градијенте. Услед недостатака података о путним градијентима за деоницу пута на којој је вршено мерење, при прорачуну овог модела није узет у обзир корективни фактор за нагиб пута.

Стопа емисије издувних гасова која је прорачуната овим моделом износи 364,738g, односно 0,365kg. Прорачуном је добијена и процена емисије гаса CO₂ која износи 8893,47g, односно око 8,89kg. Вредности ових емисија добијених прорачуном приказане су на слици 5.16.

460	12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
461	9	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,077
462	14	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,733
463	13	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,780
464	18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596
465	21	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,528
466	20	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,548
467	16	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,655
468	6	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,560
469	9	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,077
470	7	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,353
471	2	110	0	0	0,000375	8702	0	0	4,461
472									364,739
473									
474									364,739g = 0,365kg
475									
476									
stopa emisije gasa korektivni faktor opterećenja procena emisije gasa co2									
460	0,013	835,820	1,160					12,604	
461	0,015	1077,160	1,120					18,096	
462	0,004	732,600	1,170					3,429	
463	0,028	780,200	1,170					25,559	
464	0,030	595,630	1,200					21,443	
465	0,006	527,850	1,210					3,832	
466	0,006	548,100	1,200					3,946	
467	0,018	655,410	1,190					14,039	
468	0,012	1560,330	1,050					19,660	
469	0,010	1077,160	1,120					12,064	
470	0,012	1353,270	1,080					17,538	
471	0,004	4461,003	0,600					10,706	
472								8893,478	
473									
474								8893,478g = 8,893kg	
stopa emisije gasa korektivni faktor opterećenja procena emisije gasa co2									

Слика 5.16 Укупна вредност стопе емисије гасова и укупна емисија гаса CO₂

5.4. Поређење Модела потрошње горива у зависности од брзине кретања и Модела за израчунавање емисије гасова из транспорта и модела потрошње енергије

Применом модела потрошње горива у зависности од брзине кретања, израчуната је укупна потрошња горива за предвиђену деоницу пута. Вредност укупне потрошње горива за деоницу пута чије је укупно растојање 10,21 km, износи 3,71 l.

Применом Модела за израчунавање емисије гасова из транспорта и модела потрошње енергије добијене су вредности емисије штетних гасова. Емисија свих штетних гасова прорачуната овим моделом износи 0,365 kg, док емисија CO₂ износи око 8,89 kg.

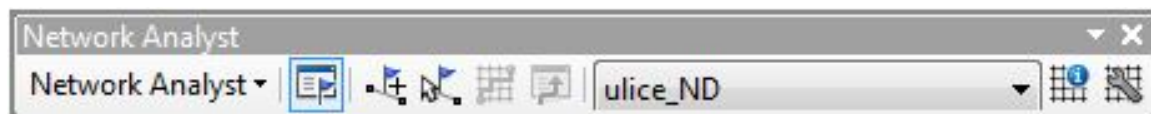
Имајући у виду податак да се сагоревањем 1 литра дизел горива емитује 2,68 килограма гаса CO₂, могуће је извршити поређење резултата добијених применом два различита модела. На основу укупне потрошње горива која износи 3,71 l, може се израчунати емисија CO₂ за ову деоницу пута. Тако да је рачунањем добијена вредност емисије CO₂ и износи 9,943 kg.

Из другог модела могуће је добити вредност укупне потрошње горива. На основу вредности емисије CO₂ која износи 8,89 kg израчуната је вредност укупне потрошње горива која износи 3,32 l.

Упоређивањем ових вредности може се закључити да су резултати добијени првим моделом за нијансу већи од резултата добијених другим моделом. Разлика вредности укупне потрошње горива између ова два модела износи 0,32 литра, што указује да су добијени резултати валидни и да је њихово међусобно одступање дозвољено.

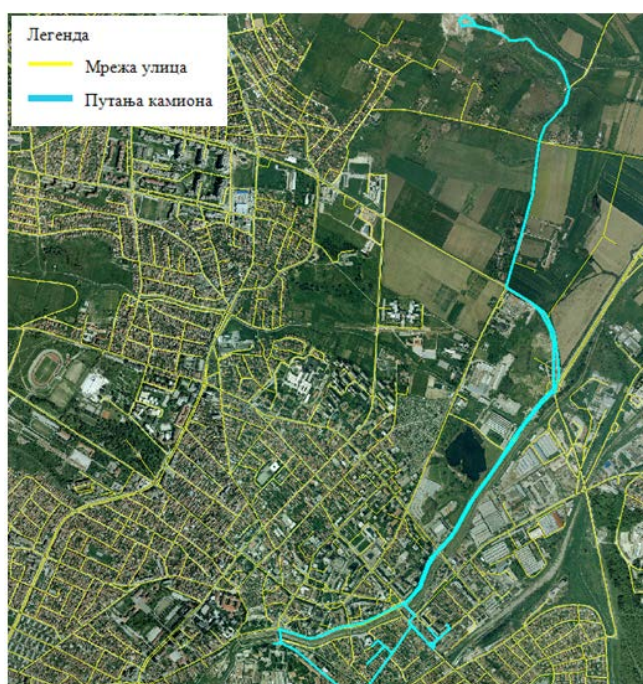
5.5. Оптимизација путање кретања возила

Руту возила која је анализирана у претходном тексту могуће је оптимизовати коришћењем софтверског пакета Arc GIS и модула Network Analyst. Ова палета алата приказана је на слици 5.17.



Слика 5.17 Палета алата Network Analyst

На слици 5.12 је приказана рута комуналног возила која је анализирана у претходном делу. Ова рута се према подацима добијених са терена састоји из једног циклуса пражњења контејнера на депонију. Укупна дужина постојеће руте износи 10,21 km.



Слика 5.12 Постојећа рута возила

На слици 5.13 приказана је оптимизована рута возила. Дужина оптимизоване руте износи 8,92 km. Укупна уштеда кроз оптимизацију руте износи 1,29 km у односу на постојећу руту. Узимајући у обзир да камион ову путању прелази два пута недељно, може се закључити да се оптимизацијом постојеће руте остварује уштеда од 10,32 km на месечном нивоу, односно уштеда од око 124 km на годишњем нивоу.



Слика 5.13 Оптимизована рута камиона

Потрошња горива и емисија придружених издувних гасова за оптимизовану руту била би мања у односу на постојећу руту. За детаљан прорачун потрошње горива и емисије гасова неопходно је да комунално возило прође датом рутом и да се прикупе подаци GPS уређајем на начин на који је то урађено за постојећу руту. Због тренутне немогућности добијања ових података, упоредна анализа потрошње горива и емисије гасова постојеће и оптимизоване руте биће предмет неког од наредних истраживања.

Закључак

Основни циљ овог рада био је симулација еколошких перформанси процеса прикупљања комуналног отпада. За формирање база података о путањи комуналних возила, коришћена је GIS мерна опрема.

На основу података добијених са терена и њиховим повезивањем са елементима географског информационог система, створени су услови за примену математичких модела. У овом раду примењена су два модела, Модел потрошње горива у зависности од брзине кретања и Модел за израчунавање емисије гасова из транспорта - модел потрошње енергије. Главни задатак ових модела је био прорачун укупне потрошње горива, као и емисија свих издувних гасова из комуналног возила, односно емисије CO₂. За прорачун је коришћен Microsoft Excel- програм за табеларне прорачуне. Вредност укупне потрошње горива за изабрану деоницу пута, дужине 10,21 km износи 3,71 l, док вредност емисије свих штетних гасова износи 9,255 kg, од чега је 8,89 kg емисија CO₂.

Поређењем Модела потрошње горива у зависности од брзине кретања и Модела за израчунавање емисије гасова из транспорта и модела потрошње енергије може се закључити да су одступања у добијеним резултатима незнатна. Разлика добијених вредности између ових модела износи 0,32 литра, што указује да су резултати поуздани и да је њихово међусобно одступање дозвољено.

Такође, применом оптимизационог модела, уочено је, на примеру изабране деонице пута, да се могу остварити знатно велике уштеде у броју пређених километара. Уштеда за изабрану руту износи 10,32 km на месечном нивоу, односно 124 km на годишњем нивоу. За детаљан прорачун потрошње горива и емисије гасова неопходно је да комунално возило прође датом рутом и да се прикупе подаци GPS уређајем на начин на који је то урађено за постојећу руту, што је у тренутку писања овог рада било неоствариво.

Литература

- [1] Јовичић Н., “*Управљање чврстим отпадом*”, скрипта са материјалом за курс – Технологије и опрема за депоновање отпада, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2005.
- [2] Стратегија управљања отпадом за период 2010 – 2019 године, <http://www.pks.rs> , (приступљено, септембра 2016.)
- [3] Уредба о одлагању отпада на депоније, <http://www.ttigroup.co.rs/wp-content/uploads/uredba-odlaganje-otpada-na-deponije.pdf>, (приступљено, августа 2016.)
- [4] Закон о управљању отпадом, <http://www.upravljanjeotpadom.rs/dokumenti>, (приступљено, августа 2016.)
- [5] Агенција за заштиту животне средине, “*Извештај о стању животне средине у републици Србији*”, Република Србија, 2014
- [6] Бошковић Г., “*Унапређење енергетске ефикасности градског система за управљање чврстим отпадом*”, докторска дисертација, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2014.
- [7] Јовановић В., Ђурђевић Б., Срдић З., Станков У. “*Географски информациони системи*”, Београд, 2012.
- [8] Julie Delaney, Kimberly Van Niel: “*Geographical Information System*”: An Introduction, Oxford University, 2007.
- [9] Qian J., “*Fuel emission optimization in vehicle routing problems with time – varying speeds*”, Phdthesis, Lancaster University, Lancaster United Kingdom
- [10] Милић П., Петровић Г., Јовановић М., Маринковић З., “*Логистички модел оптималног рутирања система за сакупљање отпада*”, Београд, 2009
- [11] Bowyer D. P., Biggs D. C. and Akcelik, R., “*Guide to fuel consumption analysis for urban traffic management*”, Australian Road Research Board Transport Research, 1985.
- [12] Kent J. H., Post K. and Tomlin J. A., “*Fuel Consumption and Emission Modelling in Traffic Links*, in ‘*Proceedings of SAE-A/ARRB 2nd Conference on Traffic Energy and Emissions*’, Melbourne, Australia, 1982.
- [13] Barth M., Younglove T. and Scora G., “*Development of a Heavy-Duty Diesel Modal Emissions and Fuel Consumption Model*”, Technical report, UC Berkeley: California Partners for Advanced Transit and Highways (PATH), 2005.
- [14] Scora G. and Barth M. (2006), “*Comprehensive modal emission model (CMEM), version 3.01, user’s guide*”, Technical report. Available at: http://www.cert.ucr.edu/cmем/docs/CMEM_User_Guide_v3.01d.pdf (accessed on July , 2016).

[15] Barth M. and Boriboonsomsin K., “*Real-world CO2 impacts of traffic congestion*“, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2008.

[16] Ross M. , “*Automobile fuel consumption and emissions: effects of vehicle and driving characteristics*“, Annual Review of Energy and the Environment, 1994.

[17] Hickman J., Hassel D., Joumard R., Samaras Z. and Sorenson S., “*MEET Methodology for calculating transport emissions and energy consumption*“. European Commission, DG VII, Technical report, ISBN 92-828-6785-4, Luxembourg, 362 p. Availableat: <http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200310/meet.pdf> (accessed on July , 2016).

[18] Горан Вујић: “*Управљање чврстим отпадом*“, Нови Сад, 2009.

[19] Јовичић Н., Бошковић Г., Вујић Г., Јовичић Г., Деспотовић М., Миловановић Д., Гордић Д., “*RouteOptimization to Increase Energy Efficiency and Reduce Fuel Consumption of Communal Vehicles, Thermal Science*“, 2010

[20] Јовичић Н., Вујић, Миловановић Д., Јовичић Г., Деспотовић М., Батинић Б., Станисављевић Н., Убавин Д., Гвозденац Б., Бошковић Г., “*Методологија за одређивање морфолошког састава комуналног отпада, Техничко решење*“, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2009

[21] Emrah Demir, “*Models and Algorithms for the Pollution – Routing Problem and Its Variations*“, Thesis for the degree of Doctor of Philosophy, University of Southampton, 2012.

Прилог I Потрошња горива применом модела потрошње горива у зависности од брзине кретања

Растојање Xd(km)	Маса возила (kg)	Параметар (Ek+)	Параметар (ke1)	Параметар (ke2)	Параметар (kg)	Укупна потрошња горива Fs (ml)
0,009	6000,000	0,333	0,501	2,905	0,302	3,302
0,001	6000,000	0,340	0,370	2,851	0,286	0,329
0,015	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	5,738
0,035	6000,000	0,300	0,614	3,136	0,370	13,326
0,007	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	2,620
0,037	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	14,036
0,013	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	4,973
0,013	6000,000	0,323	0,564	2,976	0,323	4,943
0,003	6000,000	0,318	0,581	3,011	0,333	1,146
0,023	6000,000	0,315	0,588	3,029	0,339	8,798
0,015	6000,000	0,320	0,573	2,994	0,328	5,721
0,028	6000,000	0,303	0,611	3,118	0,365	10,678
0,025	6000,000	0,270	0,637	3,350	0,433	9,271
0,016	6000,000	0,275	0,634	3,314	0,423	5,962
0,030	6000,000	0,278	0,633	3,296	0,417	11,204
0,016	6000,000	0,275	0,634	3,314	0,423	5,962
0,036	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	13,477
0,014	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	5,265
0,064	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	24,070
0,022	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	8,274
0,056	6000,000	0,288	0,626	3,225	0,396	21,109
0,013	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	4,922
0,006	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	2,267
0,006	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	2,272
0,006	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	2,276
0,006	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	2,272
0,006	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	2,272
0,007	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	2,633
0,006	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	2,276
0,006	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	2,280
0,018	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	6,885
0,007	6000,000	0,315	0,588	3,029	0,339	2,678
0,003	6000,000	0,318	0,581	3,011	0,333	1,146
0,005	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	1,900
0,004	6000,000	0,308	0,603	3,083	0,354	1,529
0,006	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	2,267
0,023	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	8,610
0,007	6000,000	0,283	0,630	3,261	0,407	2,627
0,007	6000,000	0,288	0,626	3,225	0,396	2,639

0,006	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	2,272
0,007	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	2,644
0,025	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	9,465
0,006	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	2,267
0,007	6000,000	0,288	0,626	3,225	0,396	2,639
0,008	6000,000	0,275	0,634	3,314	0,423	2,981
0,008	6000,000	0,270	0,637	3,350	0,433	2,967
0,009	6000,000	0,268	0,638	3,367	0,438	3,330
0,009	6000,000	0,268	0,638	3,367	0,438	3,330
0,010	6000,000	0,250	0,645	3,492	0,475	3,644
0,011	6000,000	0,250	0,645	3,492	0,475	4,008
0,011	6000,000	0,243	0,647	3,545	0,491	3,986
0,062	6000,000	0,235	0,648	3,599	0,507	22,349
0,014	6000,000	0,225	0,651	3,670	0,528	5,018
0,014	6000,000	0,225	0,651	3,670	0,528	5,018
0,015	6000,000	0,213	0,653	3,759	0,554	5,348
0,015	6000,000	0,208	0,654	3,795	0,564	5,341
0,014	6000,000	0,215	0,652	3,741	0,549	4,996
0,015	6000,000	0,208	0,654	3,795	0,564	5,341
0,016	6000,000	0,200	0,655	3,848	0,580	5,688
0,016	6000,000	0,200	0,655	3,848	0,580	5,688
0,016	6000,000	0,203	0,654	3,830	0,575	5,691
0,017	6000,000	0,190	0,656	3,919	0,601	6,041
0,081	6000,000	0,198	0,655	3,866	0,585	28,790
0,091	6000,000	0,183	0,657	3,973	0,617	32,361
0,088	6000,000	0,188	0,656	3,937	0,606	31,275
0,063	6000,000	0,203	0,654	3,830	0,575	22,407
0,044	6000,000	0,213	0,653	3,759	0,554	15,688
0,102	6000,000	0,218	0,652	3,723	0,543	36,434
0,030	6000,000	0,213	0,653	3,759	0,554	10,696
0,099	6000,000	0,195	0,655	3,884	0,591	35,181
0,143	6000,000	0,203	0,654	3,830	0,575	50,859
0,059	6000,000	0,238	0,648	3,581	0,501	21,303
0,011	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	4,208
0,002	6000,000	0,347	-0,196	2,805	0,272	0,290
0,008	6000,000	0,330	0,523	2,922	0,307	2,978
0,005	6000,000	0,288	0,626	3,225	0,396	1,885
0,006	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	2,276
0,006	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	2,267
0,007	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	2,620
0,008	6000,000	0,273	0,636	3,332	0,428	2,974
0,009	6000,000	0,268	0,638	3,367	0,438	3,330
0,042	6000,000	0,245	0,646	3,528	0,486	15,246
0,071	6000,000	0,213	0,653	3,759	0,554	25,315
0,048	6000,000	0,195	0,655	3,884	0,591	17,057
0,017	6000,000	0,188	0,656	3,937	0,606	6,042
0,075	6000,000	0,178	0,657	4,008	0,627	26,698

0,056	6000,000	0,178	0,657	4,008	0,627	19,935
0,019	6000,000	0,180	0,657	3,990	0,622	6,760
0,018	6000,000	0,180	0,657	3,990	0,622	6,404
0,018	6000,000	0,183	0,657	3,973	0,617	6,401
0,017	6000,000	0,188	0,656	3,937	0,606	6,042
0,139	6000,000	0,188	0,656	3,937	0,606	49,401
0,016	6000,000	0,205	0,654	3,812	0,570	5,693
0,016	6000,000	0,205	0,654	3,812	0,570	5,693
0,031	6000,000	0,208	0,654	3,795	0,564	11,037
0,016	6000,000	0,205	0,654	3,812	0,570	5,693
0,016	6000,000	0,203	0,654	3,830	0,575	5,691
0,017	6000,000	0,200	0,655	3,848	0,580	6,044
0,017	6000,000	0,190	0,656	3,919	0,601	6,041
0,017	6000,000	0,195	0,655	3,884	0,591	6,041
0,018	6000,000	0,185	0,657	3,955	0,612	6,399
0,147	6000,000	0,180	0,657	3,990	0,622	52,299
0,129	6000,000	0,180	0,657	3,990	0,622	45,895
0,162	6000,000	0,185	0,657	3,955	0,612	57,589
0,134	6000,000	0,193	0,656	3,901	0,596	47,615
0,124	6000,000	0,205	0,654	3,812	0,570	44,123
0,097	6000,000	0,218	0,652	3,723	0,543	34,648
0,057	6000,000	0,243	0,647	3,545	0,491	20,652
0,020	6000,000	0,300	0,614	3,136	0,370	7,615
0,005	6000,000	0,325	0,553	2,958	0,318	1,892
0,004	6000,000	0,300	0,614	3,136	0,370	1,523
0,005	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	1,897
0,006	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	2,267
0,007	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	2,633
0,008	6000,000	0,268	0,638	3,367	0,438	2,960
0,009	6000,000	0,260	0,641	3,421	0,454	3,307
0,054	6000,000	0,243	0,647	3,545	0,491	19,565
0,035	6000,000	0,260	0,641	3,421	0,454	12,862
0,040	6000,000	0,323	0,564	2,976	0,323	15,208
0,014	6000,000	0,333	0,501	2,905	0,302	5,137
0,003	6000,000	0,308	0,603	3,083	0,354	1,147
0,004	6000,000	0,303	0,611	3,118	0,365	1,525
0,005	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	1,893
0,005	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	1,893
0,004	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	1,517
0,006	6000,000	0,273	0,636	3,332	0,428	2,230
0,024	6000,000	0,263	0,640	3,403	0,449	8,839
0,007	6000,000	0,275	0,634	3,314	0,423	2,608
0,006	6000,000	0,283	0,630	3,261	0,407	2,251
0,006	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	2,257
0,003	6000,000	0,308	0,603	3,083	0,354	1,147
0,008	6000,000	0,330	0,523	2,922	0,307	2,978
0,005	6000,000	0,338	0,431	2,869	0,291	1,738

0,001	6000,000	0,338	0,431	2,869	0,291	0,348
0,002	6000,000	0,335	0,472	2,887	0,297	0,718
0,005	6000,000	0,340	0,370	2,851	0,286	1,647
0,005	6000,000	0,348	0,675	2,798	0,270	0,623
0,003	6000,000	0,318	0,581	3,011	0,333	1,146
0,017	6000,000	0,308	0,603	3,083	0,354	6,498
0,004	6000,000	0,308	0,603	3,083	0,354	1,529
0,005	6000,000	0,300	0,614	3,136	0,370	1,904
0,006	6000,000	0,288	0,626	3,225	0,396	2,262
0,007	6000,000	0,278	0,633	3,296	0,417	2,614
0,009	6000,000	0,263	0,640	3,403	0,449	3,315
0,008	6000,000	0,275	0,634	3,314	0,423	2,981
0,006	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	2,267
0,009	6000,000	0,305	0,607	3,100	0,360	3,437
0,007	6000,000	0,335	0,472	2,887	0,297	2,515
0,003	6000,000	0,315	0,588	3,029	0,339	1,148
0,011	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	4,181
0,007	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	2,620
0,035	6000,000	0,283	0,630	3,261	0,407	13,133
0,007	6000,000	0,328	0,539	2,940	0,312	2,631
0,018	6000,000	0,330	0,523	2,922	0,307	6,699
0,045	6000,000	0,278	0,633	3,296	0,417	16,806
0,012	6000,000	0,288	0,626	3,225	0,396	4,523
0,005	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	1,897
0,004	6000,000	0,303	0,611	3,118	0,365	1,525
0,004	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	1,530
0,003	6000,000	0,315	0,588	3,029	0,339	1,148
0,003	6000,000	0,335	0,472	2,887	0,297	1,078
0,002	6000,000	0,340	0,370	2,851	0,286	0,659
0,003	6000,000	0,323	0,564	2,976	0,323	1,141
0,003	6000,000	0,320	0,573	2,994	0,328	1,144
0,004	6000,000	0,308	0,603	3,083	0,354	1,529
0,003	6000,000	0,315	0,588	3,029	0,339	1,148
0,003	6000,000	0,315	0,588	3,029	0,339	1,148
0,003	6000,000	0,320	0,573	2,994	0,328	1,144
0,003	6000,000	0,320	0,573	2,994	0,328	1,144
0,002	6000,000	0,330	0,523	2,922	0,307	0,744
0,004	6000,000	0,338	0,431	2,869	0,291	1,391
0,004	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	1,530
0,005	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	1,900
0,006	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	2,267
0,006	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	2,276
0,007	6000,000	0,283	0,630	3,261	0,407	2,627
0,007	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	2,620
0,021	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	7,982
0,026	6000,000	0,305	0,607	3,100	0,360	9,928
0,006	6000,000	0,288	0,626	3,225	0,396	2,262

0,007	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	2,633
0,006	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	2,267
0,006	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	2,272
0,005	6000,000	0,305	0,607	3,100	0,360	1,909
0,005	6000,000	0,330	0,523	2,922	0,307	1,861
0,028	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	10,622
0,009	6000,000	0,320	0,573	2,994	0,328	3,432
0,014	6000,000	0,313	0,594	3,047	0,344	5,357
0,007	6000,000	0,346	-0,003	2,812	0,274	1,463
0,014	6000,000	0,313	0,594	3,047	0,344	5,357
0,009	6000,000	0,333	0,501	2,905	0,302	3,302
0,022	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	8,346
0,010	6000,000	0,300	0,614	3,136	0,370	3,808
0,005	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	1,900
0,016	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	6,070
0,005	6000,000	0,325	0,553	2,958	0,318	1,892
0,003	6000,000	0,333	0,501	2,905	0,302	1,101
0,003	6000,000	0,323	0,564	2,976	0,323	1,141
0,002	6000,000	0,328	0,539	2,940	0,312	0,752
0,002	6000,000	0,330	0,523	2,922	0,307	0,744
0,002	6000,000	0,330	0,523	2,922	0,307	0,744
0,001	6000,000	0,338	0,431	2,869	0,291	0,348
0,005	6000,000	0,338	0,431	2,869	0,291	1,738
0,003	6000,000	0,340	0,370	2,851	0,286	0,988
0,002	6000,000	0,333	0,501	2,905	0,302	0,734
0,004	6000,000	0,343	0,268	2,833	0,281	1,190
0,001	6000,000	0,345	0,065	2,816	0,276	0,231
0,023	6000,000	0,323	0,564	2,976	0,323	8,745
0,030	6000,000	0,318	0,581	3,011	0,333	11,463
0,021	6000,000	0,323	0,564	2,976	0,323	7,984
0,004	6000,000	0,343	0,268	2,833	0,281	1,190
0,014	6000,000	0,325	0,553	2,958	0,318	5,298
0,035	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	13,303
0,008	6000,000	0,333	0,501	2,905	0,302	2,935
0,009	6000,000	0,333	0,501	2,905	0,302	3,302
0,001	6000,000	0,338	0,431	2,869	0,291	0,348
0,002	6000,000	0,330	0,523	2,922	0,307	0,744
0,003	6000,000	0,323	0,564	2,976	0,323	1,141
0,004	6000,000	0,313	0,594	3,047	0,344	1,530
0,004	6000,000	0,313	0,594	3,047	0,344	1,530
0,004	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	1,530
0,005	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	1,900
0,036	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	13,477
0,053	6000,000	0,250	0,645	3,492	0,475	19,313
0,068	6000,000	0,243	0,647	3,545	0,491	24,638
0,014	6000,000	0,303	0,611	3,118	0,365	5,339
0,004	6000,000	0,338	0,431	2,869	0,291	1,391

0,015	6000,000	0,347	-0,196	2,805	0,272	2,174
0,002	6000,000	0,323	0,564	2,976	0,323	0,760
0,002	6000,000	0,325	0,553	2,958	0,318	0,757
0,027	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	10,262
0,033	6000,000	0,270	0,637	3,350	0,433	12,238
0,009	6000,000	0,263	0,640	3,403	0,449	3,315
0,009	6000,000	0,268	0,638	3,367	0,438	3,330
0,037	6000,000	0,263	0,640	3,403	0,449	13,627
0,011	6000,000	0,243	0,647	3,545	0,491	3,986
0,012	6000,000	0,238	0,648	3,581	0,501	4,333
0,020	6000,000	0,255	0,643	3,456	0,465	7,318
0,006	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	2,267
0,003	6000,000	0,318	0,581	3,011	0,333	1,146
0,005	6000,000	0,328	0,539	2,940	0,312	1,879
0,020	6000,000	0,300	0,614	3,136	0,370	7,615
0,014	6000,000	0,278	0,633	3,296	0,417	5,229
0,008	6000,000	0,278	0,633	3,296	0,417	2,988
0,008	6000,000	0,278	0,633	3,296	0,417	2,988
0,025	6000,000	0,273	0,636	3,332	0,428	9,293
0,008	6000,000	0,320	0,573	2,994	0,328	3,051
0,014	6000,000	0,343	0,268	2,833	0,281	4,163
0,003	6000,000	0,318	0,581	3,011	0,333	1,146
0,030	6000,000	0,300	0,614	3,136	0,370	11,423
0,051	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	19,092
0,003	6000,000	0,340	0,370	2,851	0,286	0,988
0,013	6000,000	0,330	0,523	2,922	0,307	4,838
0,006	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	2,267
0,035	6000,000	0,283	0,630	3,261	0,407	13,133
0,043	6000,000	0,268	0,638	3,367	0,438	15,910
0,004	6000,000	0,343	0,268	2,833	0,281	1,190
0,008	6000,000	0,328	0,539	2,940	0,312	3,007
0,013	6000,000	0,333	0,501	2,905	0,302	4,770
0,004	6000,000	0,335	0,472	2,887	0,297	1,437
0,008	6000,000	0,347	-0,196	2,805	0,272	1,159
0,010	6000,000	0,346	-0,138	2,807	0,273	1,642
0,038	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	14,443
0,011	6000,000	0,320	0,573	2,994	0,328	4,195
0,013	6000,000	0,340	0,370	2,851	0,286	4,282
0,003	6000,000	0,320	0,573	2,994	0,328	1,144
0,004	6000,000	0,313	0,594	3,047	0,344	1,530
0,004	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	1,530
0,031	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	11,711
0,042	6000,000	0,268	0,638	3,367	0,438	15,540
0,006	6000,000	0,328	0,539	2,940	0,312	2,255
0,004	6000,000	0,305	0,607	3,100	0,360	1,527
0,006	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	2,272
0,036	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	13,477

0,019	6000,000	0,303	0,611	3,118	0,365	7,246
0,005	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	1,897
0,006	6000,000	0,288	0,626	3,225	0,396	2,262
0,005	6000,000	0,303	0,611	3,118	0,365	1,907
0,004	6000,000	0,313	0,594	3,047	0,344	1,530
0,002	6000,000	0,325	0,553	2,958	0,318	0,757
0,002	6000,000	0,325	0,553	2,958	0,318	0,757
0,021	6000,000	0,308	0,603	3,083	0,354	8,027
0,007	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	2,620
0,016	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	6,120
0,020	6000,000	0,346	-0,087	2,808	0,273	3,621
0,011	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	4,181
0,007	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	2,633
0,031	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	11,711
0,004	6000,000	0,303	0,611	3,118	0,365	1,525
0,003	6000,000	0,315	0,588	3,029	0,339	1,148
0,003	6000,000	0,335	0,472	2,887	0,297	1,078
0,002	6000,000	0,323	0,564	2,976	0,323	0,760
0,004	6000,000	0,335	0,472	2,887	0,297	1,437
0,005	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	1,900
0,005	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	1,897
0,006	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	2,257
0,006	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	2,257
0,007	6000,000	0,278	0,633	3,296	0,417	2,614
0,041	6000,000	0,265	0,639	3,385	0,444	15,135
0,015	6000,000	0,273	0,636	3,332	0,428	5,576
0,008	6000,000	0,268	0,638	3,367	0,438	2,960
0,008	6000,000	0,265	0,639	3,385	0,444	2,953
0,009	6000,000	0,263	0,640	3,403	0,449	3,315
0,009	6000,000	0,260	0,641	3,421	0,454	3,307
0,034	6000,000	0,263	0,640	3,403	0,449	12,522
0,005	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	1,900
0,006	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	2,267
0,005	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	1,897
0,004	6000,000	0,305	0,607	3,100	0,360	1,527
0,003	6000,000	0,333	0,501	2,905	0,302	1,101
0,002	6000,000	0,330	0,523	2,922	0,307	0,744
0,002	6000,000	0,323	0,564	2,976	0,323	0,760
0,002	6000,000	0,320	0,573	2,994	0,328	0,763
0,002	6000,000	0,320	0,573	2,994	0,328	0,763
0,002	6000,000	0,320	0,573	2,994	0,328	0,763
0,002	6000,000	0,320	0,573	2,994	0,328	0,763
0,003	6000,000	0,315	0,588	3,029	0,339	1,148
0,002	6000,000	0,318	0,581	3,011	0,333	0,764
0,003	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	1,148
0,003	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	1,148
0,012	6000,000	0,323	0,564	2,976	0,323	4,562

0,003	6000,000	0,315	0,588	3,029	0,339	1,148
0,020	6000,000	0,315	0,588	3,029	0,339	7,650
0,011	6000,000	0,320	0,573	2,994	0,328	4,195
0,015	6000,000	0,313	0,594	3,047	0,344	5,739
0,024	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	9,181
0,003	6000,000	0,346	-0,003	2,812	0,274	0,627
0,011	6000,000	0,338	0,431	2,869	0,291	3,825
0,005	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	1,900
0,005	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	1,900
0,005	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	1,900
0,006	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	2,267
0,033	6000,000	0,270	0,637	3,350	0,433	12,238
0,058	6000,000	0,240	0,647	3,563	0,496	20,977
0,038	6000,000	0,233	0,649	3,617	0,512	13,677
0,014	6000,000	0,220	0,652	3,706	0,538	5,006
0,014	6000,000	0,220	0,652	3,706	0,538	5,006
0,014	6000,000	0,215	0,652	3,741	0,549	4,996
0,015	6000,000	0,210	0,653	3,777	0,559	5,344
0,015	6000,000	0,208	0,654	3,795	0,564	5,341
0,098	6000,000	0,198	0,655	3,866	0,585	34,832
0,104	6000,000	0,190	0,656	3,919	0,601	36,956
0,033	6000,000	0,198	0,655	3,866	0,585	11,729
0,105	6000,000	0,210	0,653	3,777	0,559	37,409
0,068	6000,000	0,223	0,651	3,688	0,533	24,343
0,049	6000,000	0,235	0,648	3,599	0,507	17,663
0,012	6000,000	0,238	0,648	3,581	0,501	4,333
0,090	6000,000	0,243	0,647	3,545	0,491	32,609
0,011	6000,000	0,248	0,645	3,510	0,480	4,001
0,068	6000,000	0,243	0,647	3,545	0,491	24,638
0,056	6000,000	0,245	0,646	3,528	0,486	20,327
0,020	6000,000	0,253	0,644	3,474	0,470	7,303
0,009	6000,000	0,263	0,640	3,403	0,449	3,315
0,022	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	8,346
0,007	6000,000	0,333	0,501	2,905	0,302	2,568
0,009	6000,000	0,335	0,472	2,887	0,297	3,233
0,029	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	10,979
0,042	6000,000	0,270	0,637	3,350	0,433	15,576
0,068	6000,000	0,243	0,647	3,545	0,491	24,638
0,079	6000,000	0,225	0,651	3,670	0,528	28,315
0,096	6000,000	0,228	0,650	3,652	0,522	34,453
0,107	6000,000	0,213	0,653	3,759	0,554	38,151
0,145	6000,000	0,220	0,652	3,706	0,538	51,848
0,113	6000,000	0,205	0,654	3,812	0,570	40,209
0,099	6000,000	0,203	0,654	3,830	0,575	35,210
0,152	6000,000	0,213	0,653	3,759	0,554	54,195
0,045	6000,000	0,245	0,646	3,528	0,486	16,335
0,008	6000,000	0,278	0,633	3,296	0,417	2,988

0,008	6000,000	0,275	0,634	3,314	0,423	2,981
0,007	6000,000	0,278	0,633	3,296	0,417	2,614
0,007	6000,000	0,283	0,630	3,261	0,407	2,627
0,007	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	2,620
0,007	6000,000	0,283	0,630	3,261	0,407	2,627
0,006	6000,000	0,288	0,626	3,225	0,396	2,262
0,007	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	2,633
0,007	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	2,633
0,006	6000,000	0,288	0,626	3,225	0,396	2,262
0,007	6000,000	0,283	0,630	3,261	0,407	2,627
0,007	6000,000	0,278	0,633	3,296	0,417	2,614
0,007	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	2,620
0,008	6000,000	0,275	0,634	3,314	0,423	2,981
0,008	6000,000	0,275	0,634	3,314	0,423	2,981
0,008	6000,000	0,273	0,636	3,332	0,428	2,974
0,008	6000,000	0,268	0,638	3,367	0,438	2,960
0,009	6000,000	0,265	0,639	3,385	0,444	3,322
0,010	6000,000	0,260	0,641	3,421	0,454	3,675
0,074	6000,000	0,250	0,645	3,492	0,475	26,966
0,106	6000,000	0,250	0,645	3,492	0,475	38,626
0,053	6000,000	0,250	0,645	3,492	0,475	19,313
0,076	6000,000	0,248	0,645	3,510	0,480	27,640
0,072	6000,000	0,238	0,648	3,581	0,501	25,997
0,073	6000,000	0,235	0,648	3,599	0,507	26,315
0,025	6000,000	0,235	0,648	3,599	0,507	9,012
0,038	6000,000	0,260	0,641	3,421	0,454	13,965
0,005	6000,000	0,330	0,523	2,922	0,307	1,861
0,007	6000,000	0,347	-0,196	2,805	0,272	1,015
0,008	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	3,060
0,005	6000,000	0,303	0,611	3,118	0,365	1,907
0,005	6000,000	0,300	0,614	3,136	0,370	1,904
0,005	6000,000	0,303	0,611	3,118	0,365	1,907
0,006	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	2,272
0,007	6000,000	0,278	0,633	3,296	0,417	2,614
0,008	6000,000	0,273	0,636	3,332	0,428	2,974
0,050	6000,000	0,255	0,643	3,456	0,465	18,295
0,080	6000,000	0,225	0,651	3,670	0,528	28,673
0,110	6000,000	0,203	0,654	3,830	0,575	39,123
0,140	6000,000	0,205	0,654	3,812	0,570	49,816
0,096	6000,000	0,200	0,655	3,848	0,580	34,130
0,070	6000,000	0,188	0,656	3,937	0,606	24,878
0,056	6000,000	0,180	0,657	3,990	0,622	19,923
0,075	6000,000	0,180	0,657	3,990	0,622	26,683
0,055	6000,000	0,183	0,657	3,973	0,617	19,559
0,019	6000,000	0,180	0,657	3,990	0,622	6,760
0,070	6000,000	0,188	0,656	3,937	0,606	24,878
0,018	6000,000	0,185	0,657	3,955	0,612	6,399

0,017	6000,000	0,193	0,656	3,901	0,596	6,041
0,049	6000,000	0,198	0,655	3,866	0,585	17,416
0,016	6000,000	0,205	0,654	3,812	0,570	5,693
0,015	6000,000	0,208	0,654	3,795	0,564	5,341
0,015	6000,000	0,213	0,653	3,759	0,554	5,348
0,014	6000,000	0,223	0,651	3,688	0,533	5,012
0,013	6000,000	0,228	0,650	3,652	0,522	4,666
0,011	6000,000	0,248	0,645	3,510	0,480	4,001
0,011	6000,000	0,248	0,645	3,510	0,480	4,001
0,033	6000,000	0,270	0,637	3,350	0,433	12,238
0,007	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	2,633
0,007	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	2,620
0,008	6000,000	0,270	0,637	3,350	0,433	2,967
0,008	6000,000	0,270	0,637	3,350	0,433	2,967
0,009	6000,000	0,268	0,638	3,367	0,438	3,330
0,008	6000,000	0,273	0,636	3,332	0,428	2,974
0,007	6000,000	0,285	0,628	3,243	0,402	2,633
0,005	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	1,897
0,005	6000,000	0,300	0,614	3,136	0,370	1,904
0,010	6000,000	0,315	0,588	3,029	0,339	3,825
0,010	6000,000	0,330	0,523	2,922	0,307	3,722
0,007	6000,000	0,313	0,594	3,047	0,344	2,678
0,015	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	5,738
0,010	6000,000	0,330	0,523	2,922	0,307	3,722
0,013	6000,000	0,340	0,370	2,851	0,286	4,282
0,013	6000,000	0,315	0,588	3,029	0,339	4,973
0,006	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	2,276
0,005	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	1,900
0,005	6000,000	0,300	0,614	3,136	0,370	1,904
0,005	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	1,900
0,004	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	1,530
0,005	6000,000	0,305	0,607	3,100	0,360	1,909
0,004	6000,000	0,308	0,603	3,083	0,354	1,529
0,004	6000,000	0,305	0,607	3,100	0,360	1,527
0,004	6000,000	0,305	0,607	3,100	0,360	1,527
0,004	6000,000	0,308	0,603	3,083	0,354	1,529
0,010	6000,000	0,303	0,611	3,118	0,365	3,813
0,005	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	1,897
0,005	6000,000	0,298	0,617	3,154	0,375	1,900
0,006	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	2,272
0,006	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	2,267
0,031	6000,000	0,288	0,626	3,225	0,396	11,685
0,048	6000,000	0,283	0,630	3,261	0,407	18,011
0,046	6000,000	0,278	0,633	3,296	0,417	17,180
0,022	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	8,236
0,021	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	7,861
0,029	6000,000	0,280	0,631	3,278	0,412	10,856

0,023	6000,000	0,275	0,634	3,314	0,423	8,570
0,028	6000,000	0,283	0,630	3,261	0,407	10,506
0,008	6000,000	0,275	0,634	3,314	0,423	2,981
0,049	6000,000	0,290	0,624	3,207	0,391	18,511
0,027	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	10,328
0,040	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	15,301
0,015	6000,000	0,313	0,594	3,047	0,344	5,739
0,005	6000,000	0,320	0,573	2,994	0,328	1,907
0,013	6000,000	0,315	0,588	3,029	0,339	4,973
0,015	6000,000	0,323	0,564	2,976	0,323	5,703
0,004	6000,000	0,310	0,599	3,065	0,349	1,530
0,028	6000,000	0,313	0,594	3,047	0,344	10,713
0,030	6000,000	0,300	0,614	3,136	0,370	11,423
0,006	6000,000	0,293	0,622	3,189	0,386	2,272
0,006	6000,000	0,295	0,620	3,172	0,381	2,276
0,018	6000,000	0,305	0,607	3,100	0,360	6,873
0,012	6000,000	0,330	0,523	2,922	0,307	4,466
0,010	6000,000	0,323	0,564	2,976	0,323	3,802
0,001	6000,000	0,346	-0,087	2,808	0,273	0,181
0,012	6000,000	0,328	0,539	2,940	0,312	4,510
0,004	6000,000	0,340	0,370	2,851	0,286	1,317
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
						Fs = 3708,231ml = 3,708l

Прилог II Стопа емисије гаса применом модела за израчунавање емисије гасова из транспорта, модела потрошње енергије

Просечна брзина (km/h)	Параметар k	Пар. a	Пар. b	Пар. c	Пар. d	Пар. e	Пар. f	Стопа емисије гасова ε (g/km)
6	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,560
2	110	0	0	0,000375	8702	0	0	4,461
14	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,733
18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596
24	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,478
19	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,571
12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
9	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,077
11	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,902
12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
13	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,780
17	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,624
30	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,410
29	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,419
27	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,440
29	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,419
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
24	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,478
25	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,464
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
25	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,464
23	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,493
23	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,493
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
21	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,528
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
24	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,478
20	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,548
21	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,528
13	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,780
12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
17	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,624
15	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,691
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
28	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,429
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
24	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,478
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510

24	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,478
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
23	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,493
24	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,478
29	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,419
30	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,410
32	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,394
32	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,394
38	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,360
38	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,360
41	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,348
44	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,340
49	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,332
49	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,332
53	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,330
55	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,331
52	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,330
55	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,331
59	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,335
59	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,335
58	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,333
62	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,340
59	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,335
65	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,347
64	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,344
57	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,332
53	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,330
52	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,330
54	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,330
60	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,336
57	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,332
43	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,342
13	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,780
3	110	0	0	0,000375	8702	0	0	3,011
19	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,571
20	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,548
21	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,528
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
29	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,419
31	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,402
38	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,360
51	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,330
58	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,333
61	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,338
67	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,353
67	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,353
68	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,356
66	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,350
65	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,347
63	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,342

63	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,342
56	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,331
56	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,331
55	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,331
57	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,332
58	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,333
59	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,335
62	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,340
61	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,338
64	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,344
66	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,350
66	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,350
65	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,347
60	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,336
56	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,331
50	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,331
41	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,348
18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596
5	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,850
16	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,655
18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596
21	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,528
24	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,478
29	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,419
33	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,387
39	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,355
32	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,394
7	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,353
3	110	0	0	0,000375	8702	0	0	3,011
11	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,902
13	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,780
17	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,624
18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596
16	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,655
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
29	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,419
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
23	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,493
12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
6	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,560
3	110	0	0	0,000375	8702	0	0	3,011
3	110	0	0	0,000375	8702	0	0	3,011
4	110	0	0	0,000375	8702	0	0	2,286
2	110	0	0	0,000375	8702	0	0	4,461
11	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,902
15	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,691
15	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,691
18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596
23	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,493

27	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,440
33	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,387
28	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,429
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
16	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,655
4	110	0	0	0,000375	8702	0	0	2,286
12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
19	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,571
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
25	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,464
7	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,353
6	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,560
27	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,440
21	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,528
18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596
15	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,691
14	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,733
12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
4	110	0	0	0,000375	8702	0	0	2,286
2	110	0	0	0,000375	8702	0	0	4,461
9	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,077
10	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,981
15	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,691
12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
10	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,981
10	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,981
6	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,560
3	110	0	0	0,000375	8702	0	0	3,011
14	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,733
19	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,571
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
20	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,548
25	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,464
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
19	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,571
16	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,655
23	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,493
24	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,478
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
21	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,528
16	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,655
6	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,560
20	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,548
10	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,981
13	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,780
13	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,780
5	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,850
20	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,548
18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596

19	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,571
20	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,548
8	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,198
5	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,850
9	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,077
7	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,353
6	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,560
6	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,560
3	110	0	0	0,000375	8702	0	0	3,011
3	110	0	0	0,000375	8702	0	0	3,011
4	110	0	0	0,000375	8702	0	0	2,286
7	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,353
3	110	0	0	0,000375	8702	0	0	3,011
2	110	0	0	0,000375	8702	0	0	4,461
11	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,902
13	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,780
11	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,902
3	110	0	0	0,000375	8702	0	0	3,011
10	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,981
21	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,528
7	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,353
7	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,353
5	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,850
8	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,198
9	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,077
13	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,780
13	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,780
14	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,733
19	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,571
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
38	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,360
41	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,348
17	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,624
3	110	0	0	0,000375	8702	0	0	3,011
9	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,077
8	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,198
19	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,571
30	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,410
33	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,387
31	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,402
33	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,387
41	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,348
43	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,342
36	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,369
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
11	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,902
5	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,850
18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596
25	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,464
27	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,440

27	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,440
29	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,419
10	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,981
11	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,902
18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
2	110	0	0	0,000375	8702	0	0	4,461
4	110	0	0	0,000375	8702	0	0	2,286
20	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,548
25	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,464
31	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,402
7	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,353
5	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,850
4	110	0	0	0,000375	8702	0	0	2,286
19	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,571
10	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,981
2	110	0	0	0,000375	8702	0	0	4,461
10	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,981
13	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,780
14	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,733
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
31	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,402
7	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,353
16	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,655
21	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,528
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
17	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,624
20	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,548
23	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,493
17	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,624
13	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,780
8	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,198
8	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,198
15	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,691
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
14	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,733
19	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,571
24	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,478
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
15	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,691
10	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,981
2	110	0	0	0,000375	8702	0	0	4,461
7	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,353
2	110	0	0	0,000375	8702	0	0	4,461
17	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,624
18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
25	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,464
30	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,410

27	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,440
29	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,419
30	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,410
31	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,402
32	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,394
31	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,402
17	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,624
20	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,548
18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596
14	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,733
3	110	0	0	0,000375	8702	0	0	3,011
4	110	0	0	0,000375	8702	0	0	2,286
7	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,353
8	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,198
8	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,198
8	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,198
8	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,198
10	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,981
9	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,077
12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
7	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,353
10	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,981
10	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,981
8	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,198
11	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,902
12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
17	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,624
17	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,624
19	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,571
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
30	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,410
42	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,345
45	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,338
50	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,331
50	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,331
52	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,330
54	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,330
55	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,331
59	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,335
62	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,340
59	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,335
54	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,330
49	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,332
44	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,340
43	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,342
41	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,348
39	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,355
41	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,348
40	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,352

37	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,364
33	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,387
20	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,548
5	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,850
4	110	0	0	0,000375	8702	0	0	2,286
21	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,528
30	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,410
41	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,348
48	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,333
49	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,332
55	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,331
52	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,330
58	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,333
59	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,335
55	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,331
40	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,352
27	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,440
28	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,429
27	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,440
25	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,464
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
25	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,464
23	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,493
24	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,478
24	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,478
23	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,493
25	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,464
27	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,440
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
28	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,429
28	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,429
29	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,419
31	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,402
32	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,394
34	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,381
38	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,360
38	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,360
38	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,360
39	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,355
43	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,342
44	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,340
44	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,340
34	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,381
6	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,560
14	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,733
17	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,624
18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596
17	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,624
21	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,528
27	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,440

29	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,419
36	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,369
48	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,333
57	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,332
56	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,331
58	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,333
63	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,342
68	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,356
68	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,356
67	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,353
68	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,356
63	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,342
64	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,344
61	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,338
59	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,335
56	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,331
55	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,331
53	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,330
49	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,332
47	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,334
39	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,355
39	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,355
30	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,410
24	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,478
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
30	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,410
30	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,410
31	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,402
29	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,419
24	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,478
20	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,548
18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596
12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
6	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,560
13	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,780
14	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,733
6	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,560
2	110	0	0	0,000375	8702	0	0	4,461
12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
20	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,548
19	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,571
18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596
19	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,571
14	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,733
16	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,655
15	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,691
16	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,655
16	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,655
15	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,691
18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596

20	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,548
19	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,571
21	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,528
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
23	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,493
25	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,464
27	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,440
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
26	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,451
28	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,429
25	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,464
28	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,429
22	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,510
14	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,733
14	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,733
13	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,780
10	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,981
12	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,836
9	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,077
14	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,733
13	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,780
18	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,596
21	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,528
20	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,548
16	110	0	0	0,000375	8702	0	0	0,655
6	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,560
9	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,077
7	110	0	0	0,000375	8702	0	0	1,353
2	110	0	0	0,000375	8702	0	0	4,461
								364,739
								364,739g = 0,365kg

Прилог III Процена емисије CO₂ применом модела за израчунавање емисије гасова из транспорта, модела потрошње енергије

Растојање (km)	€	LC	Процена емисије гаса CO2 F (g)
0,009	1560,33	1,05	14,745
0,001	4461,003	0,6	2,677
0,015	732,6	1,17	12,857
0,035	595,63	1,2	25,016
0,007	477,76	1,21	4,047
0,037	570,57	1,2	25,333
0,013	835,82	1,16	12,604
0,013	1077,16	1,12	15,683
0,003	901,59	1,15	3,110
0,023	835,82	1,16	22,300
0,015	780,2	1,17	13,693
0,028	623,72	1,19	20,782
0,025	410,19	1,23	12,613
0,016	419,22	1,22	8,183
0,03	439,68	1,22	16,092
0,016	419,22	1,22	8,183
0,036	451,28	1,22	19,820
0,014	477,76	1,21	8,093
0,064	463,94	1,22	36,224
0,022	451,28	1,22	12,112
0,056	463,94	1,22	31,696
0,013	492,91	1,21	7,753
0,006	492,91	1,21	3,579
0,006	509,53	1,21	3,699
0,006	527,85	1,21	3,832
0,006	509,53	1,21	3,699
0,006	509,53	1,21	3,699
0,007	477,76	1,21	4,047
0,006	548,1	1,2	3,946
0,006	527,85	1,21	3,832
0,018	780,2	1,17	16,431
0,007	835,82	1,16	6,787
0,003	835,82	1,16	2,909
0,005	623,72	1,19	3,711
0,004	691,39	1,18	3,263
0,006	509,53	1,21	3,699

0,023	429,01	1,22	12,038
0,007	451,28	1,22	3,854
0,007	477,76	1,21	4,047
0,006	509,53	1,21	3,699
0,007	477,76	1,21	4,047
0,025	509,53	1,21	15,413
0,006	492,91	1,21	3,579
0,007	477,76	1,21	4,047
0,008	419,22	1,22	4,092
0,008	410,19	1,23	4,036
0,009	394,23	1,23	4,364
0,009	394,23	1,23	4,364
0,01	359,58	1,24	4,459
0,011	359,58	1,24	4,905
0,011	348,08	1,24	4,748
0,062	339,71	1,24	26,117
0,014	331,71	1,24	5,758
0,014	331,71	1,24	5,758
0,015	330,02	1,25	6,188
0,015	330,61	1,25	6,199
0,014	330,08	1,24	5,730
0,015	330,61	1,25	6,199
0,016	334,51	1,25	6,690
0,016	334,51	1,25	6,690
0,016	333,2	1,25	6,664
0,017	339,72	1,25	7,219
0,081	334,51	1,25	33,869
0,091	346,86	1,25	39,455
0,088	344,24	1,25	37,866
0,063	332,12	1,25	26,154
0,044	330,02	1,25	18,151
0,102	330,08	1,24	41,749
0,03	330,2	1,25	12,383
0,099	336,03	1,25	41,584
0,143	332,12	1,25	59,366
0,059	342,18	1,24	25,034
0,011	780,2	1,17	10,041
0,008	3010,68	0,83	19,991
0,005	570,57	1,2	3,423
0,006	548,1	1,2	3,946
0,006	527,85	1,21	3,832
0,007	451,28	1,22	3,854
0,008	419,22	1,22	4,092
0,009	401,88	1,23	4,449
0,042	359,58	1,24	18,727

0,071	330,37	1,24	29,086
0,048	333,2	1,25	19,992
0,017	337,77	1,25	7,178
0,075	352,67	1,25	33,063
0,056	352,67	1,25	24,687
0,019	355,88	1,25	8,452
0,018	349,66	1,25	7,867
0,018	346,88	1,25	7,805
0,017	341,9	1,25	7,265
0,139	341,9	1,25	59,405
0,016	331,25	1,25	6,625
0,016	331,25	1,25	6,625
0,031	330,61	1,25	12,811
0,016	332,12	1,25	6,642
0,016	333,2	1,25	6,664
0,017	334,51	1,25	7,108
0,017	339,72	1,25	7,219
0,017	337,77	1,25	7,178
0,018	344,24	1,25	7,745
0,147	349,66	1,25	64,250
0,129	349,66	1,25	56,383
0,162	346,88	1,25	70,243
0,134	336,03	1,25	56,285
0,124	331,25	1,25	51,344
0,097	330,91	1,24	39,802
0,057	348,08	1,24	24,602
0,02	595,63	1,2	14,295
0,005	1850,45	1	9,252
0,004	655,41	1,19	3,120
0,005	595,63	1,2	3,574
0,006	527,85	1,21	3,832
0,007	477,76	1,21	4,047
0,008	419,22	1,22	4,092
0,009	387,18	1,23	4,286
0,054	355,37	1,24	23,796
0,035	394,23	1,23	16,972
0,04	1353,27	1,08	58,461
0,014	3010,68	0,83	34,984
0,003	901,59	1,15	3,110
0,004	780,2	1,17	3,651
0,005	623,72	1,19	3,711
0,005	595,63	1,2	3,574
0,004	655,41	1,19	3,120
0,006	509,53	1,21	3,699
0,024	419,22	1,22	12,275

0,007	451,28	1,22	3,854
0,006	509,53	1,21	3,699
0,006	492,91	1,21	3,579
0,003	835,82	1,16	2,909
0,008	1560,33	1,05	13,107
0,005	3010,68	0,83	12,494
0,001	3010,68	0,83	2,499
0,002	2285,52	0,94	4,297
0,005	4461,003	0,6	13,383
0,003	901,59	1,15	3,110
0,017	691,39	1,18	13,869
0,004	691,39	1,18	3,263
0,005	595,63	1,2	3,574
0,006	492,91	1,21	3,579
0,007	439,68	1,22	3,755
0,009	387,18	1,23	4,286
0,008	429,01	1,22	4,187
0,006	509,53	1,21	3,699
0,009	655,41	1,19	7,019
0,007	2285,52	0,94	15,039
0,003	835,82	1,16	2,909
0,011	570,57	1,2	7,532
0,007	451,28	1,22	3,854
0,035	463,94	1,18	19,161
0,007	1353,27	1,08	10,231
0,018	1560,33	1,05	29,490
0,045	439,68	1,22	24,138
0,012	527,85	1,21	7,664
0,005	595,63	1,2	3,574
0,004	691,39	1,18	3,263
0,004	732,6	1,17	3,429
0,003	835,82	1,16	2,909
0,003	2285,52	0,94	6,445
0,002	4461,003	0,6	5,353
0,003	1077,16	1,12	3,619
0,003	980,575	1,14	3,354
0,004	691,39	1,18	3,263
0,003	835,82	1,16	2,909
0,003	835,82	1,16	2,909
0,003	980,575	1,14	3,354
0,003	980,575	1,14	3,354
0,002	1560,33	1,05	3,277
0,004	3010,68	0,83	9,995
0,004	732,6	1,17	3,429
0,005	570,57	1,2	3,423

0,006	509,53	1,21	3,699
0,006	548,1	1,2	3,946
0,007	463,94	1,22	3,962
0,007	451,28	1,22	3,854
0,021	570,57	1,2	14,378
0,026	655,41	1,19	20,278
0,006	492,91	1,21	3,579
0,007	477,76	1,21	4,047
0,006	509,53	1,21	3,699
0,006	527,85	1,21	3,832
0,005	655,41	1,19	3,900
0,005	1560,33	1,05	8,192
0,028	548,1	1,2	18,416
0,009	980,575	1,14	10,061
0,014	780,2	1,17	12,780
0,014	780,2	1,17	12,780
0,009	1850,45	1	16,654
0,022	548,1	1,2	14,470
0,01	595,63	1,2	7,148
0,005	570,57	1,2	3,423
0,016	548,1	1,2	10,524
0,005	1197,94	1,1	6,589
0,003	1850,45	1	5,551
0,003	1077,16	1,12	3,619
0,002	1353,27	1,08	2,923
0,002	1560,33	1,05	3,277
0,002	1560,33	1,05	3,277
0,001	3010,68	0,83	2,499
0,005	3010,68	0,83	12,494
0,003	2285,52	0,94	6,445
0,002	1353,27	1,08	2,923
0,004	3010,68	0,83	9,995
0,001	4461,003	0,6	2,677
0,023	835,82	1,16	22,300
0,03	780,2	1,17	27,385
0,021	901,59	1,15	21,773
0,004	3010,68	0,83	9,995
0,014	980,575	1,14	15,650
0,035	527,85	1,21	22,354
0,008	1353,27	0,08	0,866
0,009	1353,27	1,08	13,154
0,001	1850,45	1	1,850
0,002	1197,94	1,1	2,635
0,003	1077,16	1,12	3,619
0,004	780,28	1,17	3,652

0,004	780,28	1,17	3,652
0,004	732,6	1,17	3,429
0,005	570,57	1,2	3,423
0,036	451,28	1,22	19,820
0,053	359,58	1,24	23,632
0,068	348,08	1,24	29,350
0,014	623,72	1,19	10,391
0,004	3010,68	0,83	9,995
0,002	1077,16	1,12	2,413
0,002	1197,94	1,1	2,635
0,027	570,51	1,2	18,485
0,033	410,19	1,23	16,650
0,009	387,18	1,23	4,286
0,009	401,88	1,23	4,449
0,037	387,18	1,23	17,621
0,011	348,08	1,24	4,748
0,012	342,18	1,24	5,092
0,02	369,25	1,23	9,084
0,006	509,53	1,21	3,699
0,003	901,59	1,15	3,110
0,005	1850,45	1	9,252
0,02	595,63	1,2	14,295
0,014	463,94	1,22	7,924
0,008	439,68	1,22	4,291
0,008	439,68	1,22	4,291
0,025	419,22	1,22	12,786
0,008	980,575	1,14	8,943
0,003	901,59	1,15	3,110
0,03	595,63	1,2	21,443
0,051	451,28	1,22	2807,864
0,003	4461,003	0,6	8,030
0,013	2285,52	0,94	27,929
0,006	548,1	1,2	3,946
0,035	463,94	1,22	19,810
0,043	401,88	1,23	21,255
0,008	1353,27	1,08	11,692
0,013	1850,45	1	24,056
0,004	2285,52	0,94	8,594
0,038	570,57	1,2	26,018
0,011	980,575	1,14	12,296
0,013	4461,003	0,6	34,796
0,003	980,575	1,14	3,354
0,004	780,28	1,17	3,652
0,004	732,6	1,17	3,429
0,031	509,53	1,21	19,112

0,042	401,88	1,23	20,761
0,006	1353,27	1,08	8,769
0,004	655,41	1,19	3,120
0,006	527,85	1,21	3,832
0,036	451,28	1,22	19,820
0,019	623,72	1,19	14,102
0,005	548,1	1,2	3,289
0,006	492,91	1,21	3,579
0,005	623,72	1,19	3,711
0,004	780,28	1,17	3,652
0,002	1197,94	1,1	2,635
0,002	1197,94	1,1	2,635
0,021	691,39	1,18	17,133
0,007	451,28	1,22	385,393
0,016	732,6	1,17	13,714
0,011	570,57	1,2	7,532
0,007	477,76	1,21	4,047
0,031	509,53	1,21	19,112
0,004	691,39	1,18	3,263
0,003	950,575	1,14	3,251
0,003	4461,003	0,6	8,030
0,002	1353,27	1,08	2,923
0,004	4461,003	0,6	10,706
0,005	623,72	1,19	3,711
0,005	595,63	1,2	3,574
0,006	509,53	1,21	3,699
0,006	509,53	1,21	3,699
0,007	463,94	1,22	3,962
0,041	410,19	1,23	20,686
0,015	439,68	1,22	8,046
0,008	419,22	1,22	4,092
0,008	410,19	1,23	4,036
0,009	401,88	1,23	4,449
0,009	394,23	1,23	4,364
0,034	401,88	1,23	16,807
0,005	623,72	1,19	3,711
0,006	548,1	1,2	3,946
0,005	595,63	1,2	3,574
0,004	732,6	1,17	3,429
0,003	3010,68	0,83	7,497
0,002	2285,52	0,94	4,297
0,002	1353,27	1,08	2,923
0,002	1197,94	1,1	2,635
0,002	1197,94	1,1	2,635
0,002	1197,94	1,1	2,635

0,002	1197,94	1,1	2,635
0,003	980,575	1,14	3,354
0,002	1077,16	1,12	2,413
0,003	835,82	1,16	2,909
0,003	835,82	1,16	2,909
0,012	1353,27	1,08	17,538
0,003	980,575	1,14	3,354
0,02	980,575	1,14	22,357
0,011	1197,94	1,1	14,495
0,015	901,59	1,15	15,552
0,024	835,82	1,16	23,269
0,005	623,72	1,19	3,711
0,005	623,72	1,19	3,711
0,005	570,57	1,2	3,423
0,006	509,53	1,22	3,730
0,033	410,19	1,23	16,650
0,058	344,97	1,24	24,810
0,038	337,55	1,24	15,905
0,014	330,91	1,24	5,745
0,014	330,91	1,24	5,745
0,014	330,08	1,24	5,730
0,015	330,2	1,25	6,191
0,015	330,61	1,25	6,199
0,098	334,51	1,25	40,977
0,104	339,72	1,25	44,164
0,033	334,51	1,25	13,799
0,105	330,2	1,25	43,339
0,068	331,71	1,24	27,970
0,049	339,71	1,24	20,641
0,012	342,18	1,24	5,092
0,09	348,08	1,24	38,846
0,011	355,37	1,24	4,847
0,068	348,08	1,24	29,350
0,056	351,55	1,24	24,412
0,02	364,18	1,23	8,959
0,009	387,18	1,23	4,286
0,022	548,1	1,2	14,470
0,007	1850,45	1	12,953
0,009	2285,52	0,94	19,335
0,029	527,85	1,21	18,522
0,042	410,19	1,23	21,190
0,068	348,08	1,24	29,350
0,079	332,76	1,24	32,597
0,096	331,71	1,24	39,487
0,107	330,61	1,25	44,219

0,145	330,08	1,24	59,348
0,113	333,2	1,25	47,065
0,099	334,51	1,25	41,396
0,152	330,61	1,25	62,816
0,045	351,55	1,24	19,616
0,008	439,68	1,22	4,291
0,008	429,01	1,22	4,187
0,007	439,68	1,22	3,755
0,007	463,94	1,22	3,962
0,007	451,28	1,19	3,759
0,007	463,94	1,22	3,962
0,006	492,91	1,21	3,579
0,007	477,76	1,21	4,047
0,007	477,76	1,21	4,047
0,006	492,91	1,21	3,579
0,007	463,94	1,22	3,962
0,007	439,68	1,22	3,755
0,007	451,28	1,22	3,854
0,008	429,01	1,22	4,187
0,008	429,01	1,22	4,187
0,008	419,22	1,22	4,092
0,008	401,88	1,23	3,954
0,009	394,23	1,23	4,364
0,01	380,68	1,23	4,682
0,074	359,58	1,24	32,995
0,106	359,58	1,24	47,263
0,053	359,58	1,24	23,632
0,076	355,37	1,24	33,490
0,072	342,18	1,24	30,550
0,073	339,71	1,24	30,751
0,025	339,71	1,24	10,531
0,038	380,68	1,23	17,793
0,005	1560,33	1,05	8,192
0,008	732,6	1,17	6,857
0,005	623,72	1,19	3,711
0,005	595,63	1,2	3,574
0,005	623,72	1,19	3,711
0,006	527,85	1,21	3,832
0,007	439,67	1,22	3,755
0,008	419,22	1,22	4,092
0,05	369,25	1,23	22,709
0,08	332,76	1,24	33,010
0,11	332,12	1,25	45,667
0,14	331,25	1,25	57,969
0,096	333,2	1,25	39,984

0,07	341,9	1,25	29,916
0,056	355,88	1,25	24,912
0,075	355,88	1,25	33,364
0,055	352,67	1,25	24,246
0,019	355,88	1,25	8,452
0,07	341,9	1,25	29,916
0,018	344,24	1,25	7,745
0,017	337,77	1,25	7,178
0,049	334,51	1,25	20,489
0,016	331,56	1,25	6,631
0,015	330,61	1,25	6,199
0,015	330,02	1,25	6,188
0,014	331,71	1,24	5,758
0,013	167,08	1,24	2,693
0,011	355,37	1,24	4,847
0,011	355,37	1,24	4,847
0,033	410,19	1,23	16,650
0,007	477,76	1,21	4,047
0,007	451,28	1,19	3,759
0,008	410,19	1,23	4,036
0,008	410,19	1,23	4,036
0,009	401,88	1,23	4,449
0,008	419,22	1,22	4,092
0,007	477,76	1,21	4,047
0,005	548,1	1,2	3,289
0,005	595,63	1,2	3,574
0,01	835,82	1,16	9,696
0,01	1560,33	1,05	16,383
0,007	780,23	1,17	6,390
0,015	732,6	1,17	12,857
0,01	1560,33	1,05	16,383
0,013	4461,003	0,6	34,796
0,013	835,82	1,16	12,604
0,006	548,1	1,2	3,946
0,005	570,57	1,2	3,423
0,005	595,63	1,2	3,574
0,005	570,57	1,2	3,423
0,004	732,6	1,17	3,429
0,005	655,41	1,19	3,900
0,004	691,39	1,18	3,263
0,004	655,41	1,19	3,120
0,004	655,41	1,19	3,120
0,004	691,39	1,18	3,263
0,01	595,63	1,2	7,148
0,005	548,1	1,2	3,289

0,005	570,57	1,2	3,423
0,006	527,85	1,21	3,832
0,006	509,53	1,21	3,699
0,031	492,91	1,21	18,489
0,048	463,94	1,18	26,278
0,046	439,68	1,22	24,675
0,022	451,28	1,22	12,112
0,021	451,28	1,22	11,562
0,029	451,28	1,22	15,966
0,023	429,01	1,22	12,038
0,028	463,94	1,22	15,848
0,008	429,01	1,22	4,187
0,049	509,53	1,21	30,210
0,027	732,6	1,17	23,143
0,04	732,6	1,17	34,286
0,015	780,2	1,17	13,693
0,005	980,575	1,14	5,589
0,013	835,82	1,16	12,604
0,015	1077,16	1,12	18,096
0,004	732,6	1,17	3,429
0,028	780,2	1,17	25,559
0,03	595,63	1,2	21,443
0,006	527,85	1,21	3,832
0,006	548,1	1,2	3,946
0,018	655,41	1,19	14,039
0,012	1560,33	1,05	19,660
0,01	1077,16	1,12	12,064
0,012	1353,27	1,08	17,538
0,004	4461,003	0,6	10,706
			8893,478
			8893,478g = 8.893kg