Univerzitet u Beogradu
Saobraćajni fakultet
Odsek za logistiku

GEOGRAFSKI INFORMACIONI SISTEMI

Vežbe bazirane na ESRI-jevom softverskom alatu ArcGIS 10 i Network Analyst ekstenziji

Prof. dr Gordana Radivojević, dipl. inž.
Prof. dr Dražen Popović, dipl. inž.
Asistent Milica Radević, dipl. inž.

Ovaj materijal je nastao sa namerom da se studentima Saobraćajnog fakulteta, Odseka za logistiku, ali i svima drugima zainteresovanima za rad u ArcGIS 10 softverskom alatu, pomogne u ovladavanju softvera sa posebnim osvrtom na Network Analyst ekstenziju. Pokazni primeri su urađeni u skladu sa zvaničnim materijalom za vežbanje koji prati ArcGIS 10 softverski alat. Više o ESRI-ju na sajtu www.esri.com.

Beograd, 2025. god.

Sadržaj

1 O ArcGIS-u ... 1

2 Uvod u ArcMap ... 3

2.1 Pokretanje aplikacije ArcMap i osnove korisničkog interfejsa ... 3
2.2 Formiranje i štampanje layout-a ... 6
2.3 Kreiranje lejera i kategorizacija objekata ... 7
2.4 Geografska selekcija objekata ... 11
2.5 Eksportovanje lejera ... 13
2.6 Formiranje sumarne statistike ... 14
2.7 Kreiranje grafikona ... 16

3 Uvod u Network Analyst i rad sa prvim modulom New Route ... 17

3.1 Aktiviranje Network Analyst ekstenzije ... 18
3.2 Pokretanje i rad sa modulom New Route ... 19
3.3 Primer ... 21
3.4 Podešavanje redosleda opsluge čvorova ... 23
3.5 Podešavanje vremenskih prozora opsluge čvorova ... 24
3.6 Postavljanje zabrana kretanja vozila ... 27
3.7 Ucrtavanje lokacije čvorova na osnovu adrese ... 28
3.8 Zadatak ... 29

4 New Closest Facility modul ... 30

4.1 Ponavljanje (New Route) ... 30
4.2 New Closest Facility ... 31
4.3 Primer ... 32
4.4 Varijanta prethodnog primera ... 34
4.5 Zadatak 1 ... 35
4.6 Zadatak 2 ... 36

5 Ponavljanje ... 37

5.1 Zadatak 1 ... 37
5.2 Zadatak 2 ... 38
5.3 Zadatak 3 ... 39

6 Service Area modul ... 40

6.1 Ponavljanje ... 40
6.2 Uvod u modul Service Area ... 41
6.3 Primer ... 42
6.4 ZADATAK 1 ... 49
6.5 ZADATAK 2 ... 50
6.6 ZADATAK 3 ... 51

7 Vehicle Routing Problem (VRP) modul ... 52

7.1 Primena naučenih modula? ... 52
7.2 Uvod u VRP ... 55
7.3 Primer ... 56
7.4 Promene na prethodnom primeru ... 61
7.5 Zadatak ... 65

8 Vehicle Routing Problem (VRP) modul - II deo 66

8.1 PRIMER 66
8.2 PROBNI TEST 73

9 ZADACI ZA SPREMANJE ZAVRŠNOG TESTA 75

9.1 Zadatak 1 75
9.2 Zadatak 2 76
9.3 Zadatak 3 76
9.4 Zadatak 4 76
9.5 Zadatak 5 77
9.6 Zadatak 6 77
9.7 Zadatak 7 78
9.8 Zadatak 8 79

1 O ArcGIS-u

A water department finds the valves to isolate a ruptured water main.

A transit department produces maps of bicycle paths for commuters.

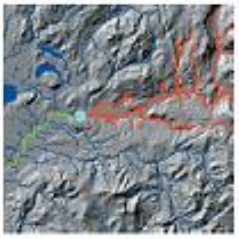
A pipeline company finds the least-cost path for a new pipeline.

A biologist studies the impact of construction plans on a watershed.

A business evaluates locations for new retail outlets by considering nearby concentrations of customers.

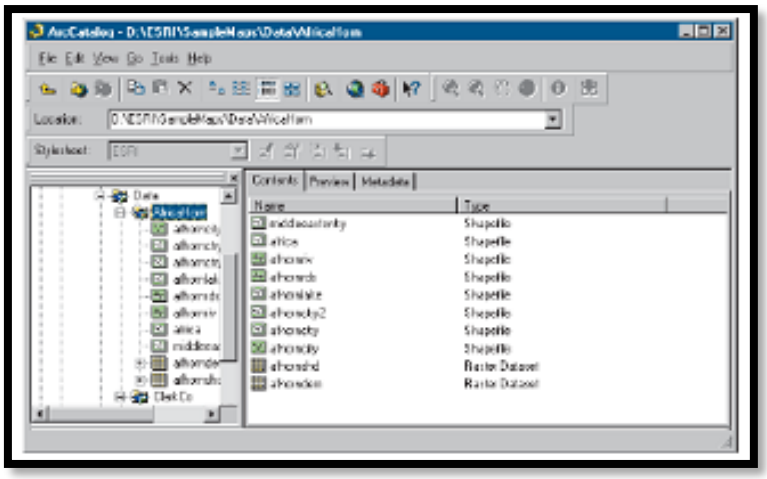
A police dispatcher finds the fastest route to an emergency.

An emergency management agency plans relief facilities by modeling demand and accessibility.

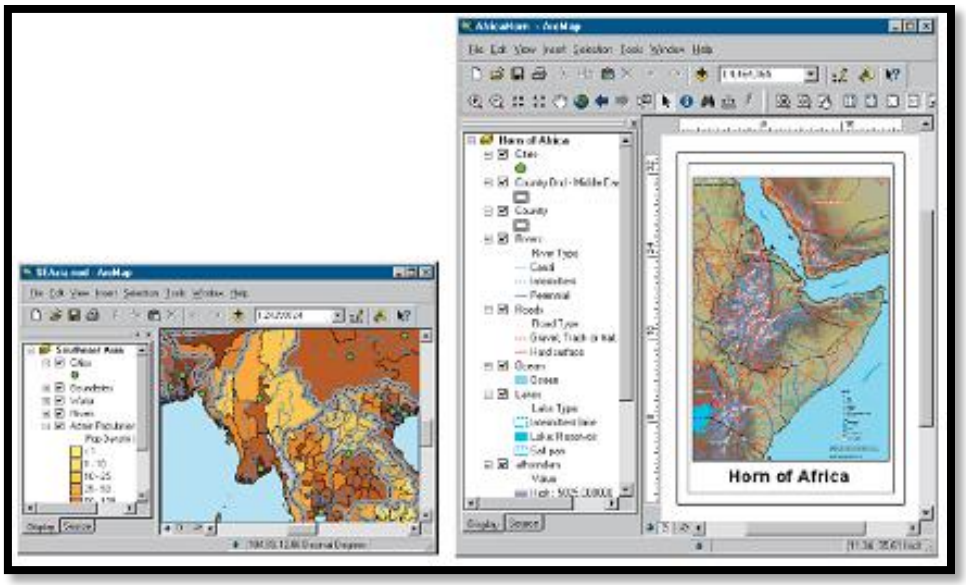


A water resource manager traces upstream to find the possible sources of a contaminant.

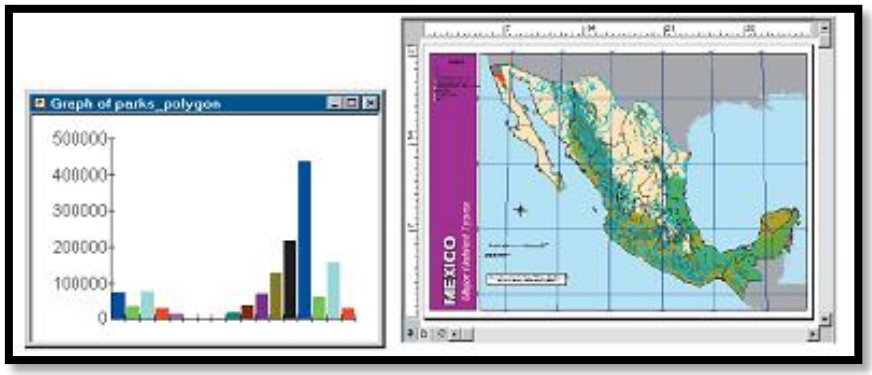
Dve osnovne aplikacije na kolima se bazira rad u ArcGis softveru su ArcCatalog i ArcMap. ArcCatalog omogućava između ostalog pretragu, čuvanje i organizaciju geografskih podataka.



ArcMap omogućava kreiranje i interakciju sa mapama. U ovoj aplikaciji moguć je između ostalog pregled, podešavanje i analiza geografskih podataka.



Kreiranje tabelarnih prikaza i izveštaja čini ovu aplikaciju veoma pogodnom za razne oblike prezentacija.



Pored ove dve osnovne aplikacije, Esri kao proizvođač softverskih rešenja, nudi veliki broj ekstenzija za različite specifične oblasti poslovanja. Jedna od njih je i Network Analyst koja služi za rad sa transportnim mrežama, odnosno za kreiranje ruta vozila, određivanje zona opsluge, matrice rastojanja itd.

2 Uvod u ArcMap

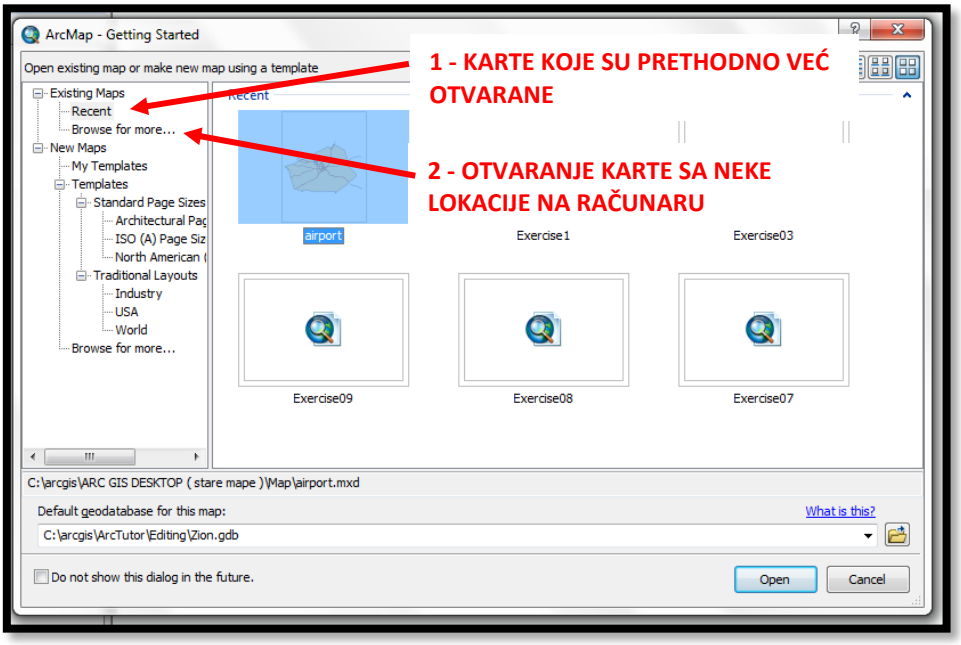
Prvi čas vežbi služi za upoznavanje sa ArcMap softverom i osnovnim funkcionalnostima, odnosno studentima će biti predstavljeno:

- pokretanje aplikacije ArcMap i osnove korisničkog interfejsa;
- formiranje i štampanje layout-a;
- kreiranje lejera i kategorizacija objekata;
- geografska selekcija objekata;
- eksportovanje lejera;
- formiranje sumarne statistike;
- kreiranje grafikona.

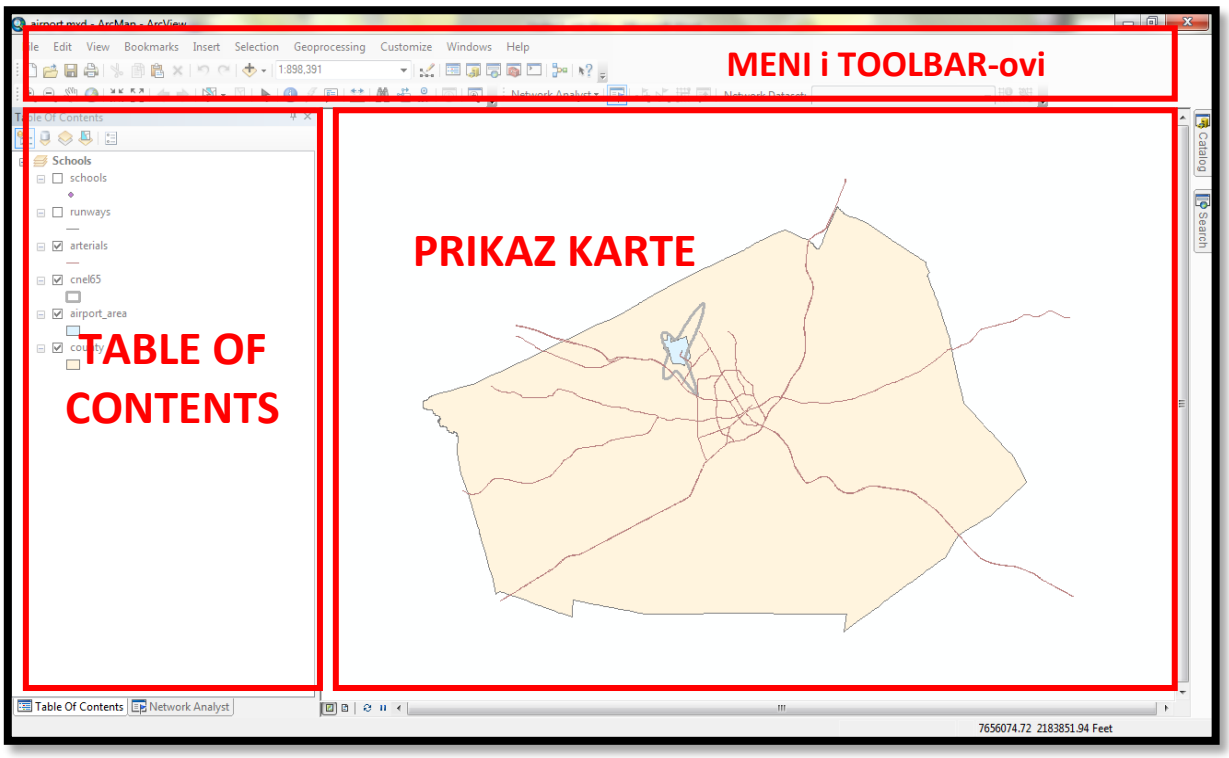
2.1 Pokretanje aplikacije ArcMap i osnove korisničkog interfejsa

Aplikacija se pokreće preko *Start* tab-a, pa *Programs\ArcGis\ArcMap*.

Po pokretanju aplikacije otvara se početni ekranski obrazac, na kojem se nude opcije za početak rada, između ostalog i za otvaranje nove ili neke već postojeće karte.



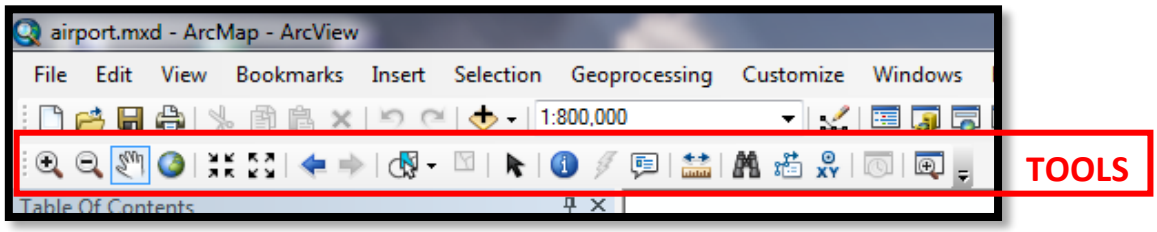
Karte se u ArcGis-u čuvaju kao file u formatu *.mxd, u kojem se podaci nalaze u više odvojenih fajlova (tačke, linije, poligoni, atributi) i koji su prikazani u različitim lejerima. Za prvi čas vežbi neophodno je otvoriti kartu koja se nalazi na lokaciji (opcija 2 sa prethodne slike): *C:\ArcGis\ArcTutor\Map\airport.mxd*. Na narednoj slici je prikazan izgled glavnog ekranskog obrasca gde se na levoj strani nalazi polje sa lejerima (*Table of contents*), a na desnoj strani polje sa izgledom karte (*Map display area*).



Svaki lejer u sebi sadrži određene podatke. Lejeri se mogu uključivati i isključivati po potrebi (klikom miša na kvadrat ispred naziva lejera). Na prethodnoj slici lejeri *schools* i *runways* su isključeni, dok su ostala četiri uključena. U ovom primeru postoji 6 lejera:

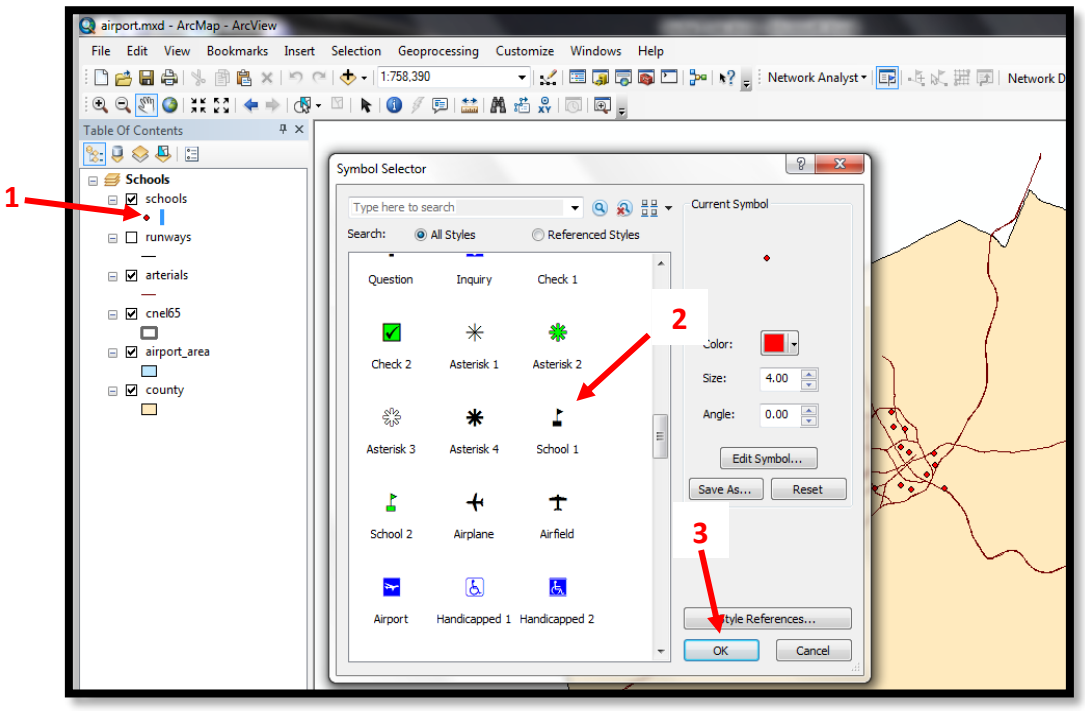
- *schools* - lejer sa podacima o školama;
- *runways* - lejer sa podacima o avionskim pistama;
- *arterials* - lejer sa podacima o glavnim saobraćajnicama;
- *cnel65* - lejer sa podacima o konturi buke;
- *airport_area* - lejer sa podacima o predlogu proširenja aerodromske luke;
- *county* - lejer sa podacima o granicama okruga.

Za kretanje po karti, selektovanje i traženje objekata koristi se *Tools* toolbar koji je prikazan na narednoj slici.

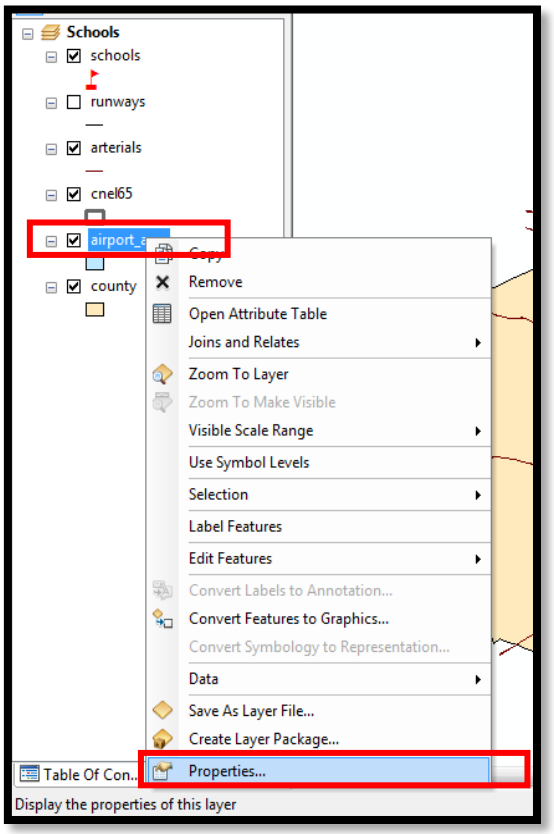


Promena izgleda simbola kojima su označeni objekti na karti se može izvršiti na sledeći način (ako je lejer *schools* isključen, uključiti ga da bude vidljiv):

- levi klik na simbol sa kojim je trenutno označen objekat;
- na taj način se otvara ekranski obrazac *Symbol Selector*;
- nakon odabira željenog simbola potrebno je sačuvati promenu sa klikom na dugme *OK*.

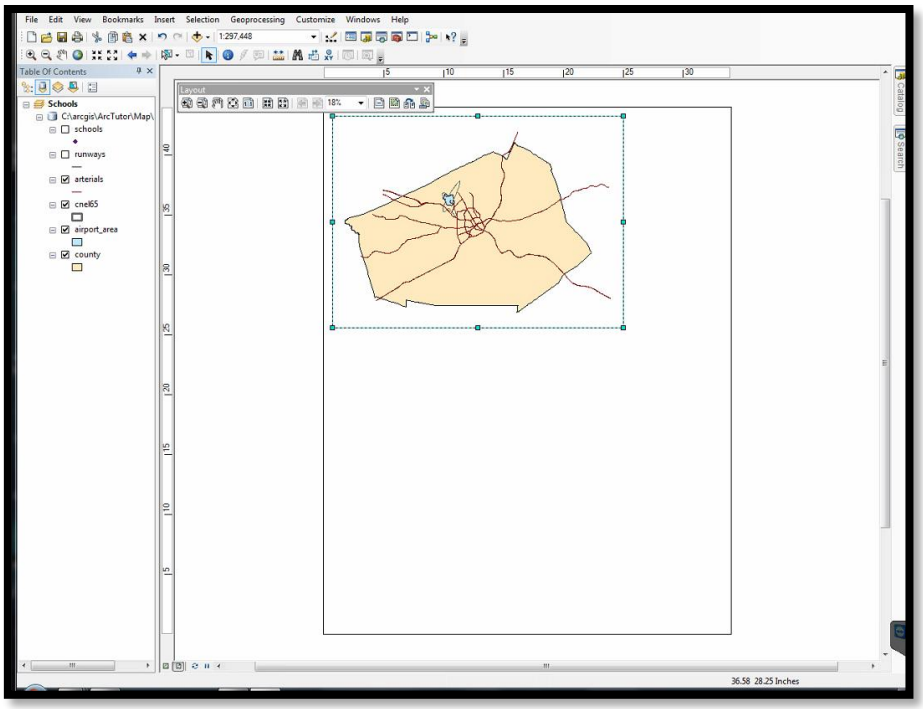


Podešavanje karakteristika bilo kojeg lejera ili podatka sa lejera moguće je vršiti u sa desnim klikom na lejer u *Table of contents*, nakon čega se bira dugme *Properties* sa padajućeg menija.

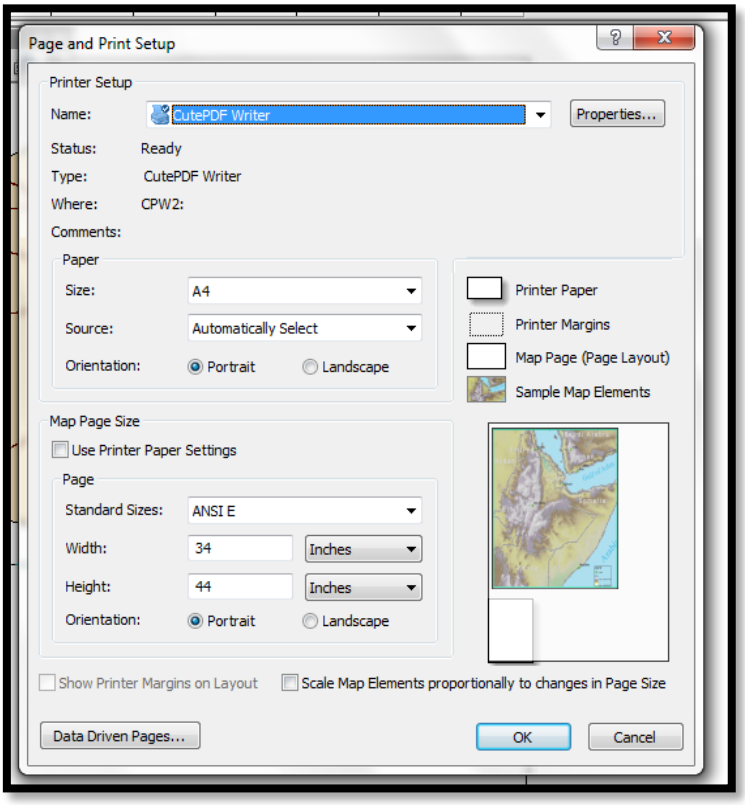


2.2 Formiranje i štampanje layout-a

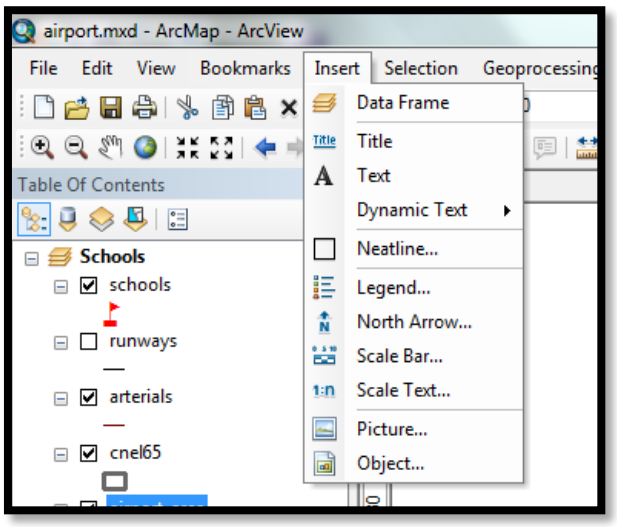
Postoje dve vrste pogleda na karte u ArcMap-u, *data* pogled i *layout* pogled. Prvi pogled služi za istraživanje i podešavanja karte, dok se sa *layout* pogledom prikazuje izgled dela karte sa željenim podacima koji se šalje na štampanje i u kom se vrše podešavanja pred štampu. Odabir pogleda se vrši u *View* meniju.



Desnim klikom na belu površinu ovog pogleda dobija se padajući meni u kome je potrebno odabrati opciju *Page and Print Setup* sa kojom se vrše podešavanja karakteristika štampanja layout-a.



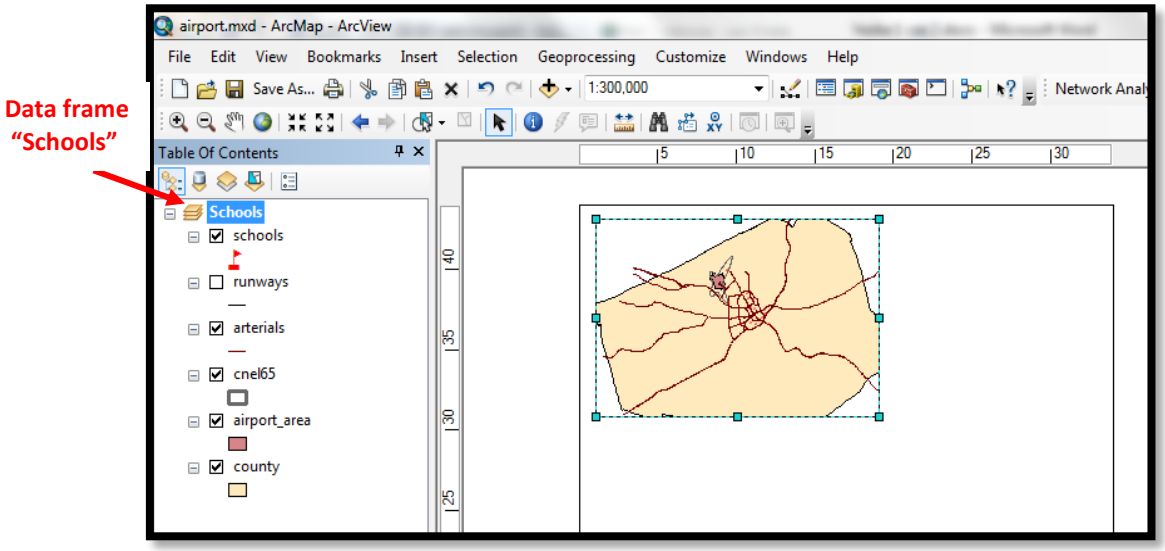
Dodavanje elemenata na kartu (naslov, legenda, razmere, smera severa itd.) se vrši na *Insert* meniju.



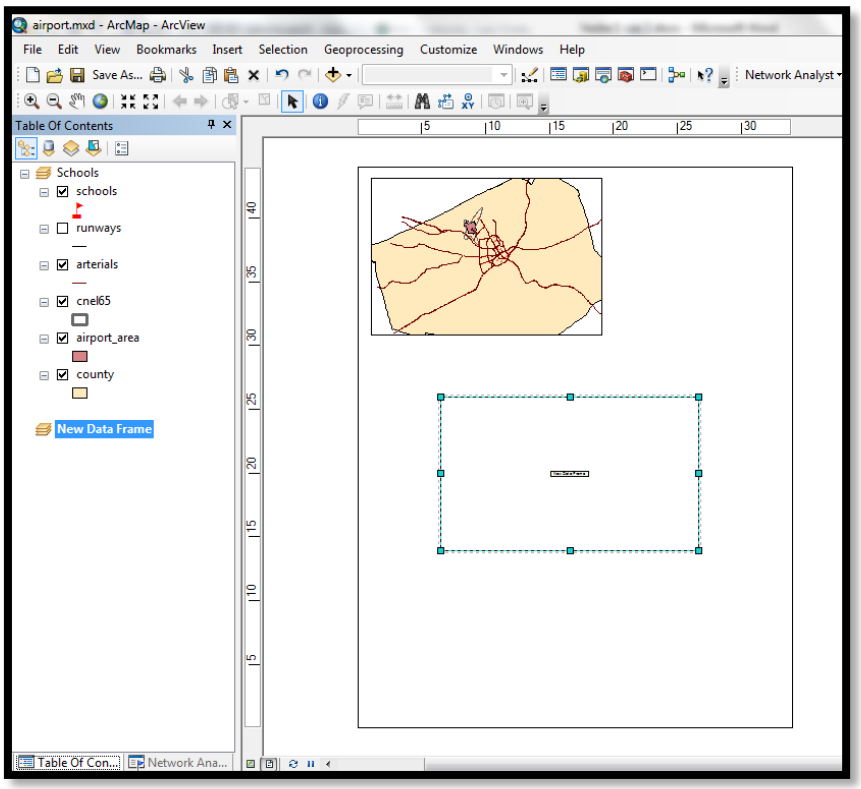
Kada se završe sva željena podešavanja neophodno je snimiti kreiranu kartu. Snimanje se vrši na *File* meniju sa opcijom *Save as*.

2.3 Kreiranje lejera i kategorizacija objekata

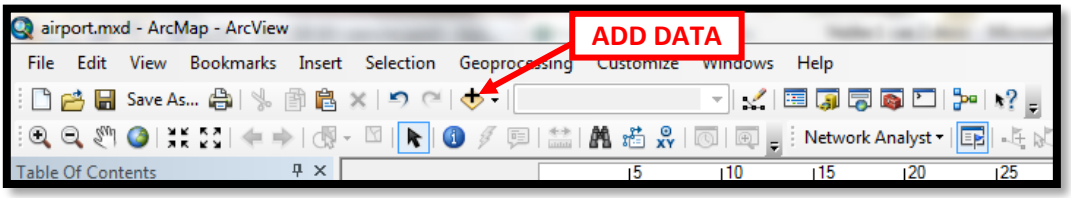
Data frame služi za grupisanje lejera radi zajedničkog prikazivanja. Prvo je neophodno otvoriti kartu *airport.mxd*. Ova karta sadrži data frame pod nazivom *Schools*. Potrebno je izabrati *Layout View* iz *View* menija. Sada je dat prikaz *Schools* data frame koji je neophodno smanjiti i pomeriti u gornji levi ugao kao što je prikazano na sledećoj slici.



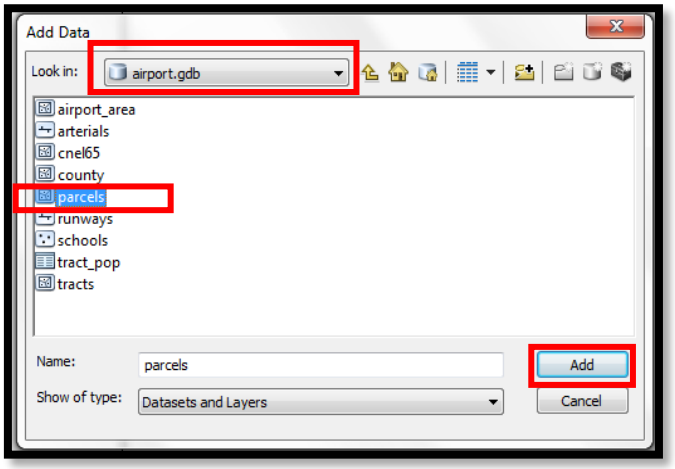
Kreiranje novog data frame se vrši preko *Insert* menija i odabirom opcije *Data Frame*, u kojem se trenutno ne nalazi ni jedan lejer. Recimo da želimo da napravimo data frame koji u sebi sadrži podatke o nameni zemljišta. To znači da je neophodno ubaciti lejere sa ovim podacima. Prvo se selektuje novi data frame levim klikom na isti.



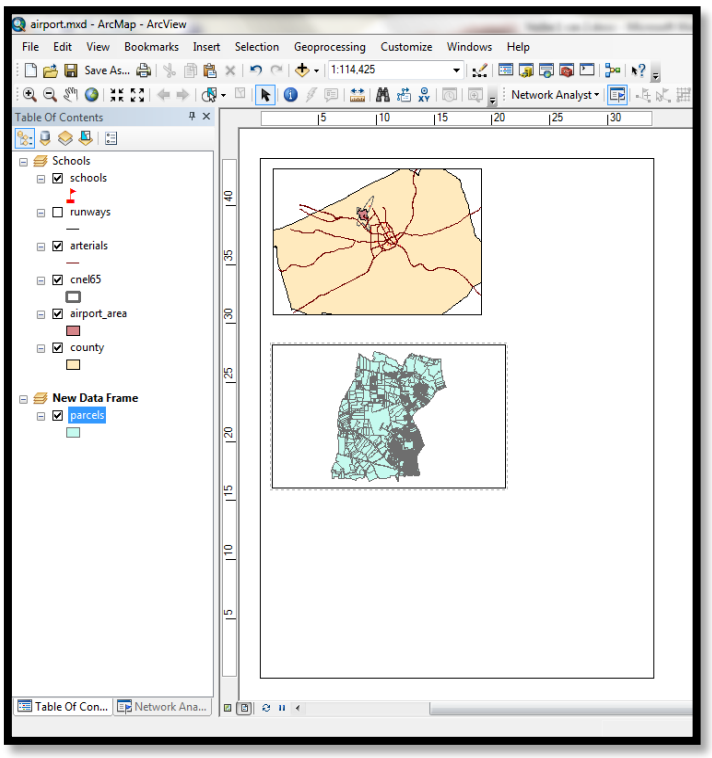
Podaci o zemljištu se ubacuju u novi data frame klikom na dugme *Add Data* koje se nalazi na *Standard* toolbar-u.



Pošto je potrebno ubaciti podatke o parcelama, neophodno je otvoriti folder u kojem se nalazi fajl sa tim podacima (*C:\ArcGIS\ArcTutor\Map\airport.gdb*). U okviru baze podataka sa nazivom *airport.gdb* potrebno je izabrati *parcels* fajl i kliknuti na *Add* dugme.



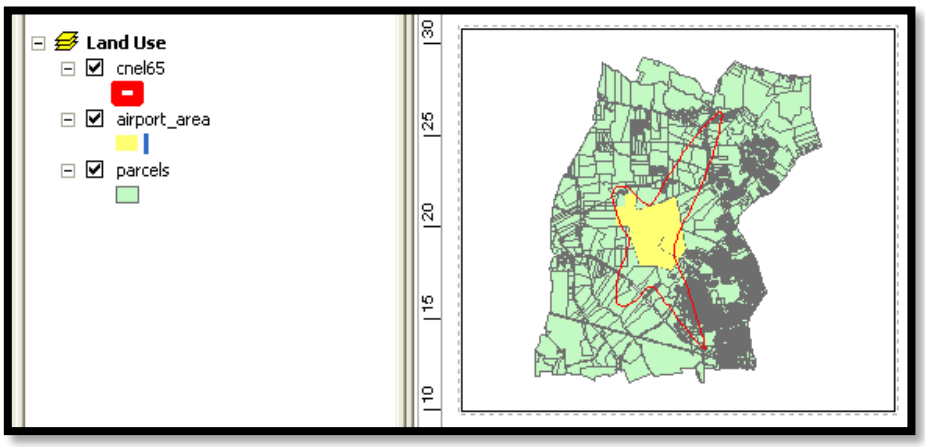
Posle ovog koraka u novom data frame-u sada postoji lejer *parcels*.



izgled dva data frame-a

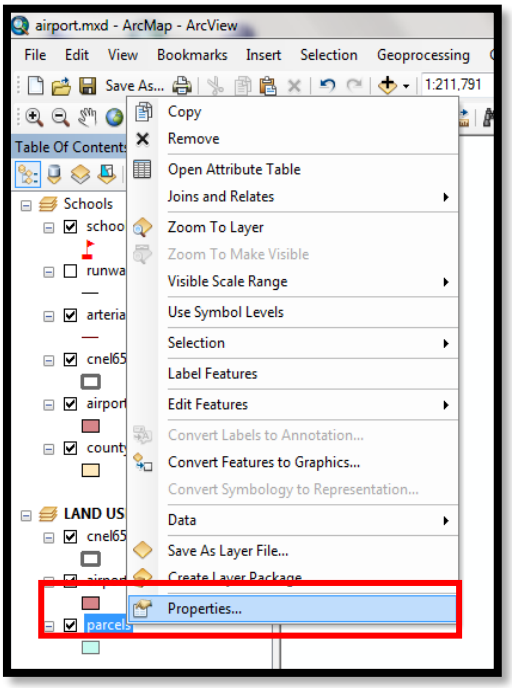
Desnim klikom na *New Data Frame* i odabirom opcije *Properties* ulazi se u podešavanja odabranog data frame-a. U polju *Name* se upisuje naziv data frame-a i neophodno je upisati *Land Use* (radi lakšeg snalaženja u radu sa kartama), pošto se radi o podacima o upotrebi zemljišta.

Pored podataka o parcelama u ovom data frame-u potrebno je dodati i dva lejera o konturi buke aerodroma i o zemljištu aerodroma (*cnel65* i *airport_area*) radi daljeg vežbanja. Pošto ova dva lejera već postoje u *schools* data frame-u, moguće je jednostavno kopiranje istih u *Land Use* data frame. Prvi način jeste desni klik na lejer koji se kopira i odabir opcije *Copy* i potom desni klik na data frame u koji se lejer kopira i odabir opcije *Paste*. Drugi način je levi klik na lejer i prevlačenje u željeni data frame. Redosledom lejera je definisan način prikazivanja podataka na karti (prvi lejer će biti prikazan iznad drugog na karti). Radi istovremenog prikazivanja sva tri lejera neophodan je redosled lejera kao na sledećoj slici.

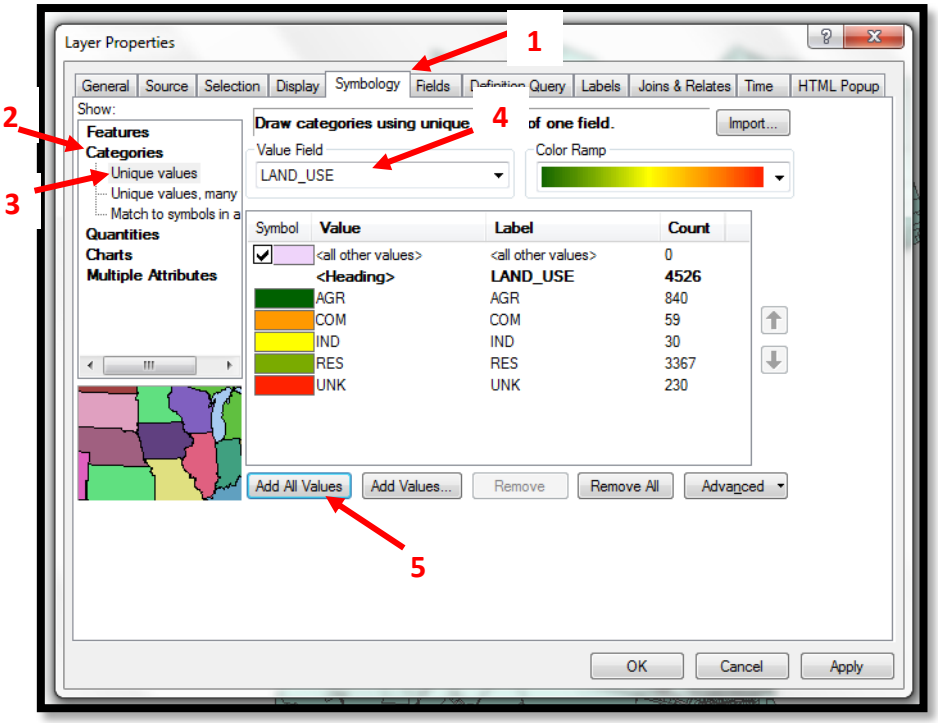


U zavisnosti od atributa objekata nekog lejera, ti objekti mogu biti kategorisani u skladu sa vrednostima atributa i različito označeni na karti. U sledećem primeru je potrebno poligone u lejeru *parcels* osenčiti različitim bojama u zavisnosti od namene zemljišta. Pre svega potrebno je prebaciti pogled u *Data View*. Zatim izvršiti sledeće korake:

- U levom delu ekrana u polju *Table of contents* desnim klikom na lejer *parcels*, u padajućem meniju izabrati *Properties*;

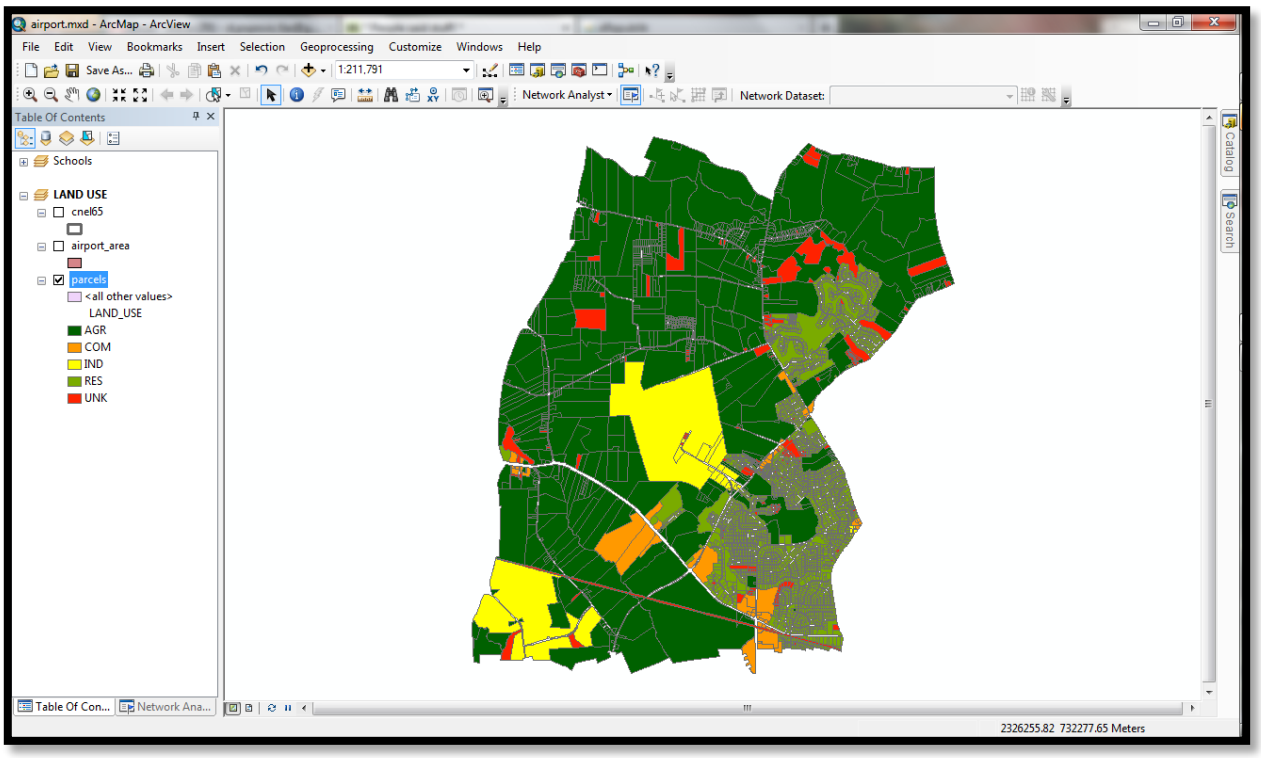


- Na novootvorenom ekranskom obrascu *Layer Properties* izabrati tab *Symbology*;
- Klikom na *Categories* (2) u polju *Show*, otvara se polje za podešavanje označavanja kategorija i potrebno je izabrati vrednost *Unique values* (3);
- Potrebno je definisati da se poligoni oboje u skladu sa upotrebom zemljišta (*LAND_USE*). To se radi u *Value Field* gde sa iz padajućeg menija bira promenljiva *LAND_USE* (4);
- Klikom na dugme *Add All Values* dodaje se onoliko boja koliko ima namena zemljišta (5).



bojenje parcela prema karakteristikama

Potrebno je da bude uključen samo lejer *parcels*, i tada se dobija karta kao na sledećoj slici.

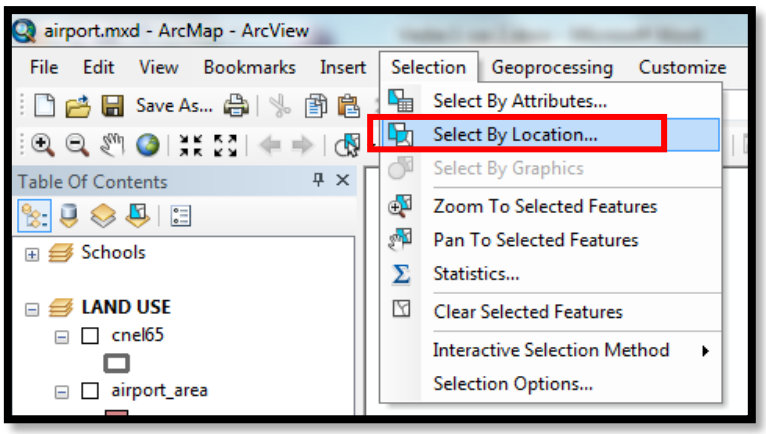


izgled obojenih parcela

2.4 Geografska selekcija objekata

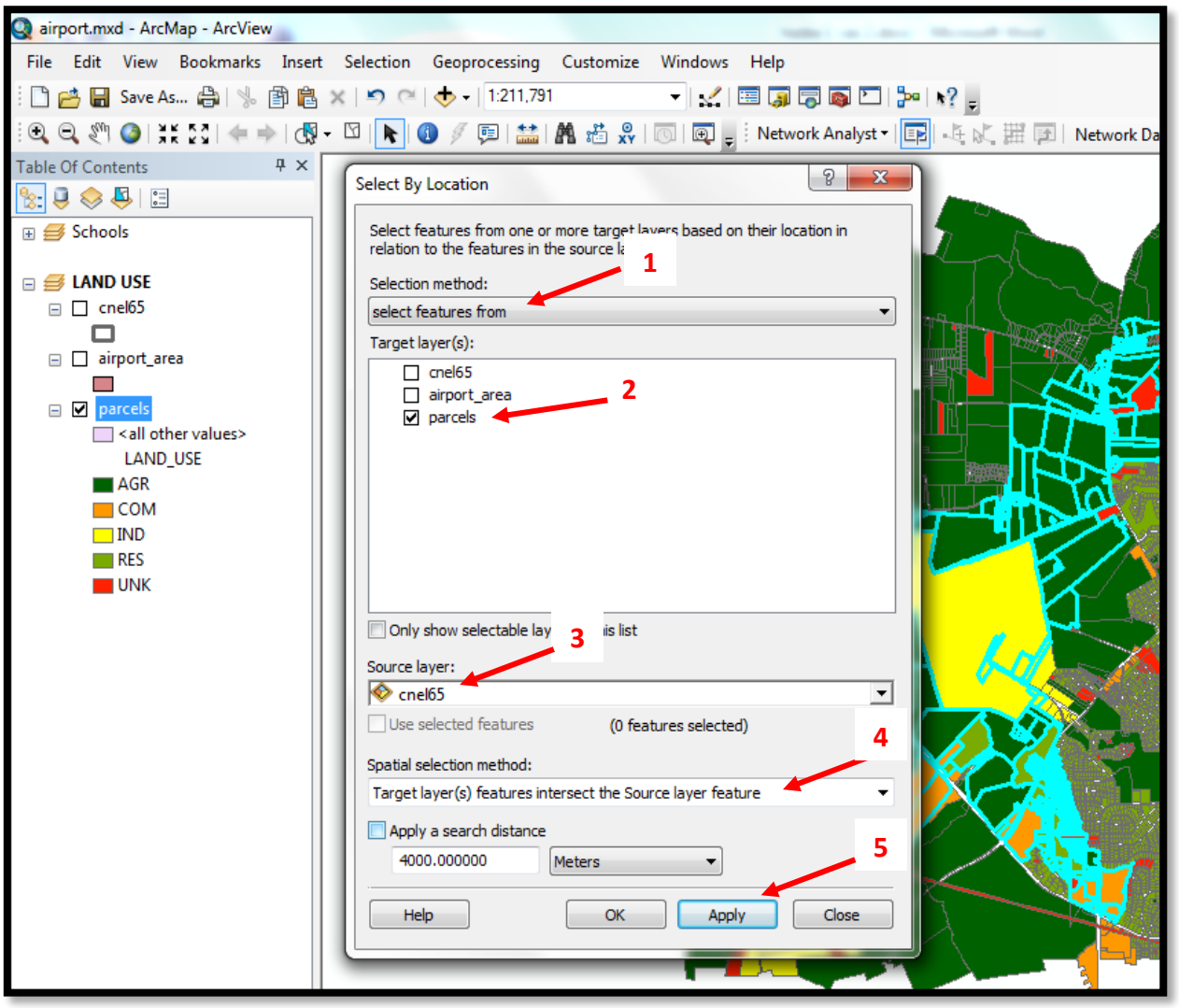
Recimo da je potrebno pronaći sve parcele koje se nalaze u okviru konture buke aerodroma i da se te parcele izdvoje u poseban lejer.

U meniju *Selection*, potrebno je odabrati opciju *Select By Location*.



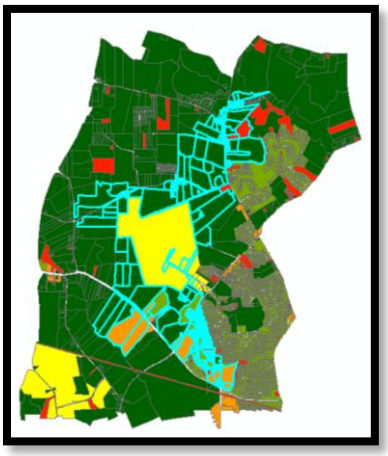
Izvršiti korake koji su označeni na narednoj slici:

- U prvom polju otvoriti padajući meni i izabrati opciju *select feature from* (1);
- U drugom polju izabrati lejer *parcels*, čime se definiše da se selektuju objekti sa tog lejera (2);
- U trećem polju otvoriti padajući meni i izabrati lejer *cnel65* na osnovu kojeg se vrši selekcija objekata koji se nalaze u zoni buke aerodroma (3);
- U četvrtom polju otvoriti padajući meni i izabrati opciju *intersect* (4).



podešavanje selektovanja parcela u zoni buke aerodroma

Pritiskom na dugme *Apply* (5) selektuje se zemljišne parcele koje se nalaze u zoni buke. Selektovane parcele su uokvirene svetloplavom linijom.

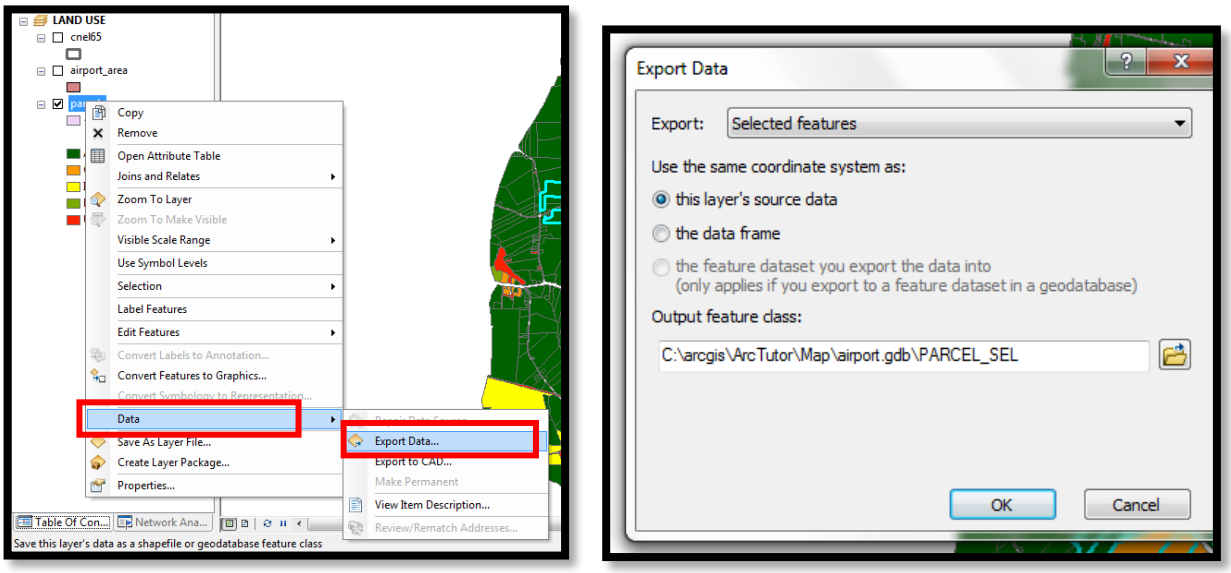


selektovane parcele (na slici označene svetlo plavim konturama)

2.5 Eksportovanje lejera

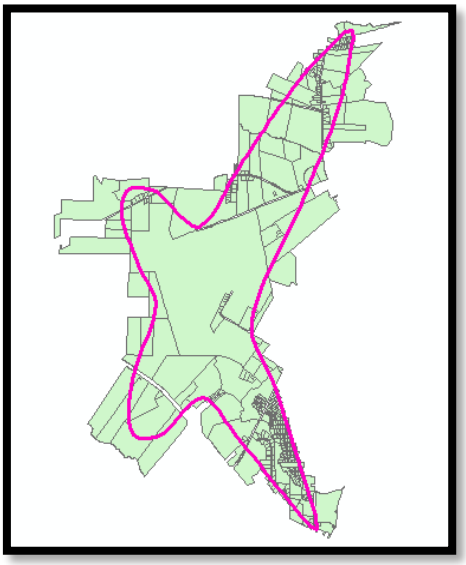
Recimo da je potrebno kreirati poseban lejer koji sadrži samo parcele koje se nalaze u konturi buke. Tada je neophodno da te parcele selektujemo (kao u prethodnom zadatku) i da izvršimo njihovo eksportovanje u novi lejer.

Nakon selekcije željenih parcela, desnim klikom na lejer *parcels* i odabirom opcije *Data* pa opcije *Export Data* otvara se ekranski obrazac *Export Data*.



podešavanje eksportovanja selektovanih podataka

- U prvom polju otvoriti padajući meni i ih kojeg se bira opcija *Selected features*.
- U drugom polju definisati gde se čuva lejer i neka ta lokacija bude *C:\ArcGIS\Arctutor\Map\airport.gdb\parcels_sel*.
- Klikom na dugme *OK* podaci se eksportuju u *airport* geodata bazu. Potom se pojavljuje još jedan ekranski obrazac koji pita da li je potrebno da se eksportovani podaci ubace kao novi lejer, i tada je potrebno kliknuti na dugme *OK*.

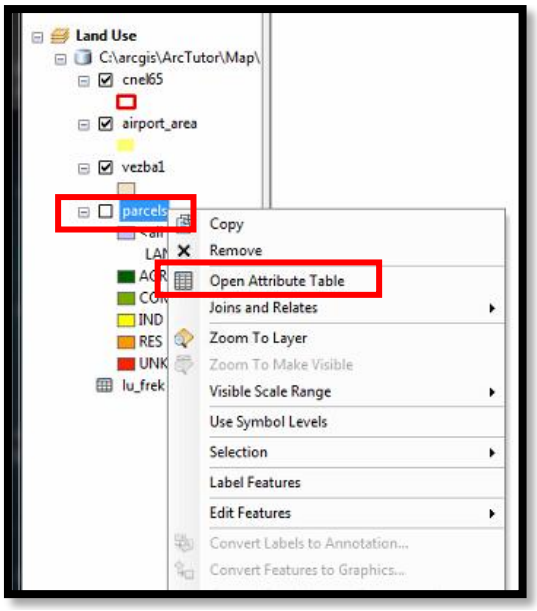


izgled novog lejera sa eksportovanim parcelama koje se nalaze u zoni buke

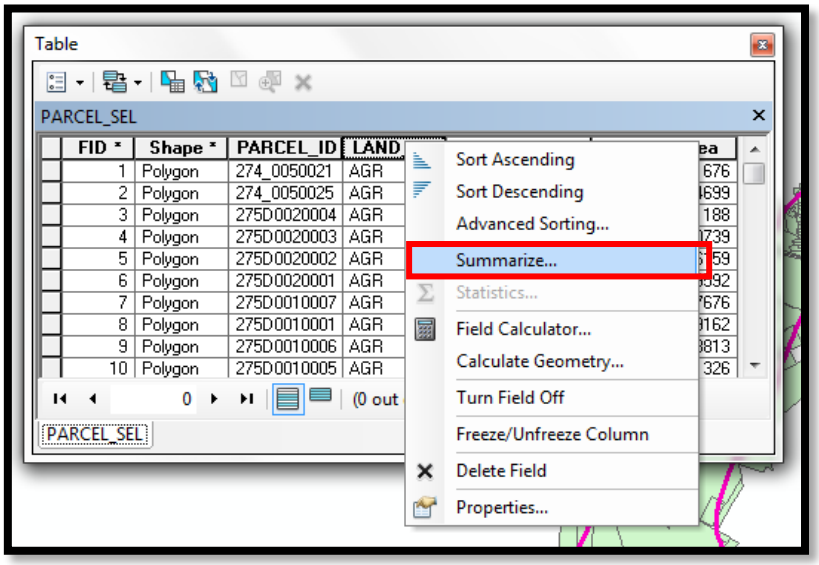
2.6 Formiranje sumarne statistike

Recimo da se traži broj parcela po nameni i njihova površina ali samo za one parcele koje se nalaze u okviru konture buke aerodroma. Taj broj možemo dobiti na sledeći način.

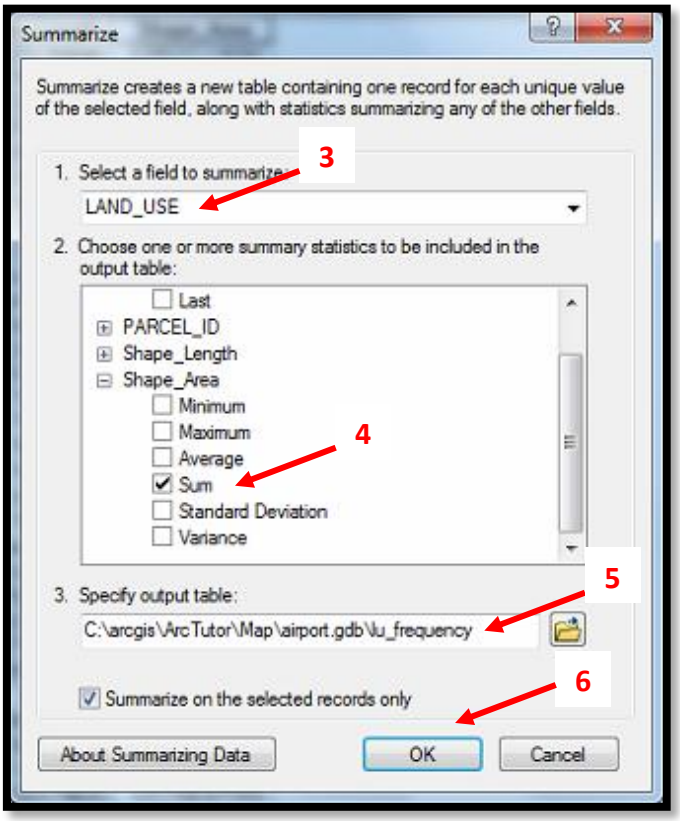
- Prvo se na lejer *parcels_sel* klikne desnim dugmetom miša i iz menija se izabere opcija *Open Attribute Table*.



- Zatim desni klik na zaglavlje kolone *LAND_USE* i iz menija se izabere opcija *Summarize*.



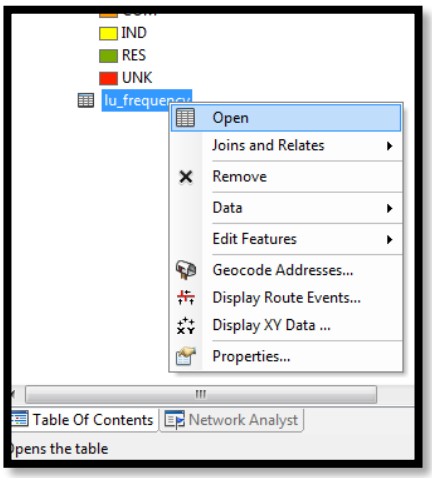
- Nakon toga se pojavljuje ekranski obrazac *Summarize*. U prvom polju je neophodno da bude izabrana opcija *LAND_USE* (3).
- U drugom polju klikom na znak plus ispred opcije *Shape_Area* potrebno je štiklirati opciju *Sum* (4).
- Podatke je neophodno eksportovati u tabelu, i to u *airport.gdb* bazu podataka pod nazivom *lu_frequency* (5)
- Klikom na dugme *OK* (6) kreira se tabela koja pokazuje parcele po tipu sa površinama koje se nalaze u zoni buke.

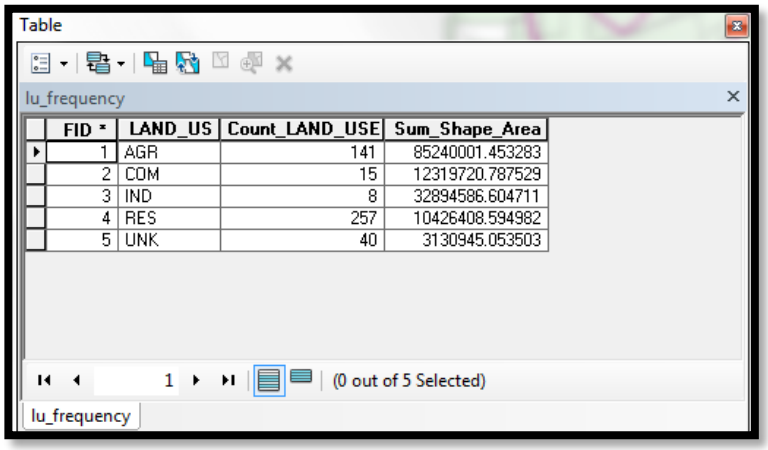


podešavanje dobijanja zahtevanog broaj parcela po nameni i njihove površine

I na kraju se pojavljuje ekranski obrazac sa upitom da li želimo da prikažemo dobijene podatke u lejeru *parcels_sel*. Naravno potrebno je kliknuti na dugme *Yes*.

Desnim klikom na *lu_frequency* i odabirom opcije *Open* prikazuje se tabela sa željenom statistikom.

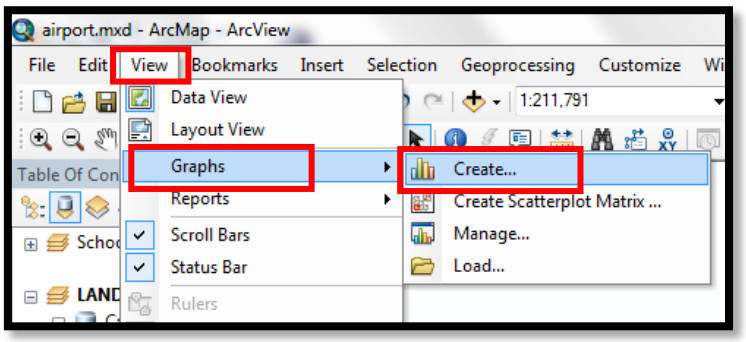




2.7 Kreiranje grafikona

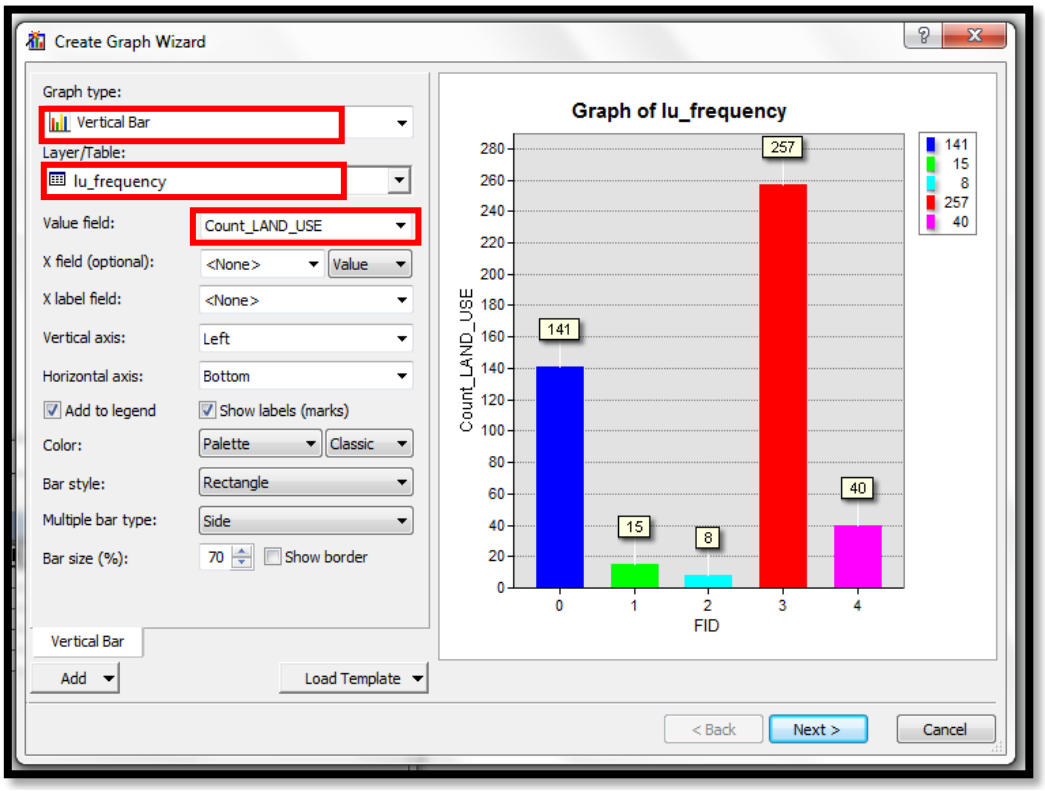
Prethodno dobijene podatke možemo predstaviti i u grafičkom obliku.

U meniju *View*, izabrati *Graphs*, i opciju *Create*.



Na ovaj način se otvara *Create Graph Wizard*, u kojem je neophodno podesiti sledeće:

- u prvom polju potrebno je izabrati opciju *Vertical Bar* (tip grafikona);
- u drugom *lu_frequency* tabelu iz koje se preuzimaju potrebni podaci;
- u trećem polju neophodno je izabrati vrednost koju želimo da prikažemo na grafiku, odnosno *Count_Land_Use* odnosno koliko kojeg tipa zemljišta postoji u izabranoj tabeli *lu_frequency*.

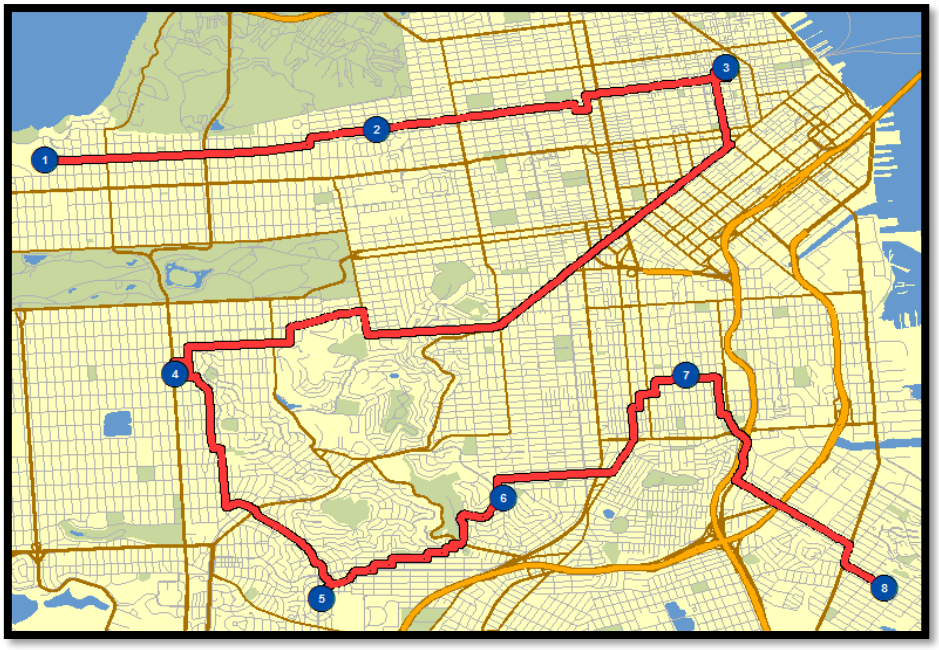


Klikom na *Next* i finish dobija se grafički prikaz podataka iz tabele *lu_frequency*. Desnim klikom bilo gde na prozor tabele i odabirom opcije *Add to Layout* grafik se dodaje na lajout.

3 Uvod u Network Analyst i rad sa prvim modulom New Route

Network Analyst predstavlja ekstenziju ArcGis softvera koja služi za rad sa transportnim mrežama, odnosno za kreiranje ruta vozila, određivanje zona opsluge, matrice rastojanja itd. Sama ekstenzija se sastoji od 6 modula. Cilj ovog poglavlja jeste upoznavanje sa *Network Analyst* ekstenzijom i kao i rad sa prvim modulom *New Route* koji služi za kreiranje rute jednog vozila.

Recimo da imamo transportnu mrežu na kojoj određeni čvorovi imaju zahtev za opslugom. Čvorovi se mogu opslužiti sa jednim vozilom određenih karakteristika gde rešenje problema rutiranja predstavlja redosled opsluge čvorova kao i ruta kretanja vozila prilikom opsluge (jedan primer rutiranja je dat na sledećoj slici).



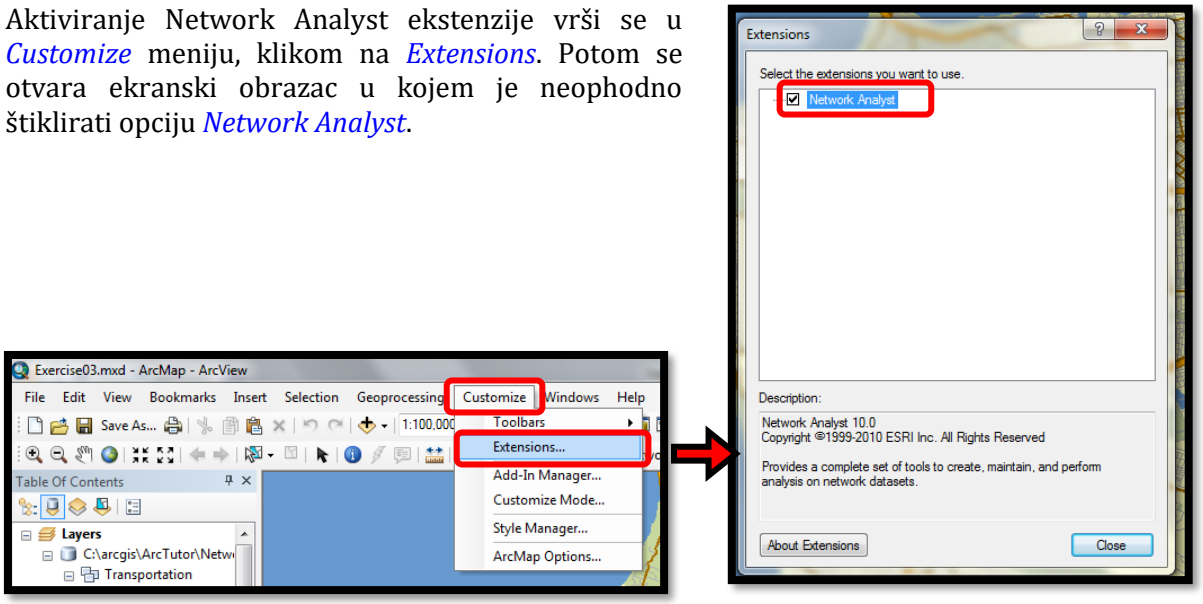
prikaz jednog rešenja dobijenog iz New Route modula

3.1 Aktiviranje Network Analyst ekstenzije

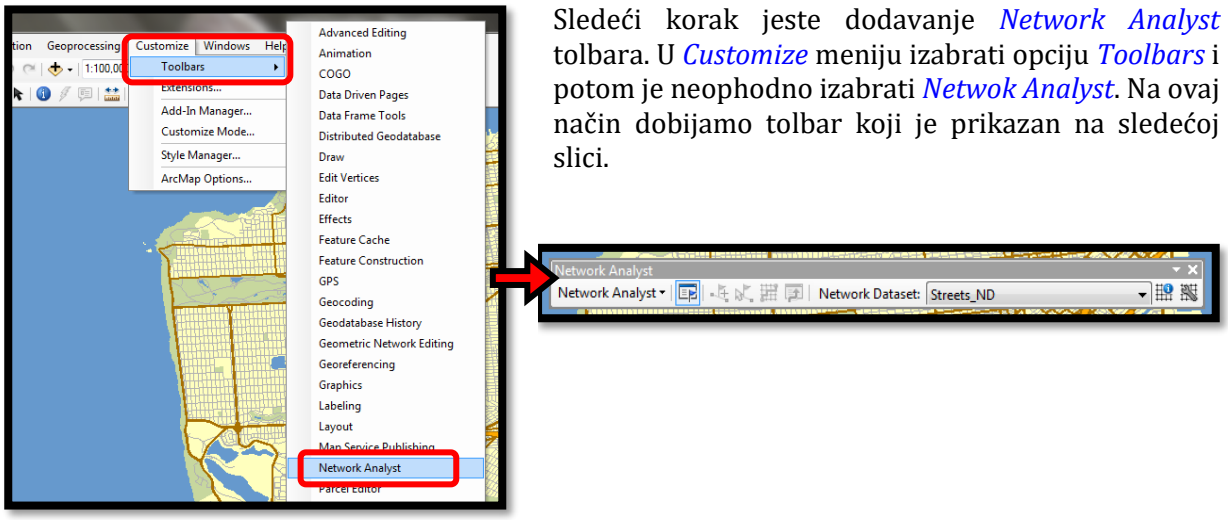
Pokrenuti aplikaciju *ArcMap* i otvoriti kartu na lokaciji:

C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise03.mxd

Aktiviranje Network Analyst ekstenzije vrši se u *Customize* meniju, klikom na *Extensions*. Potom se otvara ekranski obrazac u kojem je neophodno štiklirati opciju *Network Analyst*.

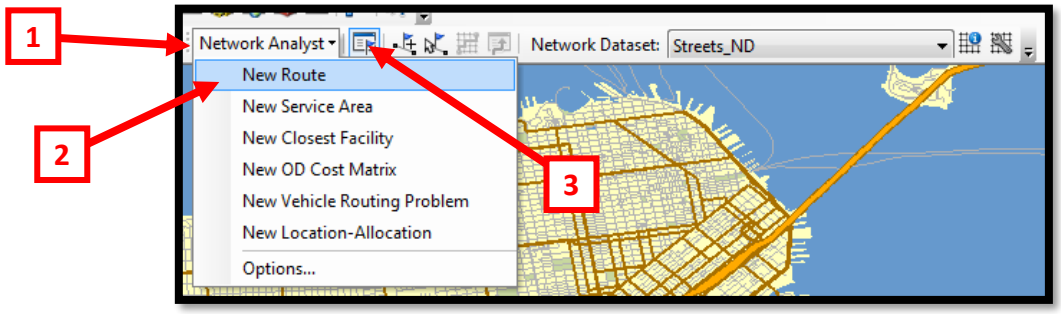


Sledeći korak jeste dodavanje *Network Analyst* tolbara. U *Customize* meniju izabrati opciju *Toolbars* i potom je neophodno izabrati *Netwok Analyst*. Na ovaj način dobijamo tolbar koji je prikazan na sledećoj slici.



3.2 Pokretanje i rad sa modulom New Route

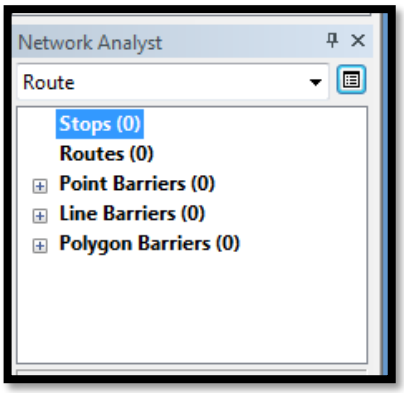
Na Network Analyst tolbaru potrebno je kliknuti na *Network Analyst* (1) i iz padajućeg menija izabrati modul *New Route* (2). Sledeći korak jeste uključivanje pogleda u podešavanje ovog modula i to klikom na dugme *Show/Hide* (3). Na sledećoj slici su prikazana ova tri koraka.



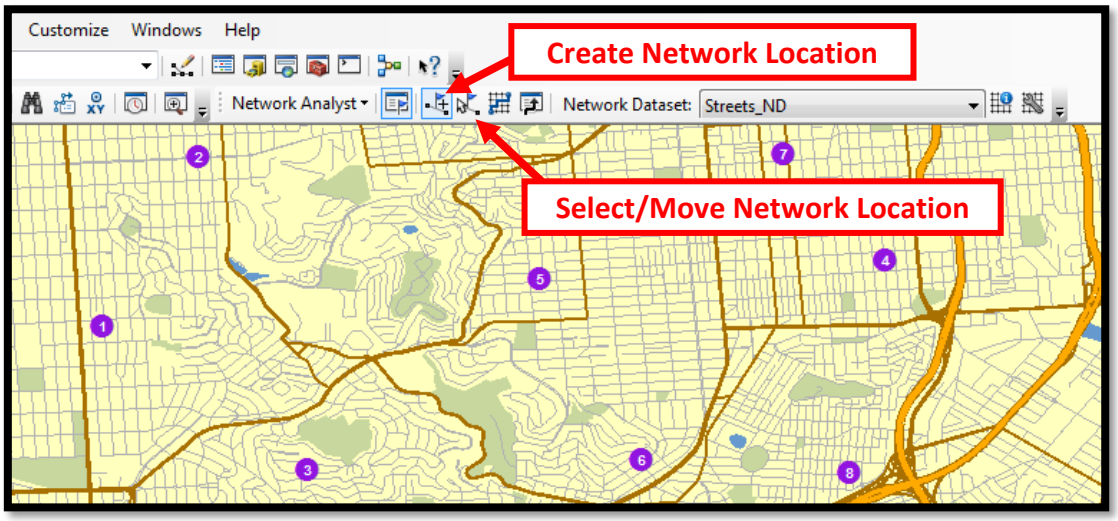
postupak uključivanja modula New Route i prozora za podešavanje modula

Na ovaj način je aktiviran modul *New Route* pomoću kojeg je moguće rešavanje problema rutiranja. Sam problem rutiranja u ovom modulu je definisan sa tri osnovne karakteristike: čvorovi koje je neophodno opslužiti (*Stops*), rute koje je neophodno kreirati (*Routes*), zabrane odnosno delovi transportne mreže koji su zabranjeni za kretanje vozila (*Barriers*).

Stops i *Barriers* su ulazni podaci na osnovu kojih model kreira rešenje *Routes*. Na slici desno prikazan je izgled Network Analyst prozora.



Čvorovi opsluge (*Stops*) se mogu definisati na više načina. Najprostiji način jeste da se svaki čvor definiše klikom miša na određenu lokaciju na karti. Procedura je sledeća: prvo se selektuje *Stops* u Network Analyst prozoru; potom je neophodno izabrati dugme *Create Network Location* koje se nalazi na Network Analyst tolbaru; poslednji korak jeste ucrtavanje čvorova opsluge na karti tako što se svakim klikom miša na određenu lokaciju dodaje novi čvor koji je potrebno opslužiti.

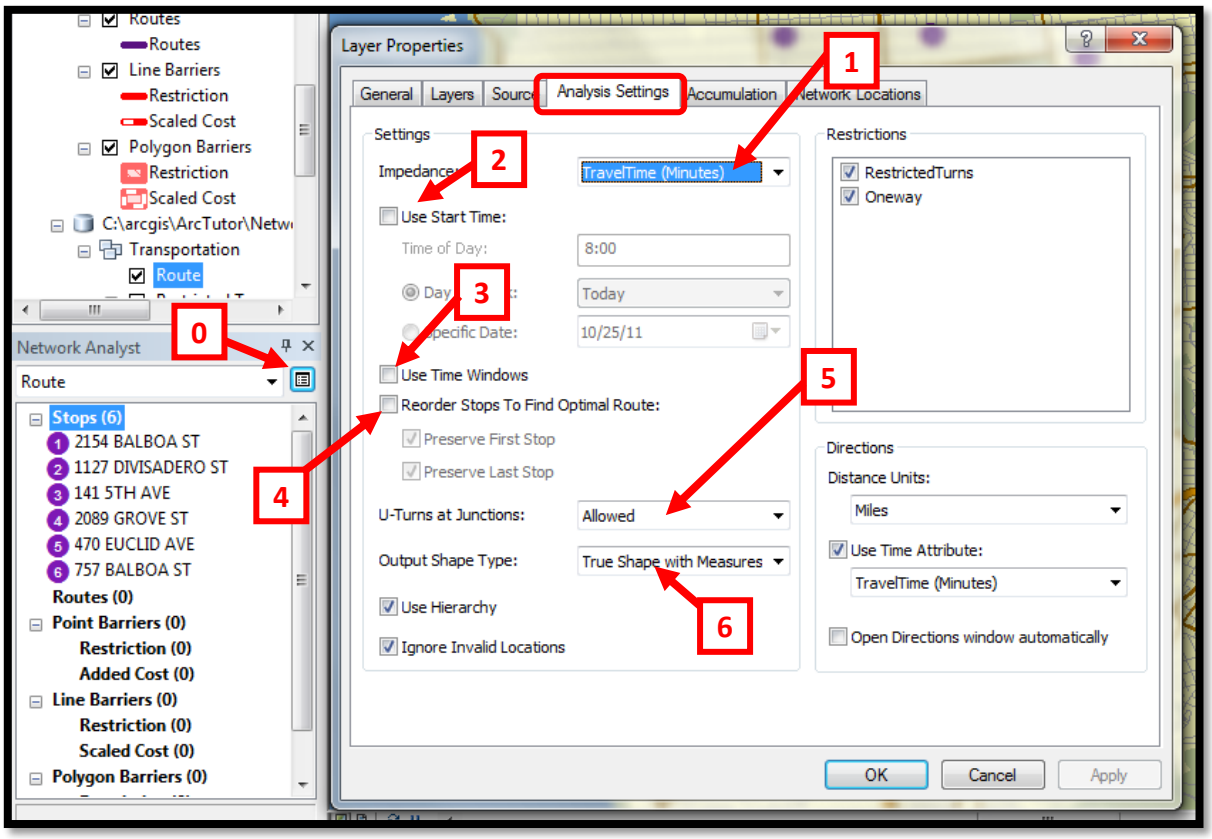


8 proizvoljnih čvorova kreiranih uz pomoć Create Network Location

Da bi izabrana lokacija mogla biti čvor opsluge neophodno je da ona bude u blizini nekog puta na transportnoj mreži posmatrane karte, u suprotnom modul *New Route* neće uzeti tu lokaciju u obzir

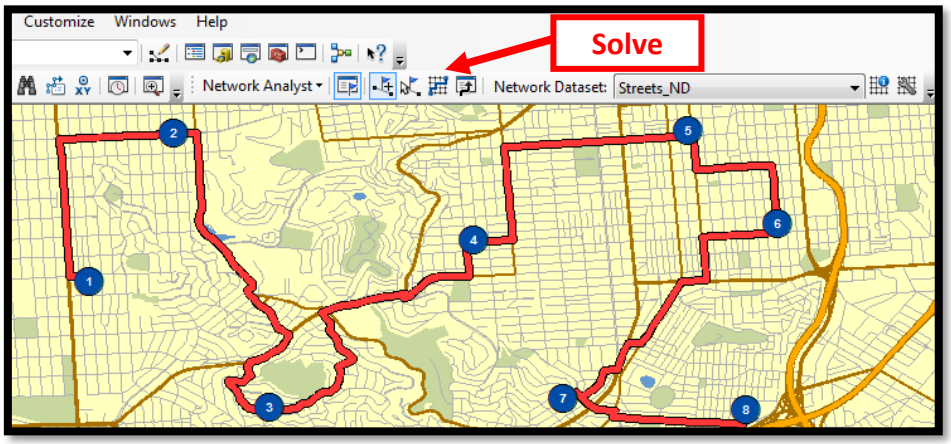
prilikom proračuna rute. Pomeranje čvora na karti moguće je izvršiti pomoću dugmeta *Select/Move Network Location* koje se nalazi u okviru Network Analyst tolbara.

Pre pokretanja postupka rešavanja problema rutiranja, neophodno je izvršiti dodatna podešavanja parametara modula. Klikom na dugme *Route Properties* (0) otvara se prozor pod nazivom *Layer Properties* u okviru kojeg je neophodno izabrati tab *Analysis Settings*. U ovom tabu su moguća sledeća podešavanja: da li se ruta određuje na osnovu minimalnog vremena trajanja rute ili dužine putovanja vozila (1), da li postoji vreme početka rute (2), da li se koriste vremenski prozori kada je moguća isporuka u pojedinim čvorovima (3), da li se mora poštovati redosled čvorova u ruti (4), da li su dozvoljena polukružna skretanja vozila (5), na koji način će biti iscrtana ruta vozila (6) i slično.



dodatna podešavanja parametara modula New Route

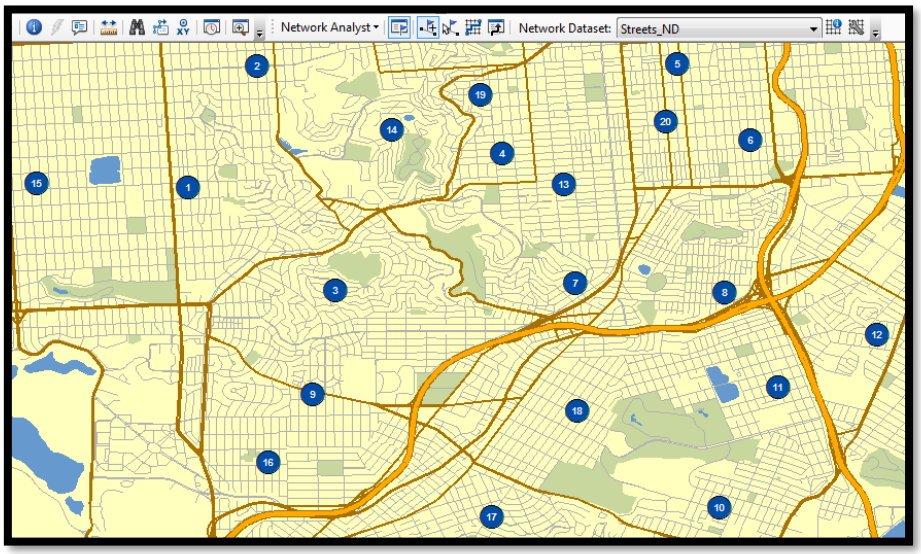
Poslednji korak jeste pokretanje postupka dobijanja rešenja odnosno minimalne rute kretanja vozila. Potrebno je kliknuti na dugme *Solve* koje se nalazi na Network Analyst tolbaru.



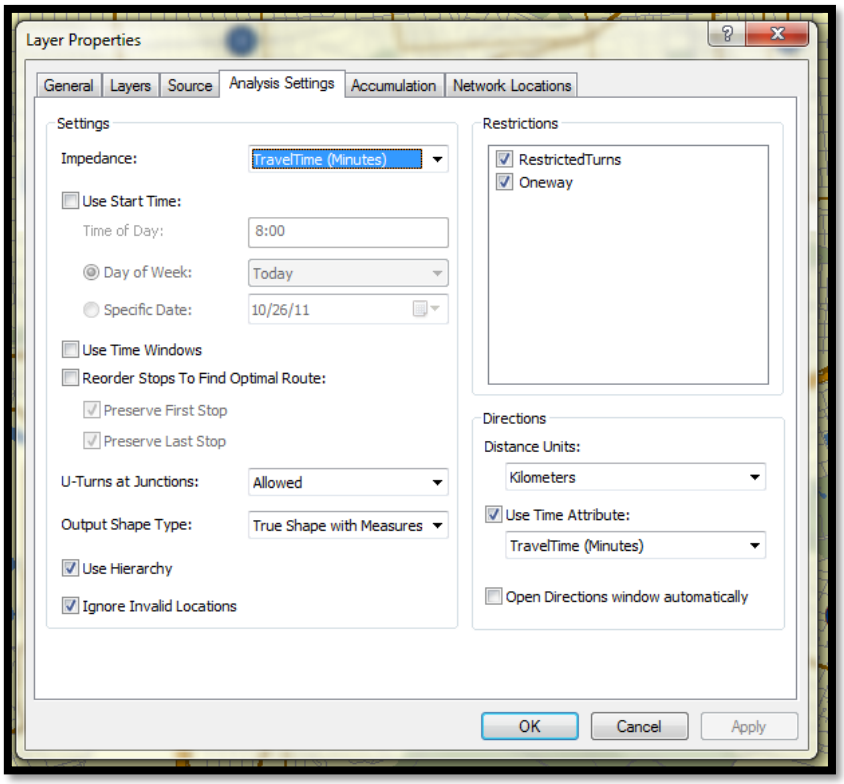
3.3 Primer

Potrebno je pronaći rutu vozila sa minimalnim vremenskim trajanjem a koja treba da opsluži 20 proizvoljnih čvorova (na proizvoljan način označiti 20 čvorova na karti *Exercise03.mxd* uz pomoć *Create Network Location* dugmeta).

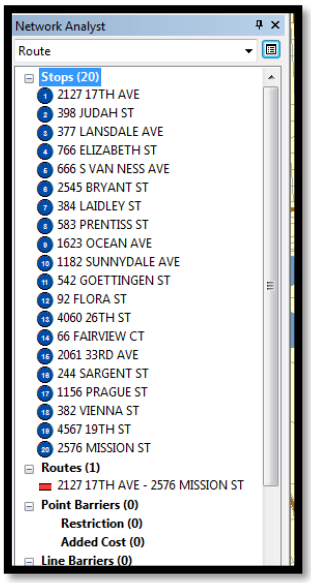
- vozilo mora opsluživati čvorove po redosledu označavanja čvorova (ruta počinje u prvom čvoru na listi svih čvorova, pa ide u drugi, pa u treći, ..., i završava se u poslednjem čvoru sa liste svih čvorova);
- ne postoji početno vreme rute i ne postoje vremenski prozori opsluge čvorova;
- dozvoljena su polukružna skretanja vozila (*U-turns*);
- moraju se poštovati ograničenja jednosmernih ulica.

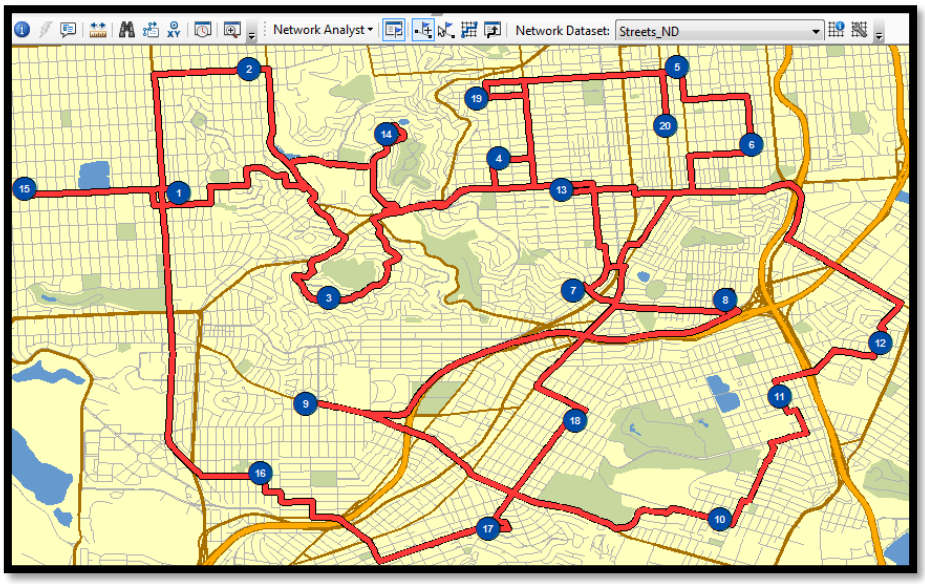


20 proizvoljnih čvorova opsluge



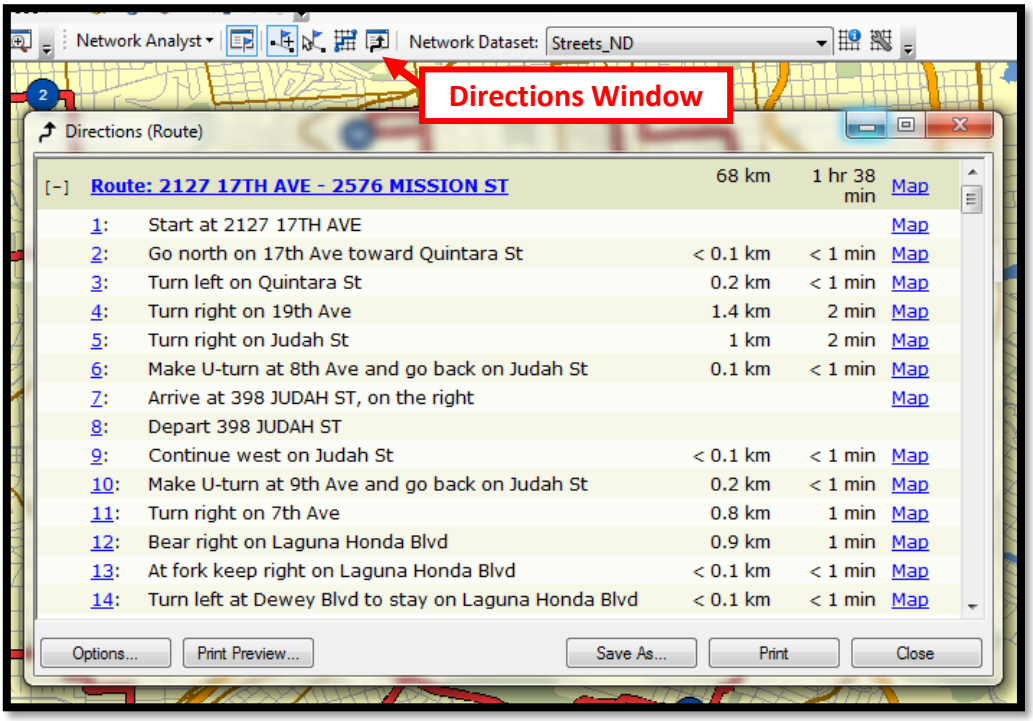
prikaz podešavanja parametara kreiranja rute





lista svih čvorova *rešenje (koje se dobija klikom na dugme Solve)*

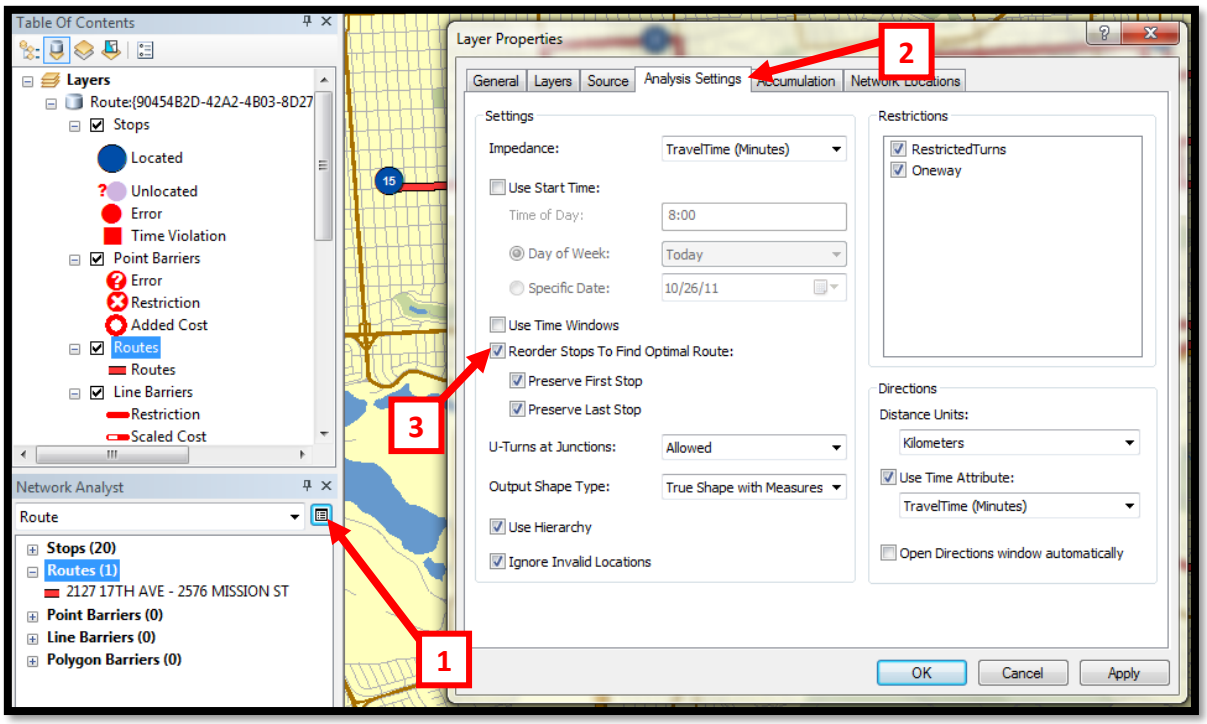
Sa prethodne slike nije moguće videti detalje vezane za samu putanju vozila, npr. tačna rastojanja ili očekivano vreme putovanja. Za detaljan uvid u kretanje vozila postoji dugme *Directions Window* koje se nalazi na Network Analyst tolbaru.



detaljan prikaz rute sa Directions Window

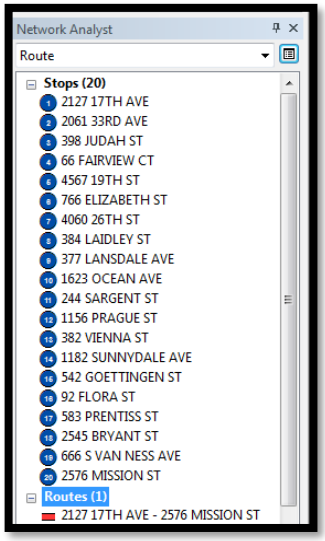
3.4 Podešavanje redosleda opsluge čvorova

Rešenje iz prethodnog primera predstavlja rutu dužine 68 km i koja traje ukupno 1 h i 38 min. Ta ruta može biti i kraća ako bi bilo moguće da vozilo ne mora poštovati redosled čvorova prilikom kreiranja rute, odnosno da ruta počinje u prvom čvoru a da se završava u poslednjem sa spiska svih čvorova sa tim da *New Route* modul ima slobodu određivanja redosleda opsluge svih ostalih "međučvorova" tako da ruta bude najkraća. Poštovanje redosleda opsluge čvorova definiše se u *Route Properties* (1), tab *Analysis Settings* (2) i opcija *Reorder Stops To Find Optimal Route* (3).

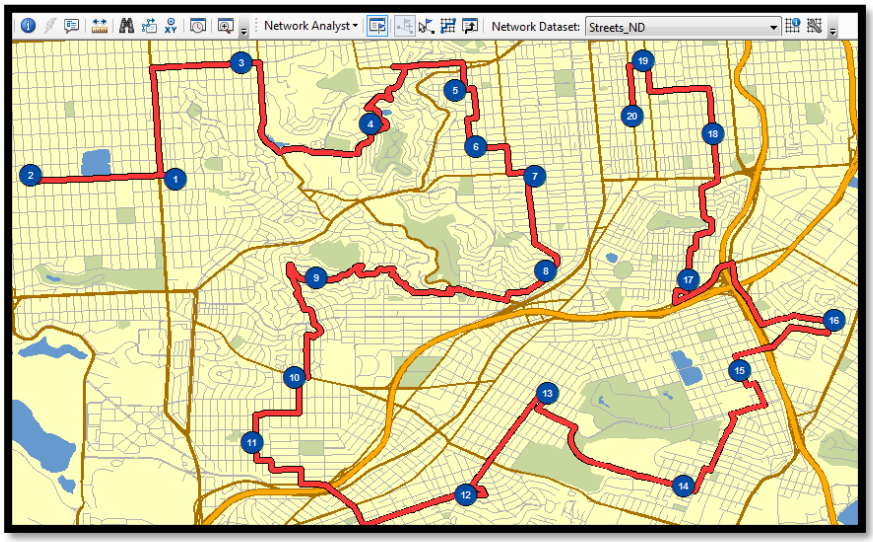


podešavanje redosleda opsluge čvorova

Ponovnim klikom na *Solve* dobija se rešenje koje je prikazano na sledećoj slici. Nova ruta sada ima dužinu 41.3 km i vreme trajanja 1 h 03 min, što predstavlja značajno smanjenje (39.3 % smanjenje pređenog rastojanja i 35.7 % smanjenje vremena putovanja vozila) u odnosu na prethodno rešenje.



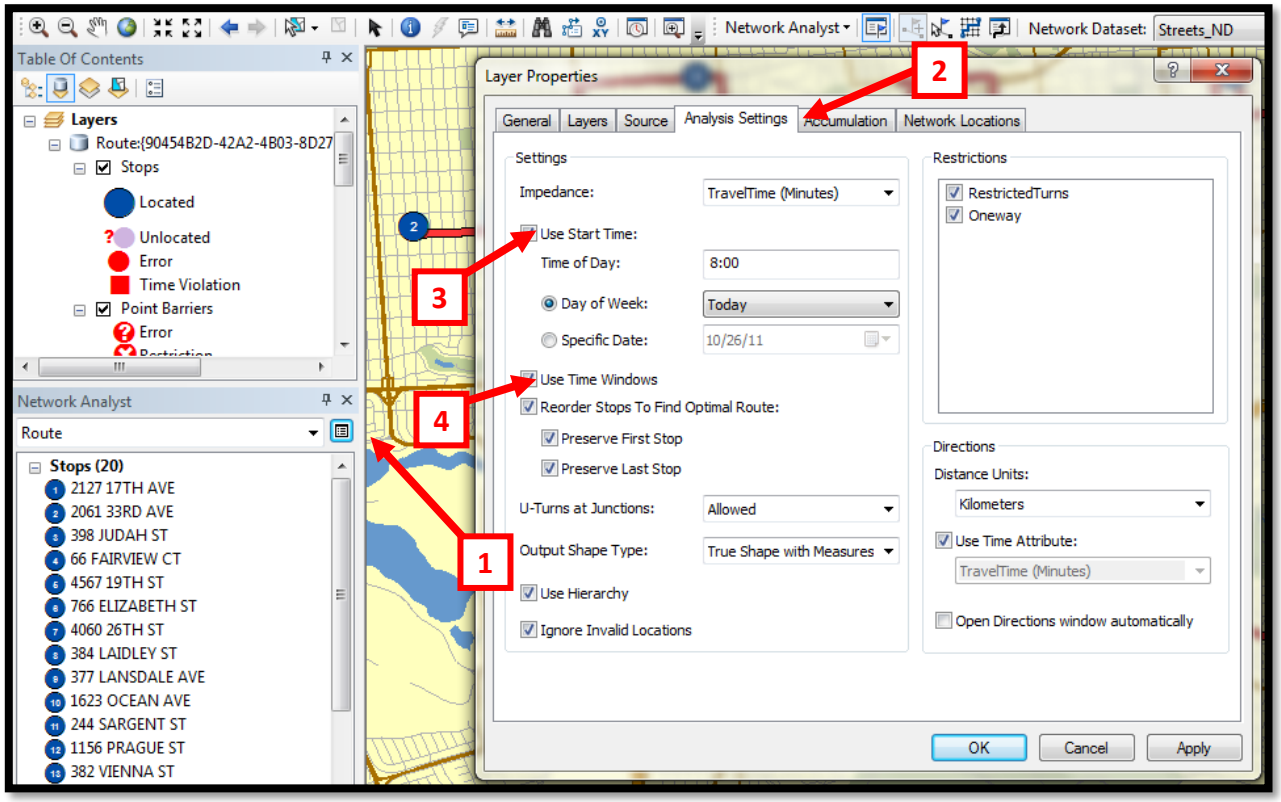
novi redosled čvorova



rešenje sa drugačijim redosledom opsluge čvorova

3.5 Podešavanje vremenskih prozora opsluge čvorova

U nekim slučajevima može da postoji dodatni uslov vremenskog ograničenja opsluge čvorova (npr. čvor 3 se može opslužiti samo između 13:00 i 15:00 h). Podešavanje vremenskih ograničenja definiše se u *Route Properties* (1), tab *Analysis Settings* (2) gde postoje dve osnovne opcije: *Use Start Time* (3) koja definiše najraniji mogući početak rute (kada je vozilo spremno da krene u opsluživanje čvorova), *Use Time Windows* (4) koja definiše korišćenje vremenskih prozora opsluge u čvorovima (štikliranjem ove opcije aktiviramo ovu opciju a podešavanje vrednosti vremenskog prozora vrši se za svaki čvor pojedinačno).

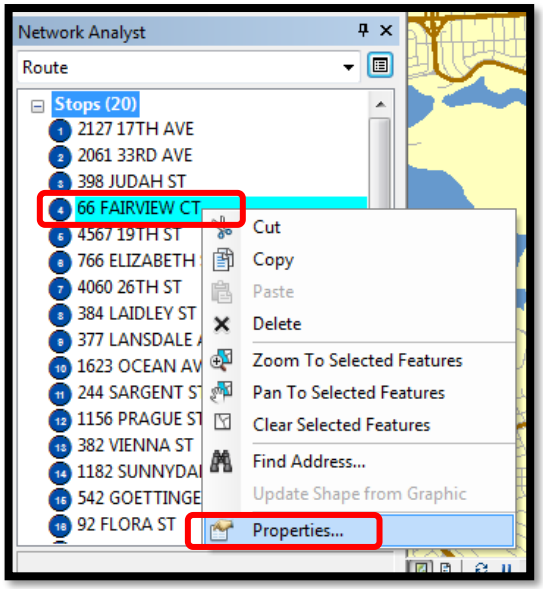


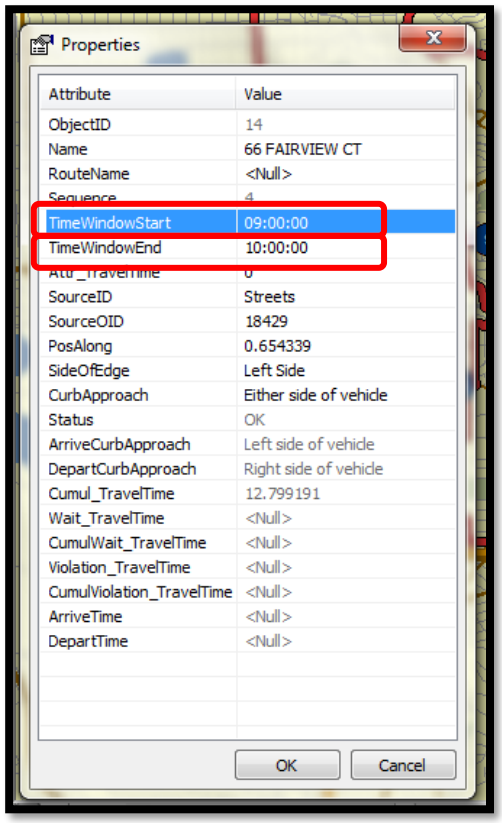
podešavanje vremenskih parametara problema

Recimo da vremenski prozori opsluge postoje u sledećim čvorovima (dat je redni broj čvora sa spiska svih čvorova):

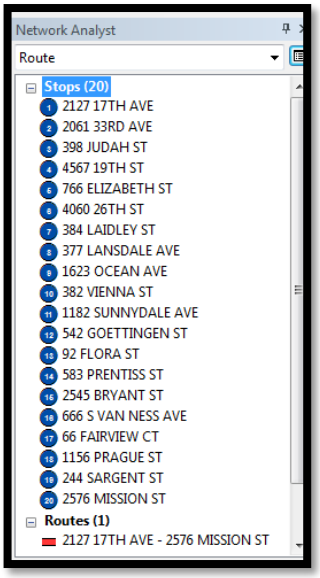
- 4 (u periodu 9 - 10 h)
- 7 (u periodu 8 - 9 h)
- 11 (u periodu 13 - 14 h)
- 12 (u periodu 11 - 12 h)
- 16 (u periodu 8 - 10 h)

Podešavanje vremenskih prozora se vrši desnim klikom na čvor i odabirom opcije *Properties* nakon čega se otvara ekranski obrazac u kojem se vrši upis početka i kraja vremenskog prozora opsluge.

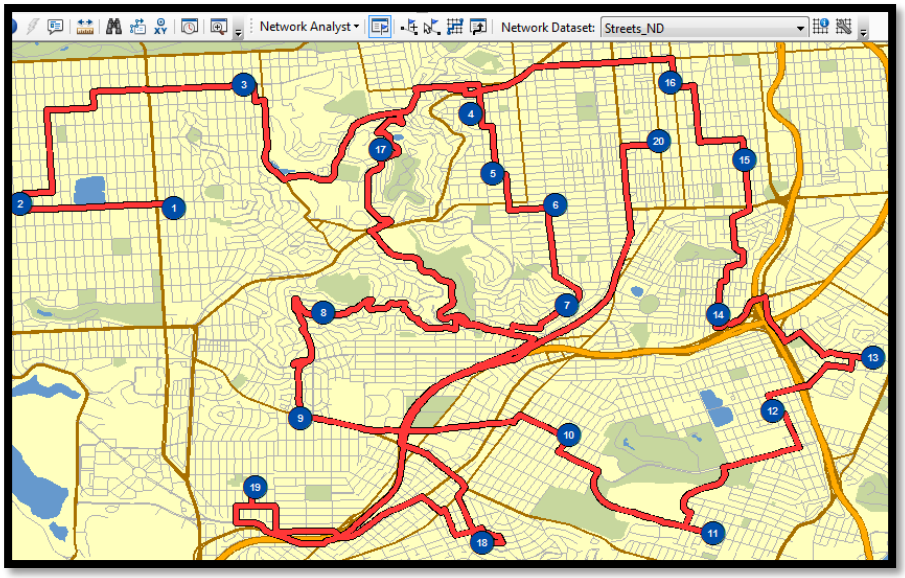




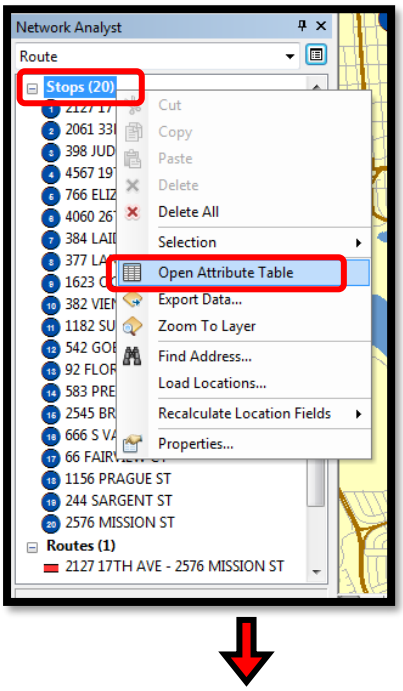
Ovaj postupak je neophodno ponoviti za sve čvorove koji imaju vremenske prozore. Rešenje koje se dobije nakon pokretanja *Solve* dugmeta prikazano je na sledećoj slici. Nova ruta sada ima dužinu 60.1 km i vreme trajanja 5 h 11 min.



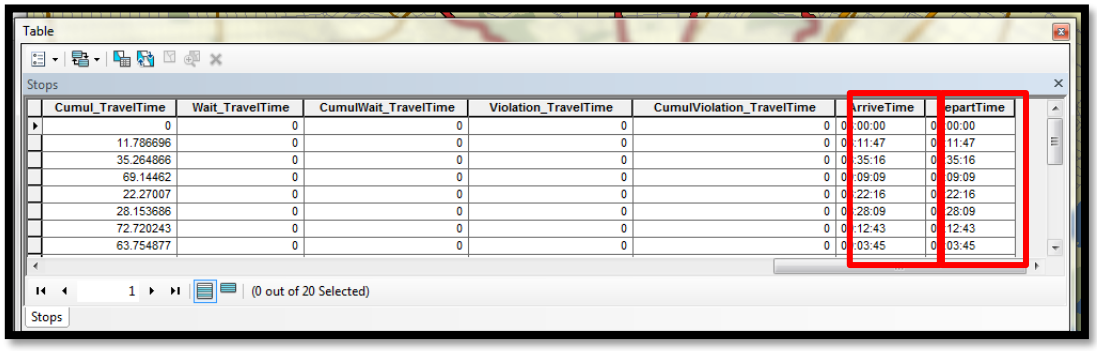
novi redosled čvorova



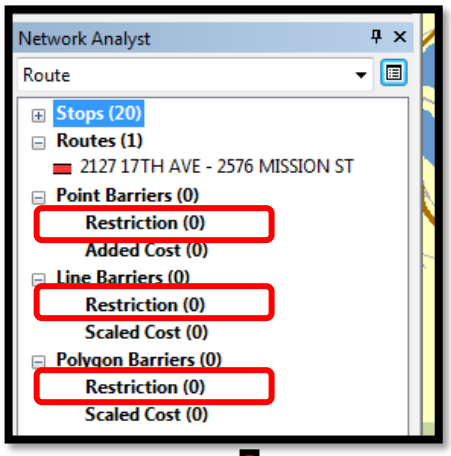
rešenje sa vremenskim prozorima opsluge čvorova



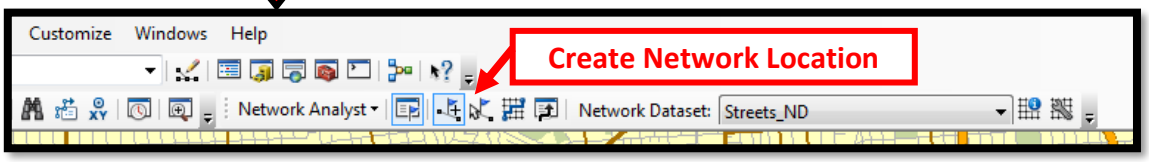
Ograničenje vremenskih prozora nije strogo zadato, odnosno može se dogoditi da je nemoguće ispoštovati vremenske prozore svih čvorova i u tom slučaju algoritam ima zadatak da minimizuje vreme van dozvoljenog za opslugu. Detalji o opsluzi čvorova se mogu dobiti desnim klikom na *Stops*, pa odabirom opcije *Open Attribute Table* iz padajućeg menija. Pomeranjem ekranskog obrasca udesno mogu se videti tačna vremena dolaska i odlaska vozila iz čvora, zatim vreme prekoračenja vremenskog prozora ako ga ima i drugo.

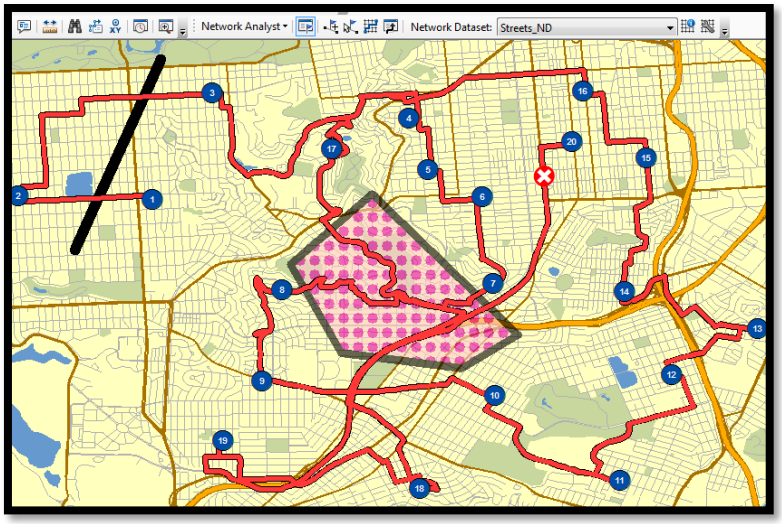


3.6 Postavljanje zabrana kretanja vozila

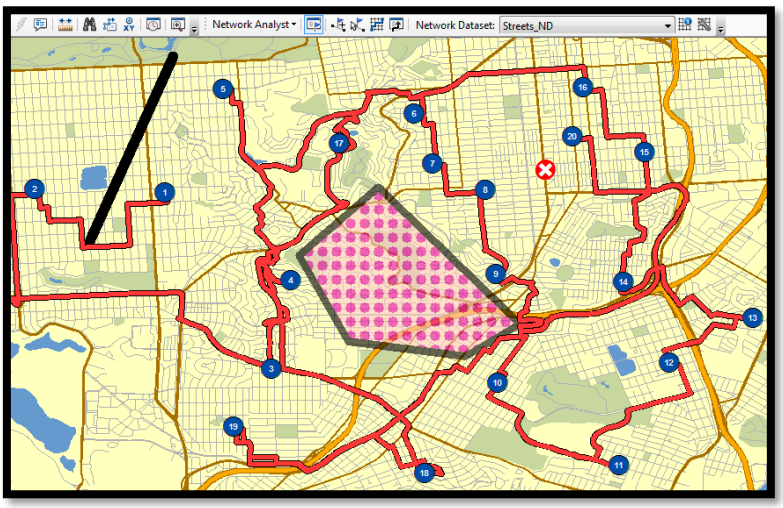


Postoje tri osnovna načina unošenja zabrana kretanja vozila: ucrtavanjem tačke na neki put (*Point Barriers*), ucrtavanjem linije preko kroz koju vozilo ne sme da se kreće (*Line Barriers*), ucrtavanjem poligona odnosno zone kroz koju vozilo ne sme da prođe (*Polygon Barriers*). Da bi se ucrtala zabrana neophodno je izabrati opciju *Restriction* u okviru jednog od tri moguća tipa zabrana, zatim uključiti dugme *Create Network Location Tool* i jednostavno ucrtati zabranu na kartu.





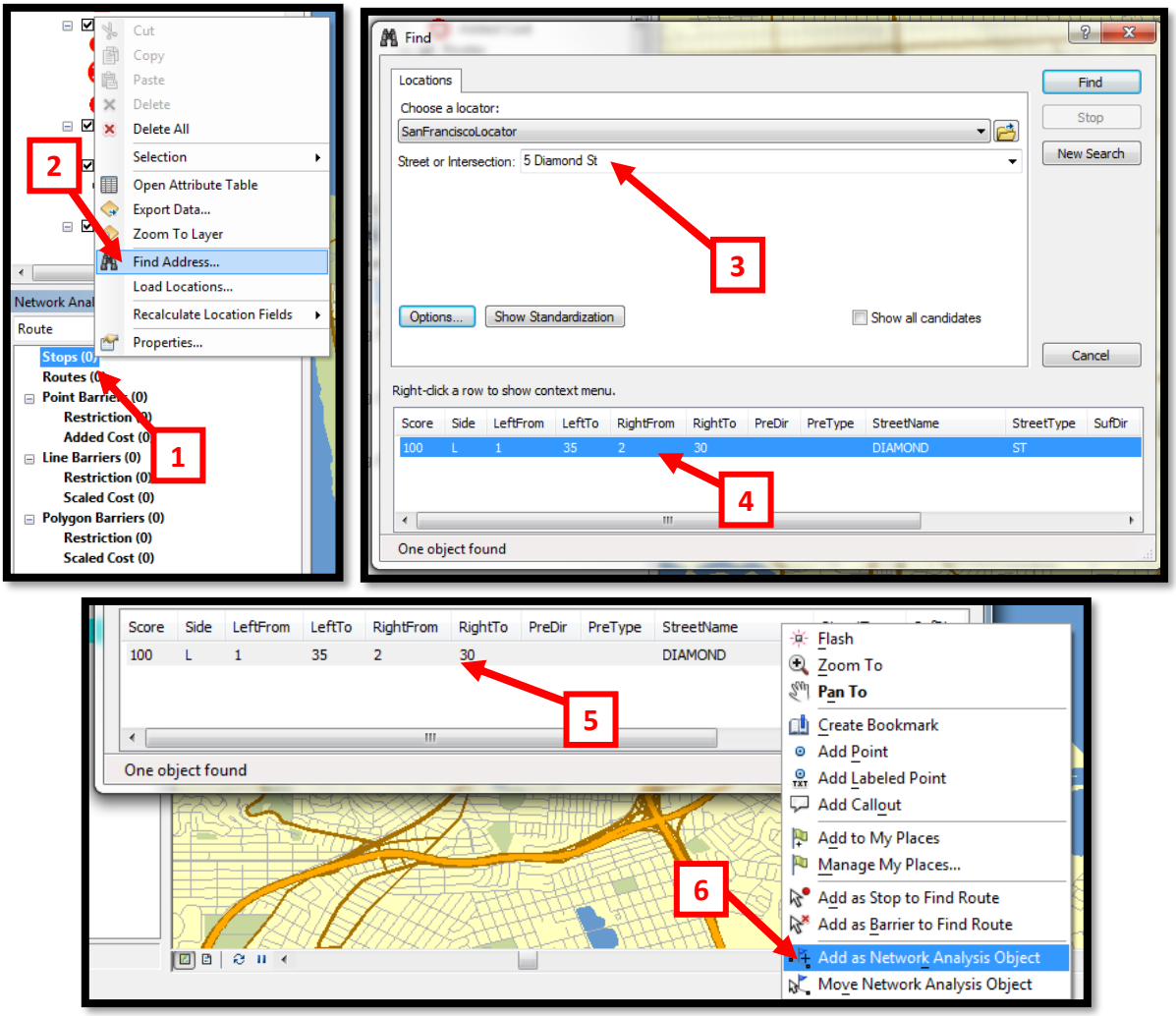
postavljanje tri vrste zabrana



rešenje koje poštuje zabrane kretanja vozila (66.1 km; 5 h i 17 min)

3.7 Ucrtavanje lokacije čvorova na osnovu adrese

Ako postoje tačne adrese lokacija (ulica i broj) onda je moguće koristiti opciju *Find Address* radi ucrtavanja tih lokacija na kartu. Desnim klikom na *Stops* (1) otvara se padajući meni sa kojeg treba izabrati opciju *Find Address* (2). U novootvorenom ekranskom obrascu neophodno je ukucati kućni broj i naziv ulice (3) (recimo *5 Diamond St*) i potom se prikazuju rezultati pretrage (4). U ovom slučaju postoji samo jedna lokacija koja odgovara toj adresi. Desnim klikom na odgovarajuću liniju (5) otvara se novi padajući meni u okviru kojeg treba izabrati opciju *Add as Network Analysis Object* (6).



postupak ucrtavanja čvorova na osnovu adrese

3.8 Zadatak

Na karti *Exercise03.mxd*, neophodno je ubaciti 4 adrese kao čvorove opsluge i definisati za njih vremenske prozore opsluge. Adrese sa odgovarajućim vremenskim prozorima su:

- *1 Poplar St* (08:00 - 09:00 h)
- *1516 Diamond St* (10:00 - 12:30 h)
- *24 Whitney St* (11:00 - 11:30 h)
- *1 Rodeo Ave* (13:00 - 14:00 h)

Neophodno je odrediti rutu (sa minimalnim vremenom kretanja vozila) bez mogućnosti promene redosleda opsluge čvorova koja će respektovati vremenske prozore i tu rutu eksportovati kao novi lejer pod nazivom *RUTA_1*, a potom kreirati rutu sa uključenom opcijom promene redosleda opsluge čvorova koju je neophodno eksportovati kao lejer pod nazivom *RUTA_2*.

Promeniti boju linije u lejeru *RUTA_1* u zelenu sa veličinom linije 8.

Promeniti boju linije u lejeru *RUTA_2* u crnu sa veličinom linije 3.

BONUS!

Kreirati rutu vozila koja treba da poseti 4 lokacije iz prethodnog zadatka po proizvoljnom redosledu sa tim da vozilo mora krenuti iz depoa i nakon završene opsluge vratiti se u depo. Adresa depoa je *217 Greenwich St*.

4 New Closest Facility modul

4.1 Ponavljanje (New Route)

I Otvoriti kartu na lokaciji *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise03.mxd*. Pokrenuti modul *New Route*. Dodati 10 čvorova na proizvoljnim lokacijama. Kreirati rutu sa najkraćom dužinom putovanja vozila koja treba da poseti tih 10 lokacija po proizvoljnom redosledu sa tim da vozilo mora krenuti iz depoa i nakon završene opsluge vratiti se u depo. Adresa depoa je *1 HUSSEY ST*. Snimiti ceo fajl (*Save As*) pod nazivom *V3-1.mxd*. **Koja je dužina rute i koliko je trajanje rute?**

II Otvoriti kartu *Exercise3.mxd*. Pokrenuti modul *New Route*. Dodati sledećih 7 čvorova sa svojim vremenskim prozorima opsluge:

- *119 MADDUX AVE* (10:00 - 10:30 h)
- 2545 HARRISON ST (ceo dan)
- *1036 FILBERT ST* (09:30 - 10:00 h)
- *681 38TH AVE* (11:00 - 11:30 h)
- 3466 RIVERA ST (ceo dan)
- 937 MONTEREY BLVD (ceo dan)
- *459 VISITACION AVE* (10:30 - 11:00 h)

III Kreirati rutu sa najkraćom vremenom putovanja vozila koja treba da poseti tih 7 lokacija po proizvoljnom redosledu sa tim da vozilo mora krenuti iz depoa i nakon završene opsluge vratiti se u depo. Vozilo može da krene na opslugu najranije u 08:00 h. Adresa depoa je *1 HUSSEY ST.* Snimiti ceo fajl (*Save As*) pod nazivom *V3-2.mxd*. **Koja je dužina rute i koliko je trajanje rute?**

IV Prethodni zadatak rešiti za slučaj kada se ne posmatraju vremenski prozori (bez opcije *Use Time Windows*). **Koja je nova dužina rute i koliko je trajanje rute?**

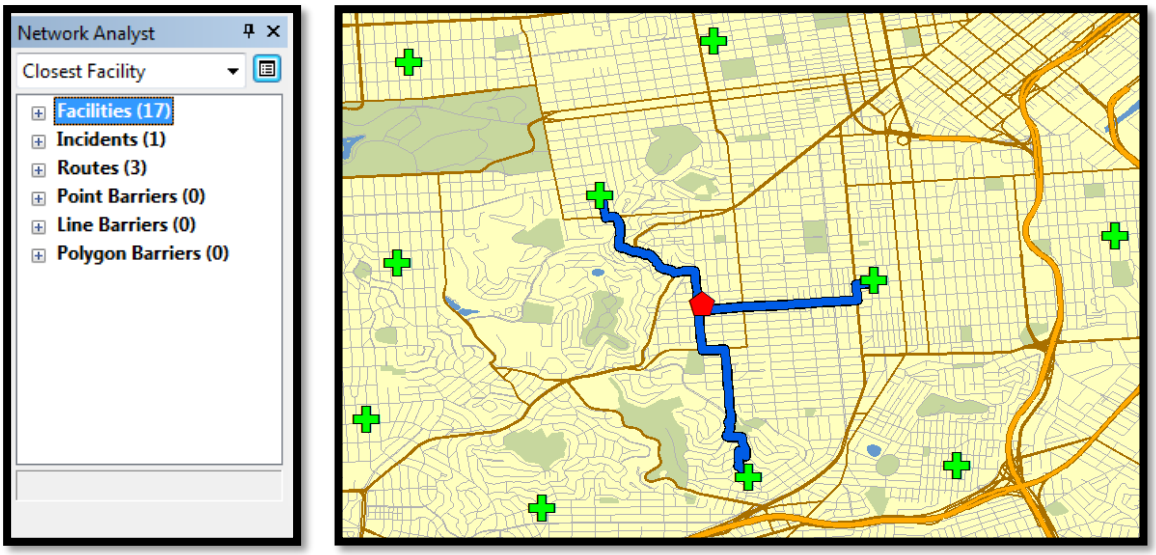
V Prethodni zadatak rešiti za slučaj kada se traži ruta sa najkraćim pređenim putem (kada je *Impedance* u metrima). **Koja je nova dužina rute i koliko je trajanje rute?**

4.2 New Closest Facility

Modul *New Closest Facility* služi za pronalaženje najbližih objekata u okolini neke lokacije (na primer koliko vatrogasnih stanica postoji u blizini od 5 minuta do lokacije u kojoj je nastao požar). Moguće je definisati pronalaženje određenog broja najbližih objekata ili broj objekata koji se nalazi u zadatom okruženju. Okruženje može da se definiše vremenom putovanja ili rastojanjem. Pošto se vozila kreću po orijentisanoj transportnoj mreži, vreme i rastojanje putovanja od lokacije *A* do *B* može biti različito u odnosu na rastojanje i vreme od lokacije *B* do *A*. Samim tim neophodno je definisati u samom modulu smer putovanja u odnosu na lokaciju incidenta (ako je u pitanju požar smer putovanja vozila je od vatrogasnih stanica do požara, a ako je u pitanju saobraćajna nezgoda onda smer putovanja vozila može biti od mesta udesa pa do najbližih bolnica). Naravno, moguće je i postojanje više lokacija sa incidentom za koje je potrebno istovremeno pronaći najbliže objekte.

Osnovni parametri sa kojima se vrše podešavanja modula *New Closest Facility* su:

- *Facilities* - objekti koje je neophodno pronaći u odnosu na lokaciju incidenta (npr. bolnice, vatrogasne stanice i sl.);
- *Incidents* - lokacije u odnosu na koje se traže najbliži objekti (npr. požari, saobraćajne nezgode i sl.);
- *Routes* - izlazno rešenje u vidu putanje kretanja vozila između incidenta i objekta koji treba da "reaguje" na incident;
- *Barriers* - određene zabrane kretanja vozila po transportnoj mreži.



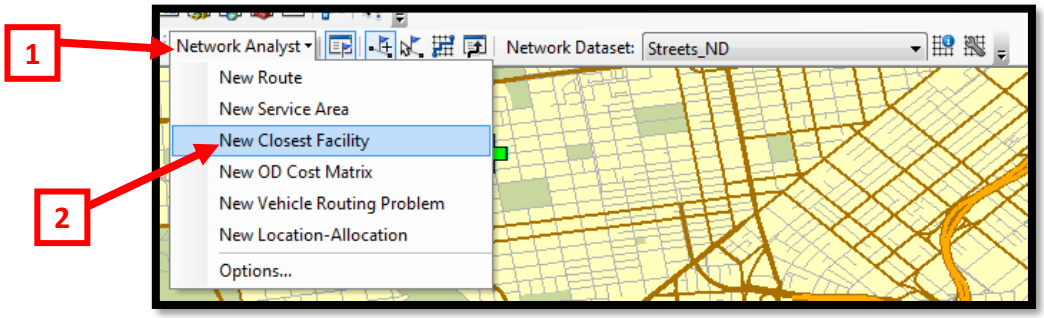
izgled prozora sa parametrima i primer rešenja sa rutama do 3 najbliža objekta od jednog incidenta

Kao što se na prethodnoj slici vidi, rešenje je predstavljeno sa tri rute (po jedna ruta od svakog objekta do incidenta).

4.3 Primer

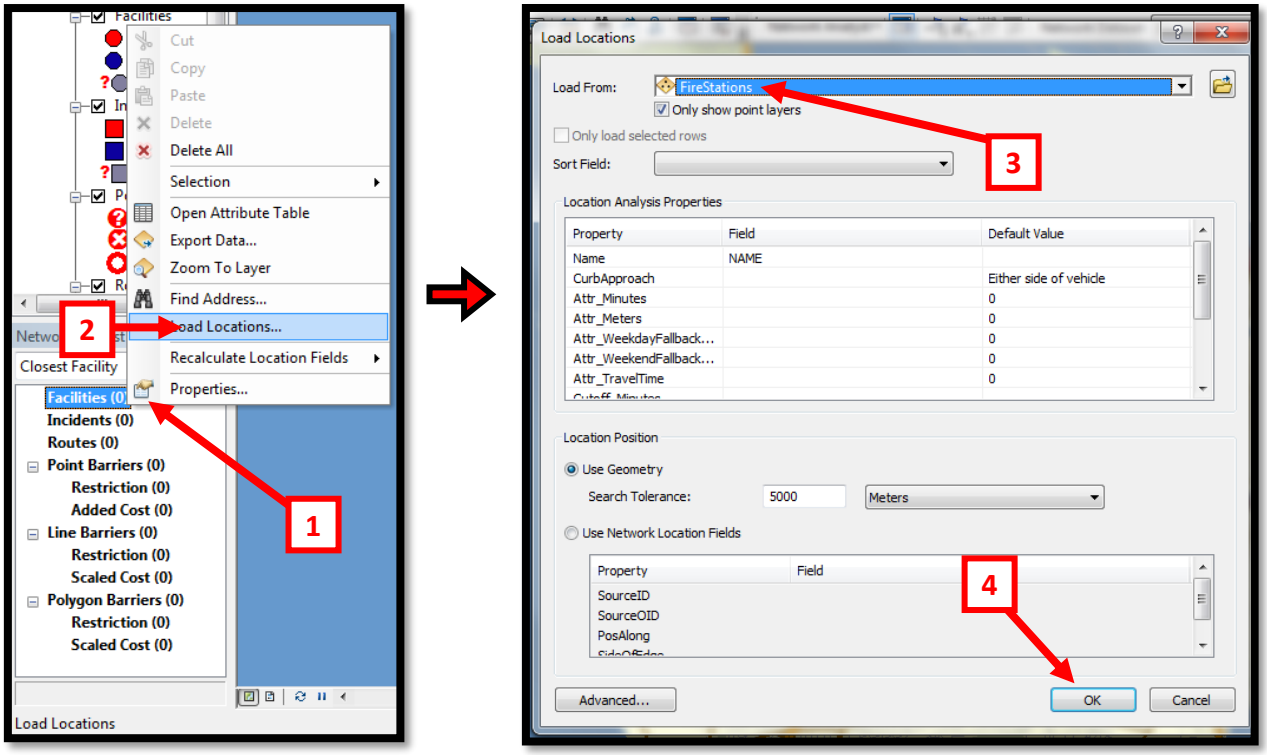
Otvoriti kartu na lokaciji C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise04.mxd.

Na *Network Analyst* tolbaru potrebno je kliknuti na *Network Analyst* (1) i iz padajućeg menija izabrati modul *New Closest Facility* (2). Na sledećoj slici su prikazana ova dva koraka.



postupak uključivanja modula New Closest Facility

Ulazni podaci za modul *New Closest Facility* su: *Facilities* i *Incidents*. Samim tim prvi korak predstavlja unošenje objekata i incidenta i to na isti način kao što se unose čvorovi opsluge u modulu *New Route*. Međutim pošto karta *Exercise4.mxd* u sebi sadrži lokacije vatrogasnih stanice moguće je učitati lokacije tih stanica u lejer *Facilities*. Procedura je sledeća: desni klik na *Facilities* (1), iz padajućeg menija izabrati opciju *Load Locations* (2), potom u novootvorenom ekranskom obrascu u polju *Load From* treba izabrati *Fire_Stations* (3), i na kraju potvrdom na dugme *OK* (4) ubacujemo sve vatrogasne stanice u lejer *Facilities*.

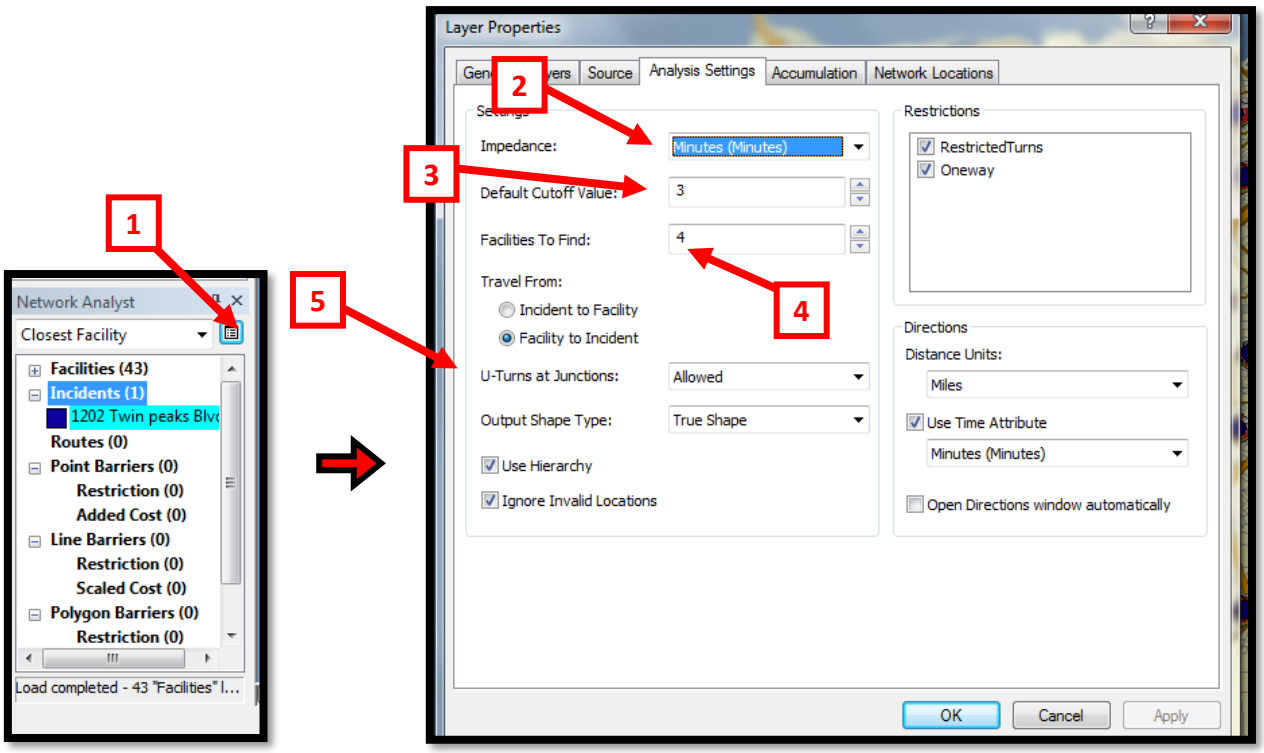


postupak ubacivanja vatrogasnih stanica iz lejera Fire Stations u lejer Facilities

Sledeći korak jeste ucrtavanje lokacije požara. Recimo da se požar pojavio na lokaciji *1202 Twin Peaks Blvd*. Tada je neophodno ucrtati tu lokaciju u lejer *Incidents* preko opcije *Find Address* (ovaj postupak je objašnjen na prethodnim vežbama).

Treći korak jeste podešavanje parametara modela u prozoru koji se dobija klikom na dugme *Closest Facility Properties* (1):

- za *Impedance* je neophodno izabrati *Minutes* (2);
- polje *Default Cutoff Value* (3) definiše gornju granicu trajanja rute između incidenta i vatrogasne stanice, u ovom slučaju upisati vrednost *3* što znači da sve rute koje traju duže od 3 minuta neće biti uzete u obzir (odnosno sve stanice od kojih se putuje duže od 3 minuta ne ulaze u razmatranje);
- polje *Facilities to Find* (4) definiše koliko se maksimalno objekata traži a koji mogu da "reaguju" na dati incident i u to polje neophodno je upisati *4* (traži se maksimalno 4 najbliže vatrogasne stanice iz kojih se može poslati vozilo za gašenje požara). Ako na udaljenosti od 3 minuta postoji manje od 4 stanice onda će rešenje sadržati samo te stanice koje se nalaze na toj udaljenosti. U suprotnom ako postoji više od 4 stanice na udaljenosti do 3 minuta putovanja, rešenje će dati 4 najbliže;
- opcija *Travel From* (5) definiše da li se vozila kreću od objekata do incidenta ili obratno. U datom primeru vozila se kreću od objekata (vatrogasnih stanica) do incidenta (požara) pa je samim tim neophodno štiklirati *Facility to Incident*;
- podesiti sve ostalo kao na sledećoj slici.



podešavanje parametara neophodnih za rad modula New Closest Facility

Klikom na dugme *OK* modul je podešen i moguće je pristupiti rešavanju klikom na dugme *Solve* koje se nalazi na *Network Analyst* tolbaru. Rešenje je prikazano na sledećoj slici.

rešenje: rute od tri najbliže stanice za gašenja zadate lokacije požara

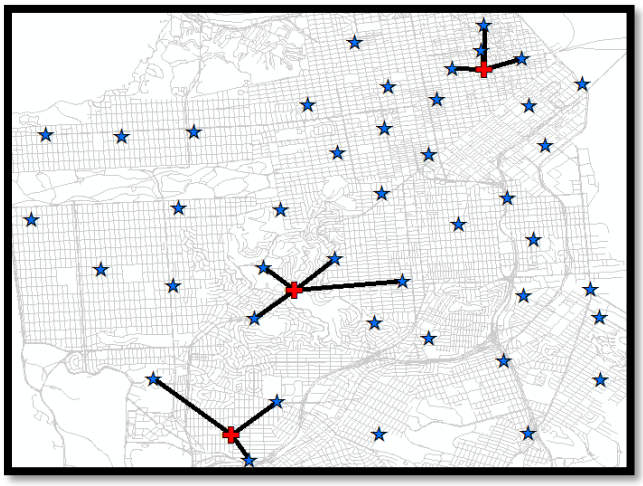
Kao što se vidi sa prethodne slike, samo tri stanice su na udaljenosti do 3 minuta od požara.

4.4 Varijanta prethodnog primera

Uraditi sledeće promene parametara modula i simbologije lejera:

- povećati *Default Cutoff Value* na 4 minuta (sa ciljem da se utiče na povećanje broja mogućih stanica iz kojih se može intervenisati na pojedine incidente);
- promeniti *Output Shape Type* na *Straight Line* (na ovaj način se menja vizuelni prikaz rute odnosno prikazuje se samo povezanost objekata i incidenta sa pravom linijom);
- dodati još dva požara odnosno incidenta i to na sledeće dve adrese: *921 Powell St* i *13 Sargent St*;
- promeniti simbol za *Facilities* u zvezdu plave boje i veličine 20, a simbol za *Incidents* u krst crvene boje i veličine 20;
- isključiti lejere Fire Stations, Restricted Turns, Highways, Basemap Layer;
- ostaviti uključen lejer *Streets_ND* i *Closest Facility*.

Rešiti problem klikom na *Solve* dugme.



rešenje za primer sa tri požara

Ceo fajl snimiti pod nazivom *vezbe3.mxd* na lokaciji *C:\arcgis*

4.5 Zadatak 1

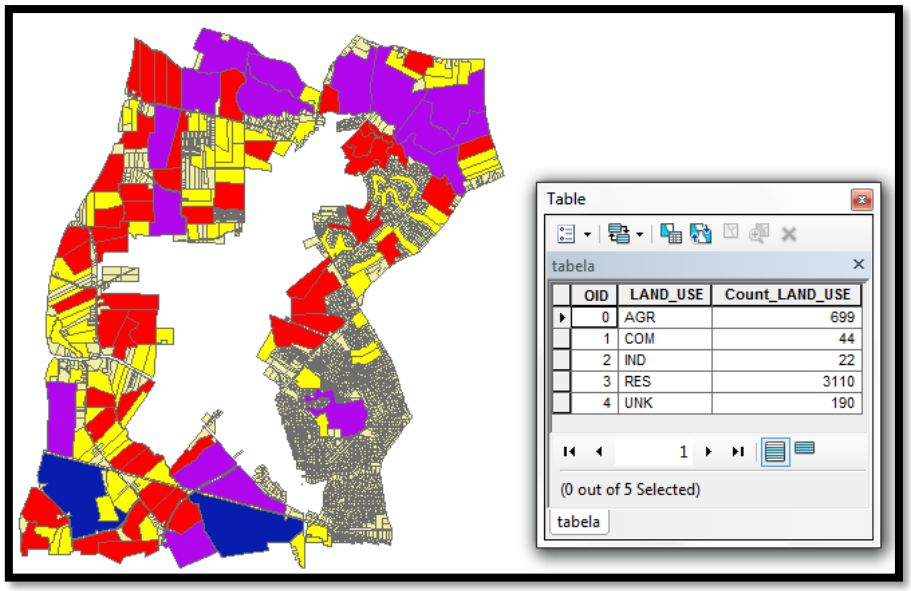
Otvoriti novu kartu. Dodati sledeće lejere:

- cnel65 (kontura buke aerodroma), C:\Arcgis\ArcTutor\Map\airport.gdb\cnel65
- parcels (parcele u okolini aerodroma), C:\Arcgis\ArcTutor\Map\airport.gdb\parcels

Neophodno je eksportovati sve parcele **KOJE SE NE NALAZE** u konturi *cnel65* i to u novi lejer pod nazivom *Proba* na lokaciji *C:\Arcgis\ArcTutor\Map\airport.gdb\.*

Zatim je neophodno uraditi sledeće na novom lejeru:

- parcele u lejeru *Proba* obojiti različitim bojama u zavisnosti od veličine parcela (*Shape_Area*). POMOĆ: opcija *Quantities*, pa *Graduated Colors* i za *Value* izabrati *Shape_Area*. Automatski se formira 5 klasa površina (na primer, prva klasa od 0 do 1000 m2, druga klasa od 1000 m2 do 2000 m2, itd.) pa samim tim i pet različitih boja tih površina;
- kreirati tabelarni prikaz broja parcela po klasama sa ukupnim površinama (*Shape_Area*) po namenama i to za parcele u lejeru *Proba*. Snimiti tabelu pod nazivom *tabela* na lokaciji *C:\Arcgis\ArcTutor\Map\airport.gdb\.*



rešenje zadatka

Ceo fajl snimiti pod nazivom *vezbe3_1.mxd* na lokaciji *C:\arcgis*

4.6 Zadatak 2

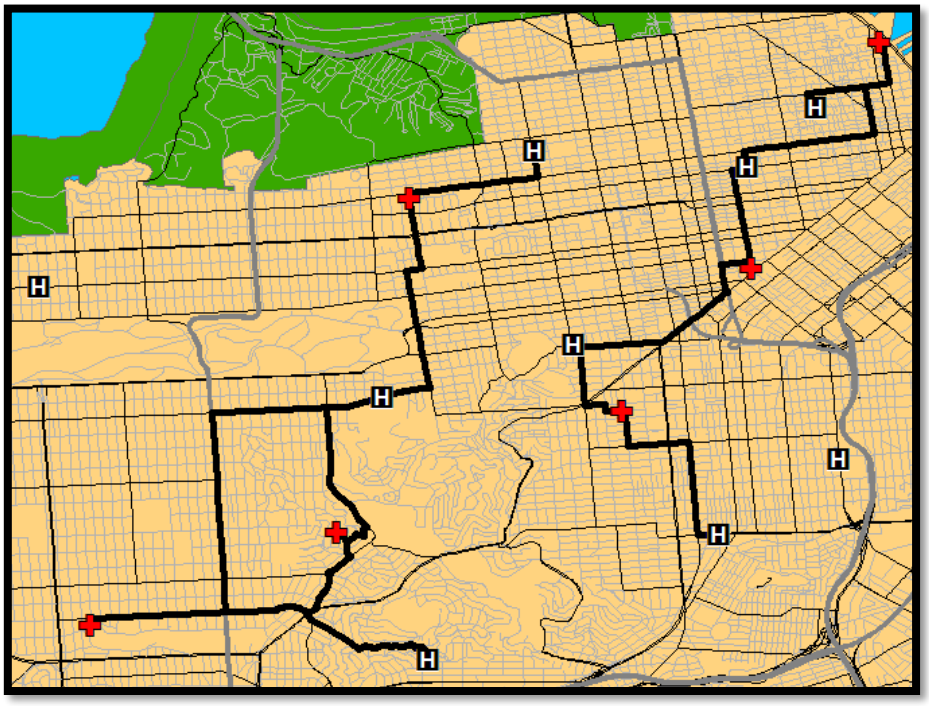
Otvoriti kartu na lokaciji *C:\Arcgis\ArcTutor\Bolnice\Exercise4.mxd*

Na ovoj karti su već ucrtane bolnice. Pacijenti kojima je neophodna bolnička nega nalaze se na sledećim lokacijama:

- 11 Ford St
- 19 Larkin St
- 33 Greenwich St
- 25 Parker Ave
- 17 Lopez Ave
- 2204 Wawona St

Potrebno je odgovoriti na sledeća pitanja:

- Da li postoji za svakog pacijenta bolnica na 2000 m? Ako ne postoji, koji to pacijenti nemaju bolnicu na udaljenosti do 2000 m?
- Za svakog pacijenta odrediti sve bolnice koje su udaljene do 3000 m.
- Za svakog pacijenta pronaći dve bolnice sa najkraćim rastojanjem.



rešenje za treće pitanje

Ceo fajl snimiti pod nazivom *vezbe3_2.mxd* na lokaciji *C:\arcgis*

5 Ponavljanje

5.1 Zadatak 1

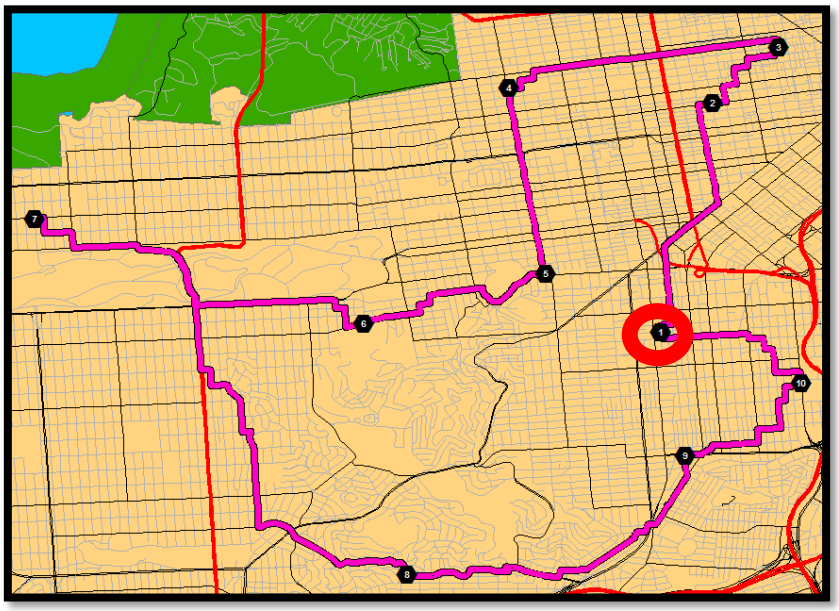
Otvoriti mapu na sledećoj lokaciji: *C:\Arcgis\ArcTutor\Bolnice\Exercise4.mxd*

U posmatranom delu grada postoji 9 bolnica čije su lokacije označene na mapi. Grad razmatra dve lokacije na kojima može da se gradi skladišno-distributivni centar a iz kojeg će se u budućnosti snabdevati bolnice. **Potrebno je izabrati jednu lokaciju na osnovu dužine rute sa kojom se opslužuju bolnice (lokacija koja generiše kraću rutu vozila je bolja)**. Te dve lokacije se nalaze na sledećim adresama: *40 Dearborn St* i *20 Stanyan St*. Potrebno je kreirati najkraću rutu kretanja vozila gde to vozilo počinje rutu u skladišno-distributivnom centru, zatim obilazi 9 bolnica po proizvoljnom redosledu i potom se vraća u isti skladišno-distributivni centar. Pošto se razmatraju dve lokacije potrebno je analizirati dve ovakve rute, gde se bira ona ruta koja ima manje pređenih kilometara.

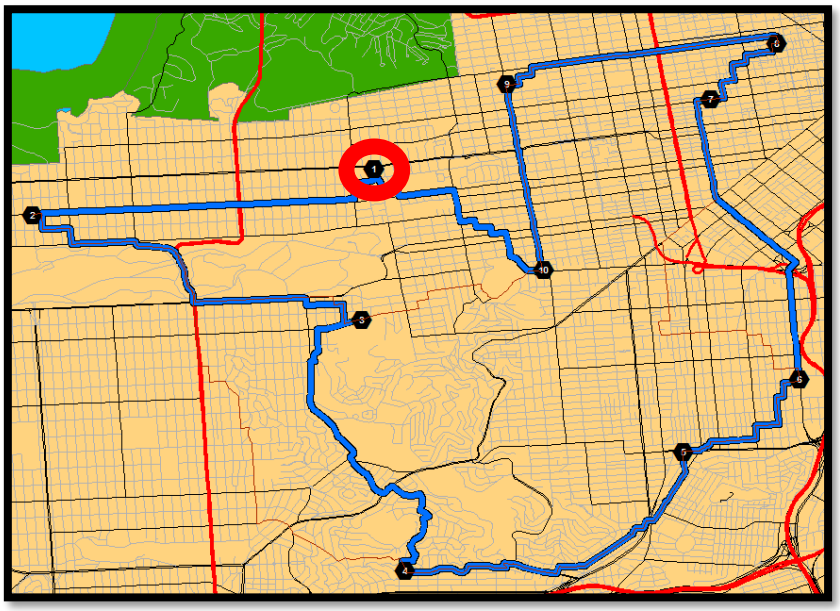
Rutu koja ima manju kilometražu eksportovati u lejer koji će se zvati po adresi u kojoj se nalazi skladišno-distributivni centar te rute.

Mapu snimiti sa imenom i prezimenom studenta na sledeću lokaciju:

C: \ArcGIS\vezbe4_1.mxd



rešenje za SD centar na adresi 40 Dearborn St



rešenje za SD centar na adresi 20 Stanyan St

5.2 Zadatak 2

Otvoriti mapu na sledećoj lokaciji: *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise04.mxd*

Na ovoj karti su već ucrtane vatrogasne stanice. Recimo da imamo požare na sledećim lokacijama:

- 11 Ford St
- 19 Larkin St
- 33 Greenwich St
- 25 Parker Ave
- 17 Lopez Ave
- 2204 Wawona St

Potrebno je odgovoriti na sledeća pitanja:

- Da li se na sve lokacije požara može poslati vatrogasno vozilo u roku od 2 minuta iz neke od vatrogasnih stanica? Ako ne, koje su to lokacije požara na koje vozilo ne može stići za maksimum 2 minuta vožnje?
- Za svaki požar odrediti sve vatrogasne stanice na 3 minuta voženje vozila od stanice do požara.
- Za svaki požar odrediti dve vatrogasne stanice od kojih vozilo može najbrže stići na intervenciju.

Ceo fajl snimiti pod nazivom *vezbe4_2.mxd* na lokaciji *C:\arcgis*

5.3 Zadatak 3

Otvoriti mapu na sledećoj lokaciji: *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise05.mxd*

Na mapi je prikazan grad Pariz sa 21 prodavnicom (*Stores*) i 6 skladišta (*Warehouses*). Prodavnice je neophodno snabdevati iz jednog skladišta. Od 6 mogućih lokacija skladišta potrebno je analizirati lokacije za ***Warehouse 2***, ***Warehouse 4*** i ***Warehouse 6*** odnosno **potrebno je odrediti lokaciju od te tri sa koje je vreme opsluge jednom rutom najmanje**.

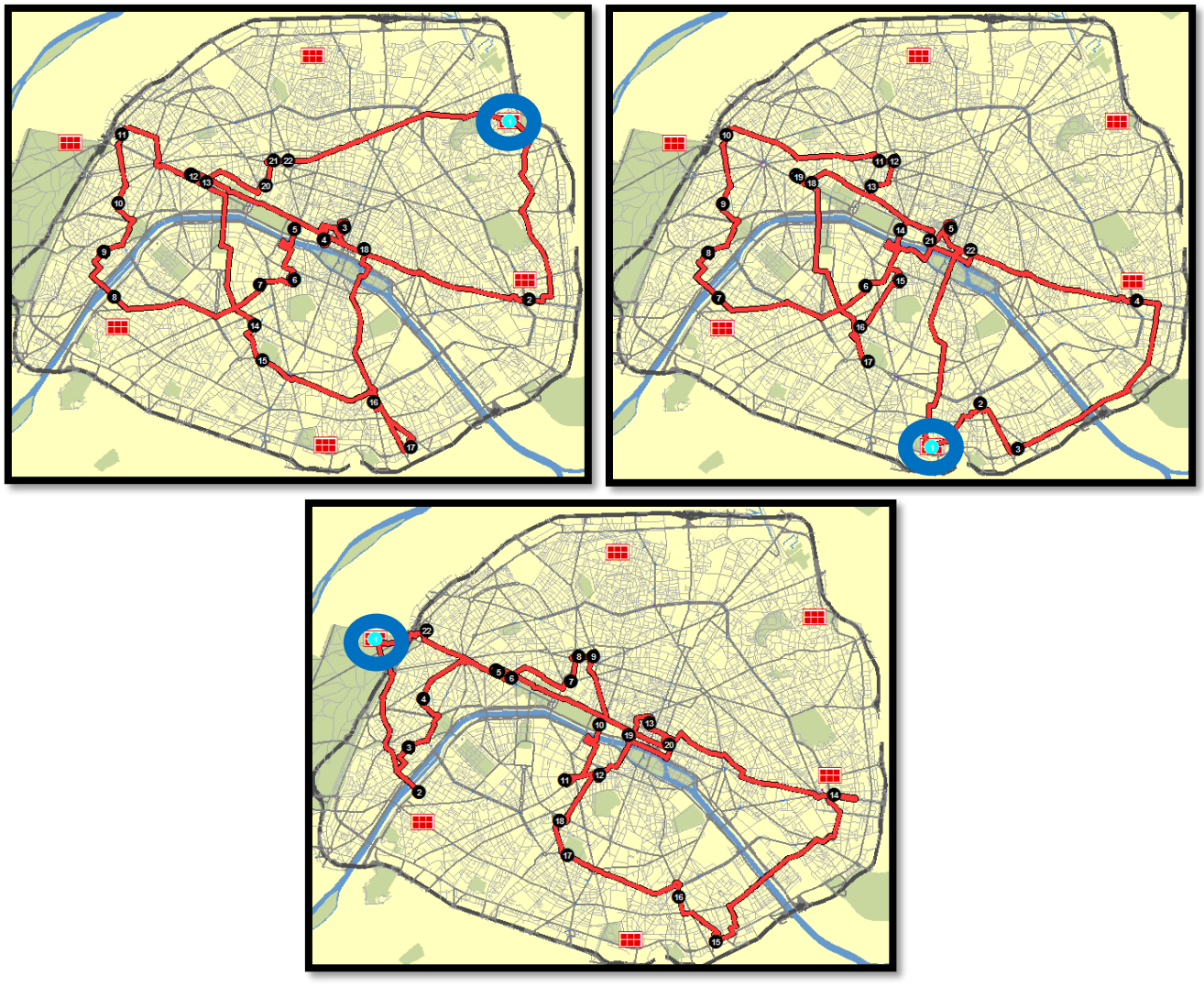
Pojedine prodavnice imaju vremenske prozore u kojima je moguća opsluga i to su prodavnice na sledećim lokacijama (za prodavnice na ovim lokacijama je neophodno uneti vremenske prozore):

- *Location 4* (10:00 -10:30 h)
- *Location 12* (10:00 -11:00 h)
- *Location 15* (08:00 - 09:00 h)
- *Location 19* (09:30 -10:00 h)

Rutu sa najmanjim vremenom opsluge je potrebno eksportovati sa nazivom lokacije skladišta za koju je ruta najkraća.

Za koje skladište je ruta najkraća i koje je vreme najkraće rute (u minutama na dve decimale)?

Mapu snimiti na sledeću lokaciju: *C:\ArcGIS\vezbe4_3.mxd*



rešenje za treći zadatak (tri rute za različita skladišta)

6 Service Area modul

6.1 Ponavljanje

Otvoriti mapu na sledećoj lokaciji:

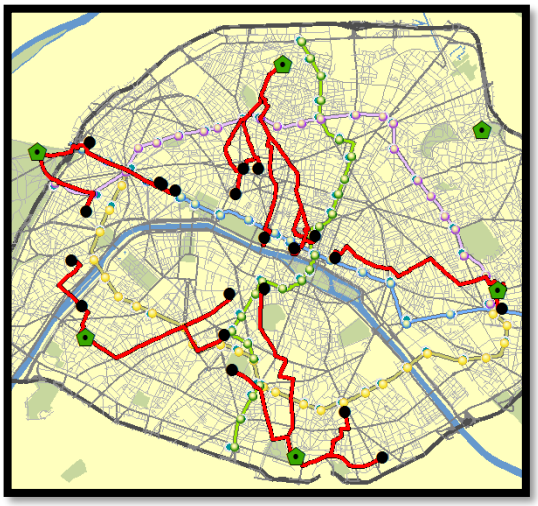
C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise05.mxd.

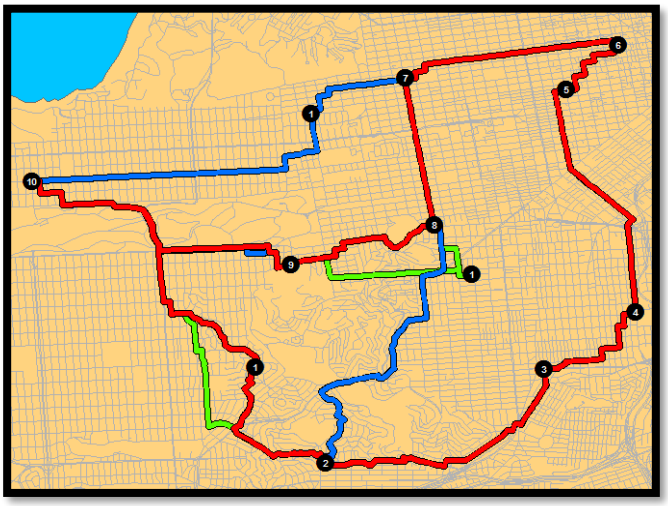
Na mapi je prikazan grad Pariz sa 21 prodavnicom (*Stores*).

- Odrediti **najbliže skladište** za svaku prodavnicu (najbliže po pređenim kilometrima). Koja su to skladišta za prodavnice 7, 9 i 13? Koje skladište ima u svojoj okolini najviše najbližih prodavnica, a koje najmanje najbližih prodavnica?
- Odrediti **dva najbliža skladišta** za svaku prodavnicu (najbliže po pređenim kilometrima). Koja su dva skladišta najbliža za prodavnice 3, 4 i 18?
- Odrediti za svaku **prodavnicu sva skladišta koja se nalaze na udaljenosti do 4000 metara.** Da li postoje prodavnice koje nemaju ni jedno skladište do 4000 metara i ako postoje koje su to prodavnice?

Otvoriti mapu na sledećoj lokaciji: *C:\Arcgis\ArcTutor\Bolnice\Exercise4.mxd*. Na mapi su prikazane bolnice koje je neophodno opslužiti iz jednog distributivnog centra. Potencijalne lokacije za distributivni centar su : *11 Ford St, 25 Parker Ave, 17 Lopez Ave*.

- Odrediti koja lokacija je najpogodnija za distributivni centar ako se uzima u obzir **vreme putovanja vozila** koje vrši opslugu bolnica? Koliko iznosi vreme putovanja vozila za izabrani distributivni centar?
- Odrediti koja lokacije je najpogodnija za distributivni centar ako se uzima u obzir **pređeno rastojanje vozila** koje vrši opslugu bolnica? Koliko je dugačka ruta vozila za izabrani distributivni centar?
- Da li je u oba prethodna slučaja ista lokacija najbolja (kada se posmatra vreme putovanje i kada se posmatra pređeno rastojanje vozila)?

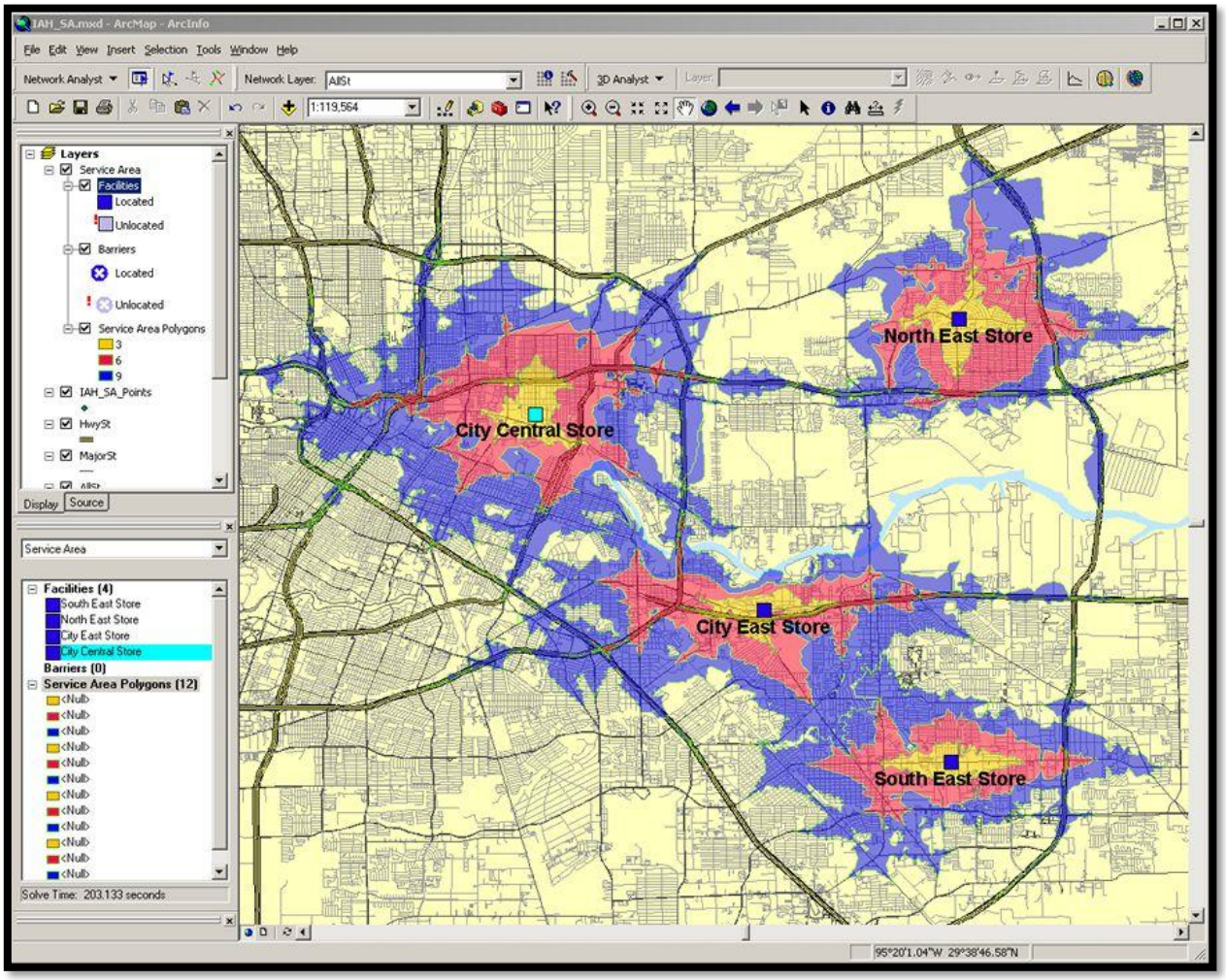




zadatak I - rešenje za prvo pitanje zadatak II - tri rute opsluge za tri lokacije DC

6.2 Uvod u modul Service Area

New Service Area je modul koji kreira zone opsluge oko nekog čvora. Na primer, ovaj modul definiše i prikazuje površinu grada koja može da se opsluži iz nekog čvora za maksimalno pola sata (ili sa maksimalno pređenih 5 km). Naravno moguće je posmatrati više čvorova istovremeno kao što je prikazano na sledećoj slici. Takođe je moguće definisati više zona koje su takođe prikazane na sledećoj slici sa žutom, crvenom i plavom bojom (na primer: prva zona od 0-10 min, druga zona od 10-30 min, treća zona od 30-60 min). Konkretno, zona od 10 do 30 min znači da svaka lokacija u okviru te zone može biti posećena od strane vozila u tom intervalu ako to vozilo krene iz neke zadate lokacije (na slici su prikazane 4 takve lokacije).



tri zone opsluge za četiri različita skladišta

Na sledećem primeru će biti objašnjena konkretna primena ovog modula.

6.3 Primer

Pokrenuti aplikaciju *ArcMap* i otvoriti mapu na sledećoj lokaciji:

C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise05.mxd

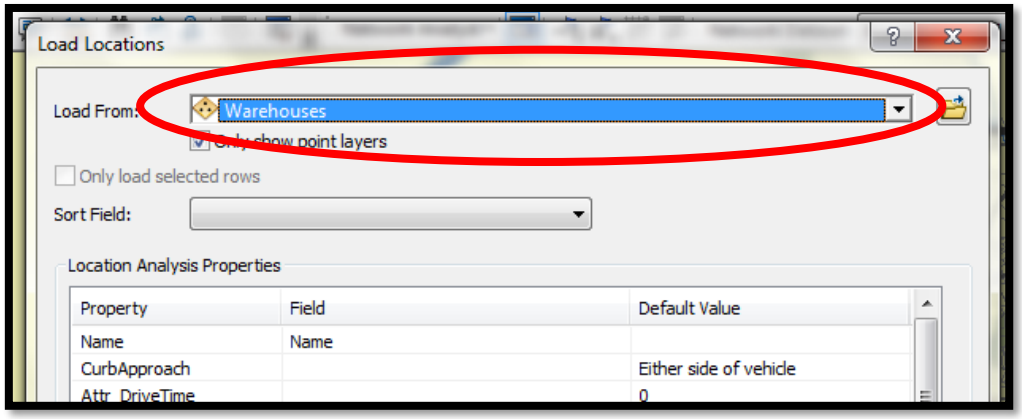
Sada je otvorena karta grada Pariza na kojoj se nalazi 6 skladišta i 21 prodavnica koje je neophodno opslužiti iz 6 skladišta. Potrebno je:

- Kreirati zone opsluga za 6 skladišta i to po tri vremenske zone za svaku lokaciju (0-3 min; 3-5 min; 5-10 min).
- Na osnovu kreiranih zona potrebno je sagledati koliko prodavnica se nalazi u zonama opsluge.
- Ako postoji nepokrivena prodavnica potrebno je premestiti jedno od skladišta radi pokrivanja svih prodavnica. Odrediti koje skladište je najbolje premestiti u tom slučaju.
- Sledeći korak jeste dodeljivanje prodavnica skladištima, odnosno neophodno je podeliti prodavnice po skladištima (koje prodavnice će biti opsluživane iz kojeg skladišta).
- Kao dodatak, potrebno je kreirati matricu rastojanja za dostavu robe iz skladišta do prodavnica u periodu od 10 minuta vožnje.

Otvoriti modul *New Service Area* iz *Network Analyst* tolbara. Ovaj modul sadrži sledeće glavne parametre (ulazne i izlazne podatke):

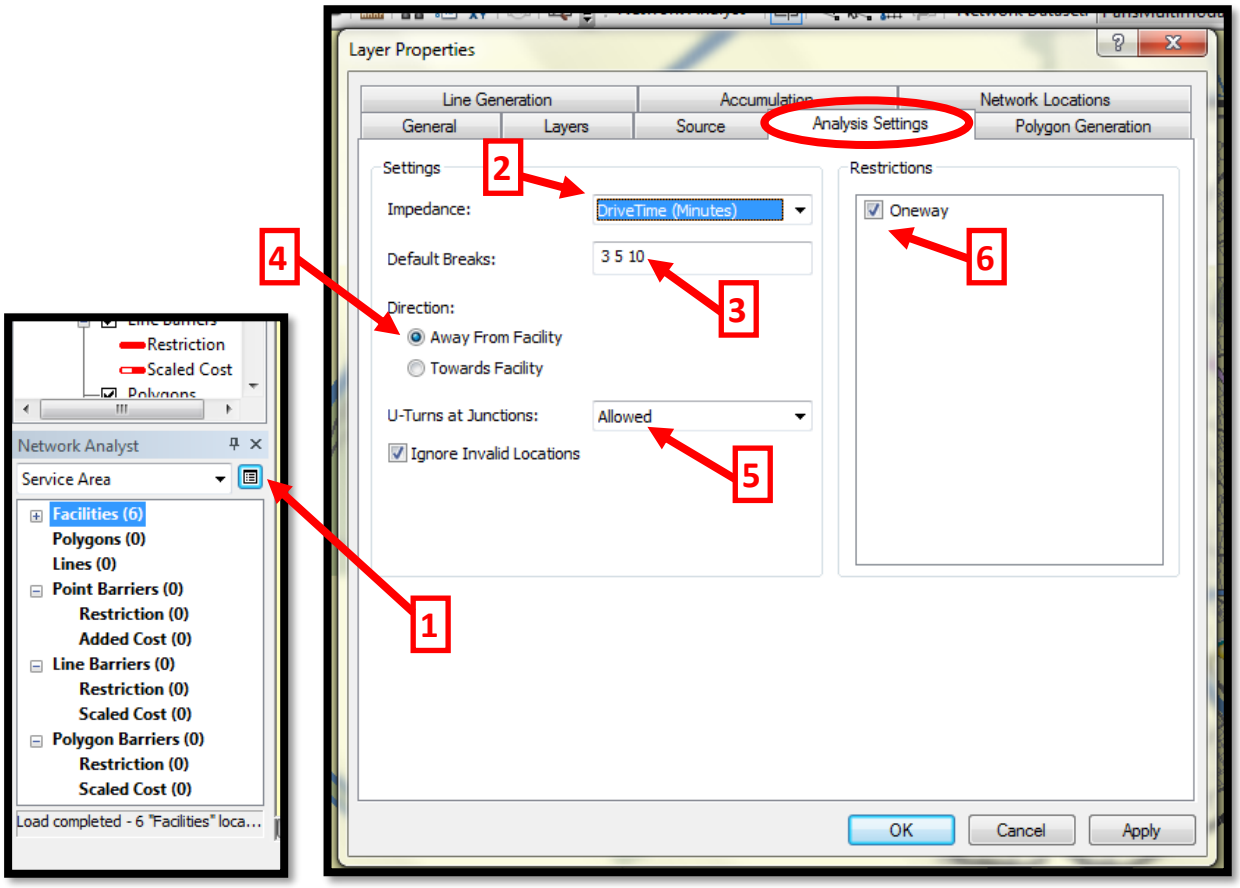
- *Facilities* - lokacije za koje se formiraju zone opsluge (u ovom primeru to su skladišta)
- *Polygons* - zone opsluge (u ovom primeru kreiraju se po tri zone za svaku lokaciju)
- *Lines* - linije kretanja u zoni (ulice kojima se vozilo treba kretati unutar zone), ova opcija može a i ne mora biti vidljiva na mapi (u zavisnosti od podešavanja)
- *Barriers* - blokade kretanja u određenim ulicama

Prvo je neophodno da se ubace lokacije skladišta (*Warehouse*) u *Facilities*. U *Network Analyst Window* potrebno je desnim klikom na *Facilities* odabrati opciju *Load Locations*. Time se otvara ekranski obrazac u kojem je potrebno za *Load From* izabrati *Warehouses*. Klikom na dugme *OK* 6 lokacija skladišta je ubačeno u *Facilities*.



ubacivanje lokacije 6 skladišta u modul Service Area

Na narednoj slici su prikazana podešavanja modula *Service Area*. Pošto se zahtevaju tri zone definisane vremenom neophodno je da modul računa zone u minutama (2), a ne u metrima. Takođe je neophodno kreirati tri zone sa zadatim intervalima (3). Smer kretanja je od skladišta ka prodavnicama (4), dozvoljena su polukružna skretanja (5) i mora se poštovati ograničenje jednosmernih ulica (6). Sva ova podešavanja se rade u *Properties Button* (1) i pa u tabu *Analysis Settings*.

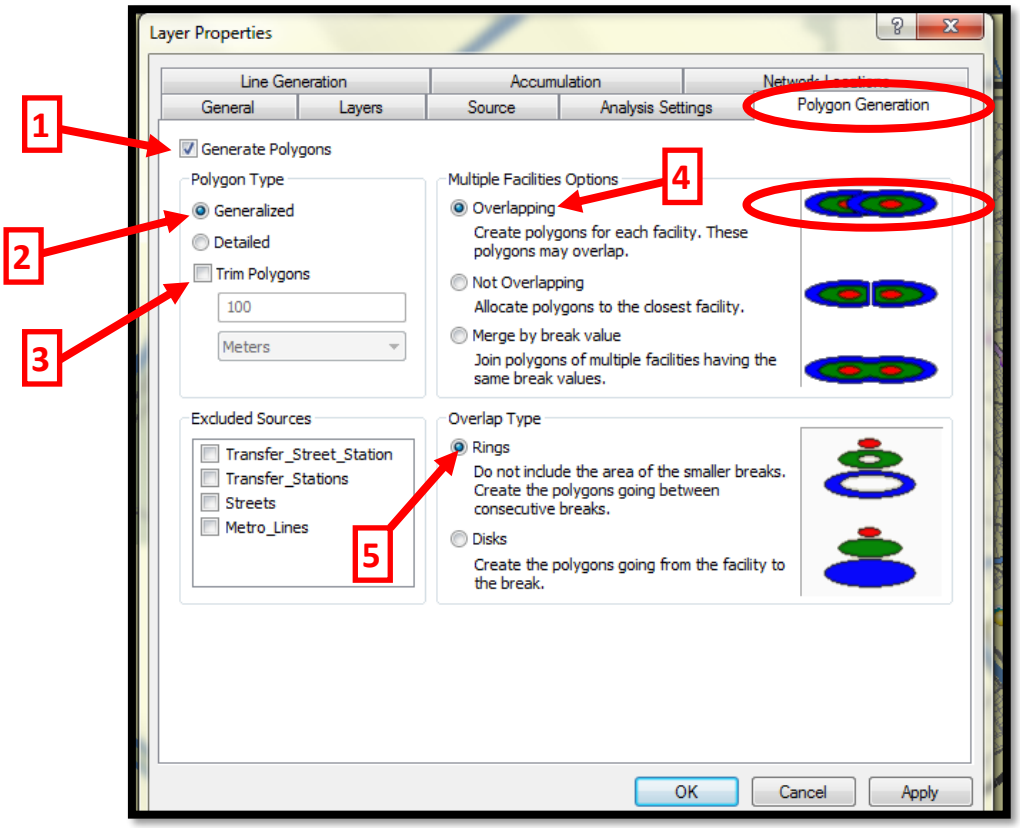


podešavanje modula Service Area

Pošto se traže tri intervala, oni se definišu upisivanjem gornjih granica svakog od tih intervala tako da se u polju (3) upisuje *3 5 10*. Granične vrednosti se odvajaju sa jednim razmakom. Sa ovakvim upisanim vrednostima se definišu sledeće tri zone: *0-3 min*, *3-5 min*, *5-10 min*.

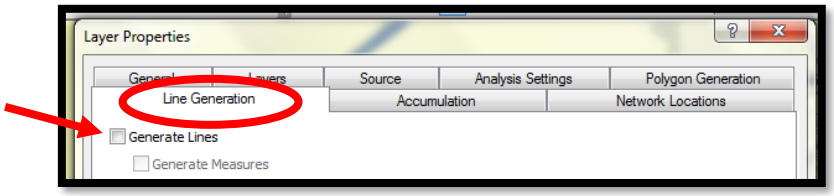
Naredni korak jeste podešavanje parametara samih zona koje je prikazano na sledećoj slici. Ova podešavanja se takođe rade u *Properties Button*, i to na *Polygon Generation* tabu.

- Opcija *Generate Polygons* (1) treba da bude štiklirana (na ovaj način se aktivira opcija generisanja zona).
- Za tip zone štiklirati opciju *Generalized* (2) (na ovaj način se ubrzava analiza ali je ona i relativno gruba, a ako se izabere opcija *Detailed* analiza je tačnija ali zahteva duže vreme rada).
- Odštiklirati opciju *Trim Polygon* (3) (kada je ova opcija uključena onda se seku «špicevi zone» i analiza traje nešto duže).
- U polju *Multiple Facilities Options* štiklirati opciju *Overlaping* (4) (na taj način se dobijaju zone bez obzira na preklapanja sa zonama drugih lokacija, ako se štiklira opcija *Not Overlaping* tada se zone odsecaju na takav način da ne dođe do preklapanja sa zonama drugih lokacija, a ako se štiklira opcija *Merge by break value* tada se zone različitih lokacija spajaju u jednu).
- I na kraju je neophodno definisati *Overlap Type* tako što se štiklira opcija *Rings* (5) (definiše da se zone za jednu lokaciju ne preklapaju, odnosno da se kreiraju «prstenovi»).



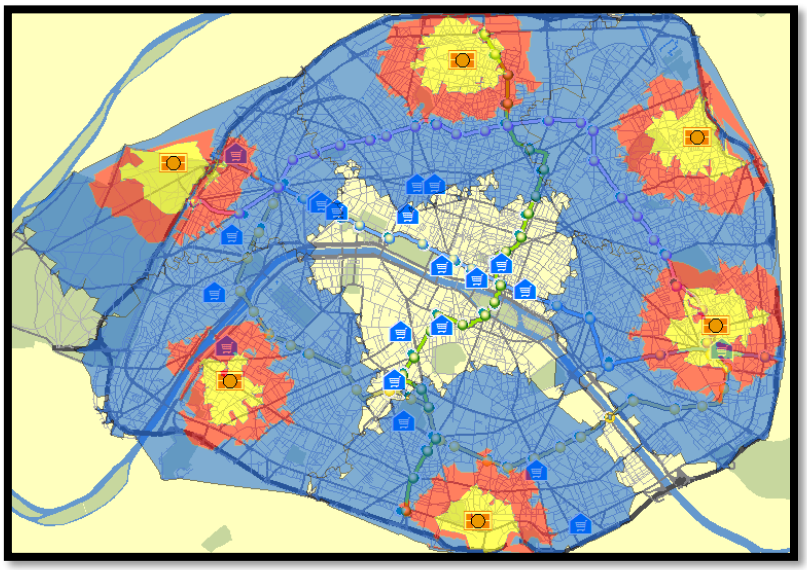
podešavanje načina generisanja zona

Dodatno je moguće isključiti/uključiti opciju iscrtavanja mreže ulica kojima se vozilo može kretati u generisanim zonama. U tabu *Line Generation* odštiklirati opciju *Generate Lines* (nije potrebno da se kreira mreža ulica kojima se vozilo treba kretati).



podešavanje iscrtavanja mreže ulica kojima se vozilo može kretati u okviru generisanih zona

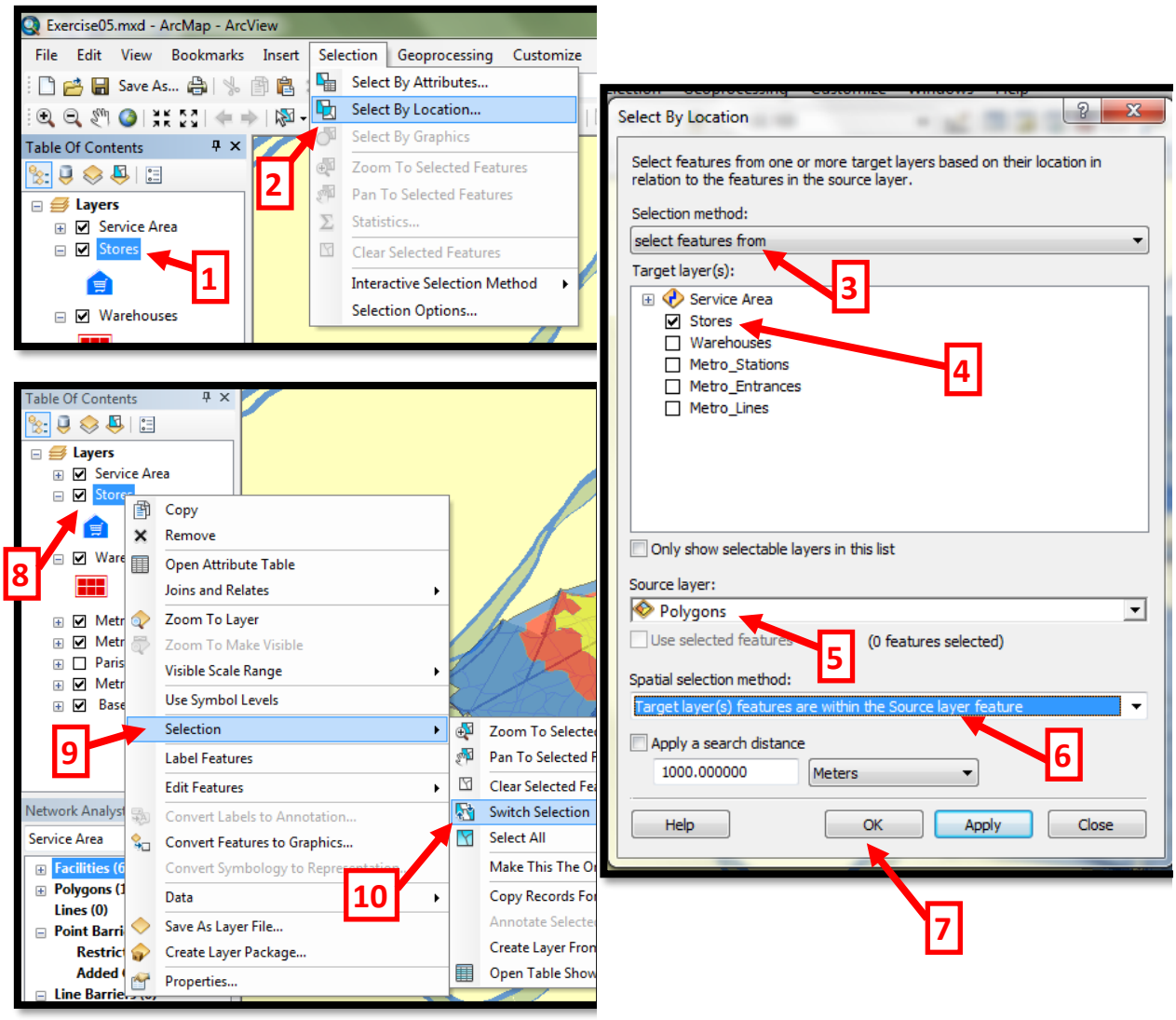
Pokrenuti rešavanje problema klikom na *Solve* dugme . Rešenje je prikazano na sledećoj slici.



rešenje - tri zone opsluge za šest skladišta

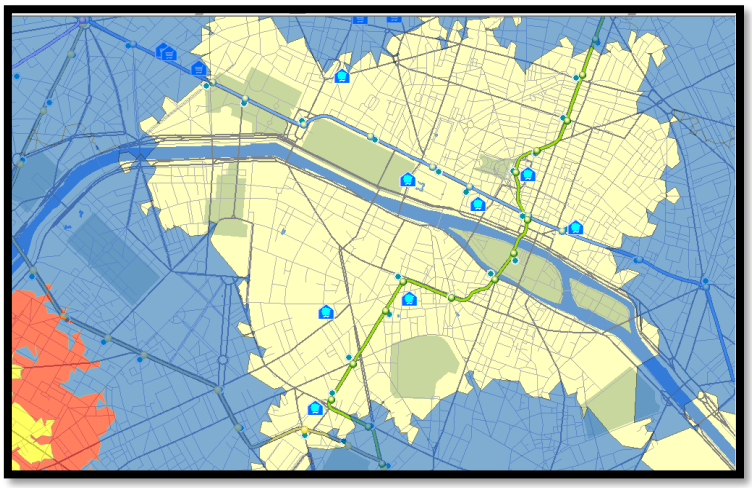
Sa rešenja se vidi da centralne prodavnice nisu u zonama opsluge. Da bi se obezbedila pokrivenost svih prodavnica mogu se uraditi sledeće tri stvari: (1) dodavanje još jednog skladišta, (2) proširivanje postojećih zona ili (3) pomeranje postojećih lokacija skladišta. Pošto *Warehouse 2* ne pokriva ni jednu prodavnicu, logično je da se to skladište pomeri na takav način da se iz njega mogu opslužiti centralne prodavnice (promena lokacije skladišta).

Radi tačnog uvida u prodavnice koje se ne nalaze u zonama opsluge, iste je moguće selektovati na sledeći način: prvo se selektuju sve prodavnice koje se nalaze u zonama opsluge a potom se ta selekcija obrne desnim klikom na *Stores* i odabirom opcije *Switch Selection* (postupak selektovanja nepokrivenih prodavnica je prikazan na sledećoj slici).



koraci pri selektovanju nepokrivenih prodavnica

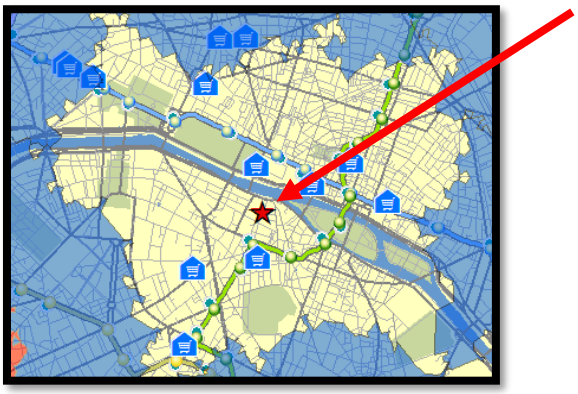
Na ovaj način izvršena je selekcija onih prodavnica koje nisu ni u jednoj zoni opsluge, i te prodavnice su prikazane na sledećoj slici (označene svetlo plavim tačkama). Ove selektovane neopslužene prodavnice moguće je eksportovati u novi lejer (*Data*→*Export Data*).



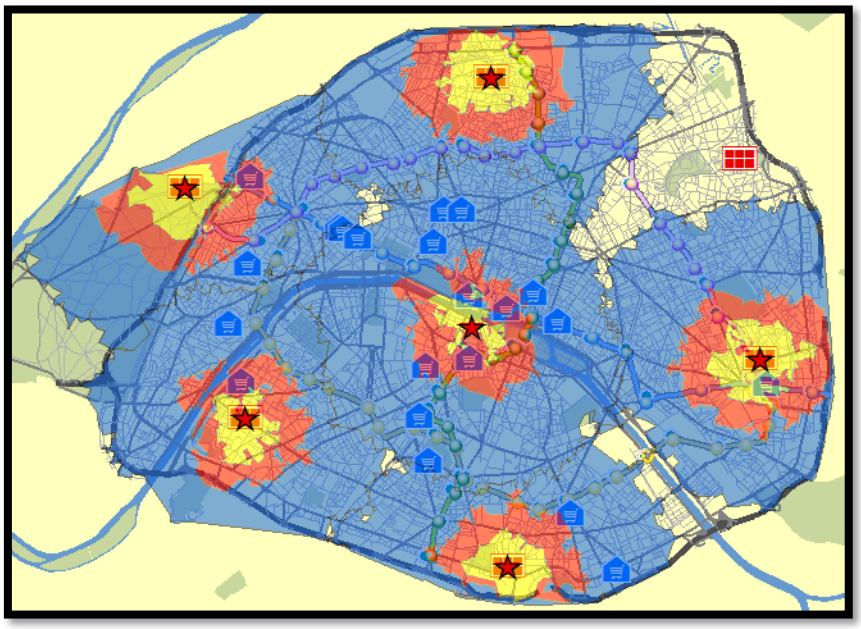
prodavnice koje nisu pokrivene i u blizinu istih treba premestiti Warehouse 2

Sledeći korak jeste promena lokacija *Warehouse 2* radi "pokrivanja" neopsluženih prodavnica. Pomeranje lokacije *Warehouse 2* vrši se na sledeći način:

- prvo odselektovati sve što je eventualno selektovano (iz glavnog menija se bira opcija *Selection* i iz padajućeg menija se bira opcija *Clear Selection*)
- potom se iz Network Analyst Window selektuje Warehouse 2
- klikom na dugme *Select/Move Network Location* selektovanu skladište pomeriti u centar nepokrivenih prodavnica.



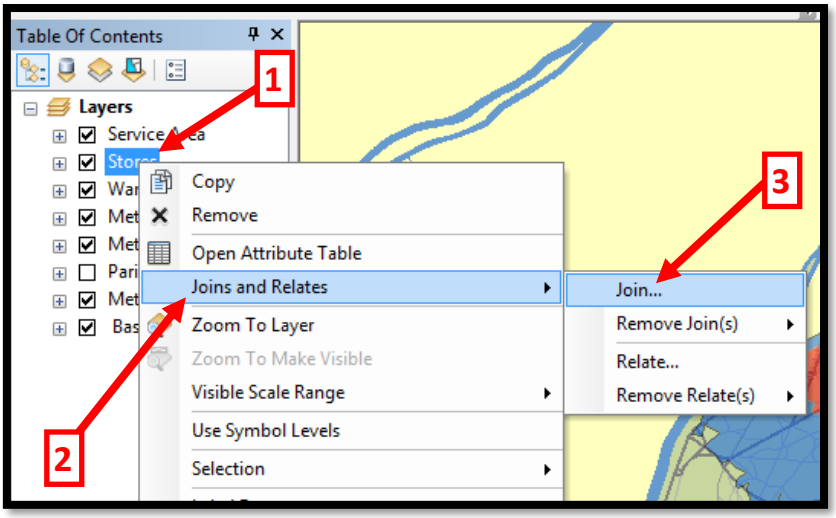
- pokrenuti rešavanje problema klikom na *Solve* dugme .



rešenje - tri zone opsluge sa skladištem koje je pomereno radi pokrivanja svih prodavnica

Sada su sve prodavnice u okviru zona opsluge. Ali pošto se zone opsluga pojedinih skladišta preklapaju neophodno je odrediti za svaku prodavnicu skladište iz kojeg će se snabdevati. Cilj jeste da svaka prodavnica bude pokrivena sa što boljom zonom (zonom kraćeg vremena opsluge, konkretno u ovom primeru žuta zona je bolja od crvene a crvena od plave).

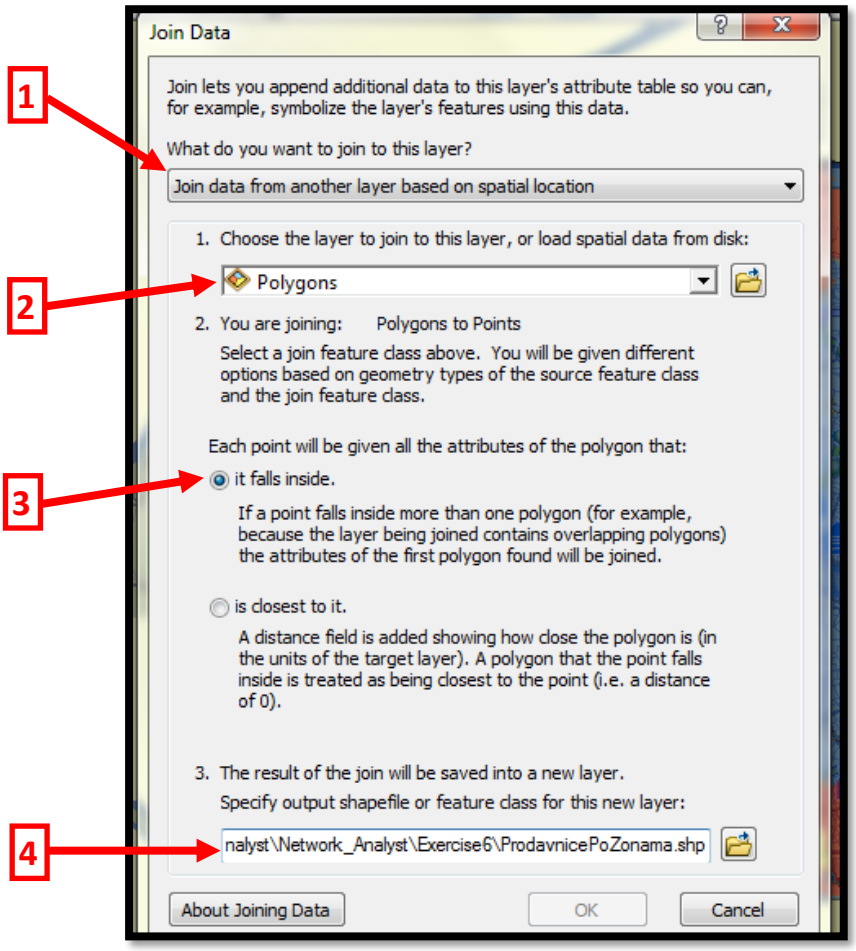
Na sledećoj slici je prikazan postupak odabira opcije Join pomoću koje se vrši dodeljivanje prodavnica na skladišta. U polju *Table of Contents*, desnim klikom na *Stores* (1) lejer dobija se padajući meni iz kojeg se bira opcija *Joins and Relates* (2) pa opcija *Join* (3).



odabir opcije Join

Odabirom opcije *Join* pojavljuje se ekranski obrazac (koji je prikazan na sledećoj slici) u kom se vrše podešavanja ukrštanja zona opsluge pojedinih skladišta i lokacija prodavnica (radi dodeljivanja prodavnica skladištima). Na ovaj način se kreira novi lejer sa podacima za svaku prodavnicu kojem skladištu pripada. Na ekranskom obrascu je potrebno definisati sledeće podatke:

- U polju What do you want to join to this layer (u prevodu "Šta želiš da dodaš ovom lejeru", misli se na lejer Stores koji je selektovan) potrebno je izabrati opciju Join data from another layer based on spatial data (1) (u prevodu "Dodaj podatke iz drugog lejera na osnovu prostornih podataka").
- U polju Choose the layer to join to this layer, or load spatial data from disk (u prevodu "Izaberi lejer sa kojeg se podaci dodaju selektovanom lejeru, ili ubaci podatke sa diska") potrebno je izabrati lejer Polygons (2).
- Sledeće podešavanje jeste *Each point will be given all the attributes of the polygon that:* za koje je neophodno štiklirati opciju *it falls inside* (3) (na ovaj način se uzimaju u obzir prodavnice koje se nalaze u nekoj zoni opsluge).
- Na kraju je potrebno definisati naziv fajla i lokaciju u kojoj će biti sačuvan. Ime fajla treba da bude sledeće *ProdavnicePoZonama.shp*, a treba da se sačuva na sledećoj lokaciji (4): *C:\arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\ProdavnicePoZonama.shp*



podešavanje opcije Join radi generisanja tabelarnog prikaza pokrivenosti prodavnica zonama

Klikom na dugme *OK* svaka prodavnica dobija skladište iz kojeg se snabdeva, a ti podaci su sačuvani i importovani u lejer *ProdavnicePoZonama*. Desnim klikom na ovaj lejer i odabirom opcije *Open Attribute Table*, može se videti dobijeno rešenje (koje je prikazano na sledećoj slici).

Table

ProdavnicePoZonama

FID	Shape	OBJECTID_1	POI	NOM	ObjectID_1	FacilityID	Name
0	Point	4	CENTRE COMMERCIAL	ARCADES DU LIDO	19	6	Warehouse #6 : 5 - 10
1	Point	5	CENTRE COMMERCIAL	GALERIE DU CLARIDGE	19	6	Warehouse #6 : 5 - 10
2	Point	6	CENTRE COMMERCIAL	ELYSEE 26	19	6	Warehouse #6 : 5 - 10
3	Point	8	CENTRE COMMERCIAL	GALERIE SAINT DIDIER	19	6	Warehouse #6 : 5 - 10
4	Point	13	CENTRE COMMERCIAL	GALERIE COMMERCIALE PASSY PLAZA	19	6	Warehouse #6 : 5 - 10
5	Point	2	CENTRE COMMERCIAL	AU PRINTEMPS HAUSSMANN	21	1	Warehouse #1 : 5 - 10
6	Point	3	CENTRE COMMERCIAL	GALERIES LAFAYETTE HAUSSMANN	21	1	Warehouse #1 : 5 - 10
7	Point	19	CENTRE COMMERCIAL	GAITE	22	4	Warehouse #4 : 5 - 10
8	Point	20	CENTRE COMMERCIAL	ITALIE 2	22	4	Warehouse #4 : 5 - 10
9	Point	21	CENTRE COMMERCIAL	CENTRE COMMERCIAL MASSENA 13	22	4	Warehouse #4 : 5 - 10
10	Point	7	CENTRE COMMERCIAL	GALERIE DES TROIS QUARTIERS	24	2	Warehouse #2 : 5 - 10
11	Point	9	CENTRE COMMERCIAL	ESPACE EXPANSION FORUM DES HALLES	24	2	Warehouse #2 : 5 - 10
12	Point	12	CENTRE COMMERCIAL	BAZAR DE L'HOTEL-DE-VILLE	24	2	Warehouse #2 : 5 - 10
13	Point	18	CENTRE COMMERCIAL	MAINE-MONTPARNASSE	24	2	Warehouse #2 : 5 - 10
14	Point	1	CENTRE COMMERCIAL	LES BOUTIQUES DU PALAIS DES CONGRES	25	6	Warehouse #6 : 3 - 5
15	Point	16	CENTRE COMMERCIAL	PRINTEMPS NATION	26	3	Warehouse #3 : 3 - 5
16	Point	10	CENTRE COMMERCIAL	GALERIE CARROUSEL DU LOUVRE	27	2	Warehouse #2 : 3 - 5
17	Point	11	CENTRE COMMERCIAL	SAMARITAINE	27	2	Warehouse #2 : 3 - 5
18	Point	14	CENTRE COMMERCIAL	LE MARCHE SAINT GERMAIN	27	2	Warehouse #2 : 3 - 5
19	Point	15	CENTRE COMMERCIAL	LE BON MARCHE	27	2	Warehouse #2 : 3 - 5
20	Point	17	CENTRE COMMERCIAL	S.C.I. BEAUGRENELLE	28	5	Warehouse #5 : 3 - 5

tabelarni prikaz pokrivenosti prodavnica zonama opsluge (na slici je označena pripadnost jedne prodavnice)

Na ovaj način znamo iz kojih skladišta se snabdevaju prodavnice i znamo koji su vremenski intervali za koje se te prodavnice mogu opslužiti (na primer prodavnica *ARCADES DU LIDO* se opslužuje iz *Warehouse 6* i to u intervalu od *5-10 min*).

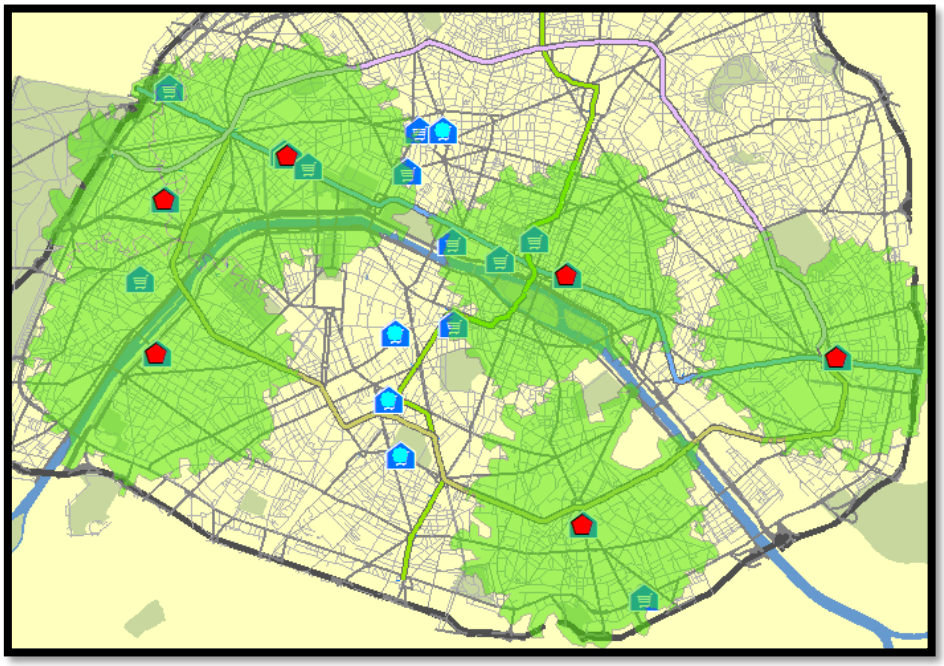
6.4 ZADATAK 1

Otvoriti mapu na lokaciji *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise06.mxd*. Recimo da postoji 6 distributivnih centara (*DC*) koji se nalaze na istim lokacijama kao i sledeće prodavnice:

- GALERIE SANT DIDIER
- BAZAR DE L'HOTEL-DE-VILLE
- PRINTEMPS NATION
- S.C.I. BEAUGRENELLE
- ITALIE 2
- GALERIE DU CLARIDGE

DC imaju zadatak da opsluže sve prodavnice u zoni opsluge do 2000 metara. Nisu dozvoljena polukružna skretanja i moraju se poštovati ograničenja jednosmernih ulica.

- *PITANJE 1:* koliko prodavnica ostaje neopslužено sa postojećim stanjem i koje su to prodavnice?



zadatak 1 - rešenje za pitanje 1

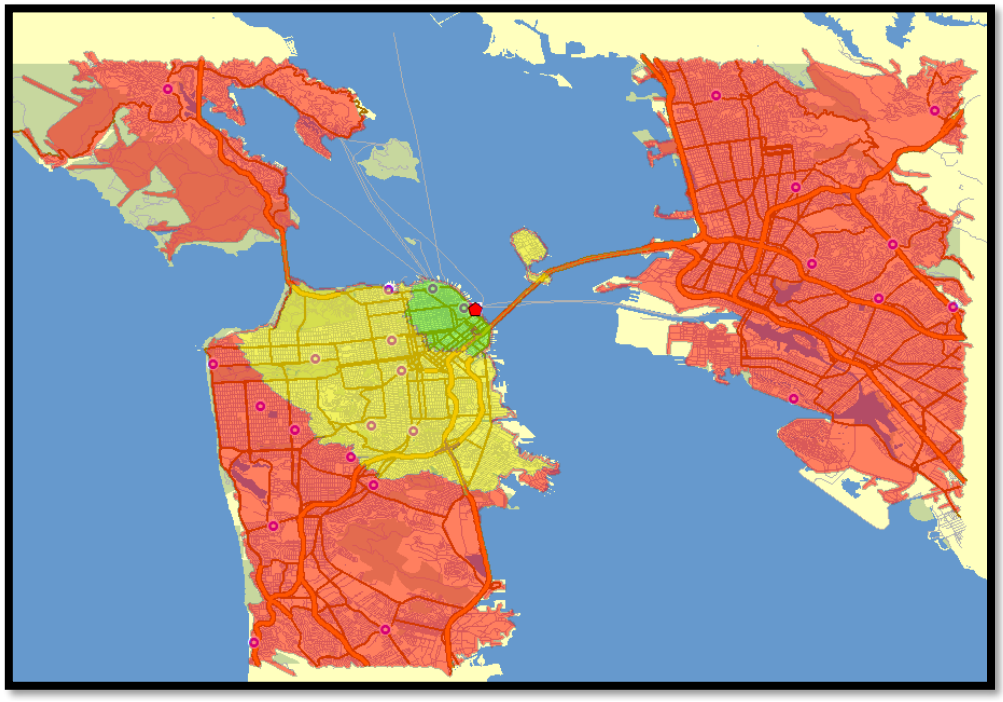
- *PITANJE 2:* koliko je potrebno dodatnih *DC* locirati (u neku od lokacija prodavnica) da bi sve prodavnice bile u zoni opsluge nekog skladišta i koje su to lokacije?
- *PITANJE 3:* Koji su najbliži *DC* za sledeće prodavnice:
-
- *GALERIE CARROUSEL DU LOUVRE* _____
-
- GALERIE DES TROIS QUARTIERS _____
-
- LES BOUTIQUES DU PALAIS DES CONGRES _____

6.5 ZADATAK 2

Otvoriti mapu na lokaciji *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise07.mxd*. Na mapi je prikazan distributivni centar koji vrši opslugu prodavnica (koje su takođe označene na mapi). Uprava distributivnog centra je definisala tri zone opsluge prema udaljenosti i to: prva zona *do 3000 m*; druga zona *od 3000m do 10 000m*; treća zona od *10 000m do 30 000m*. Nisu dozvoljena polukružna skretanja i moraju se poštovati ograničenja jednosmernih ulica.

Potrebno je napraviti tabelarni prikaz prodavnica po zonama (kojoj zoni pripadaju odgovarajuće prodavnice).

NAME	Name_1
Store_1	San Francisco : 10000 - 30000
Store_2	San Francisco : 10000 - 30000
Store_4	San Francisco : 10000 - 30000
Store_5	San Francisco : 10000 - 30000
Store_6	San Francisco : 10000 - 30000
Store_7	San Francisco : 10000 - 30000
Store_8	San Francisco : 10000 - 30000
Store_9	San Francisco : 10000 - 30000
Store_10	San Francisco : 10000 - 30000
Store_11	San Francisco : 10000 - 30000
Store_12	San Francisco : 10000 - 30000
Store_20	San Francisco : 10000 - 30000
Store_21	San Francisco : 10000 - 30000
Store_22	San Francisco : 10000 - 30000
Store_23	San Francisco : 10000 - 30000
Store_24	San Francisco : 10000 - 30000
Store_25	San Francisco : 10000 - 30000
Store_3	San Francisco : 3000 - 10000
Store_13	San Francisco : 3000 - 10000
Store_14	San Francisco : 3000 - 10000
Store_15	San Francisco : 3000 - 10000
Store_16	San Francisco : 3000 - 10000
Store_17	San Francisco : 3000 - 10000
Store_18	San Francisco : 0 - 3000
Store_19	San Francisco : 0 - 3000



zadatak 2 - rešenje (zelena, žuta i crvena zona)

6.6 ZADATAK 3

I Opisati modul *New Route.*

_____

_____

_____

_____

_____

II Opisati modul New Service Area.

_____

_____

_____

_____

_____

III Opisati modul *New Closest Facility*.

_____

_____

_____

_____

_____

7 Vehicle Routing Problem (VRP) modul

7.1 Primena naučenih modula?

Potrebno je pronaći rutu vozila sa minimalnim vremenskim trajanjem a koja treba da opsluži 20 proizvoljnih čvorova (sami označite 20 čvorova na karti *Exercise03.mxd* uz pomoć *Create Network Location* dugmeta).

Otvoriti mapu *Exercise07.mxd*. Na mapi je prikazan distributivni centar koji vrši opslugu prodavnica (koje su takođe označene na mapi). Uprava distributivnog centra je definisala tri zone opsluge prema udaljenosti i to: prva zona *do 3000 m*; druga zona *od 3000m do 10000m*; treća zona od *10000m do 30000m*. Nisu dozvoljena polukružna skretanja i moraju se poštovati ograničenja jednosmernih ulica.

Potrebno je napraviti tabelarni prikaz prodavnica po zonama (kojoj zoni pripadaju odgovarajuće prodavnice).

Otvoriti mapu na sledećoj lokaciji: *C:\Arcgis\ArcTutor\Bolnice\Exercise4.mxd*. U posmatranom delu grada postoji 9 bolnica čije su lokacije označene na mapi. Grad razmatra dve lokacije na kojima može da se gradi skladišno-distributivni centar a iz kojeg će se u budućnosti snabdevati bolnice. Potrebno je izabrati jednu lokaciju na osnovu dužine rute sa kojom se opslužuju bolnice. Te dve lokacije se nalaze na sledećim adresama: *40 Dearborn St* i *20 Stanyan St*. Potrebno je kreirati najkraću rutu kretanja vozila gde to vozilo počinje rutu u skladišno-distributivnom centru, zatim obilazi 9 bolnica po proizvoljnom redosledu i potom se vraća u isti skladišno-distributivni centar. Pošto se razmatraju dve lokacije potrebno je analizirati dve ovakve rute, gde se bira ona ruta koja ima manje pređenih kilometara.

Otvoriti kartu na lokaciji *C:\Arcgis\ArcTutor\Bolnice\Exercise4.mxd*. Na ovoj karti su već ucrtane bolnice. Recimo da imamo pacijente na sledećim lokacijama:

- 33 Greenwich St
- 25 Parker Ave
- 17 Lopez Ave
- 2204 Wawona St

Da li postoji za svakog pacijenta bolnica na 2000 m? Ako ne postoji, koji to pacijenti nemaju bolnicu na udaljenosti do 2000 m?

Otvoriti kartu *Exercise03.mxd*. Dodati 10 čvorova na proizvoljnim lokacijama. Kreirati rutu sa najkraćom dužinom putovanja vozila koja treba da poseti tih 10 lokacija po proizvoljnom redosledu sa tim da vozilo mora krenuti iz depoa i nakon završene opsluge vratiti se u depo. Adresa depoa je 1 HUSSEY ST. Snimiti ceo fajl (Save As) pod nazivom V3-1.mxd.

Koja je dužina rute i koliko je trajanje rute?

Pokrenuti aplikaciju *ArcMap* i otvoriti mapu na sledećoj lokaciji:

C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise05.mxd

Sada je otvorena karta grada Pariza na kojoj se nalazi 6 skladišta i 21 prodavnica koje je neophodno opslužiti iz 6 skladišta. Potrebno je:

- Kreirati zone opsluga za 6 skladišta i to po tri vremenske zone za svaku lokaciju (0-3 min; 3-5 min; 5-10 min).
- Na osnovu kreiranih zona potrebno je sagledati koliko prodavnica se nalazi u zonama opsluge.
- Ako postoji nepokrivena prodavnica potrebno je premestiti jedno od skladišta radi pokrivanja svih prodavnica. Odrediti koje skladište je najbolje premestiti u tom slučaju.

Otvoriti mapu na sledećoj lokaciji: *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise05.mxd*.

Na mapi je prikazan grad Pariz sa 21 prodavnicom (*Stores*). Prodavnice je neophodno snabdevati iz jednog skladišta. Od 6 mogućih lokacija skladišta potrebno je analizirati lokacije za ***Warehouse 2***, ***Warehouse 4*** i ***Warehouse 6*** odnosno potrebno je odrediti lokaciju od te tri sa koje je vreme opsluge jednom rutom najmanje.

Pojedine prodavnice imaju vremenske prozore u kojima je moguća opsluga i to su prodavnice na sledećim lokacijama:

- *Location 4* (10:00 -10:30 h)
- *Location 12* (10:00 -11:00 h)
- *Location 15* (08:00 - 09:00 h)

Na karti *Exercise03.mxd*, neophodno je ubaciti 2 adrese kao čvorove opsluge i definisati za njih vremenske prozore opsluge. Adrese sa odgovarajućim vremenskim prozorima su:

- *1 Poplar St* (08:00 - 09:00 h)
- *1516 Diamond St* (10:00 - 10:30 h)

Neophodno je odrediti rutu bez mogućnosti promene redosleda opsluge čvorova koja će respektovati vremenske prozore i tu rutu eksportovati kao novi lejer pod nazivom *RUTA_1.shp*, a potom kreirati rutu sa uključenom opcijom promene redosleda opsluge čvorova koju je neophodno eksportovati kao lejer pod nazivom *RUTA_2.shp*.

Otvoriti kartu *Exercise06.mxd*. Postoje 3 distributivnia centra (*DC*) koji se nalaze na istim lokacijama kao i sledeće prodavnice:

- GALERIE SANT DIDIER
- BAZAR DE L'HOTEL-DE-VILLE
- PRINTEMPS NATION

DC imaju zadatak da opsluže sve prodavnice u zoni opsluge do *2000 metara*. Nisu dozvoljena polukružna skretanja i moraju se poštovati ograničenja jednosmernih ulica.

- Koliko prodavnica ostaje neopsluženo sa postojećim stanjem i koje su to prodavnice?

Otvoriti mapu na sledećoj lokaciji: *C:\Arcgis\ArcTutor\Bolnice\Exercise4.mxd*. Na mapi su prikazane bolnice koje je neophodno opslužiti iz jednog distributivnog centra. Potencijalne lokacije za distributivni centar su : *11 Ford St*, *25 Parker Ave*, *17 Lopez Ave*.

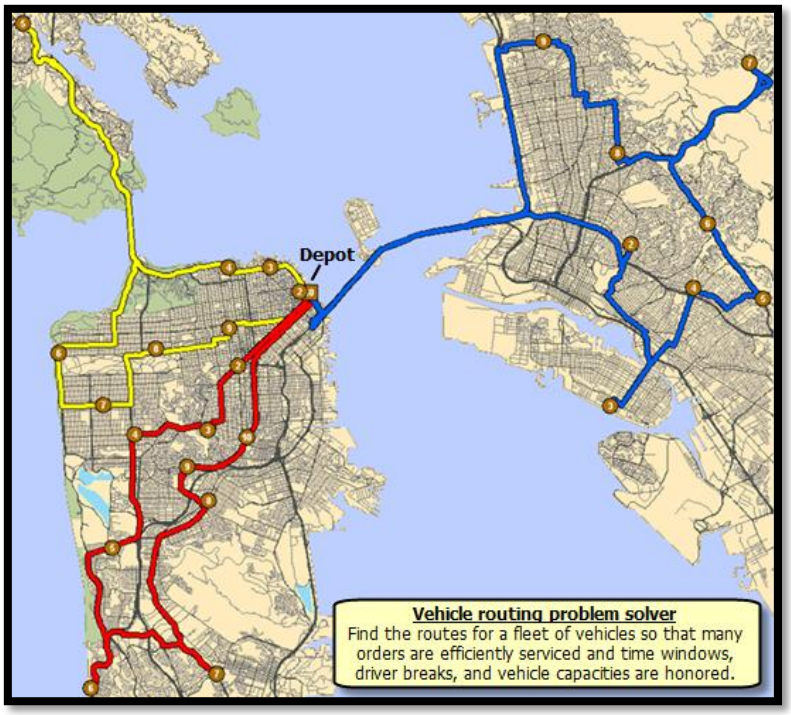
- Odrediti koja lokacija je najpogodnija za distributivni centar ako se uzima u obzir vreme putovanja vozila koje vrši opslugu bolnica? Koliko iznosi vreme putovanja vozila za izabrani distributivni centar?

Otvoriti mapu na sledećoj lokaciji: *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise05.mxd*. Na mapi je prikazan grad Pariz sa 21 prodavnicom (*Stores*).

- Odrediti dva najbliža skladišta za svaku prodavnicu (najbliže po pređenim kilometrima). Koja su dva skladišta najbliža za prodavnice 3, 4 i 18?

7.2 Uvod u VRP

Vehicle Routing Problem (problem rutiranje vozila) predstavlja klasu problema u kojem je neophodno kreirati rutu kretanja za svako vozilo u voznom parku kompanije. Potrebno je dodeliti zahteve na postojeća vozila i odrediti kakve će biti rute kretanja vozila (zahtevi prevazilaze kapacitete jednog vozila). Razlika u odnosu na *Route* modul jeste da se u *VRP* modulu istovremeno konstruiše više ruta. Cilj rešavanja problema jeste minimizacija troškova (kojim mogu biti izraženi u vremenu kretanja ili u dužini pređenog puta) uzimajući u obzir ograničenja po pitanju zadovoljavanja korisnika (moraju se poštovati određeni vremenski kriterijumi). Jedan od primera jeste snabdevanje prodavnica iz jednog centralnog skladišta. Recimo da postoje tri vozila određenih kapaciteta. Prodavnice imaju zahtevane količine robe koje je neophodno dostaviti u određenim vremenskim prozorima. Neophodno je odrediti *koje prodavnice* će biti opslužene sa *kojim vozilom* i kakve će biti *rute kretanja vozila*. Na sledećoj slici je prikazano rešenje jednog takvog problema.



izgled ruta tri vozila prilikom opsluge prodavnica

VRP modul sadrži sledeće glavne parametre :

- *Orders* - zahtevi koje je neophodno opslužiti (koji su opisani lokacijom, količinom koja se mora isporučiti, vremenskim prozorom opsluge itd.).
- *Depots* - lokacije iz kojih vozila idu na opsluživanje zahteva i gde se ta vozila vraćaju nakon završetka opsluge.
- *Routes* - rute kretanja vozila koje predstavljaju rešenje problema.
- *Depot Visits* - u ovom lejeru se nalaze podaci o posećenim lokacijama (na primer koja skladišta su posećena) za svaku rutu. Podaci su u vezi početnih i krajnjih lokacija, lokacija u kojima se vrši dopuna vozila sa robom i slično.
- *Breaks* - ovde se definišu obavezne pauze u radu vozača (vreme pauze je definisano zakonom).
- *Route Zones* - u ovom lejeru se mogu definisati zone za svaku rutu odnosno vozilo (npr. ako imamo grad koji je podeljen u određene zone gde u svakoj od zona postoji određeno vozilo koje vrši opslugu).
- *Route Seed Points* - u ovom lejeru se mogu definisati tačke prioriteta za kreiranje pojedinih ruta (recimo da pojedina vozila treba da "gravitiraju" u blizini određenih tačaka, onda za svako vozilo definišemo tačku u čijoj blizini se nalazi prioritet opsluge zahteva).

- *Route Renewals* - u ovom lejeru se mogu definisati rute u kojima vozilo može da se dopuni sa robom i u kojim lokacijama se to može učiniti. Mesta skladišta za dopunu robe se mogu razlikovati od početnog i krajnjeg skladišta
- *Specialties* - ako postoje zahtevi za čiju opslugu se traže posebna vozila (npr. osobe sa posebnim potrebama mogu da traže vozila sa rampom), ovde se vrše podešavanja tih posebnih zahteva.
- *Order pairs* - ovde se mogu definisati parovi zahteva koji moraju biti opsluženi u istoj ruti (npr. kurirska služba treba da pokupi dokument u jednoj lokaciji i da ga isporuči u neku drugu lokaciju).
- *Barriers* - blokade kretanja u određenim ulicama.

7.3 Primer

Na sledećem primeru će biti objašnjena konkretna primena ovog modula.

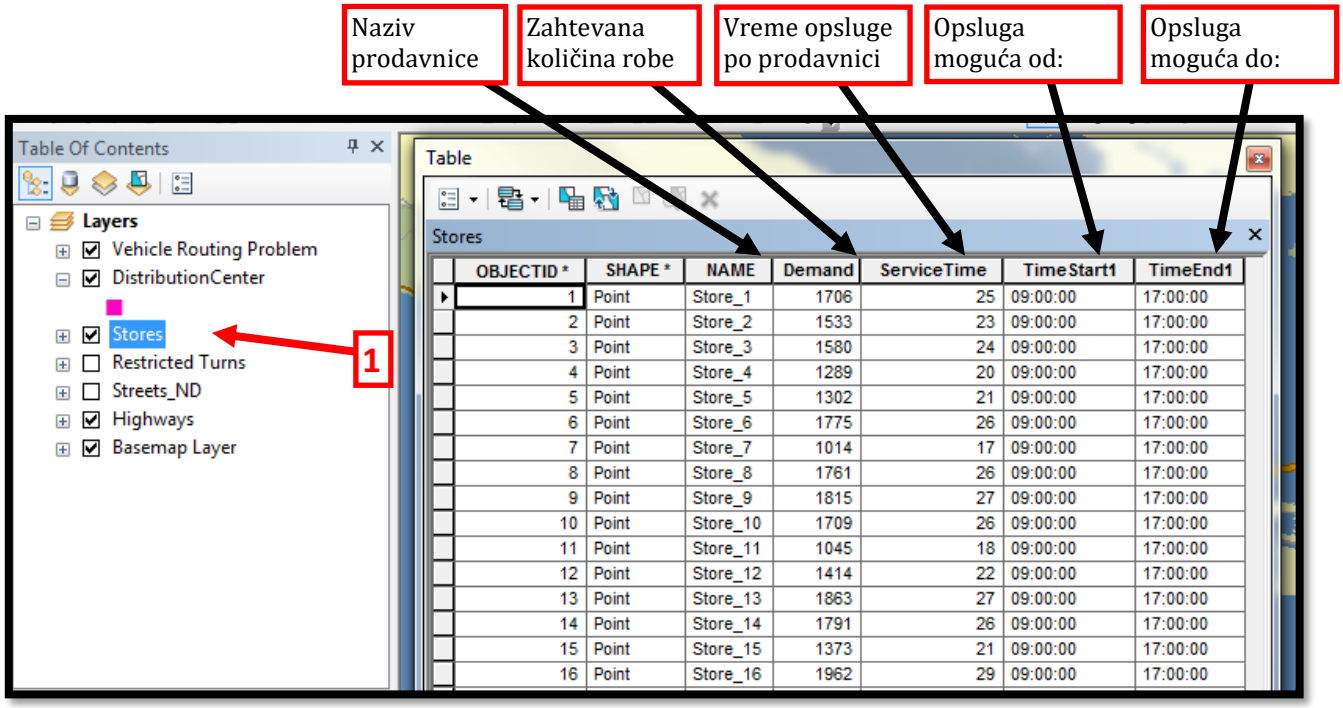
U ovom vežbanju potrebno je naći najbolje rute za vozni park koji se sastoji od tri vozila (vozila imaju kapacitet od 15 000 funti (1 funta=0,453 kilograma)) i sa kojima je neophodno opslužiti 25 prodavnica iz glavnog distributivnog centra. Svaka prodavnica zahteva određenu količinu robe. Potrebno je podeliti zahteve prodavnica na tri vozila i rutirati vozila na takav način da se minimizuju transportni troškovi.

Pokrenuti aplikaciju *ArcMap* i otvoriti mapu na sledećoj lokaciji:

C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise07.mxd

Otvoriti modul New Vehicle Routing Problem iz Network Analyst tolbara.

Prvi korak jeste ubacivanje prodavnica sa zahtevima u *Orders*. Desnim klikom na *Stores* [1] i odabirom opcije *Open Attribute Table* možemo videti karakteristike opsluge za svaku prodavnicu koje je neophodno ispoštovati pri rutiranju (videti sledeću sliku).



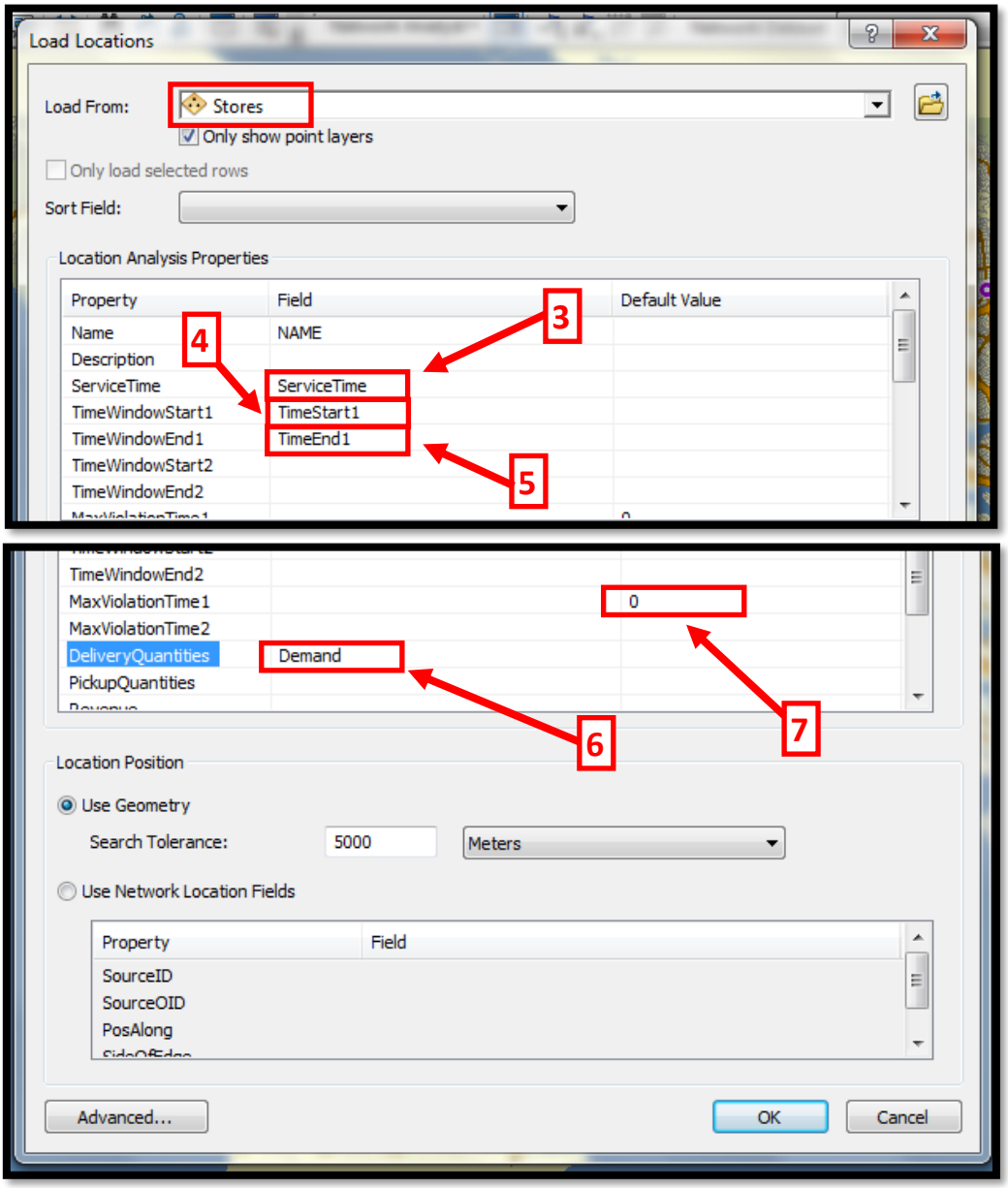
OBJECTID *	SHAPE *	NAME	Demand	ServiceTime	TimeStart1	TimeEnd1
1	Point	Store_1	1706	25	09:00:00	17:00:00
2	Point	Store_2	1533	23	09:00:00	17:00:00
3	Point	Store_3	1580	24	09:00:00	17:00:00
4	Point	Store_4	1289	20	09:00:00	17:00:00
5	Point	Store_5	1302	21	09:00:00	17:00:00
6	Point	Store_6	1775	26	09:00:00	17:00:00
7	Point	Store_7	1014	17	09:00:00	17:00:00
8	Point	Store_8	1761	26	09:00:00	17:00:00
9	Point	Store_9	1815	27	09:00:00	17:00:00
10	Point	Store_10	1709	26	09:00:00	17:00:00
11	Point	Store_11	1045	18	09:00:00	17:00:00
12	Point	Store_12	1414	22	09:00:00	17:00:00
13	Point	Store_13	1863	27	09:00:00	17:00:00
14	Point	Store_14	1791	26	09:00:00	17:00:00
15	Point	Store_15	1373	21	09:00:00	17:00:00
16	Point	Store_16	1962	29	09:00:00	17:00:00

tabela sa parametrima koji opisuju svaku prodavnicu

Radi ubacivanja prodavnica u *Orders* neophodno je desnim klikom na *Orders* izabrati opciju *Load Locations*. U novootvorenom ekranskom obrascu potrebno je definisati koje karakteristike ili

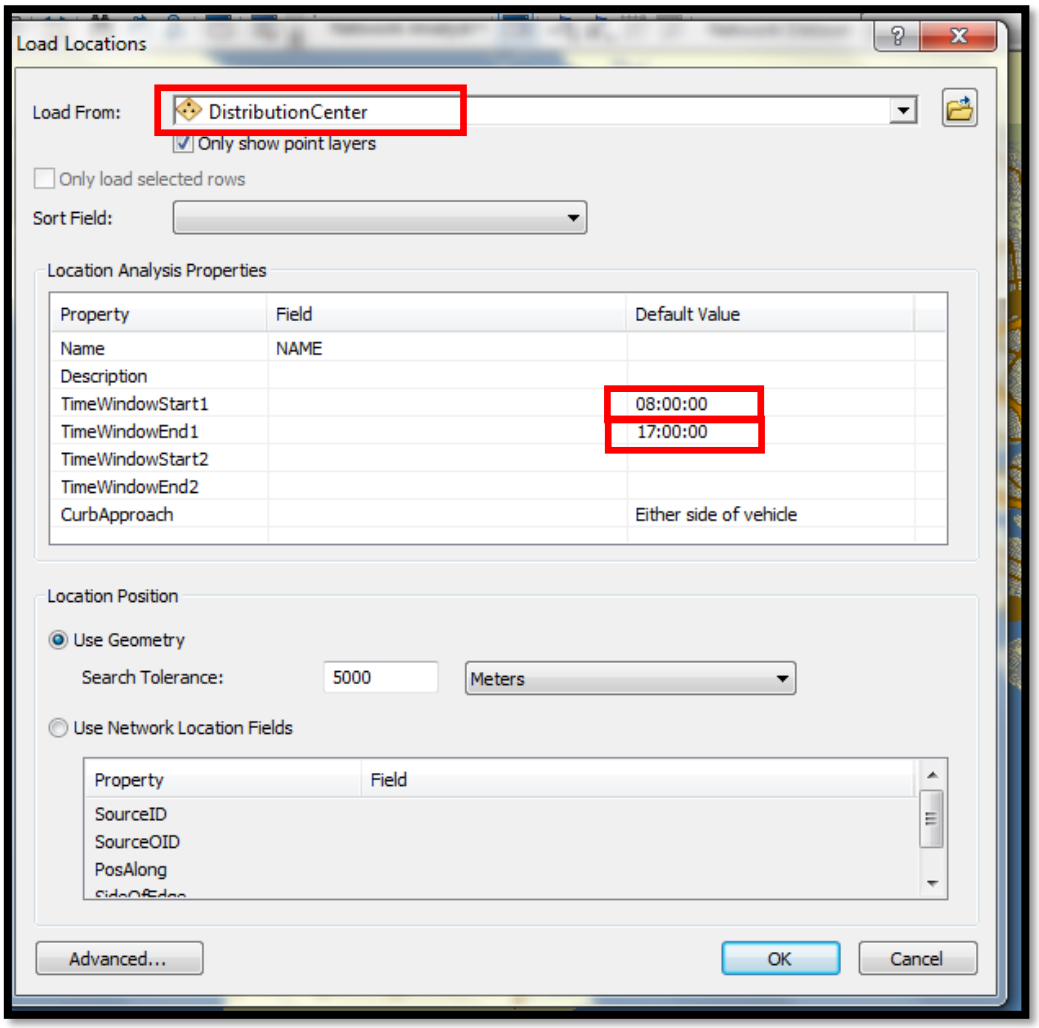
podatke treba koristiti radi rešavanja problema. Kao što se vidi sa naredne slike, potrebno je podesiti sledeće stavke:

- Vreme opsluge, odnosno zadržavanje vozila u svakoj prodavnici (koje obuhvata parkiranje i vreme istovara). Ovaj podatak se nalazi u koloni "*Service Time*" (prethodna slika) i potrebno ga je ubaciti u *Service Time* polje na narednoj slici [3].
- Vreme od kad je moguće opslužiti prodavnicu. Ovo vreme se nalazi u koloni "*TimeStart1*" (prethodna slika) i potrebno ga je ubaciti u *TimeWindowStart1* [4].
- Vreme do kad je moguća opsluga prodavnice. Ovo vreme se nalazi u koloni "*TimeEnd1*" (prethodna slika) i potrebno ga je ubaciti u *TimeWindowEnd1* [5].
- Količina koju je potrebno isporučiti prodavnici. Ova količina se nalazi u koloni "*Demand*" (prethodna slika) i potrebno ju je ubaciti u *DeliveryQuantities* [6].
- Radi potpunog poštovanja datog vremenskog prozora (nije dozvoljena isporuka van radnog vremena) neophodno je u polju *MaxViolationTime1* [7] upisati vrednost *0*.

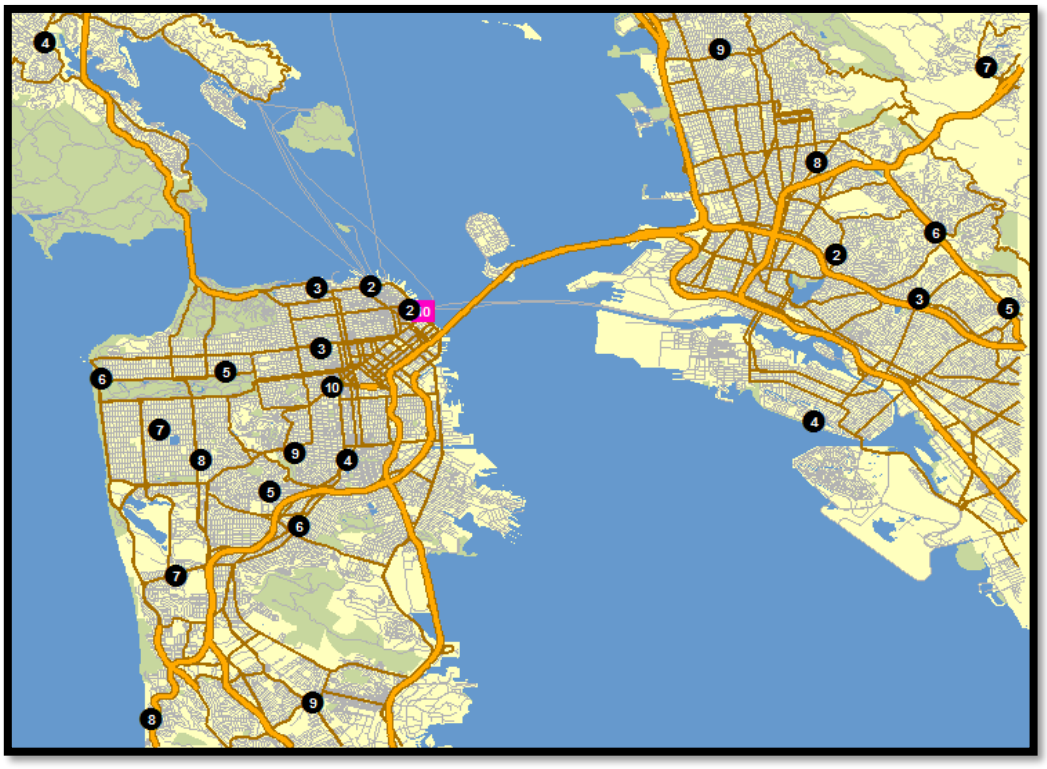


podešavanje parametara koji će se ubaciti zajedno sa prodavnicama u Orders

Prodavnice se opslužuju iz jednog distributivnog centra koji radi od *08:00* pa do *17:00*. Desnim klikom na *Depots* i odabirom opcije *Load Locations*, otvara se ekranski obrazac u kojem je potrebno izvršiti podešavanja kao na sledećoj slici:

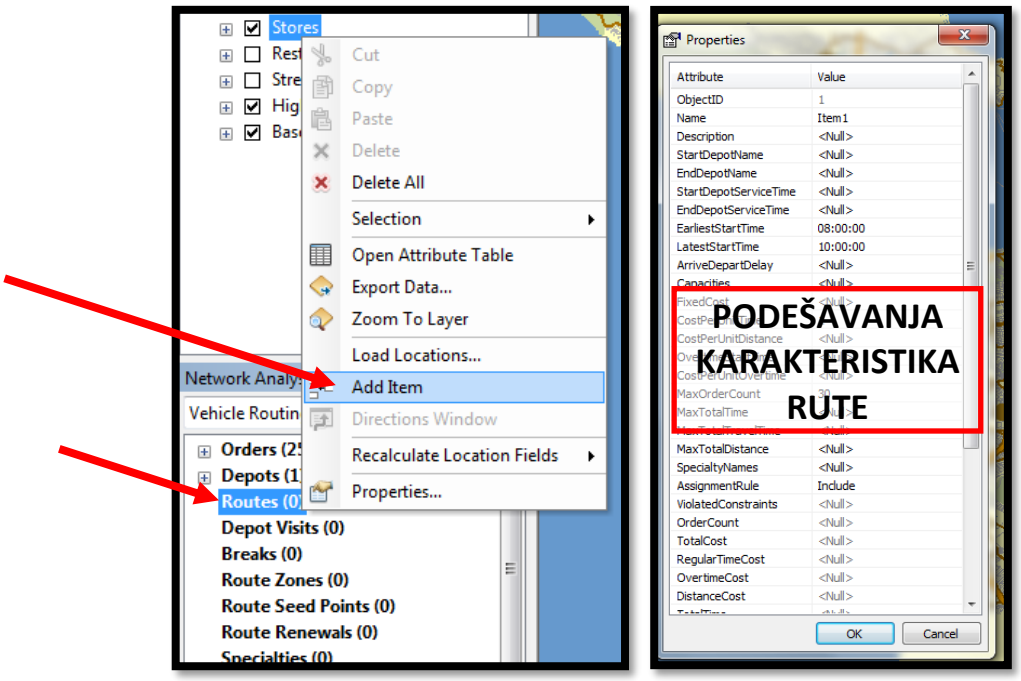


podešavanje parametara koji će se ubaciti zajedno sa distributivnim centrom u Depots



prikaz prodavnica koje je neophodno opslužiti iz jednog depoa sa tri vozila

Sledeći korak jeste podešavanje ruta koje je neophodno kreirati. Desnim klikom na *Routes* i odabirom opcije *Add Item* dobija se ekranski obrazac u kojem je neophodno podesiti karakteristike rute. *VRP* **je jedini modul u kojem se vrši podešavanje ruta koja u suštini predstavljaju vozila u voznom parku.**



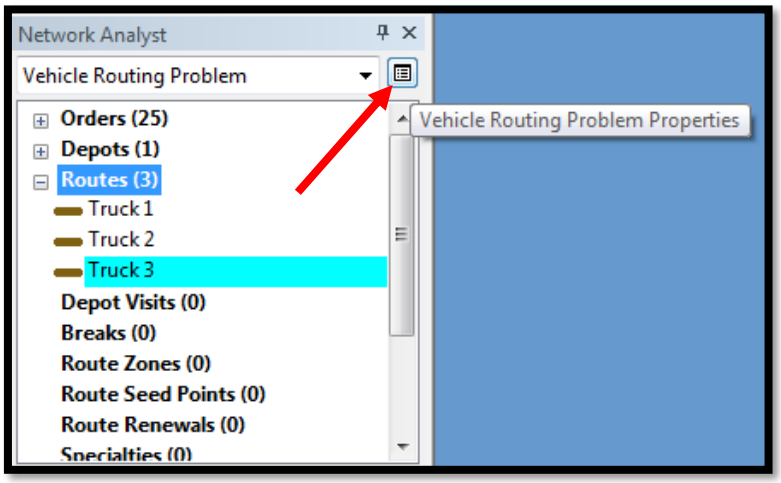
otvaranje obrasca za podešavanje karakteristika rute (vozila)

Pošto se rutama "kreću" vozila onda je i sama ruta definisana karakteristikama vozila. U sledećoj tabeli se nalaze podešavanja karakteristika rute koje je neophodno izvršiti:

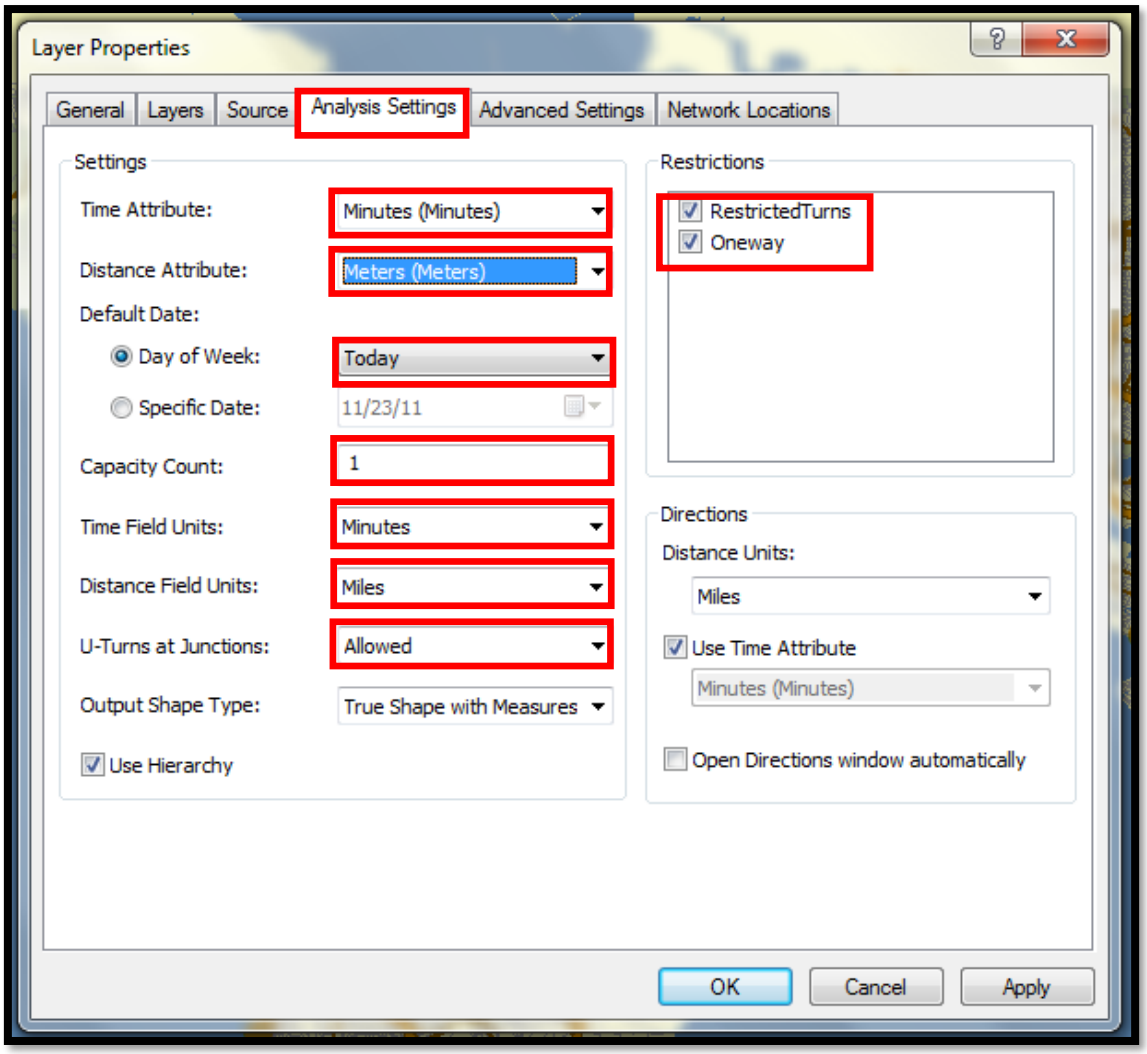
KARAKTERISTIKE	VREDNOSTI	OPIS
Name	Truck_1	Naziv vozila koje će se kretati tom rutom
StartDepotName	San Francisko	Vozilo kreće u distributivnom centru San Francisko
EndDepotName	San Francisko	Vozilo se vraća u distributivni centar San Francisko
StartDepotServiceTime	60	Vreme u min. koje je potrebno da se natovari vozilo sa robom za prodavnice u toj ruti
EarliestStartTime	8 AM	Najranije vreme početka rada vozila
LatestStartTime	8 AM	Najkasnije vreme početka rada vozila
Capacities	15000	Maksimalna količina robe koja se može natovariti na vozilo
CostPerUnitTime	0.20	Plata vozača je 12 $ na sat, odnosno 0.2 $ po minuti
CostPerUnitDistance	1.5	Trošak rada vozila po pređenoj milji iznosi 1.5 $
MaxOrderCount	10	Maksimalni broj prodavnica koje je moguće opslužiti jednim vozilom
MaxTotalTime	360	Usled zakonskih obaveza vozač sme da radi maksimalno 360 minuta u toku dana
MaxTotalTravelTime	120	Maksimalno vreme vožnje između dve uzastopne prodavnice (u minutama)
MaxTotalDistance	80	Maksimalno rastojanje u miljama između dve uzastopne prodavnice u ruti

Pošto postoje tri identična vozila u voznom parku, potrebno je da ovu rutu kopiramo dva puta sa tim da u kopiranim rutama promenimo nazive u *Truck_2* i *Truck_3.*

Sledeći korak jeste podešavanje modula *Vehicle Routing Problem* klikom na dugme *Properties*:



otvaranje Properties obrasca



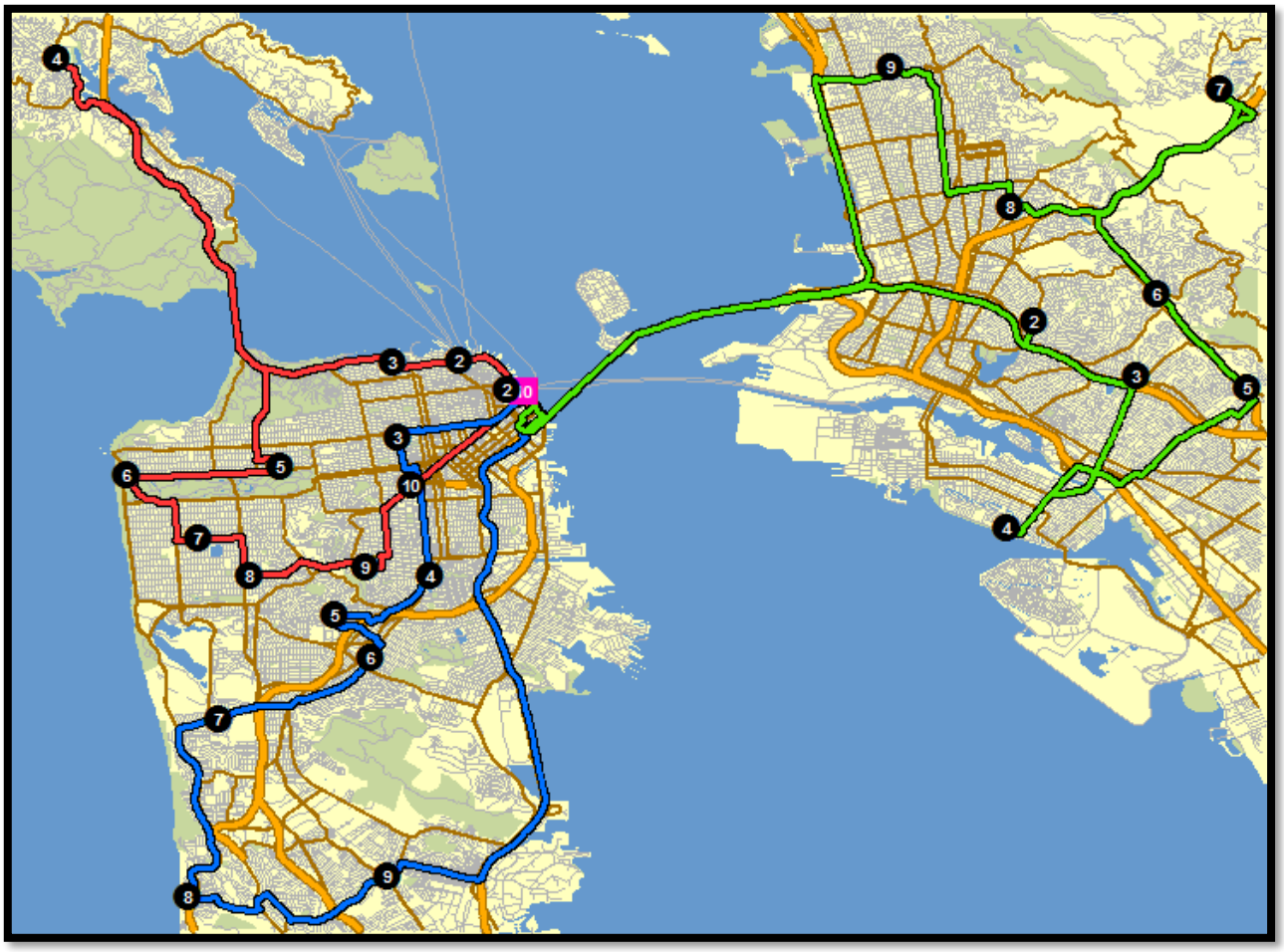
podešavanje modula VRP pre početka rešavanja

Podešavanja su slična kao u prethodnim modulima sa sledećim novim podešavanjima:

- *Time Attributes* - jedinica vremena u kojoj se računa vreme rute vozila (cilj je minimizacija ovog putovanja u minutama).

- *Distance Attributes* - jedinica u kojoj se računaju rastojanja između čvorova i depoa (*VRP* vrši minimizaciju vremena a ovde se podešava samo jedinica u kojoj *VRP* računa rastojanja).
- *Capacity Count* - ovde se definiše broj kriterijuma po kojima se posmatra roba. U našem slučaju je bitna samo težina robe (u funtama) i nisu uzeti u obzir neki drugi kriterijumi(npr. zapremina). Tako da u ovo polje upisujemo vrednost *1*.
- *Time Field Units* - ovde se definiše jedinica svih vremenskih karakteristika (*ServiceTime*, *MaxTotalTime*, itd.).
- *Distance Field Units* - ovde se definiše jedinica svih karakteristika rastojanja (*MaxTotalDistance*, itd.).

Klikom na *OK*, modul je podešen. I sada je moguće rešavanje problema klikom na dugme *Solve* . Rešenje je prikazano na sledećoj slici.



rešenje primera

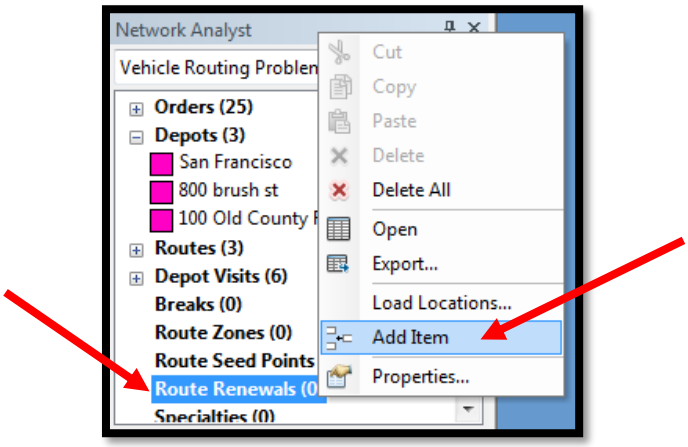
7.4 Promene na prethodnom primeru

Potrebno je za opslugu koristiti dva vozila umesto dosadašnja tri. Da bi se nadoknadilo jedno vozilo neophodno je da ostala dva rade više, odnosno da im se plati ostvareni prekovremeni rad (koji ranije nije postojao). **Pored smanjenja broja vozila, kompanija je odlučila da locira dva dodatna skladišta u kojima je omogućena dopuna vozila sa robom za prodavnice.**

Prvi korak jeste brisanje jednog vozila, neka to bude vozilo *Truck_2*. Desnim klikom na to vozilo i klikom na *Delete*, vrši se brisanje vozila.

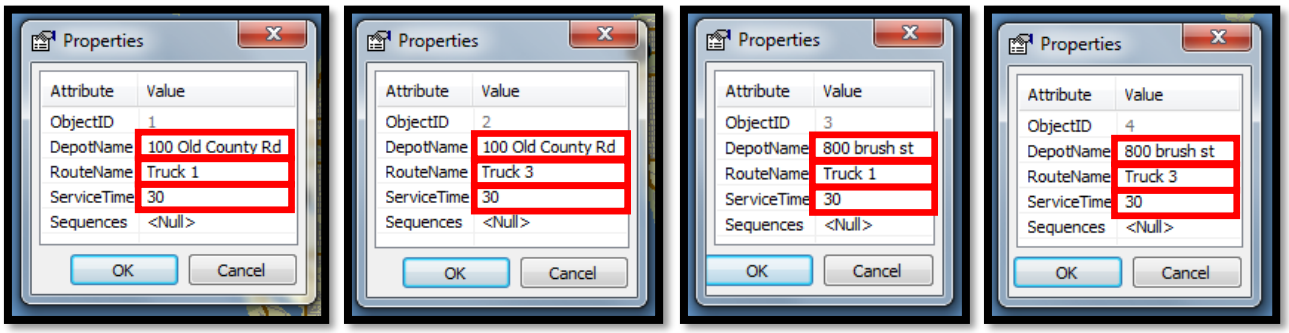
Naredni korak jeste ubacivanje dodatna dva skladišta za dopunu vozila. Ta dva skladišta se nalaze na sledećim adresama: *800 Brush St* i *100 Old County Rd*. Desnim klikom na *Depots* i odabirom opcije *Find Address* ubaciti te dve adrese kao dodatne depoe.

Zatim je neophodno definisati da se vozila na svojim rutama mogu dopunjavati iz dva nova skladišta. Desni klik na *Route Renewals* i zatim odabir opcije *Add Item*.



otvaranje obrasca za podešavanje depoa za dopunu (Renewal)

Na ovaj način se definiše jedno pravilo dopunjavanja vozila. Pošto postoje dva vozila i dva skladišta za dopuna neophodna su četiri ovakva pravila čija podešavanja su data na sledećim slikama (dopuna *Truck_1* iz *100 Old County Rd*; dopuna *Truck_3* iz *100 Old County Rd*; dopuna *Truck_1* iz *800 Brush St*; dopuna *Truck_3* iz *800 Brush St*). Vreme neophodno da se dodatna roba utovari u vozila iznosi 30 minuta.

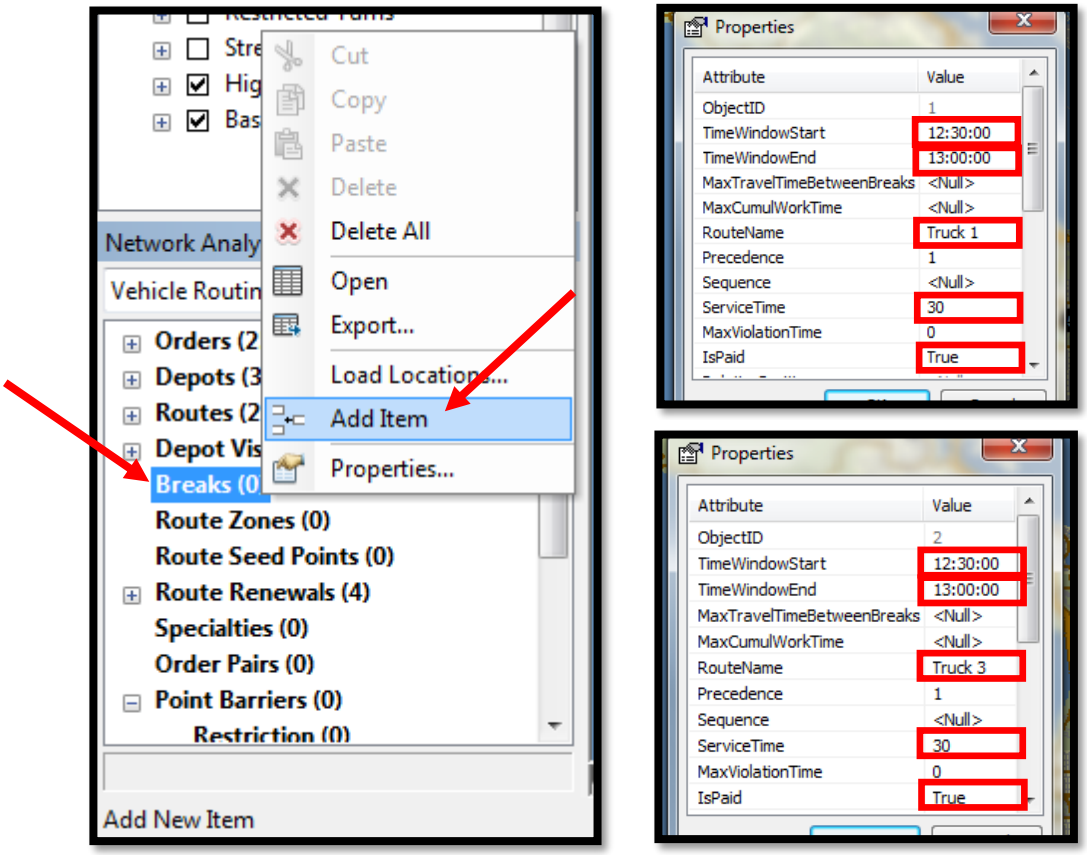


četiri pravila dopunjavanja vozila

Usled promena u načinu funkcionisanja kompanije, neophodno je uneti promene u podešavanja rute za preostala dva vozila (desni klik na *Truck_1* pa opcija *Properties* i isto tako sa *Truck_3*). Te promene su prikazane u sledećoj tabeli.

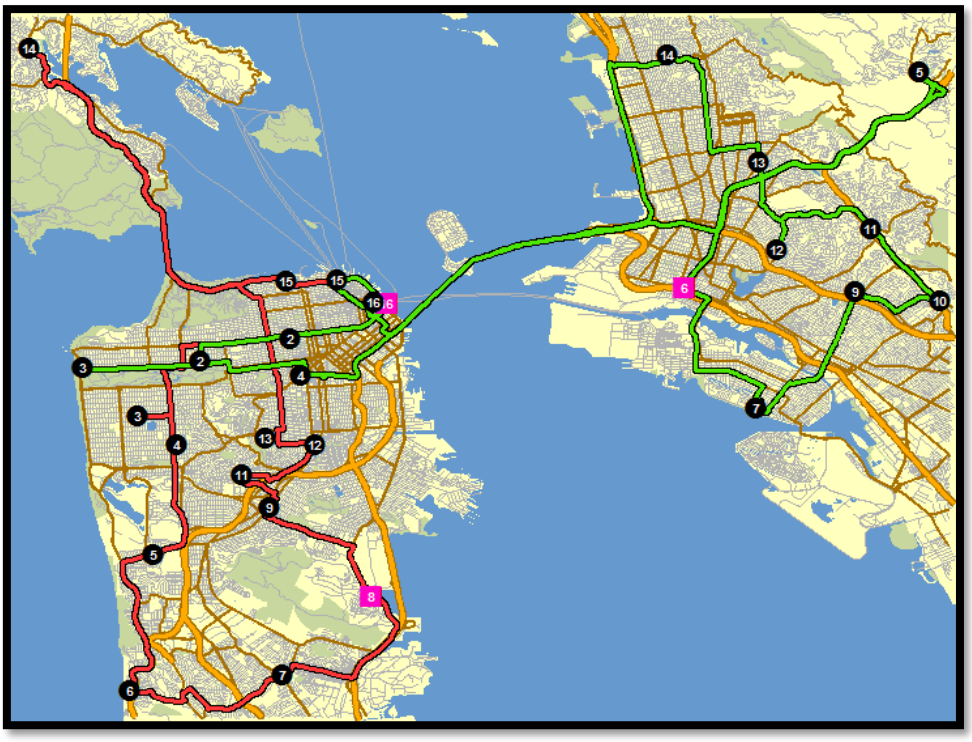
KARAKTERISTIKE	VREDNOSTI	OPIS
MaxOrderCount	20	Maksimalni broj prodavnica koje je moguće opslužiti jednim vozilom
MaxTotalTime	<Null>	Nema ograničenja po pitanju prekovremenog rada
MaxTotalTravelTime	<Null>	Nema ograničenja maksimalnog vremena vožnje između dve uzastopne prodavnice (u minutama)
MaxTotalDistance	<Null>	Nema ograničenja maksimalnog rastojanja u miljama između dve uzastopne prodavnice u ruti
OverTimeStartTime	360	Vreme rada nakon kojeg vozač ostvaruje prekovremeni rad (u minutama)
CostPerUnitOvertime	0.3	Prekovremeni rad se plaća 0.3 $ po minuti prekovremenog rada

Pošto se radi duže, neophodno je dodati obaveznu pauzu za vozača i to pauzu od 30 minuta u periodu od 12:30 do 13:00. Ta pauza ne sme da se prekorači niti da bude manja, sa tim da je ona plaćena. Desnim klikom na *Breaks* i odabirom opcije *Add Item* dodaje se pravilo o pauzama. U uvom slučaju su potrebna dva pravila pošto imamo dva vozila. Definisanje pravila je prikazano na sledećoj slici.



podešavanje obaveznih pauza vozača

Sada je model podešen u skladu sa željenim promenama i može se pristupiti rešavanju problema klikom na dugme *Solve* . Rešenje je prikazano na sledećoj slici.

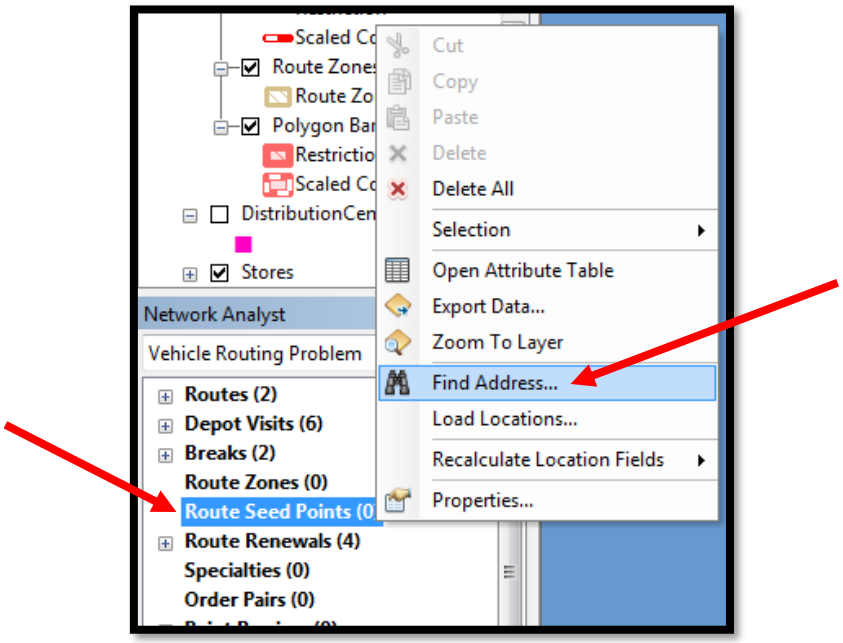


rešenje sa dva vozila i dva depoa za dopunu

Sa rešenja (prethodna slika) se može primetiti da vozila imaju rute koje se ukrštaju na pojedinim segmentima i da jedan vozač preferira donji deo grada (crvena ruta) dok drugi preferira gornji deo grada (zelena ruta). Uvidevši to kompanija je odlučila da dodeli tačke preferencije (*Seed Point*) za svaku rutu:

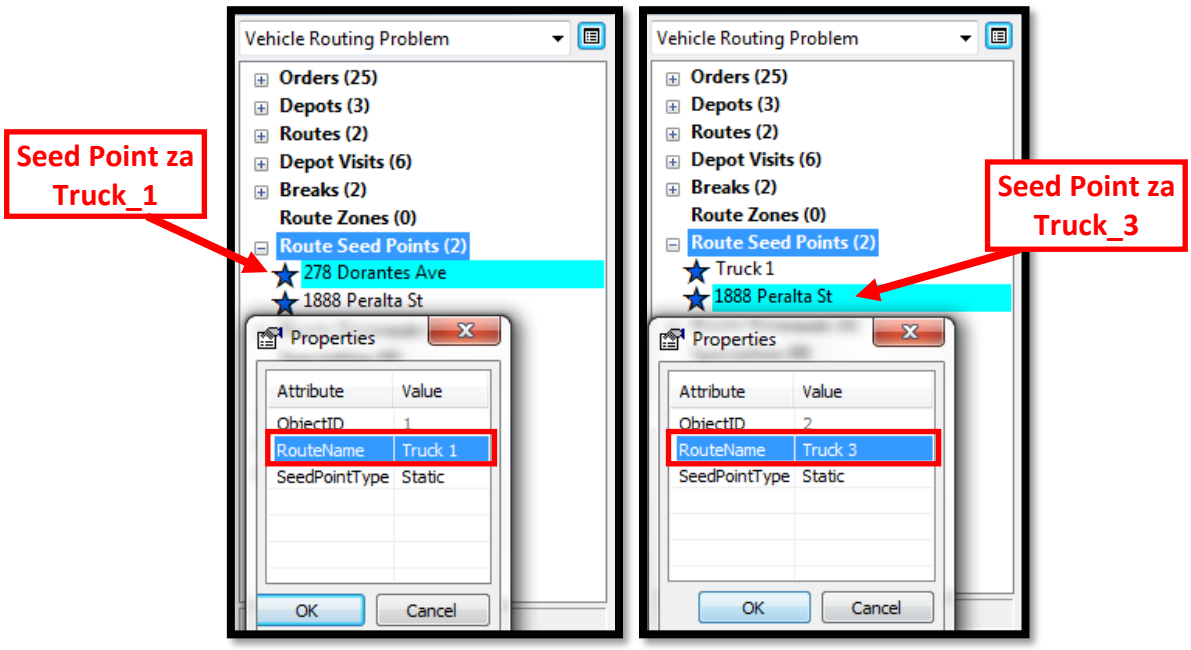
- Za crvenu rutu (*Truck_1*) tačka preferencije treba da bude donji deo grada (lokacija te tačke treba da bude na adresi *278 Dorantes Ave*).
- Za zelenu rutu (*Truck_3*) tačka preferencije treba da bude gornji deo grada (lokacija te tačke treba da bude na adresi *1888 Peralta St*).

Postupak je sledeći, desni klik na *Route Seed Points* i iz padajućeg menija izabrati opciju *Find Address* putem koje je neophodno ubaciti gore pomenute adrese kao *Seed Point* (tačke preferencije).



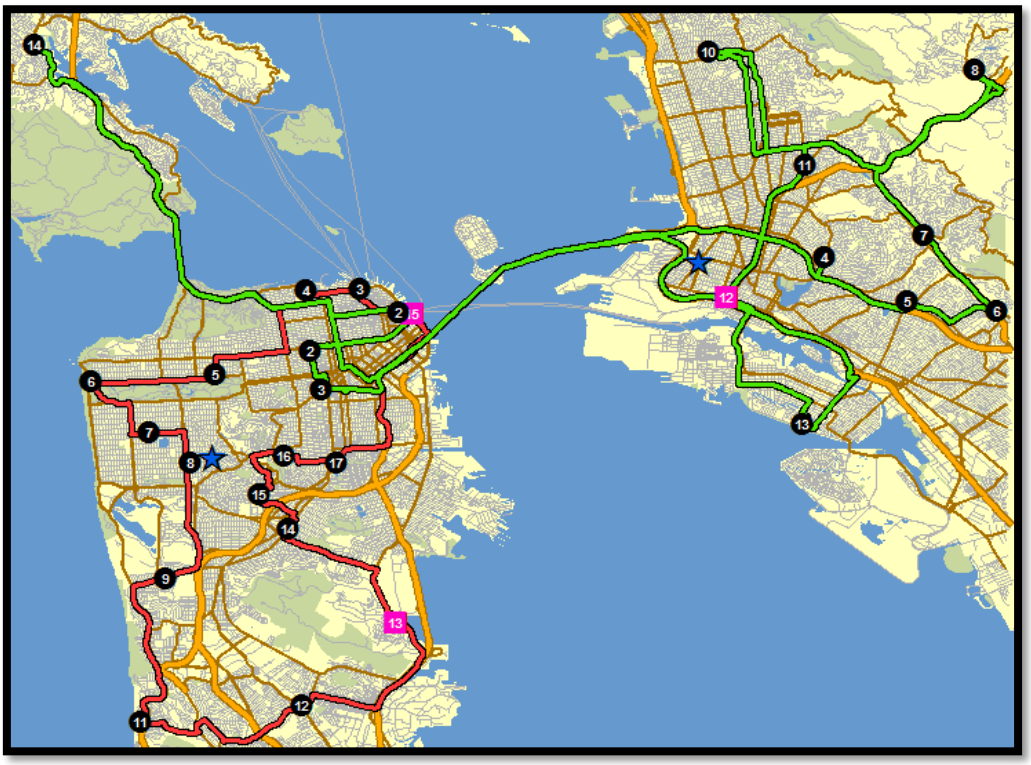
ubacivanje tačke preferencija sa opcijom Find Address

Sa dva leva klika na *Seed Point* otvara se podešavanje koje treba da se popuni kao na sledećoj slici.



dodeljivanje tačaka preferencije (Seed Points) na vozila

Na ovaj način je podešen modul i može se pristupiti rešavanju klikom na dugme *Solve*. Rešenje je prikazano na sledećoj slici.



rešenje sa dve tačke preferencije

7.5 Zadatak

Otvoriti mapu na sledećoj lokaciji: *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise5.mxd*. Postoje 3 skladišta koja se nalaze na istim lokacijama kao i sledeće prodavnice:

- GALERIE SAINT DIDIER
- SAMARITAINE
- ITALIE 2

Skladišta imaju tri zone opsluge: *do 15 min; od 15 min do 30 min; od 30 min do 60 min*. Nisu dozvoljena polukružna skretanja i moraju se poštovati ograničenja jednosmernih ulica.

Zone opsluge različitih skladišta se ne preklapaju. (U podešavanjima modela, u tabu *Polygon Generation*, odabrati opciju ***NOT OVERLAPING***).

Iz skladišta se opslužuje 21 prodavnica. Potrebno je za svako skladište odrediti prodavnice koje se opslužuju i u okviru koje zone se nalazi ta prodavnica.

8 Vehicle Routing Problem (VRP) modul - II deo

(PRONALAŽENJE NAJBOLJIH RUTA ZA OPSLUGU UPARENIH ZAHTEVA)

Pojam upareni zahtevi se odnosi na dva zahteva koja se opslužuju sa istim vozilom (na primer kurirska pošiljka koju preuzima kurir i nosi na potrebnu lokaciju - postoje zahtev u lokaciji gde se pošiljka preuzima i zahtev na koju lokaciju je potrebno isporučiti pošiljku).

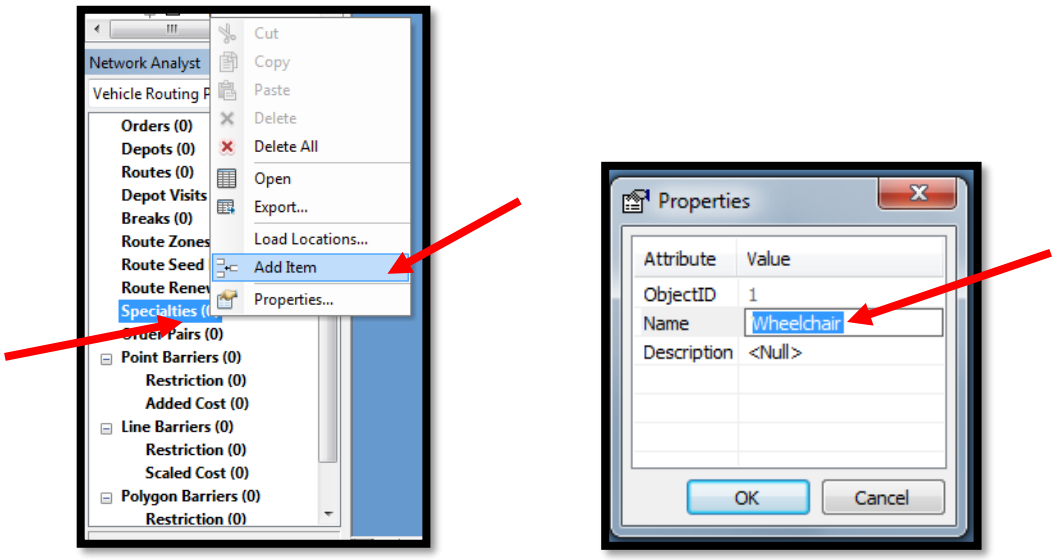
8.1 PRIMER

U ovom vežbanju potrebno je naći rute kretanja vozila za vozni park (koji se sastoji od kombi vozila) i koja treba da prevezu ljude od kuće do bolnice. Rute se generišu prema spisku pacijenata u kom je definisano:

- lokacija bolnice u koju pacijent treba da ide,
- vremenski prozor u kom se pacijent može pokupiti,
- maksimalno vreme koje pacijent može provesti u vozilu,
- da li je pacijent u invalidskim kolicima (u kom slučaju je potrebno posebno opremljeno vozilo).

Cilj rešavanja problema jeste dodeljivanje parova pacijent-bolnica na vozila i određivanje redosleda opsluge na takav način da se minimizuje ukupno vreme putovanja.

Otvoriti mapu na sledećoj lokaciji: *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise08.mxd*. Otvoriti modul *New Vehicle Routing Problem* iz *Network Analyst* tolbara. Transportna kompanija poseduje 3 kombi vozila, a jedno od ta tri je osposobljeno za prevoz pacijenata u kolicima. To znači da je neophodno definisati specijalnost, desnim klikom na *Specialities* i odabirom opcije *Add Item*. Na ovaj način se otvara ekranski obrazac gde je u polju *Name* neophodno upisati ime specijalnosti, odnosno *Wheelchair*.



kreiranje "specijalnosti" vozila

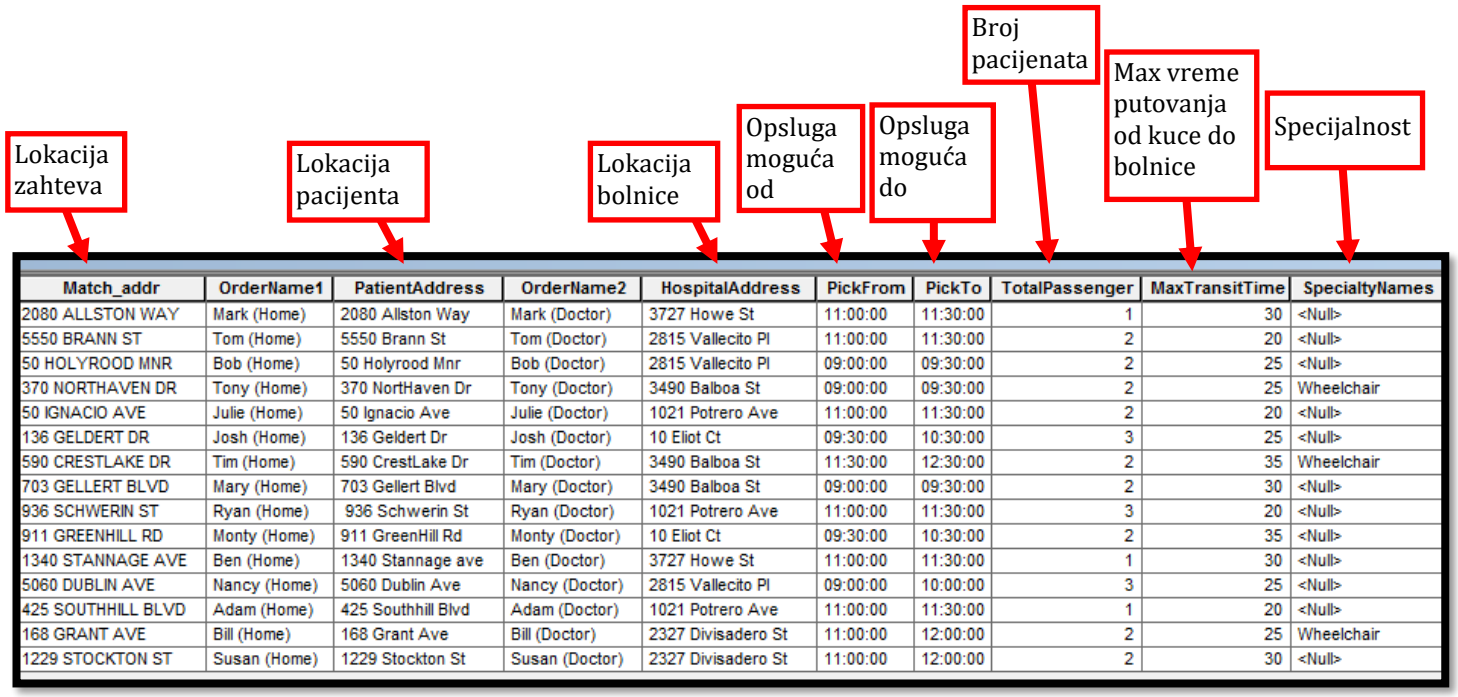
Postoje dve grupe zahteva, zahtevi u lokacijama preuzimanja pacijenata i zahtevi u lokacijama gde se nalaze bolnice u koje se pacijenti voze. Neophodno je kreirati ove lejere iz tabele *OrderPairs.xls*

(potrebno je geokodirati adrese zahteva i ubaciti ih kao lejere). Kasnije se na osnovu ta dva lejera kreiraju zahtevi (*Orders*).

Koraci geokodiranja su (samostalno znanje ovih koraka neće biti zahtevano na testu):

- Otvoriti: File > Add Data > Geocoding > Geocode Addresses
- Izabrati *SanFranciscoLocator* i kliknuti *OK*
- Klikom na Browse pronaći fajl na lokaciji C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\OrderPairs.xls
- Izabrati opciju *Patients$*
- U opciji "Street or Intersection" izabrati PatientAddress
- Sačuvati podatke u SanFrancisco.gdb kao "Geodatabase feature class" pod nazivom Pacijent_kuca

Ponoviti prethodne korake sa tim da je neophodno u opciji *"Street or Intersection"* izabrati *HospitalAddress* i da se podaci sačuvaju pod nazivom *Pacijent_bolnica*

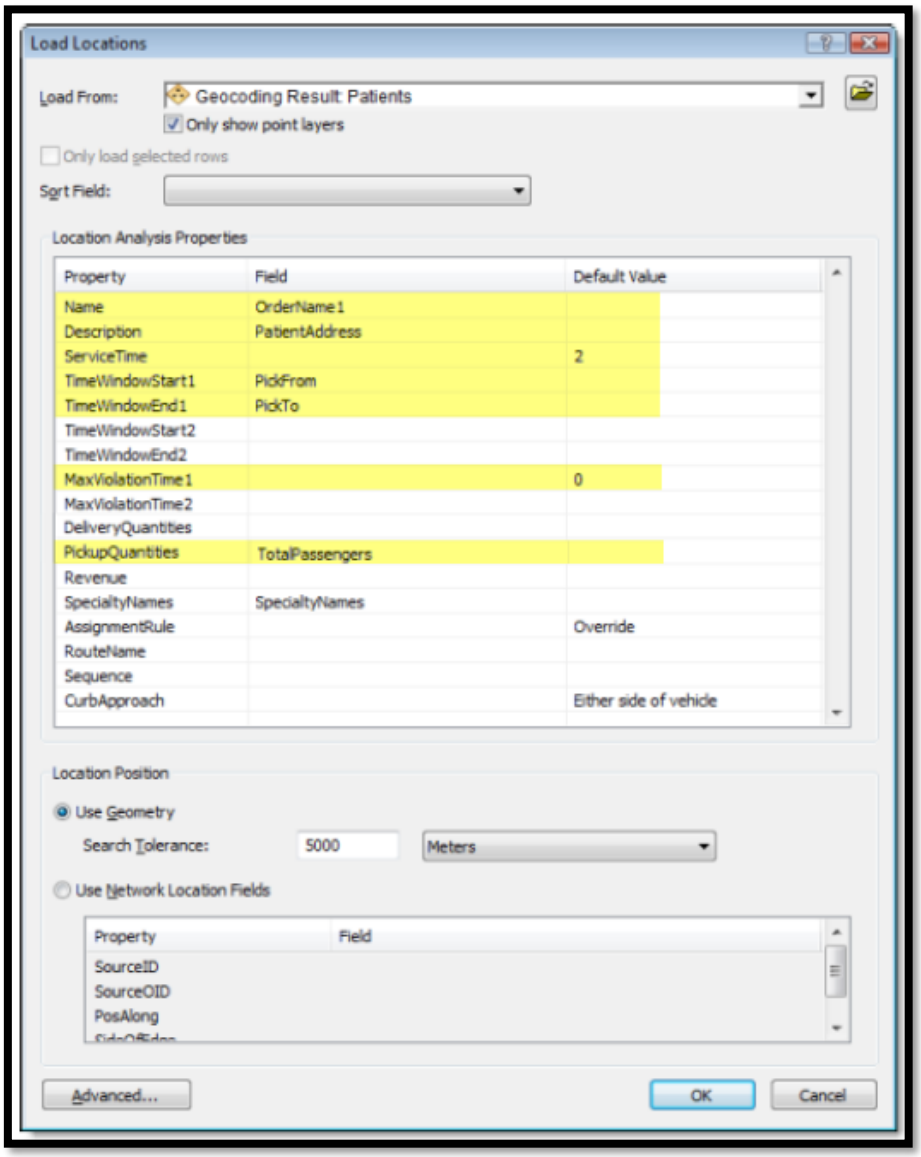


Match_addr	OrderName1	PatientAddress	OrderName2	HospitalAddress	PickFrom	PickTo	TotalPassenger	MaxTransitTime	SpecialtyNames
2080 ALLSTON WAY	Mark (Home)	2080 Allston Way	Mark (Doctor)	3727 Howe St	11:00:00	11:30:00	1	30	<Null>
5550 BRANN ST	Tom (Home)	5550 Brann St	Tom (Doctor)	2815 Vallecito Pl	11:00:00	11:30:00	2	20	<Null>
50 HOLYROOD MNR	Bob (Home)	50 Holyrood Mnr	Bob (Doctor)	2815 Vallecito Pl	09:00:00	09:30:00	2	25	<Null>
370 NORTHAVEN DR	Tony (Home)	370 NortHaven Dr	Tony (Doctor)	3490 Balboa St	09:00:00	09:30:00	2	25	Wheelchair
50 IGNACIO AVE	Julie (Home)	50 Ignacio Ave	Julie (Doctor)	1021 Potrero Ave	11:00:00	11:30:00	2	20	<Null>
136 GELDERT DR	Josh (Home)	136 Geldert Dr	Josh (Doctor)	10 Eliot Ct	09:30:00	10:30:00	3	25	<Null>
590 CRESTLAKE DR	Tim (Home)	590 CrestLake Dr	Tim (Doctor)	3490 Balboa St	11:30:00	12:30:00	2	35	Wheelchair
703 GELLERT BLVD	Mary (Home)	703 Gellert Blvd	Mary (Doctor)	3490 Balboa St	09:00:00	09:30:00	2	30	<Null>
936 SCHWERIN ST	Ryan (Home)	936 Schwerin St	Ryan (Doctor)	1021 Potrero Ave	11:00:00	11:30:00	3	20	<Null>
911 GREENHILL RD	Monty (Home)	911 GreenHill Rd	Monty (Doctor)	10 Eliot Ct	09:30:00	10:30:00	2	35	<Null>
1340 STANNAGE AVE	Ben (Home)	1340 Stannage ave	Ben (Doctor)	3727 Howe St	11:00:00	11:30:00	1	30	<Null>
5060 DUBLIN AVE	Nancy (Home)	5060 Dublin Ave	Nancy (Doctor)	2815 Vallecito Pl	09:00:00	10:00:00	3	25	<Null>
425 SOUTHHILL BLVD	Adam (Home)	425 Southhill Blvd	Adam (Doctor)	1021 Potrero Ave	11:00:00	11:30:00	1	20	<Null>
168 GRANT AVE	Bill (Home)	168 Grant Ave	Bill (Doctor)	2327 Divisadero St	11:00:00	12:00:00	2	25	Wheelchair
1229 STOCKTON ST	Susan (Home)	1229 Stockton St	Susan (Doctor)	2327 Divisadero St	11:00:00	12:00:00	2	30	<Null>

Pacijent_kuca lejer sadrži sledeće podatke

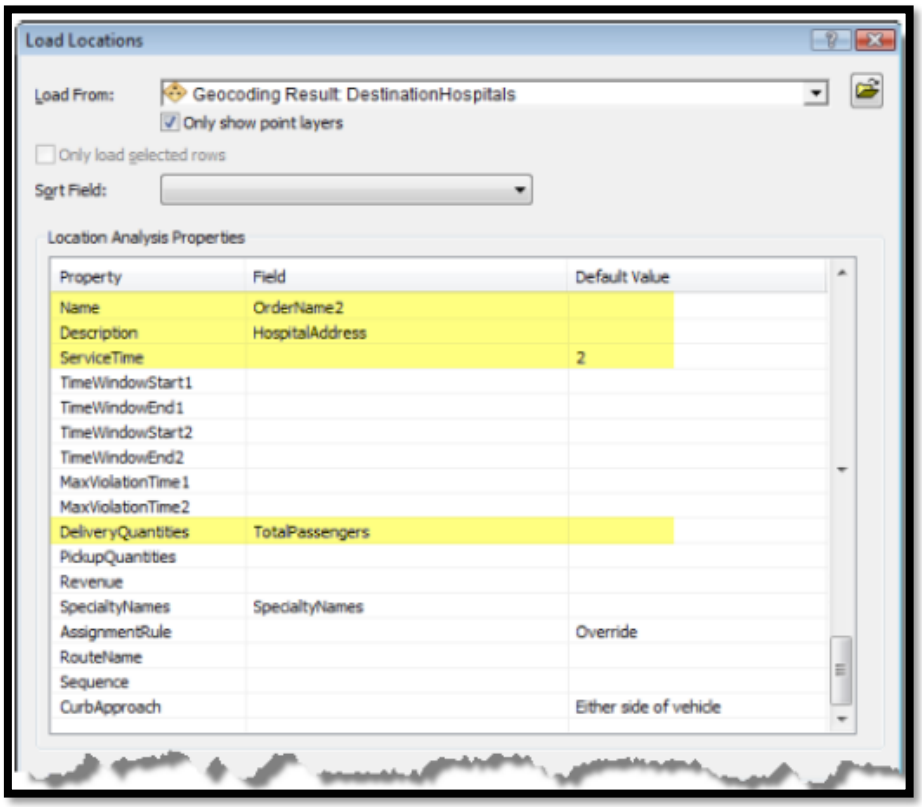
Jedina razlika u tabeli *Pacijent_bolnica* (u odnosu na *Pacijent_kuca*) jeste u koloni *Match_addr* (lokacija zahteva) odnosno ta kolona je ista kao lokacija bolnica.

Sledeći korak jeste ubacivanje zahteva po pacijentima i po bolnicama. Zahtevi se ubacuju desnim klikom na *Orders* i odabirom opcije *Load Locations*. Podešavanje ekranskog obrasca za lokacije na kojima se preuzimaju pacijenti je prikazano na sledećoj slici:



podešavanje ubacivanja lokacija zahteva za preuzimanjem pacijenata

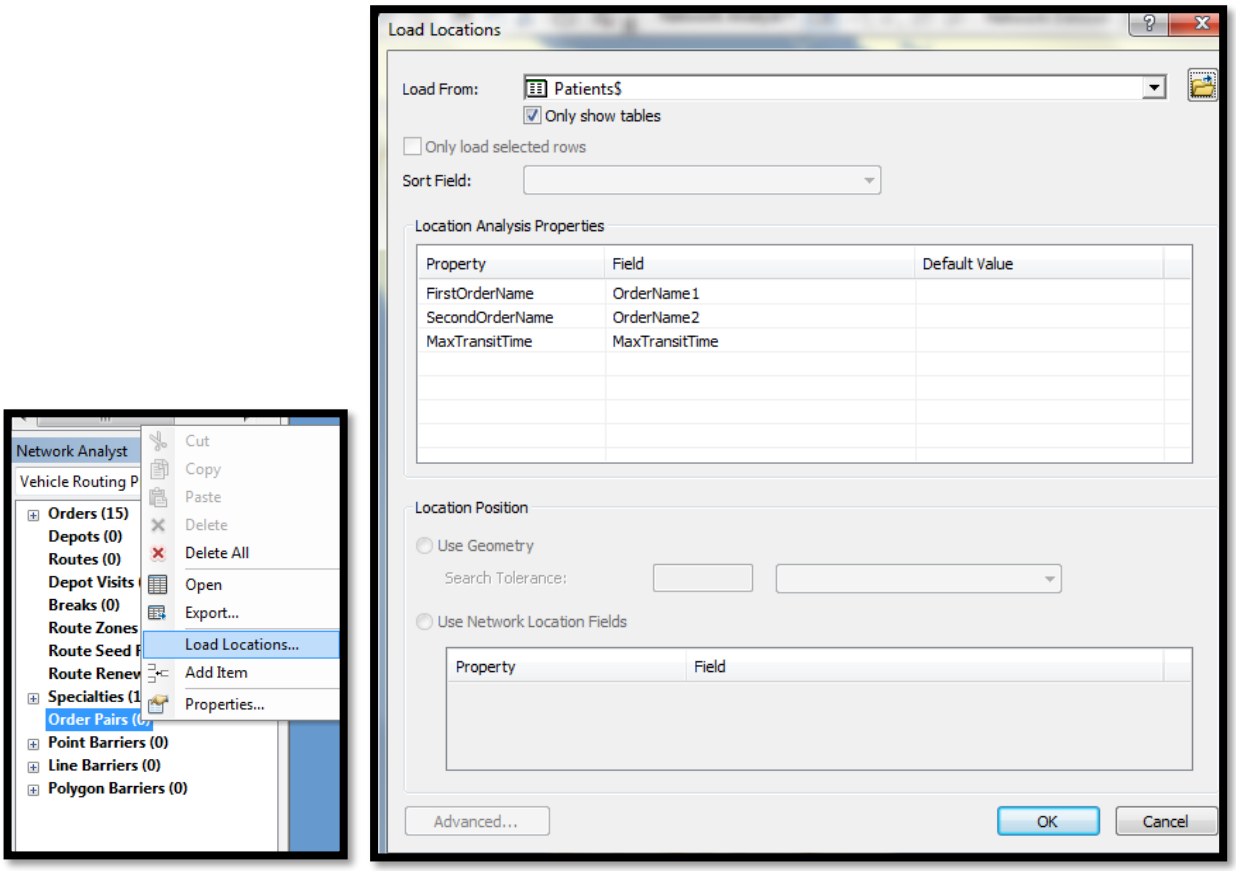
Da bi se ubacili zahtevi u vezi lokacije na koju se voze pacijenti. Zahtevi se ubacuju desnim klikom na *Orders* i odabirom opcije *Load Locations*. Podešavanje ekranskog obrasca za lokacije na koje se odvoze pacijenti je prikazano na sledećoj slici:



podešavanje ubacivanja lokacija zahteva u vezi bolnice u koju pacijenti trebaju da se odvezu

Nakon ovog koraka postoji 15 zahteva za preuzimanje pacijenata i 15 zahteva za lokaciju gde ti pacijenti treba da se odvezu.

Sledeći korak jeste uparivanje zahteva (zahtev za preuzimanjem pacijenta *A* i zahtev za vožnju istog pacijenta u bolnicu *X* treba da se upare i da se opsluže sa istim vozilom). Npr. postoje dva zahteva *Mark(Home)* i *Mark(Doctor)* koje je neophodno upariti i opslužiti istim vozilom u istoj ruti. Potrebno je desnim klikom na *Order Pairs* i odabirom opcije *Load Locations* podesiti ekranski obrazac kao na sledećoj slici. Podaci se učitavaju iz tabele koja se zove *Patiens$* i koja se nalazi na: *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\OrderPairs.xls\Patients$*



ubacivanje parova zahteva koji trebaju zajedno da se opslužuju (zahtev kućna adresa i zahtev bolnica)

Na ovaj način se generiše 15 parova zahteva (*OrderName1* jeste lokacija gde se pacijent preuzima; *OrderName2* jeste lokacija gde se pacijent vozi; *MaxTransitTime* jeste maksimalno vreme koje pacijent sme da provede u vožnji).

Sledeći korak jeste definisanje lokacije depoa iz kojih kreću vozila na opslugu. Desnim klikom na *Depots* i odabirom opcije *Load Locations*, otvara se ekranski obrazac u kojem je neophodno da se izabere lejer *CentralDepots* kao lejer iz kojeg se ubacuju lokacije tri depoa. U svakom depou se nalazi po jedno vozilo.

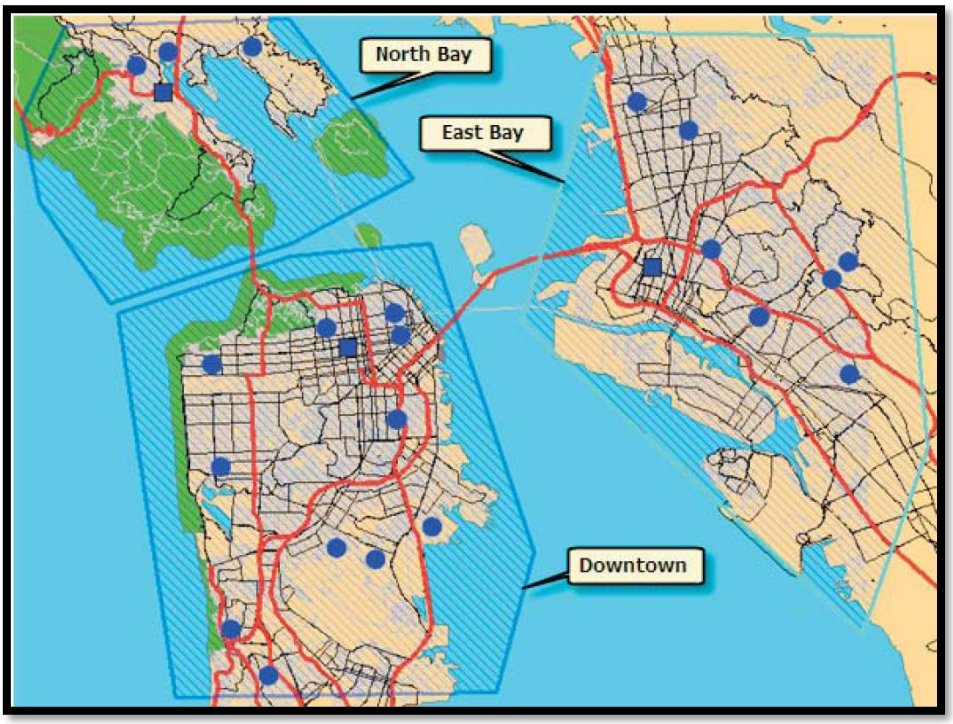
Sledeći korak jeste definisanje karakteristika vozila. Svako kombi vozilo ima kapacitet od *6 putnika*. Vozila se nakon završetka rute vraćaju u depo iz kojeg su krenula. Jedno vozilo koje se nalazi u *Downtown Depot* poseduje rampu za putnike koji su u invalidskim kolicima. Desnim klikom na *Routes* i odabirom opcije *Add Item* vrše se podešavanja rute (po vozilu koje će se koristiti u toj ruti). Potrebna podešavanja po rutama su data u sledećim tabelama.

KARAKTERISTIKE	VREDNOSTI
Name	*Downtown*
StartDepotName	*Downtown Depot*
EndDepotName	*Downtown Depot*
Capacities	*6*
SpecialtyNames	*Wheelchair*

KARAKTERISTIKE	VREDNOSTI
Name	*North Bay*
StartDepotName	*North Bay Depot*
EndDepotName	*North Bay Depot*
Capacities	*6*
SpecialtyNames	*<Null>*

KARAKTERISTIKE	VREDNOSTI
Name	*East Bay*
StartDepotName	*East Bay Depot*
EndDepotName	*East Bay Depot*
Capacities	*6*
SpecialtyNames	*<Null>*

Kompanija ima politiku da svako vozilo ima svoju zonu opsluge, i te zone su prikazane na sledećoj slici.



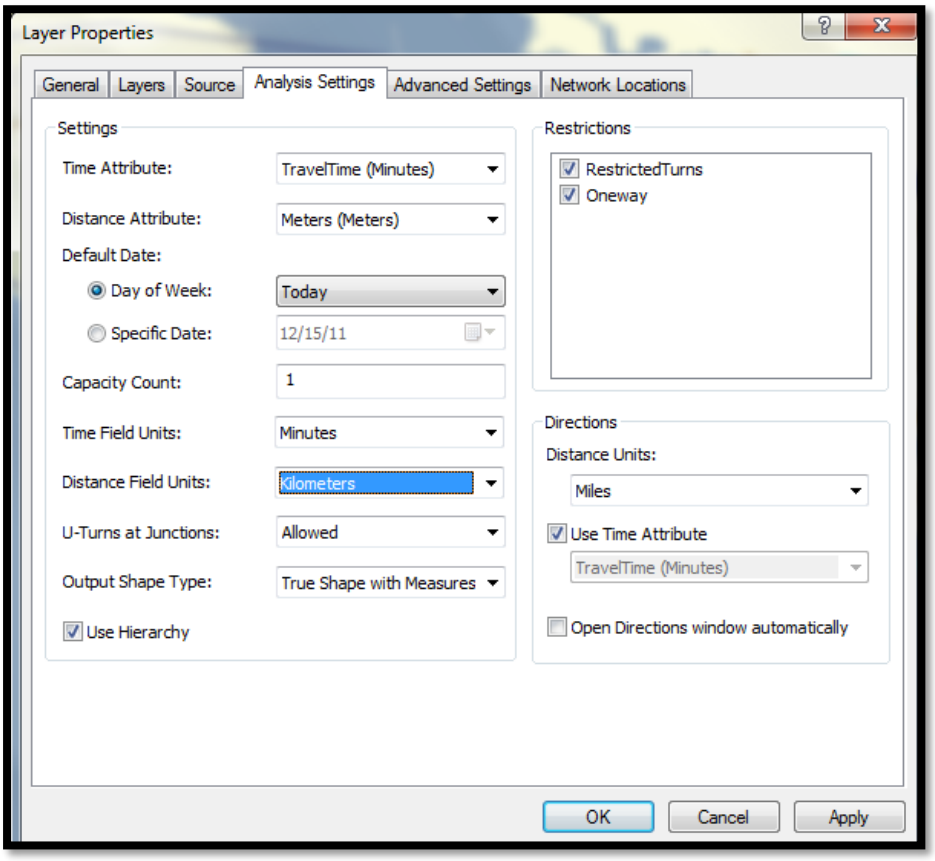
tri zone opsluge (po jedna za svako vozilo)

Definisanje zona se vrši na sledeći način: selektovati *Route Zones*, zatim kliknuti na ikonicu *Create Network Location*, kreirati poligon putem levog klika na kartu čime se definiše ugao poligona ili zone (sa dva klika se završava kreiranje zone).

Sledeći korak jeste dodeljivanje kreiranih zona na vozila. To se vrši duplim klikom na zonu i podešavanjem parametara u ekranskom obrascu koji se otvori. Podešavanja za zone su prikazana na sledećoj slici.

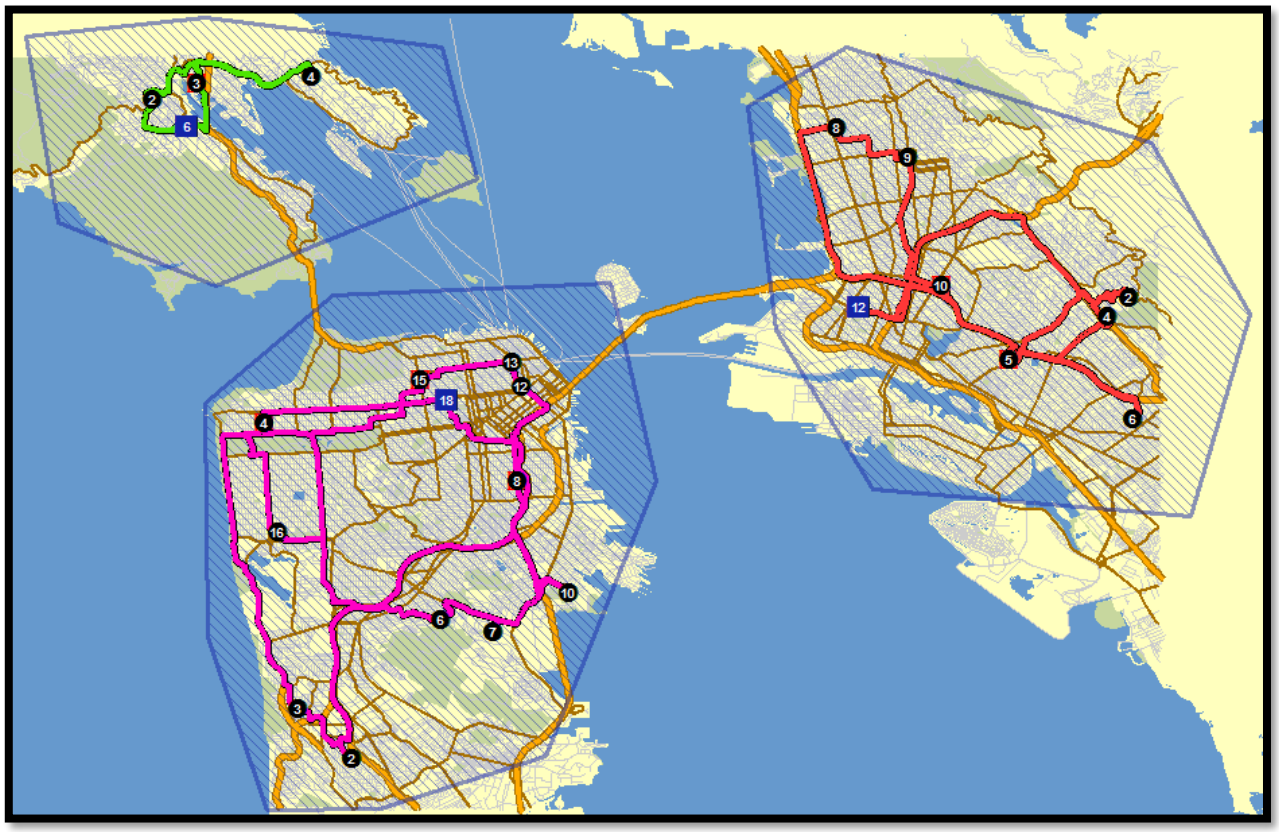
U polju *RouteName* se bira *Depo* za zonu, a u polju *IsHardZone* se definiše da li vozilo može opsluživati samo zahteve iz te zone (*True* - vozilo može da opslužuje samo zahteve iz dodeljene zone).

Sada su podešeni ulazni podaci za rešavanje problema i potrebno je izvršiti poslednja podešavanja modela. Ta podešavanja su data na sledećoj slici.



podešavanja modela

Rešenje je prikazano na sledećoj slici.



rešenje

8.2 PROBNI TEST

PRAVILA POLAGANJA TESTA

Test nosi 20 poena i nije obavezan. Na samom polaganju nije dozvoljena priča, okretanje i korišćenje bilo kakvih materijala. Od pribora je neophodna olovka i ništa drugo. Jaknu, torbe i isključene mobilne telefone neophodno je ostaviti na stolovima na kojima se ne nalaze računari.

Kršenje gore navedenih pravila nosi sa sobom prvu opomenu usled koje student gubi 1 poen. Ako se ponovo prekrše pravila, to znači drugu opomenu za studenta kojom se gube dodatna 2 poena (ukupno 3 poena). Treća opomena znači prekid rada testa za studenta i gubitak svih poena.

Test traje 60 minuta.

ZADATAK 1.

Otvoriti mapu *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise05.mxd*. Na mapi je prikazano 6 skladišta koja snabdevaju prodavnice u centru grada. Svako skladište ima jedno vozilo sa kojim vrši opslugu prodavnica. Vozila imaju kapacitet od *12* paleta. Opsluga prodavnica se vrši u jutarnjim časovima u periodu od *05:00 do 07:00*. Nije dozvoljeno prekoračenje vremenskog prozora isporuke. Svaka prodavnica zahteva *3* palete robe. Prilikom opsluge prodavnice vozilo se zadržava *20 min*.

Trošak rada vozila iznosi *2 $* po pređenom *kilometru*, a trošak rada vozača iznosi *1 $* po *minuti* vožnje. Nisu dozvoljena polukružna skretanja i moraju se poštovati ograničenja jednosmernih ulica.

Za dobijene rute neophodno je odrediti sledeće:

- Pređeni kilometri (*TotalDistance*)
- Vreme vožnje (*TotalTime*)
- Prodavnice koje se opslužuju iz pojedinih skladišta

Dobijeno rešenje snimiti na sledeći način: iz glavnog menija *File* odbrati opciju *Save As*, potom se dobija ekranski obrazac u kojem je potrebno snimiti fajl na lokaciji *C:\arcgis\.* Naziv fajla treba da sadrži ime i prezime studenta i redni broj 1.

ZADATAK 2.

Otvoriti mapu *C:\Arcgis\ArcTutor\Bolnice\Exercise4.mxd*. Na mapi su prikazane bolnice koje je neophodno opslužiti sa jednim vozilom iz distributivnog centra koji se nalazi na istoj lokaciji kao i bolnica *CHINESE HOSPITAL*. Nisu dozvoljena polukružna skretanja i moraju se poštovati ograničenja jednosmernih ulica.

Potrebno je odrediti rastojanje za optimalnu rutu kojom vozilo treba da se kreće.

Snimiti fajl pod rednim brojem 2 (snimiti na način opisan u prethodnom zadatku).

ZADATAK 3.

Otvoriti mapu *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise05.mxd*. Na mapi je prikazano 6 skladišta koja snabdevaju prodavnice u centru grada. Svako skladište ima tri zone opsluge definisane potrebnim vremenom vožnje vozila i to: *do 4 min* ; *od 4 min do 8 min* ; *od 8 min do 12 min.*

Nije dozvoljeno preklapanje zone između skladišta. Nisu dozvoljena polukružna skretanja i moraju se poštovati ograničenja jednosmernih ulica.

Potrebno je odrediti:

- Za prodavnice koje se nalaze u nekoj zoni opsluge, odrediti kojem skladištu i kojoj zoni opsluge pripadaju prodavnice.
- Odrediti koje prodavnice se ne nalaze ni u jednoj zoni opsluge (kreirati novi lejer sa neopsluženim prodavnicama).

Snimiti fajl pod rednim brojem 3 (snimiti na način opisan u prethodnom zadatku).

ZADATAK 4.

Otvoriti mapu *C:\Arcgis\ArcTutor\Bolnice\Exercise4.mxd*. Na mapi su prikazane bolnice koje je neophodno opslužiti iz jednog distributivnog centra koji se nalazi na sledećoj adresi*: 5 Michigan St.* Opsluga se vrši svakog dana u periodu od *06:00 do 08:00* i svaka bolnica ima dnevni zahtev od *5* paleta. Vozila se zadržavaju *30 min* u svakoj bolnici prilikom isporuke paleta. Distribucija se vrši sa 3 vozila sledećih kapaciteta:

- *Vozilo_1* ima kapacitet od *20* paleta
- *Vozilo_2* ima kapacitet od *15* paleta
- *Vozilo_3* ima kapacitet od *10* paleta

Trošak rada vozila iznosi *1 $* po pređenom *kilometru*, a trošak rada vozača iznosi *0.5 $ po minuti* vožnje. Nisu dozvoljena polukružna skretanja i moraju se poštovati ograničenja jednosmernih ulica.

Za dobijene rute neophodno je odrediti sledeće:

- Pređeni kilometri (*TotalDistance*)
- Vreme vožnje (*TotalTime*)
- Bolnice koje se opslužuju

Snimiti fajl pod rednim brojem 4 (snimiti na način opisan u prethodnom zadatku).

ZADATAK 5.

Otvoriti mapu mapu *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise07.mxd*. Na mapi je prikazan distributivni centar koji vrši opslugu prodavnica (koje su takođe označene na mapi). Distributivni centar je definisao tri zone opsluge prema udaljenosti i to: prva zona *do 3000 m*; druga zona *od 3000m do 10000m*; treća zona *od 10000m do 30000m.* Nisu dozvoljena polukružna skretanja i moraju se poštovati ograničenja jednosmernih ulica.

Potrebno je napraviti tabelarni prikaz prodavnica po zonama (kojoj zoni pripadaju odgovarajuće prodavnice).

Snimiti fajl pod rednim brojem 5 (snimiti na način opisan u prethodnom zadatku).

9 ZADACI ZA SPREMANJE ZAVRŠNOG TESTA

9.1 Zadatak 1

Otvoriti mapu na sledećoj lokaciji: *C:\Arcgis\ArcTutor\Bolnice\Exercise4.mxd*. Na mapi su prikazane bolnice koje je neophodno opslužiti iz jednog distributivnog centra koji se nalazi na sledećoj adresi: *2 Crestlake DR*. Opsluga se vrši svakog dana u periodu od *07:00 do 12:00* i većina bolnica ima dnevni zahtev od *3 palete,* dok sledeće bolnice imaju dnevni zahtev za *6 paleta:*

- *GIRARD MEDICAL CENTER*
- *CHINESE HOSPITAL*
- *DAVIES MEDICAL CENTER*

Vozila se zadržavaju *25 min* u svakoj bolnici prilikom isporuke paleta.

Distribucija se vrši sa 3 vozila sledećih kapaciteta:

- *Vozilo_1* ima kapacitet od *18* paleta
- *Vozilo_2* ima kapacitet od *15* paleta
- *Vozilo_3* ima kapacitet od *9* paleta

Trošak rada vozila iznosi *1 $* po pređenom *kilometru* vožnje i *1 $* po *minutu* trajanja vožnje. Nisu dozvoljena polukružna skretanja i moraju se poštovati ograničenja jednosmernih ulica. Za svaku rutu neophodno je odrediti sledeće:

	Vozilo_1	*Vozilo_2*	*Vozilo_3*
Pređeni kilometri			
Vreme vožnje			
Trošak pređenog rastojanja			
Trošak vremena rada vozača			
Ukupni trošak rute			

Bolnice koje se opslužuju u ruti za Vozilo_2:_____

_____

Dobijeno rešenje snimiti na sledeći način: iz glavnog menija *File* odbrati opciju *Save As*, potom se dobija ekranski obrazac u kojem je potrebno snimiti fajl na lokaciji *C:\arcgis*. Naziv fajla treba da sadrži ime i prezime studenta i redni broj 1.

9.2 Zadatak 2

Otvoriti mapu na sledećoj lokaciji: *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise05.mxd*. Na mapi je prikazano 6 skladišta koja snabdevaju prodavnice u centru grada. Skladište *Warehouse #6* je glavno skladište (HUB) iz kojeg se snabdevaju ostala skladišta. Potrebno je kreirati rutu kretanja vozila koje iz *Warehouse #6* snabdeva sva ostala skladišta (vozilo počinje i završava vožnju u *Warehouse #6*). Nisu dozvoljena polukružna skretanja i moraju se poštovati ograničenja jednosmernih ulica.

Za kreiranu rutu neophodno je odrediti vreme vožnje vozila:_____

Naziv fajla treba da sadrži ime i prezime studenta i redni broj 2.

9.3 Zadatak 3

Otvoriti mapu *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise07.mxd*. Na mapi je prikazan distributivni centar koji vrši opslugu prodavnica (koje su takođe označene na mapi). Distributivni centar je definisao tri zone opsluge prema vremenu putovanja i to: prva zona *do 5 min*; druga zona *od 5 min do 10 min*; treća zona *od 10 min do 30 min*. Nisu dozvoljena polukružna skretanja i moraju se poštovati ograničenja jednosmernih ulica.

Potrebno je napraviti tabelarni prikaz prodavnica po zonama (kojoj zoni pripadaju odgovarajuće prodavnice) i ubaciti ovu tabelu kao novi lejer.

Prodavnice koje se nalaze u drugoj zoni su:_____

_____

Snimiti fajl pod rednim brojem 3.

9.4 Zadatak 4

Otvoriti mapu *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise04.mxd*. Na mapi su prikazane vatrogasne stanice koje je neophodno snabdeti sa neophodnim materijalom iz jednog distributivnog centra. Distributivni centar se nalazi na adresi *11 Ford St.* Svaka vatrogasna stanica potražuje *3 palete*. Vatrogasne stanice mogu da se opslužuju od *07:00 do 10:00* (ne sme da se prekorači ovo vreme). Vozilo se zadržava u vatrogasnoj stanici *15 min* prilikom opsluge. Nisu dozvoljena polukružna skretanja i moraju se poštovati ograničenja jednosmernih ulica.

Distributivni centar planira da kupi vozila koja imaju kapacitet od *30 paleta*. Koliko vozila je neophodno da se kupi a da sve vatrogasne stanice budu opslužene u predviđenom vremenu:_____

Koliko iznosi najmanje vreme rada vozila (*TotalTime*), a koliko najveće vreme rada vozila u minutama:_____

Snimiti fajl pod rednim brojem 4.

9.5 Zadatak 5

Otvoriti mapu na sledećoj lokaciji: *C:\Arcgis\ArcTutor\Network_Analyst\Tutorial\Exercise04.mxd*

Na ovoj karti su već ucrtane vatrogasne stanice. Recimo da imamo požare na sledećim lokacijama:

- *11 Ford St*
- *19 Larkin St*
- *33 Greenwich St*
- *25 Parker Ave*
- *17 Lopez Ave*
- *2204 Wawona St*

Potrebno je odgovoriti na sledeća pitanja:

- Da li se na sve lokacije požara može poslati vatrogasno vozilo u roku od 2 minuta iz neke od vatrogasnih stanica? Ako ne, koje su to lokacije požara na koje vozilo ne može stići za maksimum 2 minuta vožnje?

  _____

- Za svaki požar odrediti sve vatrogasne stanice na 4 minuta voženje vozila od stanice do požara.
- Za svaki požar odrediti jednu vatrogasnu stanicu od koje vozilo može najbrže stići na intervenciju.

Snimiti fajl pod rednim brojem 5.

9.6 Zadatak 6

Otvoriti mapu na sledećoj lokaciji: *C:\Arcgis\ArcTutor\Bolnice\Exercise4.mxd.*

Na ovoj karti su već ucrtane bolnice. Neophodno je da bolnički minibus pokupi pacijente na sledećim lokacijama (na svakoj lokaciji se nalazi po jedan pacijent):

- *1274 FULTON ST*
- *525 SIMONDS LOOP*
- *3208 CALIFORNIA ST*
- *5883 CALIFORNIA ST*
- *479 URBANO DR*
- *421 THORNTON AVE*
- *45 LOMITA AVE*
- *1055 PERSIA AVE*
- *165 BLANCHE ST*
- *1977 INGALLS ST*
- *1691 45TH AVE*
- *3918 BALBOA ST*
- *2810 LAGUNA ST*
- *1178 SACRAMENTO ST*

Pacijenti koji se nalaze na prethodnim lokacijama treba da se upute u samo jednu bolnicu i to u *DAVIES MEDICAL CENTER*. Prema tome, bolnički minibus kreće na rutu iz te bolnice i sve pacijente dovozi u istu bolnicu.

Potrebno je odgovoriti na sledeća pitanja:

- Koliko je vreme rute i dužina rute ako se pacijenti **moraju pokupiti po redosledu koji je dat u zadatku**?

  _____

- Koliko je vreme rute i dužina rute ako se pacijenti **mogu pokupiti po proizvoljnom redosledu**?

  _____

- Da li postoji neka bolnica za koju bi ruta bolničkog minibusa imala kraću ukupnu dužinu (za slučaj sa **proizvoljnim redosledom opsluge adresa pacijenata**)? Ako postoji, koja je to bolnica?

  _____

Snimiti fajl pod rednim brojem 6.

9.7 Zadatak 7

U okviru iste mape (ne otvarati je ponovo) pokrenuti modul *New Vehicle Routing Problem*.

U ovoj varijanti na jednoj adresi postoji i više od jednog putnika koje je neophodno prevesti do neke od bolnica. Kao dodatni uslov, postoje pacijenti u invalidskim uslovima kao i neka vozila koja imaju mogućnost prevoženja osoba u invalidskim kolicima. Neophodno je da bolnički minibusevi pokupe pacijente na sledećim lokacijama:

- *1274 FULTON ST* (1 pacijent) (invalidska kolica)
- *525 SIMONDS LOOP* (3 pacijenta)
- *3208 CALIFORNIA ST* (6 pacijenata)
- *5883 CALIFORNIA ST* (2 pacijenta) (invalidska kolica)
- *479 URBANO DR* (4 pacijenta)
- *421 THORNTON AVE* (3 pacijenta)
- *45 LOMITA AVE* (2 pacijenta)
- *1055 PERSIA AVE* (2 pacijenta)
- *165 BLANCHE ST* (3 pacijenta)
- *1977 INGALLS ST* (3 pacijenta)
- *1691 45TH AVE* (1 pacijent) (invalidska kolica)
- *3918 BALBOA ST* (3 pacijenta)
- *2810 LAGUNA ST* (5 pacijenata)
- *1178 SACRAMENTO ST* (3 pacijenta)

Pacijenti koji se nalaze na prethodnim lokacijama treba da se upute u jednu od sledeće tri bolnice:

- *GIRARD MEDICAL CENTER* (vozilo 1, kapacitet 15 mesta, rampa za invalidska kolica)
- *CHINESE HOSPITAL* (vozilo 2, kapacitet 15 mesta)
- *COUTURE MEDICAL CENTER* (vozilo 3, kapacitet 15 mesta)

Kreirati rute za tri vozila i zapisati vreme i dužinu sve tri rute:

- Ruta vozila 1

  _____

- Ruta vozila 2

  _____

- Ruta vozila 3

  _____

Snimiti fajl pod rednim brojem 7.

9.8 Zadatak 8

U okviru iste mape (ne otvarati je ponovo) pokrenuti modul *New Service Area*.

Za tri bolnice navedene u prethodnom zadatku (*GIRARD MEDICAL CENTER, CHINESE HOSPITAL, COUTURE MEDICAL CENTER*) odrediti po jednu vremensku zonu opsluge do 10 minuta putovanja. Izabrati opciju da se zone između bolnica ne preklapaju (*Not Overlaping*).

Da li se prethodno generisanje tri rute (iz prethodnog zadatka) nalaze u dobijenim zonama bolnica? (npr. da li se ruta vozila koje kreće iz bolnice *CHINESE HOSPITAL* nalazi isključivo u vremenskoj zoni do 10 minuta te iste bolnice)

_____

Ako je odgovor na prethodno pitanje negativan, kreirati zone (*Route Zones*) u kojima se vozila mogu kretati a koje će odgovarati vremenskim zonama do 10 minuta putovanja (zonama koje su generisane sa *New Service Area*). Postaviti ograničenje da se vozila mogu kretati isključivo u zadatim zonama (*IsHardZone* = *True*).

Da li je na ovaj način moguće pokupiti sve pacijente?

_____

Ako se poveća kapacitet vozila na 30 putnika, da li je onda moguće pokupiti sve pacijente sa prethodno definisanim uslovima?

_____

Ako je odgovor na prethodno pitanje negativan, koji je razlog nemogućnosti prevoza svih pacijenata do neke od tri navedene bolnice?

_____

_____

Navesti jedan način kako je moguće prevazići taj problem, odnosno da se omogući prevoz svih pacijenata do neke od tri navedene bolnice.

_____

_____

Snimiti fajl pod rednim brojem 8.