



Награда из Фонда Института за геодезију и геоинформатику за најбољи мастер рад на Одсеку за геодезију и геоинформатику одбрањен у школској 2016/2017. години

## ИЗРАДА ОПТИМАЛНИХ ТРАНСПОРТНИХ РУТА КОРИШЋЕЊЕМ *ODL STUDIO* СОФТВЕРА ОТВОРЕНОГ КОДА

Никола Станчић

Студијски програм: геодезија и геоинформатика  
 Модул: геоинформатика  
 Ужа научна област: земљишни информациони системи  
 Ментор: доц. др Жељко Цвијетиновић, дипл. инж. геод.

Основне студије уписане 2012. године  
 Основне студије завршене 2015. године  
 Просечна оцена 9,84  
 Мастер студије уписане 2015. године  
 Мастер студије завршене 2017. године  
 Просечна оцена 10,00

### ЗАДАТАК ДИПЛОМСКОГ-МАСТЕР РАДА

Предочене су теоријске основе у вези с проблемом израде транспортних рута. Описане су основне карактеристике и функционалности апликације *Open Door Logistics Studio*, намењене решавању логистичких задатака. Наведене су карактеристике *GraphHopper* библиотеке и пратећег модела података. Представљене су специфичности *OpenStreetMap* података, начин њиховог прилагођавања, као и њихова улога у креирању графа мреже саобраћајница. Из система за управљање возним парком *MobTrack:24*, преузети су и прилагођени подаци потребни за оптимизацију једног реалног плана испоруке робе. Урађен је практични пример проблема рутирања возила и планирања редоследа испоруке и то с конкретним подацима који се односе за територију Србије. Описане су могућност интеграције апликације с пословним информационим системима.

#### Проблем рутирања возила

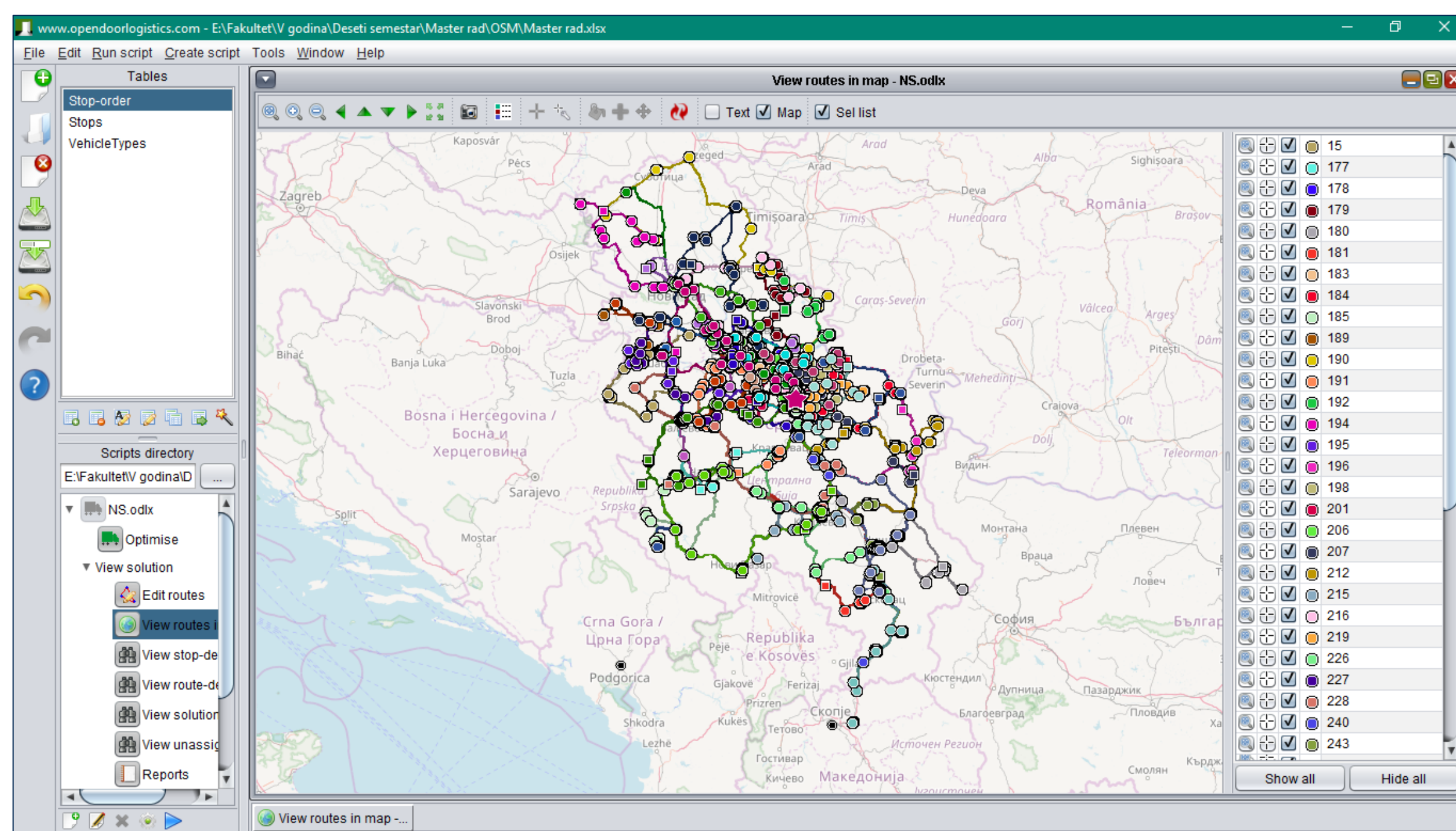
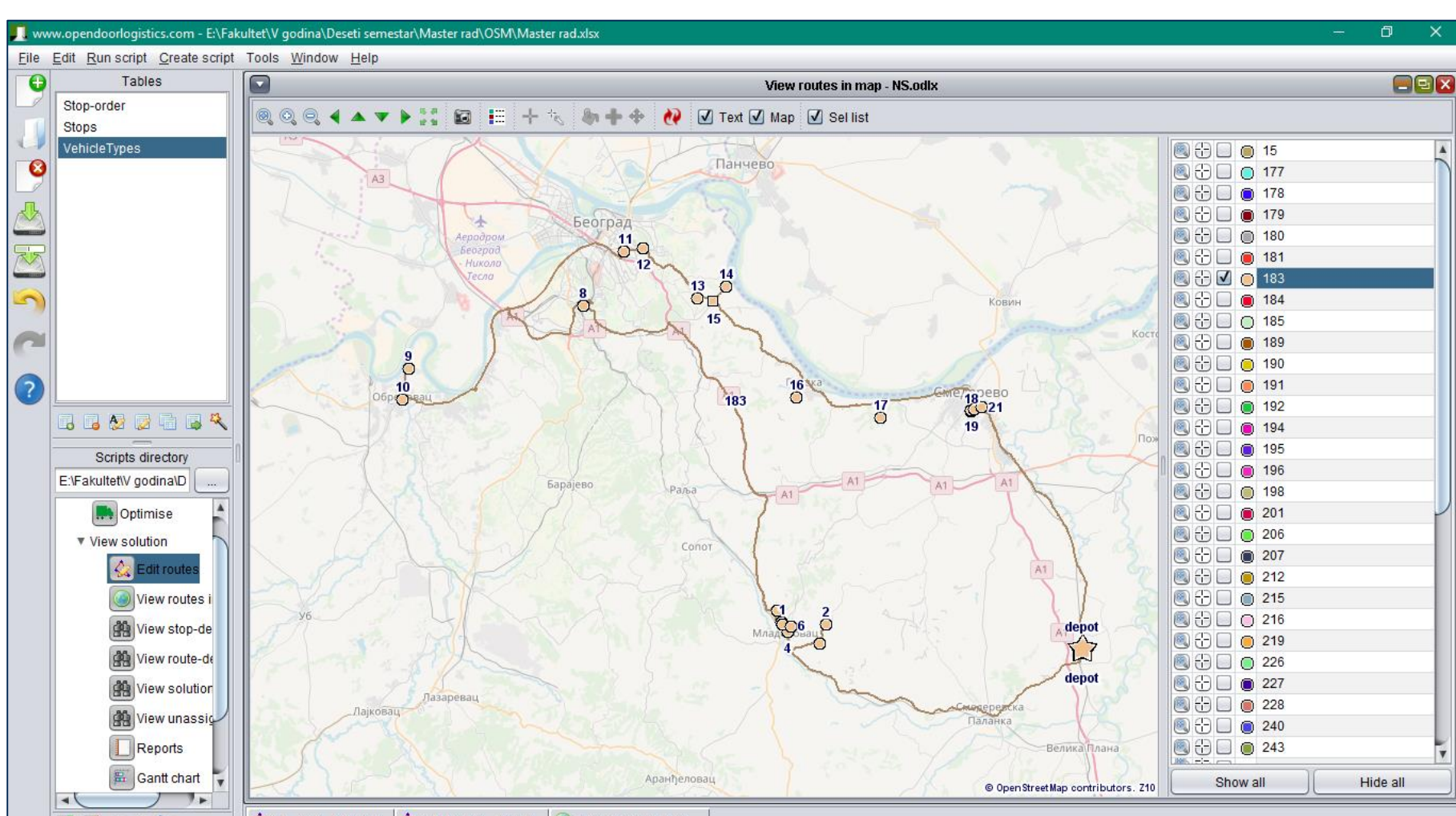
- Процес избора оптималног пута по коме возило треба да се креће приликом услуживања скупа корисника.
- Путна мрежа се описује комплетним графом чији лукови представљају саобраћајнице, а чворови раскрснице, складишта или кориснике.
- Сваком луку је придружена тежина која је у директној вези с временом и удаљеношћу путовања возила.
- Оптимална рута је она која минимизује укупне трошкове (пређену километражу, протекло време, утрошак горива или неки други критеријум).
- Свако возило има дефинисану вредност максималног капацитета, односно своју носивост.
- За сваког корисника се води податак о количини робе коју му треба доставити или коју треба преузети од њега.

#### Потребни подаци

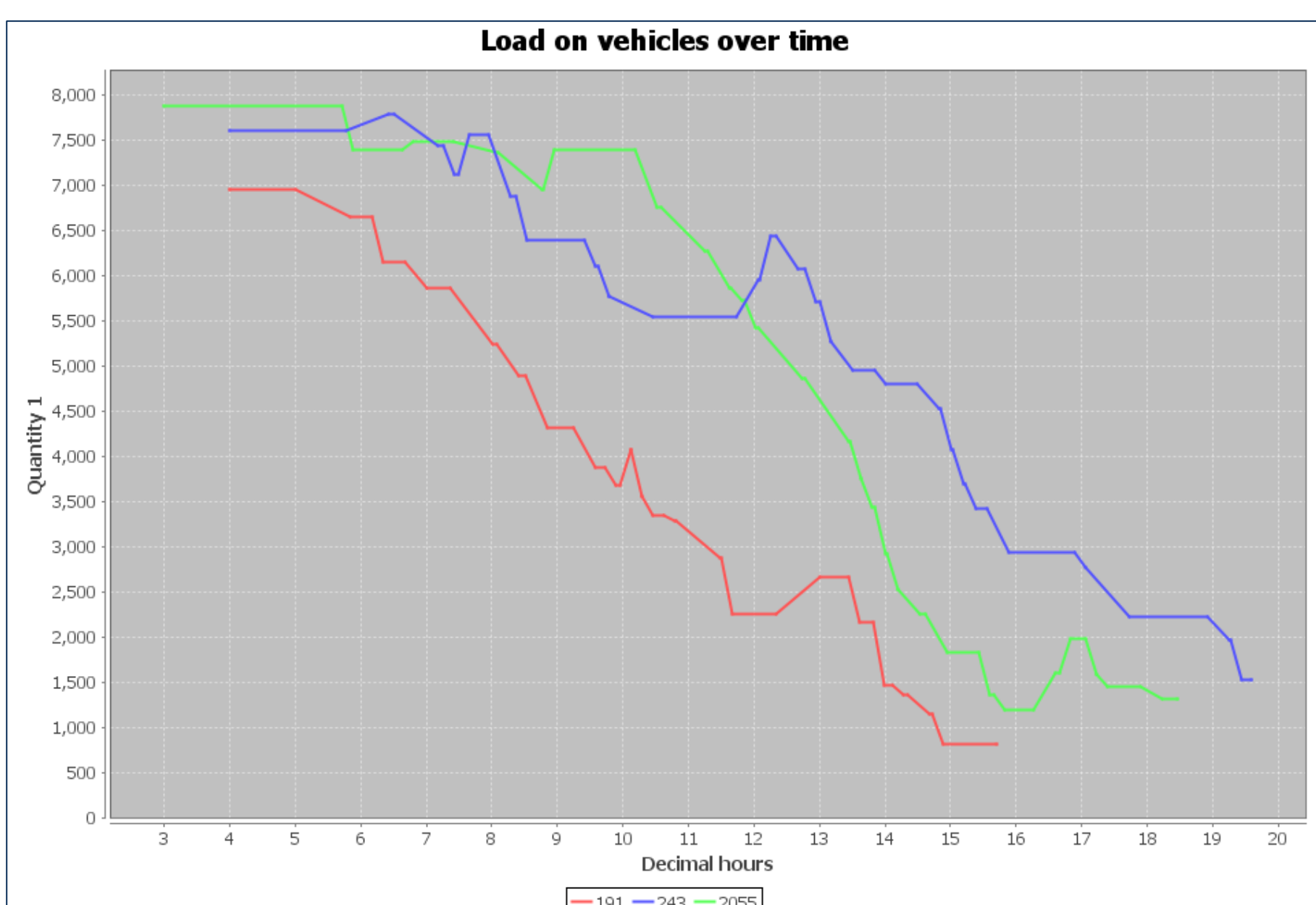
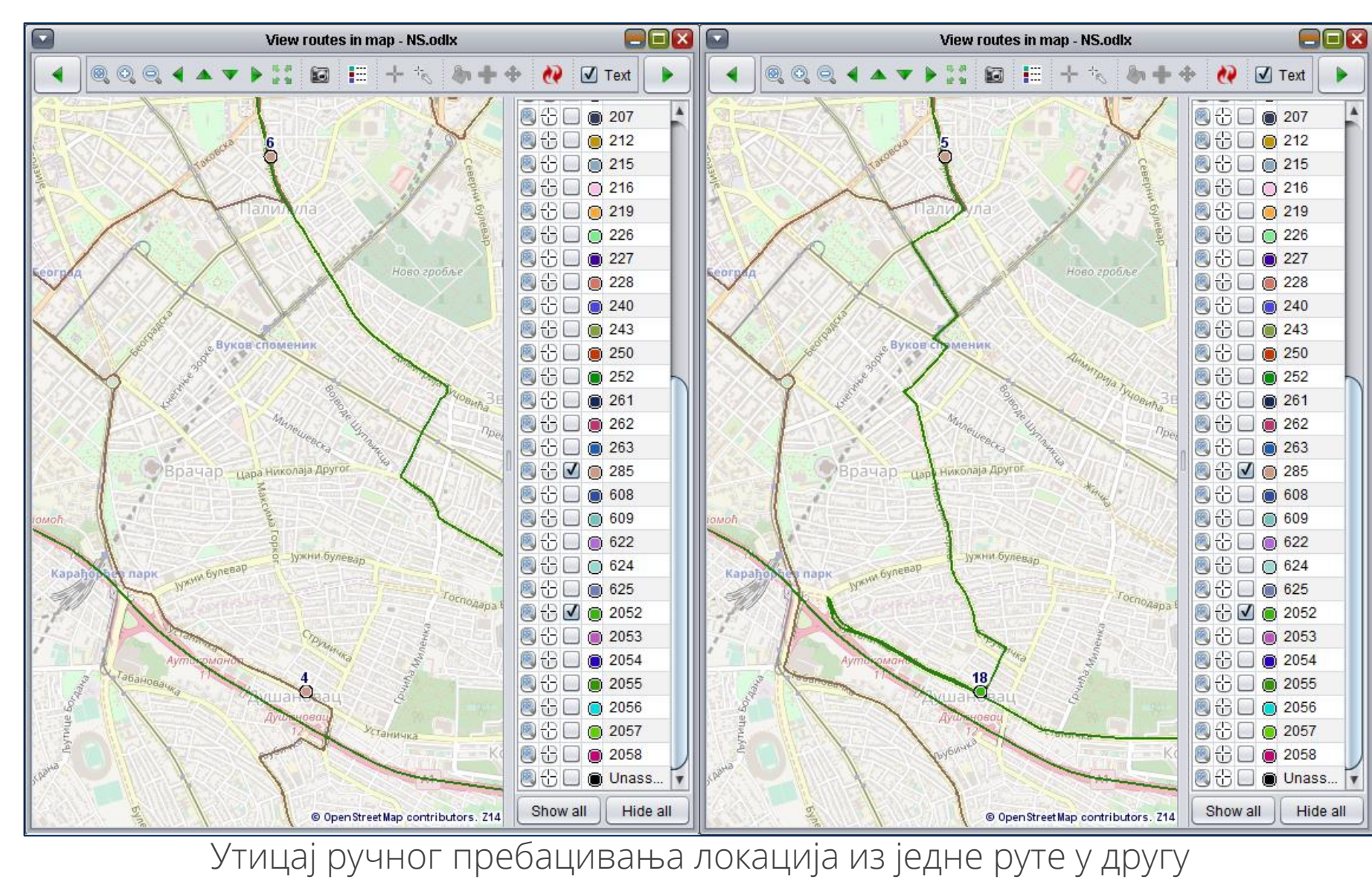
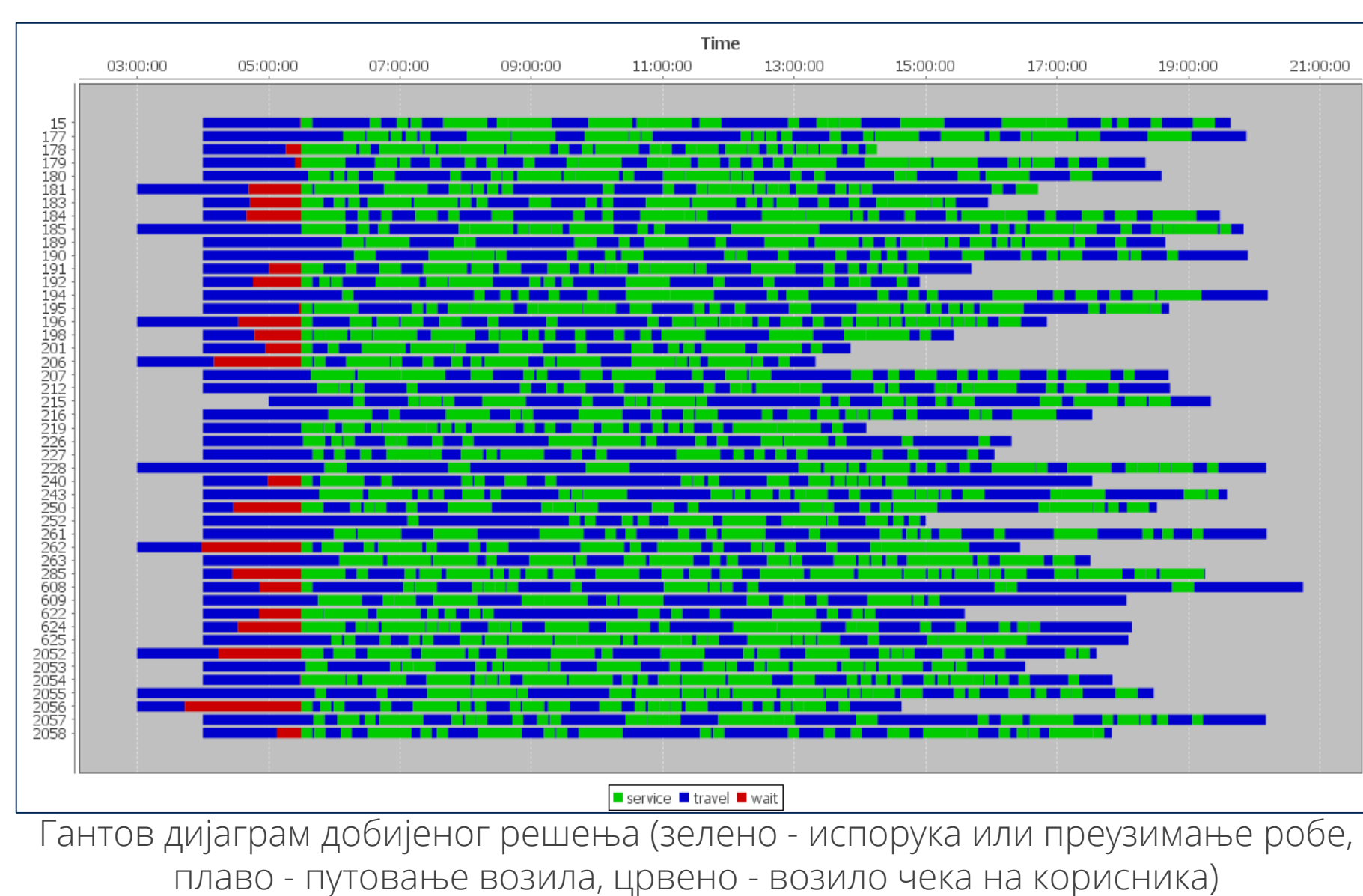
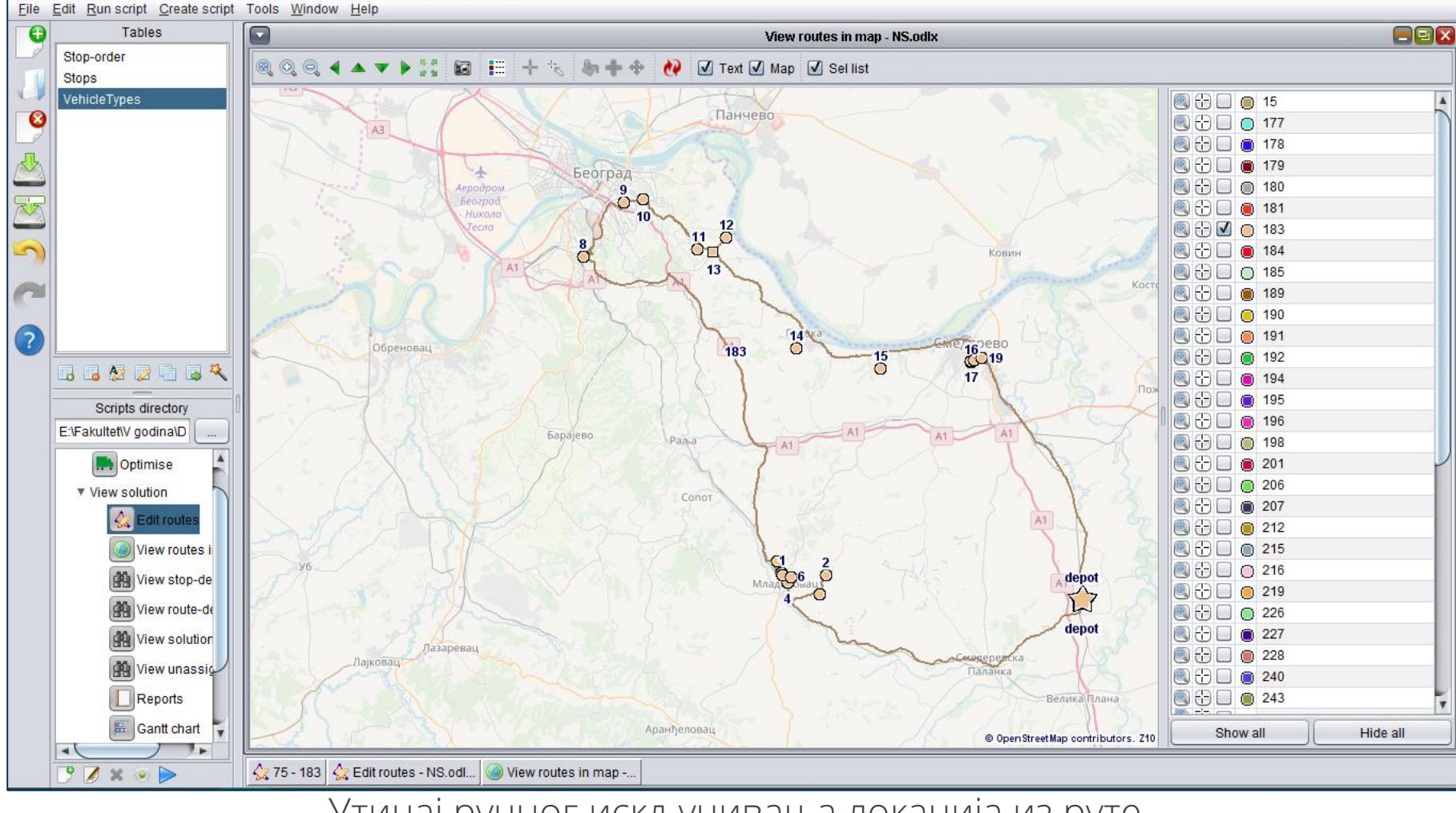
- Постојеће саобраћајнице на територији од интереса.
- Карактеристике возног парка и возила која му припадају.
- Локације корисника и основни подаци о њима.
- Додатна ограничења и кориснички захтеви :
  - ограничења капацитета или удаљености;
  - временски прозори;
  - истовремено прикупљање и достава добара;
  - првенство обиласка;
  - ...

#### Коришћени алати

- Софтверска апликација *Open Door Logistics Studio*  
 Подаци су смештени у оквиру *.XLS* датотеке, тј. у *Microsoft Excel* табели.
- Јава библиотека *GraphHopper*  
 Библиотека отвореног кода написана у Јави и намењена креирању оптималних рута.
- Пројекат *OpenStreetMap*  
 Просторни подаци *OpenStreetMap*-а представљају квалитетну основу за моделовање графа путне мреже.
- Систем за управљање возним парком *MobTrack:24*  
 Поседује богату базу података о возилима возног парка и о локацијама корисника које треба услужити.



Број рута	Број непосећених локација	Број посећених локација
47	2	970
Број прекорачења ограничења	Број испорука робе	Количина достављене робе
0	871	339450
Прекорачење капацитивних ограничења	Број преузимања робе	Количина преузете робе
0	99	40634
Укупно време решења	Прекорачење временских ограничења	Време проведено у чекању
27 дана, 00:43:11,385	00:00:00	17:24:19,881
Трошкови путовања	Укупан пређени пут свих возила [km]	Укупно време путовања свих возила
369,369	22184,845	14 дана, 02:28:51,504



Графикон промене количине робе у возилима кроз време за три произвољно одабране руте (носивост возила ни у једном тренутку не сме бити прекорачена)

### ЗАКЉУЧАК

Препуштањем рачунару да изврши креирање рута за испоруку добара до корисничких локација, остварују се вишеструке користи. Постоји реалан интерес компанија да имплементирају принципе рутирања у своје системе. Системи који имплементирају неко од решења проблема рутирања возила не решавају само проблеме доставе и прикупљање добара, већ и доста шири спектар проблема (превоз особа с ограниченом покретљивошћу, проблем распоређивања сервисних екипа, управљање отпадом, извршавање услуга курирског типа итд). *ODL Studio* на свом званичном сајту пружа добру документацију с јасним описом расположивих функционалности. Упознавање корисника с могућностима софтвера је организовано по интерактивним упутствима у којима је поступно, темељно и интуитивно објашњен рад у софтверу. Комбинација софтвера *ODL Studio*, библиотеке *GraphHopper* и *OSM* података представља бесплатну, лаку за коришћење, ефикасну и приступачну алтернативу комерцијалним решењима која се баве проблемом рутирања возила.

#### Експериментални део рада

- Путна мрежа Србије преузета је из *OpenStreetMap* података који су компатибилни с библиотеком *GraphHopper* и софтвером *ODL Studio*.
- Сет улазних података обухвата возила и кориснике једног домаћег трговинског ланца и односи се на реалан дневни план испоруке и/или поврата робе.
- Илустровано је решавање капацитивног проблема рутирања возила с временским ограничењима и истовременом доставом и прикупљањем (*CVRPTWSPD*).
- Понађено решење се може анализирати на интерактивној карти, кроз статистичке параметре или помоћу гантограма. Руте се могу ручно изменити и извести у *.PDF* извештај.
- Оптимално решење треба да има што мање неактивних периода, тј. чекања (црвени сегменти гантограма). Кључан је однос зелених и плавих сегмената гантограма.
- Прегледом статистичких табела се утврђује да путовање траје 52,18% времена, на услуживање отпада 45,14% времена, док сума свих чекања одузима 2,68% времена.