Upotreba geografskih informacijskih sustava u logističkom pristupu planiranju javnog prijevoza

Poldrugač, Matija

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:633047

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Matija Poldrugač

UPOTREBA GEOGRAFSKIH INFORMACIJSKIH SUSTAVA U LOGISTIČKOM PRISTUPU PLANIRANJU JAVNOG PRIJEVOZA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 28. ožujka 2018.

Zavod: **Zavod za gradski promet**
Predmet: **Organizacija prijevoza putnika**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4590

Pristupnik: **Matija Poldrugač (0231039041)**
Studij: Inteligentni transportni sustavi i logistika
Smjer: Logistika

Zadatak: **Upotreba geografskih informacijskih sustava u logističkom pristupu planiranju javnog prijevoza**

Opis zadatka:

U radu je potrebno opisati postupak korištenja GIS programskih alata u procesu planiranja javnog prijevoza te obrazložiti prednosti i nedostatke korištenja istih. Također treba analizirati primjena GIS-a u različitim situacijama koje zahtijevaju planiranje. U planiranju javnog prijevoza javljaju se razne prepreke koje je moguće savladati korištenjem GIS-a, tj. informacijama koje pruža takav sustav. Jedna od besplatnih inačica GIS alata je Grass GIS, nadogradnja QGIS alata. Grass GIS treba koristiti za prikaz planiranja javnog prijevoza u praksi.

Mentor:

doc. dr. sc. Marko Ševrović

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

UPOTREBA GEOGRAFSKIH INFORMACIJSKIH SUSTAVA U LOGISTIČKOM PRISTUPU PLANIRANJU JAVNOG PRIJEVOZA

USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN LOGISTICS APPROACH TO PUBLIC TRANSPORT PLANNING

Mentor: doc. dr. sc. Marko Ševrović

Student: Matija Poldrugač
JMBAG: 0231039041

Zagreb. Rujan 2018

SAŽETAK

Kod analize prometnih mreža i sustava, koristan alat koji može poslužiti za rješavanje kompleksnih problema gradskih sredina je geografski informacijski sustav (GIS). Bilo da se radi o izgradnji nove infrastrukture ili da se postojeća infrastruktura optimizira na najbolji mogući način, GIS alati mogu poslužiti za prikupljanje informacije, analizu, rješavanje problema te grafički prikaz dobivenih rezultata. Softverski alati temeljeni na GIS-u mogu dati jasnu sliku postojećeg stanja prometnog sustava, te ukazati na potencijalne probleme i opasnosti. Postoje razne platforme temeljene na GIS sustavima koje su dostupne svima i mogu poslužiti za osnovne operacije planiranja i upravljanja prometnim sustavom.

KLJUČNE RIJEČI

Geografski informacijski sustavi; planiranje javnog prijevoza; analiza prometnih sustava

SUMMARY

Useful tool for solving of the complex urban area problems and analysis of the road networks and systems is Geographic Information System (GIS). Whether there is a need for the new infrastructure or optimazation of existing one, GIS tools can be used for collecting data, analysis of collected data graphical representation of results. With GIS tools, one can visualise condition of existing traffic system and clearly see potential problems and threats. Today, there are various available GIS based tools and softwares that can be used for simple public transport planning and organizing of the traffic systems.

KEYWORDS

Geographic Information System; Public transport planning; Analysis of transportation systems

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SUSTAVI 2
2.1. Primjena geografskih informacijskih sustava u prometu 3
2.1.1. Analiza podataka i grafički prikaz 4
2.1.2. Planiranje prometne potražnje 6
2.2. PRIMJENA GEOGRAFSKIH INFORMACIJSKIH SUSTAVA U RAZLIČITIM SEKTORIMA 7
2.2.1. Primjena geografskih informacijskih sustava u sektoru hitnih službi 7
2.2.2. Primjena geografskih informacijskih sustava u procjeni rizika od potresa 8
2.2.3. Primjena geografskih informacijskih sustava u obnovljivim izvorima energije 10
3. PLANIRANJE JAVNOG PRIJEVOZA 13
3.1. Javni prijevoz u urbanim područjima 13
3.2. Javni prijevoz u ruralnim područjima 16
4. GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SUSTAVI KAO POMOĆNI ALAT U PLANIRANJU JAVNOG PRIJEVOZA 20
4.1. Prednosti geografskih informacijskih sustava u planiranju javnog prijevoza 20
4.1.1. Alat Visual TPL 20
4.1.2. Evaluacijska metoda dostupnosti javnog prijevoza urbanog prostora upotrebom GIS alata 21
4.2. Implementacija geografskih informacijskih sustava sa ostalim sustavima u planiranju javnog prijevoza 25
4.2.1. Integrirani GIS-BIM sustavi 25
4.2.2. Primjer suradnje GIS i BIM alata unutar urbanog područja 29
5. PRIMJER PLANIRANJA JAVNOG PRIJEVOZA KORIŠTENJEM PROGRAMSKOG ALATA QGIS (GRASS GIS) 35
5.1. Izrada toplinskih mapa i buffera autobusnih i travajskih stajališta grada Zagreba 35
5.2. Izrada karte izokrona na primjeru gradske četvrti Maksimir 47
6. ZAKLJUČAK 53
LITERATURA 55
POPIS SLIKA 57
POPIS TABLICA 58
POPIS GRAFIKONA 58

1. UVOD

U vrijeme sve veće primjene računalnih sustava u svim granama ljudskih djelatnosti, neizbježna je njihova sve veća primjena u prometu. Budući da sve veća prostorna ograničenja i prenatrpanost urbanih sredina zahtjeva sve češću optimizaciju umjesto izgradnje novih objekata, razvijeni su alati koji omogućuju planerima da lakše analiziraju postojeće stanje i nađu rješenja za optimalno iskorištenje gradskih sredina. Jedan od tih alata je i geografski informacijski sustav (Geographic Information System-GIS), kojim se mogu rješavati prometni problemi te dobivena rješenja prikazati u preglednijem, grafičkom obliku. Tema ovog diplomskog rada je upotreba geografskih informacijskih sustava u logističkom pristupu planiranju javnog prijevoza, te je on podijeljen u šest cjelina:

1. Uvod
2. Geografski informacijski sustavi
3. Planiranje javnog prijevoza
4. Geografski informacijski sustavi kao pomoćni alat u planiranju javnog prijevoza
5. Primjer planiranja javnog prijevoza korištenjem programskog alata QGIS (GRASS GIS)
6. Zaključak

U drugom poglavlju analizirat će se način rada i struktura, te funkcije GIS-a. Prikazat će se neke od primjena u analiziranju prometnih podataka, planiranje prometne potražnje GIS alatima i grafički prikaz rezultata. Također će se spomenuti neke od primjena GIS-a u različitim sektorima ljudskih djelatnosti te će biti dani primjeri iz prakse u sustavima hitnih službi, u procjeni rizika od potresa te primjeni u planiranja postrojenja za obnovljive izvore energije.

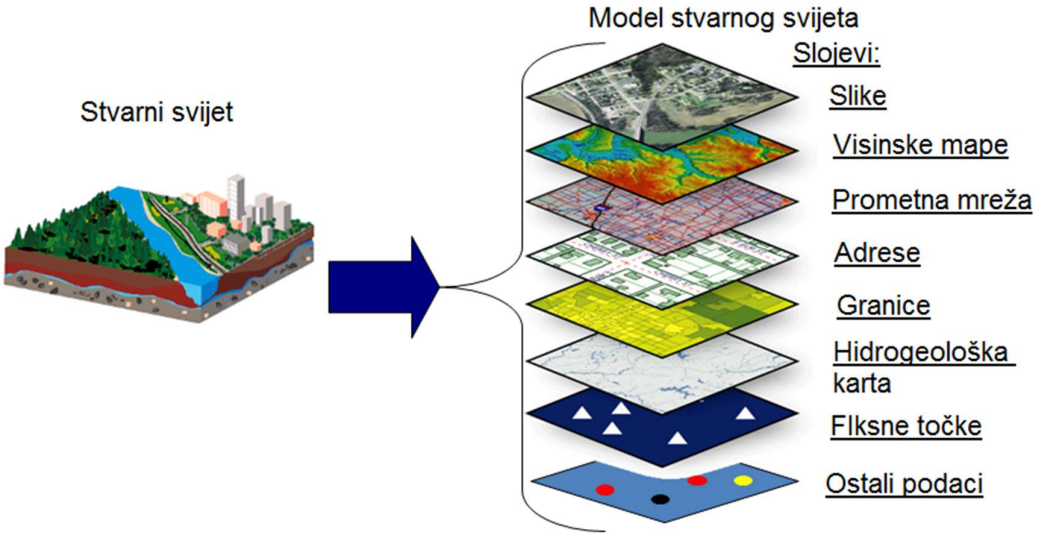
Treće poglavlje obuhvaća planiranje javnog prijevoza u urbanim i ruralnim sredinama. Prikazani su čimbenici koji utječu na proces planiranja javnog prijevoza u urbanim sredinama te su navedeni podaci koje je potrebno prikupiti za čim uspješniju analizu javnog prijevoza. Za ruralne sredine navedeni su problemi koji se javljaju pri organizaciji javnog prijevoza kao što je disperziranost stanovništva te je prikazan projekt RUMOBIL, koji se bavi povezivanjem svih sudionika javnog prijevoza za njegovo uspješnije funkcioniranje.

Četvrto poglavlje bavi se konkretnim primjenama GIS alata iz prakse za planiranje javnog prijevoza. Neki od tih alata su posebno dizajnirani za određena područja primjene. Nadalje, prikazana je implementacija GIS alata sa ostalim informacijskim alatima u rješavanju urbanih problema, kao što je kombinacija alata GIS-BIM.

Peto poglavlje bavi se istraživanjem sustava javnog prijevoza u gradu Zagrebu. U prvo dijelu, analizirana je gustoća autobusnih i tramvajskih stajališta na području grada, te njihova dostupnost građanima prikazana grafički pomoću QGIS programa. Drugi dio ovog poglavlja obuhvaća analizu tramvajskih stajališta na području gradske četvrti Maksimir, te izrada karte izokrona koja prikazuje stvarno vrijeme hodanja putnika do tramvajskih stajališta.

2. GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SUSTAVI

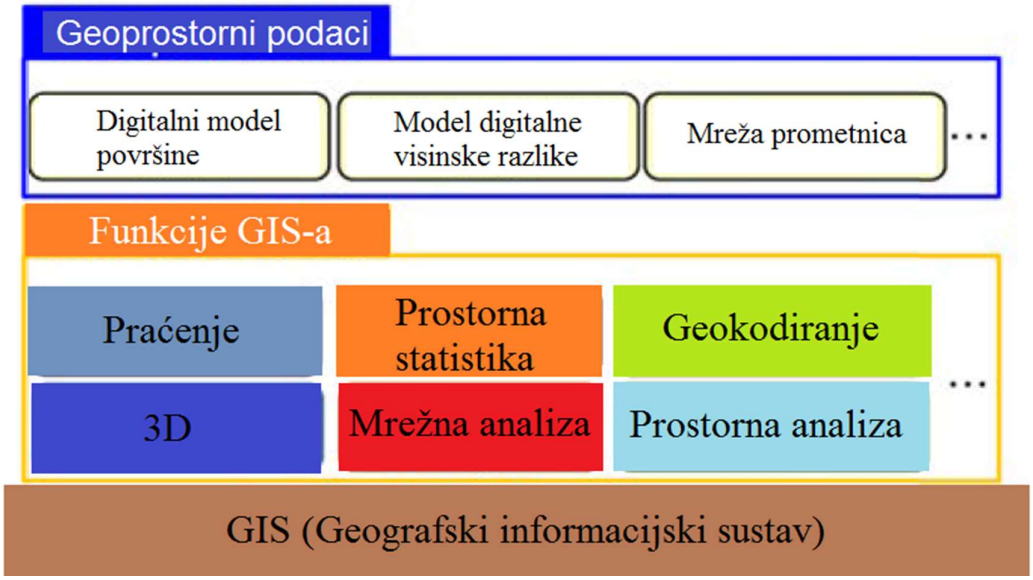
Prema [1], GIS je tehnologija za stvaranje, upravljanje prikazom, pretraživanje, analizu i dijeljenje prostorno orijentiranih informacija. GIS sustavi organiziraju podatke u slojevima koji se sastoje od informacija položaja i atributa. Pomoću GIS-a moguće je stvoriti model stvarnog stanja preklapajući slojeve geografski orijentiranih podataka kao što prikazuje Slika 1-1.. Podaci korišteni u sustavu nazivaju se geoprostorni podaci, prikazani na Slici 1-2. zajedno sa glavnim značajkama (podsustavima) GIS-a.



Slika 1-1. Stvaranje modela preklapanjem slojeva

Izvor: [2]

Digitalni model površine (Digital Surface Model-DSM) obuhvaća podatke o visini građevina, dok model digitalne visinske razlike (Digital Elevation Model-DEM) prikazuje detaljne informacije tla. Funkcija praćenja pomoću globalnog pozicijskog sustava (Global positioning system-GPS) upravlja informacijama zadane lokacijske informacije. Funkcije prostorne statistike objedinjavaju promatrane objekte, dok je sustav geokodiranja zadužen za kodiranje tekstualnih adresa. 3D funkcija upravlja trodimenzionalnim podacima. Funkcija mrežne analize obrađuje mrežne podatke, dok funkcija prostorne analize simulira događaje koji bi se mogli pojaviti u promatranom području,[3].



Slika 1-2. Glavne značajke GIS-a

Izvor: [3]

2.1. Primjena geografskih informacijskih sustava u prometu

Za rješavanje problema u prometu i prometnom planiranju koriste se alati koji kombiniraju GIS sustav sa prometnim modeliranjem. Najčešće sadrže pomoćne alate za mapiranje, vizualizaciju i analizu, te aplikacijske module za usmjeravanje vozila, predviđanja prometne potražnje, tranzitni promet, logistiku, upravljanje prostorom i smještajne probleme. Također sadrže aplikacije za sve vrste prometnih podataka i za sve modove prijevoza te se kao takvi koriste kao sustavi za pomoć pri odlučivanju. Takvi alati koriste sofisticirane značajke GIS-a kao što su preklapanje slojeva, izglađivanje rezultata i geokodiranje te imaju otvorenu arhitekturu što znači da se podaci mogu dijeliti mrežno. Udaljenosti u mreži i vremena putovanja su bazirana na stvarnoj prometnoj mreži i stvarnom prikazu raskrižja na mreži. Mreži se također mogu dodati razni atributi poput isključivanja i uključivanja vozila na prometnicu, kašnjenja na raskrižju, jednosmjerne ceste ili ograničene zone. Priprema podataka za korištenje je znatno olakšana zbog toga što baze podataka uočavaju pogreške prije nego one stvore problem[4].

GIS alati koji se koriste u prometu nadilaze tradicionalne GIS sustave te uključuju operacije kao što su:

- Transportne mreže-Specijalizirane strukture podataka koje upravljaju protokom koristeći Internet. Mogu biti gotovo neograničene veličine i uključuju detaljne podatke o:
    - Vremenu čekanja pri skretanju ili zabrane
    - Nadvožnjacima, podvožnjacima ili jednosmjernim cestama
    - Raskrižjima
    - Intermodalnim terminalima i transfernim točkama

- Matrice-sadrže podatke kao što su udaljenost između čvorova ili vremena putovanja te se pomoću GIS alata matrični podaci mogu vizualizirati što pojednostavljuje shvaćanje prometnog toka i karakteristika prometne mreže. Kao i grafički prikaz transportne mreže, matrice također mogu biti neograničene veličine.
- Rute prijevoza-prikazuju prijevozni put automobila, kamiona, vlakova, buseva od izvora do odredišta. Skup od više ruta može se spojiti u jedan sloj ruta koji uključuje atribute mreže, mjesta zaustavljanja vozila te njihova raspored.
- Linearno upućivanje (Linear Referencing)-omogućuje identificiranje lokacije prometnih značajki kao udaljenost od fiksne točke na ruti što je pogodno za:
    - Mjesta prometnih nesreća
    - Vrednovanje željezničkih pruga
    - Praćenje prometnog toka
    - Usklađivanje objekata [4]

2.1.1. Analiza podataka i grafički prikaz

GIS alate moguće je primijeniti u rješavanju slijedećih problema:

- Analizi prometne mreže-moguće je rješavanje sljedećih problema na transportnoj mreži:
    - Planiranje najkraćeg puta između bilo kojeg broja čvorova u mreži
    - Odabir lokacije objekta
    - Planiranju obilaska svih čvorova u mreži
- Planiranju prijevoza i praćenju prijevozne potražnje-moguće je pratiti trendove putovanja i promjenu dostupnih prijevoznih kapaciteta. Neke od faza planiranja su:
    - Stvaranje putovanja-procjena broja putovanja ili namjene putovanja u zoni proučavanja.
    - Privlačenje putovanja-predviđanje broja putovanja koja gravitiraju u određenu zonu.
    - Balansiranje putovanja-služe za izjednačavanje broja generiranih i privučenih putovanja.
    - Distribuciju putovanja-služe za predviđanje prostornih uzoraka putovanja ili ostalih tokova između izvora i odredišta.
    - Modalnu razdiobu-služe za analizu i predviđanje izbora koje pojedinac ili grupa donose u izboru prijevoznih sredstava koja se koriste za određena putovanja.
    - Izbor doba dana- moguće je pretvoriti generirana i privučena putovanja u izvore i odredišta, rastaviti matricu 24-satna putovanja u tablicu satnih putovanja, primijeniti čimbenike vršnih opterećenja.
    - Dodjeljivanje prometa-procjena prometnog toka na mreži i uspostavljanje uzoraka prometnog toka te analiziranje točaka zagušenja. Također se može modelirati tranzitni promet kao i prijevoz tereta željeznicom, cestom, zrakom ili brodom.
    - Napredno dodjeljivanje prometa na autocestama- uključuje dodjeljivanje vozila više modova prijevoza, kombinirane distribucije putovanja itd.
- Analizi tranzitnog prometa-naplata tranzita može biti fiksna ili zonska. Koristeći tranzitne mreže i modele naplate, može se izračunati najkraći put i izračunati atributi

tranzitnog puta. Mogu se koristiti odvojene ili potpuno integrirane prometne mreže za nemotorizirani promet, npr. kod analize tranzitne mreže mogu se uključiti i kretanja pješaka. Može se procijeniti broj putnika koji koriste veze u tranzitnoj prometnoj mreži kao funkcija razine usluge u tranzitu. Koristi se za informiranje putnika, planiranje i marketing.

- Logistici i usmjeravanju vozila-moguća je primjena u svim modovima prijevoza i za rješavanje raznih logističkih problema kao što su:
    - Usmjeravanje vozila-rješavanje problema usmjeravanja vozila za dostavu ili prikupljanje robe. Alati se koriste za pripremu ulaznih podataka, odabir prijevozne rute te pruža tablične i grafičke izlaze rezultirajućih ruta i rasporeda vozila. Također je moguće odrediti vremenske periode stajanja vozila, usmjeravanje vozila iz više različitih izvora te upotreba nehomogenog voznog parka. Uz navedeno, mogu se rješavati problemi prikupljanja i dostave istovremeno. Nakon grafičkog prikaza rezultata, može se uređivati ruta da bi se minimiziralo kršenje zadanih vremena prikupljanja/dostave.
    - Usmjeravanje lukova-uključuje probleme pronalaska efikasnog načina putovanja po zadanoj grupi čvorova u mreži. Koristi se kod planiranja ruta za čišćenje ulica, skupljanje otpada, čišćenja snijega, dostave pošte i sličnih operacija.
    - Mrežni protok i analiza distribucije-uključuju efikasnu dostavu robe ili realiziranja usluga. Neki od problema su:
        - Transportni problem: podrazumijeva pronalazak najjeftinijeg rješenja distribucije robe iz skladišta do raznih odredišta.
        - Problem toka minimalnog troška: uključuje kapacitete čvorova u izračun. Koristi se za pronalazak više dostavnih ruta kada je zbog ograničenog kapaciteta nemoguće pronaći najkraći put za cijelu pošiljku.
        - Problem uklapanja: pronalazak najboljeg uklapanja između dvije grupe objekata gdje je moguće minimizirati ili maksimizirati kvantitativne mjere kao što je dodjeljivanje poslova servisnim centrima.
- Upravljanju prostorom i lociranju objekata- služe za odvajanje regija, grupiranje i lociranje objekata. Odvajanje regija moguće je prema kriteriju poštanskih brojeva, županija, ili odvajanje prema nekim drugim karakteristikama. Grupiranje spaja korisnike, pogone ili područja u grupe koje mogu biti efikasno uslužene. Lociranje objekata služi za procjenu troškova i koristi bilo kojeg broja predloženih objekata [5].

Grafički prikaz uključuje prikaz kodiranih mapa prema boji ili uzorku, mape prema gustoći točaka, mape sa prilagođenim prikazom simbola ili mape sa integriranim dijagramima. Grafički prikaz pomaže pri:

- Prikazu jednosmjernih ulica
- Dinamičkom obilježavanje mape pri različitim veličinama prikaza mape
- Prikazu prometnih znakova
- Prikazu mapa sa rutama koje se preklapaju usporedno za bolje razumijevanje
- Prikazu mapa koje prikazuju tokove iz jedne regije u drugu

- Prikazu raskrižja koja ilustriraju protok i dinamiku skretanja [6]

2.1.2. Planiranje prometne potražnje

Pomoću GIS alata moguće je planiranje prometne potražnje koristeći tradicionalni četverostupanjski slijedni agregatni model i njegove varijacije. Četvero stupanjski slijedni agregatni model uključuje četiri faze:

- Stvaranje putovanja-cilj je procjena broja putovanja po svrhama u zadanom području. Postoje četiri glavna modela za predviđanje stvaranja putovanja:
    - Unakrsna klasifikacija- razdvaja se cjelokupna populacija nekog područja u relativno homogene skupine sa sličnim socio-ekonomskim karakteristikama. Zatim se prosječno stvaranje putovanja, mjereno prema kućanstvima ili pojedincu, empirijski procjenjuje za svaku skupinu.
    - Regresijski modeli- postoje dvije metode regresijskih modela. Multivarijabilna zonsko-agregatna i metoda razvrstavanja. Prva metoda koristi podatke agregirane na razini zone sa prosječnim brojem putovanja po kućanstvu unutar zone kao zavisne varijable te prosječne karakteristike zone kao opisne varijable. Druga metoda koristi razvrstane podatke na razini kućanstva ili pojedinca, sa brojem putovanja prema kućanstvima ili pojedincu kao zavisna varijabla te karakteristike kućanstva ili pojedinca kao opisna varijabla.
    - Modeli diskretnog izbora- koriste razvrstane podatke na razini kućanstva ili pojedinca za procjenu vjerojatnosti da će kućanstvo ili pojedinac generirati putovanje.
    - Sinteza populacije- moguće je generirati objedinjenu populaciju čije se stvaranje putovanja može predvidjeti mikrosimulacijama [7].

- Prostorna razdioba putovanja- modeli prostorne razdiobe putovanja koriste se za predviđanje prostornih uzoraka putovanja ili ostalih tokova između izvora i odredišta. GIS alatima moguće je implementirati metode rasta, primijeniti prethodne gravitacijske modele te primijeniti nove parametre.
- Načinska podjela putovanja- koristi se za analizu i predviđanje izbora moda prijevoza koji donosi grupa ili pojedinac. Glavni cilj je izračun udjela putovanja prema modovima prijevoza u ukupnom broju putovanja. Još jedan od glavnih ciljeva je izračun broja putovanja privučenih javnom prijevozu.
- Pripisivanje prometa- zadnji korak u četverostupanjskom slijednom agregatnom modelu gdje se ukupni promet pripisuje postojećoj infrastrukturi. Postoji nekoliko metoda pripisivanja, neke od njih su:
    - Multimodalno pripisivanje
    - Ravnoteža izvornih korisnika
    - Pripisivanje temeljeno na putanji
    - Višenamjensko pripisivanje
    - Pripisivanje kombinirane distribucije
    - Pripisivanje sa prometnim znakovima
    - Pripisivanje dinamičke ravnoteže [7]

2.2. PRIMJENA GEOGRAFSKIH INFORMACIJSKIH SUSTAVA U RAZLIČITIM SEKTORIMA

Geografski informacijski sustavi nalaze primjenu se u različitim sektorima ljudskih djelatnosti. U ovom poglavlju analizirat će se neke od primjena GIS-a kao što su hitne intervencije, procjene rizika te energetika.

2.2.1. Primjena geografskih informacijskih sustava u sektoru hitnih službi

Hitne intervencije sastoje se od strategija i akcija koje se poduzimaju za rješavanje hitnih situacija kao što su policijske intervencije, intervencije u slučaju poplava, požara, sudara, pljački te ostalih kriznih situacija. Ključan faktor u rješavanju kriznih situacija je što kraće vrijeme odziva hitnih službi.

Upravljanje kriznim situacijama i spašavanje glavnim se dijelom oslanja na prostorne informacije. Osoblje mora imati informacije o okruženju i dostupnim resursima kao što su lokacija intervencije i stanje okruženja. Primjena sustava hitnih službi baziranih na geografskim informacijskim sustavima znatno poboljšava preciznost te smanjuje vrijeme odziva hitnih službi što može spasiti ljudske živote. Takav sustav također može upravljati i samim procesom hitne intervencije[8].

- **Pozicioniranje kriznih lokacija**

Prilikom intervencije obično se adresa prikazuje na elektroničkoj mapi. Da bi se navedeni podaci prikazali na mapi , sustav treba dodijeliti geografske koordinate tom zapisu, što se naziva adresno kodiranje. Standardna baza podataka sadrži pohranjene adresne kodove, uključujući i tablicu kodova i adresnu tablicu. Nakon što se unese adresa, prvo se znakovni niz adrese podijeli na dijelove. Nakon toga sustav obavlja pridruživanje adrese i koda u bazi podataka te prikazuje adresu na mapi, čime se završava adresno pozicioniranje.

- **Procjena okruženja**

Procjena okruženja bitna je za poslove policijske službe. Kada se oglasi alarm, sustav treba automatski osvježiti mapu te prikazati distribuciju policijskih vozila, ambulantnih vozila ili bolnica na području. Tada se vozila mogu rasporediti u skladu sa prikazanim informacijama. Također se mogu analizirati i naći optimalne rute za rješavanje krizne situacije.

- **Praćenje u stvarnom vremenu pomoću GPS-a**

Praćenje u stvarnom vremenu iskorištava GPS uređaj u vozilu za slanje pozicije nadzornom centru pomoću globalnog sustava za mobilne komunikacije (Global System for Mobile Communications-GSM). Nakon primanja pozicijskih koordinata, nadzorni centar označava poziciju vozila na mapi. GPS/GSM sustav se sastoji od tri komponente:

  - GPS komponenta-uključuje GPS odašiljače i prijemnike
  - GSM komponenta-uključuje komunikacijski uređaj, GSM odašiljač, GSM mrežu i odgovarajuće dijelove za žičanu komunikaciju

- GIS komponenta-uključuje fizičke servere, upravljačke programe, mape, baze podataka itd.

Nadzorni centar vidi lokaciju vozila na mapi te označenu rutu kretanja vozila te može davati instrukcije, kao što je prikazano na slici 2-1. GPS uređaji mogu odašiljati nadzornom centru informacije kao što su dimenzije, brzina i smjer kretanja vozila. Vozila mogu biti opremljena uređajima koji za vrijeme hitne intervencije automatski šalju lokaciju vozila te se ona automatski prikazuje na mapi [8].

- **Video nadzor**

Informacije koje odašilju kamere za video nadzor kao što su pozicija svake kamere i njezini parametri, također mogu biti prikazane na mapi. Video snimke pojedine kamere na mapi dostupne su u bilo kojem trenutku osoblju u nadzornom centru, bilo da se radi o video prijenosu uživo ili snimkama.

- **Planiranje odziva hitnih službi**

Planiranje odziva hitnih službi je ključni dio sustava upravljanja kriznim situacijama. Prilikom provođenja hitne intervencije, tekstualna komunikacija nije dovoljna. Da bi se uspješno riješila krizna situacija, informacije moraju biti predočene i u grafičkom obliku, što GIS sustav uspješno nudi [8].



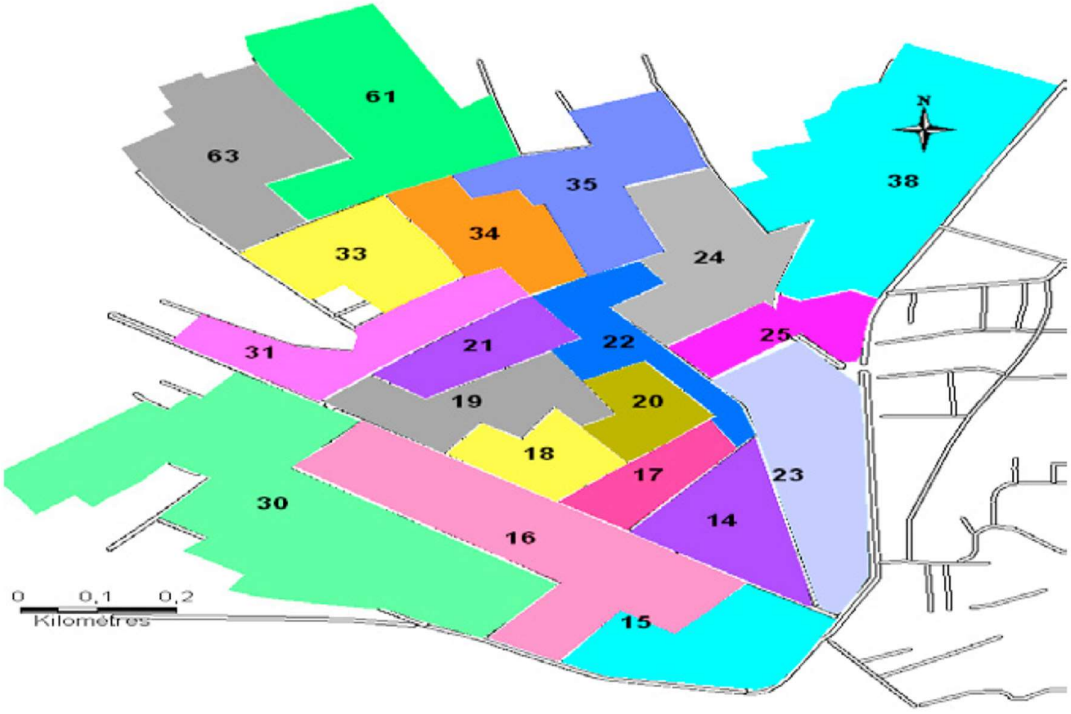
Slika 2-1. Praćenje vozila hitnih službi u stvarnom vremenu

Izvor: [9]

2.2.2. Primjena geografskih informacijskih sustava u procjeni rizika od potresa

Potresi uzrokuju velike ekonomske i ekološke štete, te u nekim slučajevima postoje i ljudske žrtve. Predviđanje potresa vrlo je zahtjevan, gotovo nemoguć proces, čak i uz primjenu najsuvremenije tehnologije. Jedan od načina ublažavanje nepovoljnih posljedica potresa je izgradnja građevina koje mogu izdržati potres, dok većina starijih građevina nisu građene da bi izdržale razorne potrese. Da bi se procijenio rizik od potresa, moguće je koristiti neke od alata GIS-a [10].

Procjena rizika od potresa pomoću GIS-a izvedena je u Alžiru, u gradu Blida, gdje je uže gradsko središte podijeljeno u 20 zona kao što je prikazano na slici 2-2.



Slika 2-2. Gradsko središte podijeljeno u zone pomoću GIS-a

Izvor: [10]

Studija je podijeljena na dva dijela. U prvom dijelu procjenjuje se rizik ako je epicentar potresa magnitude 7 stupnjeva po Richterovoj ljestvici u samom centru grada, dok se u drugom dijelu epicentar nalazi 15 kilometara od centra grada. Nakon analize pomoću GIS alata za prvi dio studije, dobiven je broj od ukupno 370 građevina, od kojih 300 zidanih građevina te 70 građevina od armiranog betona. Na slici 2-3. prikazane su građevine prema stupnju otpornosti na potrese. Narančasta i crvena boja označavaju građevine koje ne mogu izdržati simulirani potres, dok su zelenom bojom označene građevine koje mogu. Ukupan broj građevina označenih zelenom bojom ima 69, narančastom 10, te 291 crvenom bojom.

U drugom slučaju, kada je epicentar potresa udaljen 15 kilometara od centra grada, broj građevina označenih zelenom bojom ima 71, narančastom 192, te 107 građevina označeno crvenom bojom. U ovom slučaju broj građevina koje su označene crvenom bojom te predstavljaju veliki rizik u slučaju potresa, smanjen je sa 291 u prvom slučaju na 107 iz razloga što se razmatra potres sa epicentrom udaljenim 15 kilometara od centra grada. Pomoću GIS alata ocjenjena je ranjivost na potrese pojedinog područja na temelju učinjene štete te prema broju stanovnika pojedinog područja [10].



Slika 2-3. Klasifikacija građevina prema otpornosti na potrese pomoću GIS-a

Izvor: [10]

Ovom studijom ukazalo se na potencijalno opasne građevine u slučaju potresa. Stara jezgra grada gdje se nalaze stare, zidane građevine sa uskim ulicama predstavljaju najveću opasnost prilikom potresa.

2.2.3. Primjena geografskih informacijskih sustava u obnovljivim izvorima energije

Upotreba GIS alata nalazi sve veću primjenu u obnovljivim izvorima energije. Neki od smjerova primjene su:

- Označavanje potencijala korištenja obnovljivih izvora energije
- Prikaz podataka vezanih za iskorištenje energije na više razina (lokalna, regionalna, nacionalna ili globalna razina)
- Dizajn i praćenje elektrana za iskorištenje obnovljivih izvora energije

GIS alati se koriste za dobivanje specifičnih izvještaja ili mapa vezanih uz energiju vjetra, kao što je lociranje vjetroelektrana. GIS alati sastavljeni su od grafičke baze podataka te povezane tekstualne baze podataka. Te dvije baze su međusobno povezne. Ključni podaci koji su potrebni za GIS alat su slijedeći:

- Mape/planovi promatranog područja
- Geotehničke mape
- Planovi koji sadrže podatke o vlasništvu i namjeni površina
- Modeli vjetra koji se koriste za izradu karta vjetrova (mogu se izraditi za različite visine)
- Mape koje sadrže podatke o smjerovima letenja ptica
- Planovi postojeće infrastrukture na koju se može priključiti planirana elektrana

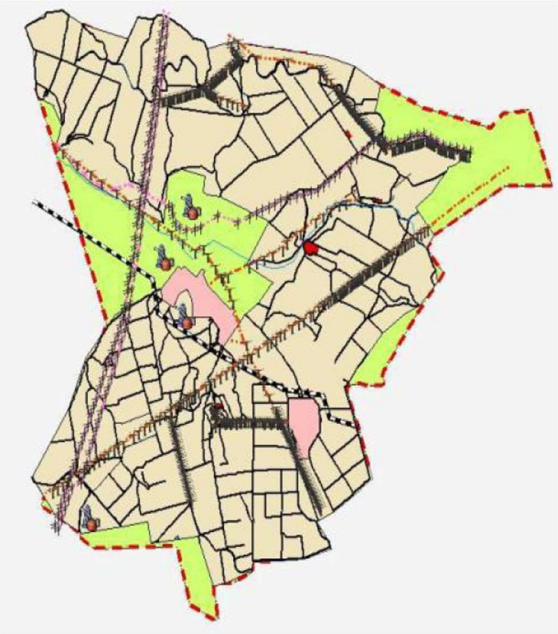
Svi tematski slojevi moraju biti predani u istom referentnom obliku, jer njihovo preklapanje mora tvoriti model koji najbliže prezentira stvarno stanje. Oblici podataka koji se koriste u bazama podataka mogu biti pohranjeni kao brojevi, znakovni nizovi ili u geometrijskom obliku. Ovisno o namjeni, mogu se koristiti i drugačiji oblici pohrane. Isti element može biti drugačije prezentiran, kao točka ili linija uz uvjet da jedan oblik može točnije prikazati podatke od drugog. Dizajn same baze podataka uključuje fizički i logički aspekt. Fizički aspekt uključuje rješavanje vrijeme odziva baze i njezinog kapaciteta, dok logički aspekt uključuje dizajn veze entiteta i njegovih atributa.

Za rješavanje problema lociranja vjetroturbina potrebno je prikupiti informacije o reljefu, flori i fauni te o vjetru. Potrebno je znati podatke o temperaturi zraka (promjene temperature tijekom dana i noći), zatim o smjerovima vjetra koji puše (najčešće se uzimaju povijesni podaci). Također treba prikupiti podatke o ekosustavu (šume i vegetacija, vodni ekosustavi itd.) [11].

Podaci koji se koriste u GIS alatima za problem lociranja vjetroturbina su:

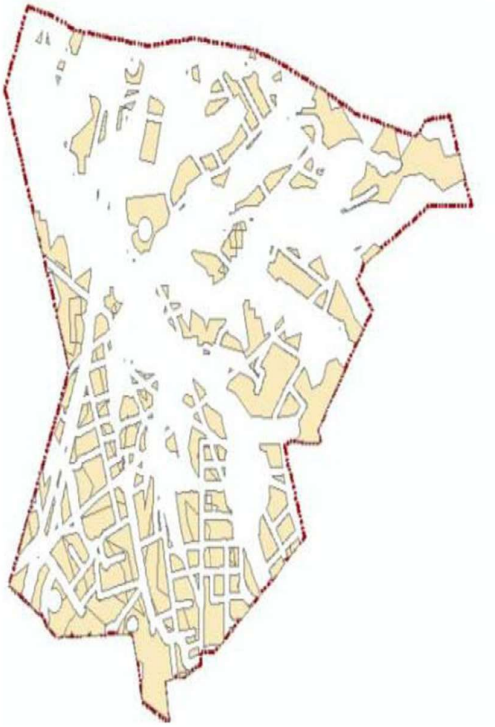
- Mjereni podaci- mjerenja se obavljaju korištenjem klasičnih instrumenata
- Podaci iz prošlih projekata
- Topografske mape
- Model digitalnog terena
- Ortofoto plan
- Mapa brzine vjetrova i broj ekvivalentnih sati

GIS alati mogu pomoću prethodno navedenih podataka dati iste rezultate kao i specijalizirani alati za rješavanje problema lociranja vjetroelektrana. Nakon obrade podataka i spajanja dva sloja (sloj koji prikazuje brzinu vjetra i sloj koji prikazuje ekvivalentne sate puhanja vjetra) dobije se konačni rezultat za smještanje vjetroturbina. Slika 2-4. prikazuje primjer polazne mape koja prikazuje teren i smjer puhanja vjetra, dok slika 2-5. prikazuje konačnu mapu sa povoljnim lokacijama za smještanje vjetroturbina.



Slika 2-4. Polazna mapa s podacima

Izvor: [11]



Slika 2-5. Prikaz rezultata

Izvor: [11]

3. PLANIRANJE JAVNOG PRIJEVOZA

Operativni troškovi javnog gradskog prijevoza sve su veći zbog toga što se gradovi neprestano šire, te je vidljiv trend pada potražnje za javnim prijevozom. Stanovnici ruralnih područja često su u situaciji nemogućnosti korištenja javnog prijevoza iz razloga što je on nedostupan te se okreću korištenju osobnih vozila.

3.1. Javni prijevoz u urbanim područjima

Čimbenici koji utječu na proces planiranja javnog prijevoza u urbanim područjima su sljedeći:

- Proces decentralizacije gradova - namjena javnog gradskog prijevoza podrazumijeva opsluživanje gusto naseljenih područja. Decentralizacijom se postiže efekt sve težeg funkcioniranja javnog gradskog prometa, uz povećanje srednje duljine putovanja te operativnih troškova.
- Krutost u operativnoj upotrebi - krutost podrazumijeva nemogućnost prilagođavanja sustava na eventualne promjene te nakon nekog vremenskog perioda usluga postaje neatraktivna korisnicima.
- Povezivanje s ostalim načinima prijevoza – U praksi se često javlja slučaj da je javni prijevoz odvojen od ostalih načina putovanja. Većina putnika preferira direktne načine putovanja bez transfera na drugi način putovanja, što bi za posljedicu imalo smanjenje troškova.
- Konkurentnost – Budući da je glavna konkurencija javnom prijevozu prijevoz osobnim vozilom, javni prijevoz sve više gubi udio u ukupnom prometu.
- Trošak prijevoza i prijevozne tarife – Javnim prijevozom i njegovom strukturom naplate potiču se dulja putovanja. Tarife temeljene na udaljenosti su bolji izbor za korisnike, te bi se pomoću informacijsko-komunikacijskih sustava (Information and communication technology-ICT) one mogle i realizirati.
- Fiksni troškovi – Budući da je javni gradski prijevoz subvencioniran od strane države ili lokalnih uprava, sami troškovi ne utječu na tarifni sustav. Zbog obveza isplaćivanja plaća i naknada zaposlenicima , nužno je podići cijene prijevoza što se krši sa namjerom da se gradski prijevoz masovnije koristi.

Prilikom izgradnje postojeće infrastrukture planirani kapaciteti i namjena nisu bili predviđeni za današnje stanje. Zbog toga se infrastruktura nastoji logističkim pristupom prilagoditi današnjem stanju. Zbog neplanske izgradnje infrastrukture dolazi do poremećaja u cijelom prometnom sustavu kao što su vremenski gubici, povećano zagađenje okoliša, stres kod putnika te smanjenom sigurnošću prometa [12]. Da bi se ublažile prethodno navedene negativne posljedice pri planiranju prijevozne usluge potrebno je postići sljedeće ciljeve:

- Izvršiti maksimalni prijevozni rad - Podrazumijeva broj ostvarenih putničkih kilometara ili broj putovanja u koje su uključeni brzina, praktičnost, sigurnost, pouzdanost itd.
- Postići maksimalnu operativnu učinkovitost – Prikazuje minimalnu ukupnu cijenu sustava u izgradnji, implementaciji i operativnoj upotrebi.

- Pozitivno utjecati na cjelokupni prometni sustav – Utjecaj na prometnu politiku grada može se vidjeti u kratkoročnim i dugoročnim ciljevima. Kratkoročni predstavljaju postizanje trenutnih efekata kao što je smanjenje zagušenja na prometnicama, dok dugoročni ciljevi predstavljaju poboljšanje kvalitete života ili povećanje ukupne mobilnosti stanovništva.

Da bi proces planiranja prijevoza bio što točniji, podaci koji se prikupljaju analizom su:

- Podaci o putnicima i putovanjima
- Upotreba zemljišta i organizacija prostora
- Podaci o prometnoj mreži
- Podaci alternativnim načinima prijevoza i njihove karakteristike
- Modalna razdioba putovanja
- Postojeći i dostupni modeli upravljanja prijevoznom potražnjom

U Republici Hrvatskoj osnovni dokumenti kojima se uređuje namjena prostora dijele se na strateške i provedbene dokumente. Strateški dokumenti su: Strategija prostornog razvoja i Program prostornog uređenja Republike Hrvatske, prostorni plan područja posebnih obilježja, prostorni plan županije odnosno Grada Zagreba i prostorni plan uređenja velikog grada, grada ili općine. Provedbeni dokumenti su: urbanistički plan uređenja i detaljni plan uređenja.

Baze podataka za planiranje prijevoznih operacija moraju sadržavati sljedeće podatke:

- Podaci o infrastrukturi – postaje i oprema, prometna signalizacija, podaci o trasama, garažama itd.
- Podaci o vozilima - dimenzije, oblik, performanse, starost i stanje vozila, učestalost kvarova
- Uvjete pri obavljanju linijskog prijevoza – regulacija prometa, koordinacija vozila javnog prijevoza s ostalim vozilima, brzine vozila, vremena čekanja i pouzdanost usluge
- Vrste pruženih usluga i vozni redovi za sve vrste prijevoznih usluga
- Korištenje usluga – ukrcaj i iskrcaj putnika, protok putnika, duljine putovanja i vremenske fluktuacije, generiranje putovanja prema različitim potrebama putnika
- Informacije o izvanrednim događajima tijekom prijevoza, metode naplate i vrste prijevoznih karata, udobnost vožnje [12]

Baze podataka ažuriraju se novim podacima periodično ili kontinuirano, na uzorku ili cijelom skupu. Prikupljanje podataka može se provoditi u različitim vremenskim periodima:

- Mjerenje jednom mjesečno kako bi se dobile mjesečne varijacije
- Mjerenje svakih pet godina gdje se vrši mjerenje u jednom tjednu i na nekoliko određenih linija
- Godišnje mjerenje se najčešće vrši tijekom vršnih opterećenja duž cijele linije

Vrste mjerenja (istraživanja) mogu biti:

- Istraživanje prijevozne brzine i zastoja – ovim istraživanjem utvrđuje se vremenska raspodjela putovanja. U obzir se uzima vrijeme vožnje, vrijeme stajanja i vrijeme izmjene putnika. Vrijeme vožnje i stajanja koristi se za izračun eksploatacijske brzine i pouzdanost usluge. Osobe koje provode istraživanje voze se u prednjem dijelu vozila kako bi mogle uočiti razloge usporavanja i zaustavljanja. Mjerenje se provodi na uzorku od nekoliko vožnji dnevno u periodu od tjedan dana. Osim ručnog mjerenja, podaci se mogu prikupljati automatiziranim putem. Za takvu vrstu mjerenja potrebno je spojiti računalo na izvor pogona vozila te na mehanizam za otvaranje vrata. Uz prethodno navedene postupke, mjerenje se može izvršiti i pomoću GPS sustava gdje se podaci dobivaju u realnom vremenu te se cijeli proces vožnje može automatski pratiti. Nakon prikupljanja podataka slijedi statistička obrada podataka, utvrđivanje prosječnih vremena putovanja te se prikazuje pouzdanost sustava. Statistički podaci se, uz navedeno, upotrebljavaju i za kontrolu realizacije voznog reda.
- Protok putnika – brojanje putnika služi za određivanje maksimalnog protoka, variranje protoka i analizu kvalitete usluge. Brojanje se provodi kroz nekoliko točaka uzduž trase, najčešće linije s velikom brojem putnika da bi se dobio maksimalni protok. Na svakoj točki brojanja nalazi se jedan promatrač, osim u slučaju opterećene linije ili na većim postajama/terminalima, gdje je potreban veći broj promatrača. Promatrači obično, zbog brze izmjene putnika i kratkog vremena stajanja vozila, moraju raditi brze procjene broja putnika koji su ušli/izašli iz vozila. Da bi brojanje bilo čim točnije, promatrači moraju znati podatke o kapacitetu vozila te broj sjedećih mjesta kako bi mogli lakše procijeniti broj putnika u vozilu. Promatrači pomoću elektroničkog rekordera ili posebnim obrascem bilježe:
    - Liniju, lokaciju, kapacitet vozila, datum i dan, vrijeme brojanja, vremenske uvjete, ime promatrača i bilješke
    - Oznaku vozila, dolazak prema voznom redu i stvarni dolazak te broj ukrcanih i iskrcanih putnika

  Naknadnom analizom prikupljenih podataka mogu se dobiti podaci za vršna opterećenja te mogu poslužiti za izradu voznog reda.
- Brojanje ulazaka i izlazaka putnika – brojanje se vrši na svakoj stanici uzduž linije. Dobiveni podaci o broju putnika prema stanicama te opterećenje vozila po dionicama linije koristi se za izračun raspodjele duljine putovanja putnika i učinak linije za bilo koji sat u danu izražen u putničkim kilometrima. Prikupljeni podaci služe za izradu voznog reda, odluke o produljenju ili skraćenju linije, dodavanje novih postaja ili izbacivanje starih te za analizu vožnje prijevoznog sredstva [12]. Ovakav proces iziskuje visoka financijska sredstva pa njegov odabir ovisi o potrebama za konkretnim podacima. U procesu brojanja koriste se posebni listovi za smjerove vozila na liniji ili za jedan obrt vozila. Nakon završetka procesa, prikupljaju se svi obrasci iz svih prijevoznih sredstava, razvrstani po vremenskim periodima. Da bi se smanjilo osoblje potrebno za provedbu cijelog procesa, mogu se koristit automatski uređaji za brojanje putnika kao što su ručni rekorderi, prijenosna računala, automatski skeneri ili detektori pritiska u vozilima. Najpouzdanije i najtočnije brojanje putnika izvedeno je u modernim brzim prijevoznim sustavima, opremljenim s računalno kontroliranim naplatnim

vratima i potpuno kontroliranim postajama, gdje svaki putnik prislanja karticu pri ulasku i izlasku iz vozila.

- Ostale vrste istraživanja – mogu se koristit kao dodatak prethodno navedenim vrstama istraživanja. Neka od njih su:
    - Prijelaz putnika – informacije o prelasku putnika koriste se za razvrstavanje putnika koje za svoje putovanje koriste dvije ili više linija od putnika koji koriste samo jednu liniju. Takve informacije korisne su za planiranje vrste naplate prijevoza.
    - Korištenje vrsta naplate – sortiranje putnika prema vrsti naplate koju koriste služi za analizu strukture naplate i načina naplate. Često se javlja kod lakotračničkih sustava koji imaju otvorene postaje i istovremeni ulazak i izlazak putnika na više vrata.
    - Informacije o putovanjima – uključuju podatke o početnim i krajnjim postajama putnika te uključuju udaljenost od postaje i način pristupa.
    - Odabir načina prijevoza – uključuje podatke o karakteristikama i željama putnika prilikom odabira prijevoza s obzirom na udaljenost, brzinu, pouzdanost i cijenu.
    - Istraživanje korištenja voznih redova – Usporedbom vremena dolaska putnika na postaju sa vremenom polaska vozila prema voznom redu ukazuje kako putnici koriste vozni red i kako su oni usklađeni s potrebama putnika. U ovo istraživanje ulazi odstupanje realiziranog dolaska ili polaska vozila od planiranog voznog reda [12].

3.2. Javni prijevoz u ruralnim područjima

U ruralnim područjima javlja se trend sve većeg smanjenja populacije i rast prosječne starosti stanovništva. Zbog toga se ne može jamčiti visoka razina usluge javnog prijevoza te se postepeno povlače usluge od javnog interesa i komercijalni sadržaji. Zahtjevi za povećanom mobilnošću uzrokovani su povećanjem udaljenosti do škola, zdravstvenih ustanova i trgovina. Prema strategiji Europa 2020., potrebno je smanjiti broj putovanja prema većim gradovima osobnim vozilima. Kako se smanjuje broj stanovnika u ruralnim područjima, tako se smanjuju i sredstva za financiranje javnog prijevoza u ruralnim područjima. Ruralna područja smještena su izvan urbanih sredina te ih karakteriziraju termini poput ruralno identiteta zajednice, poljoprivredno i šumsko područje te niska gustoća naseljenosti. U udaljenim područjima javlja se ograničena mogućnost korištenja javnog prijevoza. Zbog prethodno navedenog i zbog disperziranost odredišta, stanovništvo ruralnih područja u prosjeku više pješači nego gradsko stanovništvo [13].

Zbog disperziranost odredišta, stanovnici ruralnih područja imaju tendenciju svakodnevnog korištenja osobnog automobila, čime se smanjuje njihova potreba za korištenjem javnog prijevoza. Pri planiranju prijevozne usluge u ruralnim područjima potrebno je razlikovati ruralnu zajednicu temeljene na ruralnoj egzistenciji i zajednice u kojoj veći dio stanovništva svakodnevno putuje u urbane sredine zbog posla. Stanovništvo prigradskih ruralnih područja imaju pristup svim važnijim dijelovima grada (škole, bolnice, sportski objekti), dok se ruralno orijentirane zajednice udaljavaju od urbanih središta te zbog toga imaju

lošiji pristup uslugama a u nekim slučajevima čak i nemaju pristupa. Nedostupnost javnog prijevoza veliki je problem ruralnih područja, a tamo gdje je dostupan često nije u funkciji tijekom dana, osobito noću.

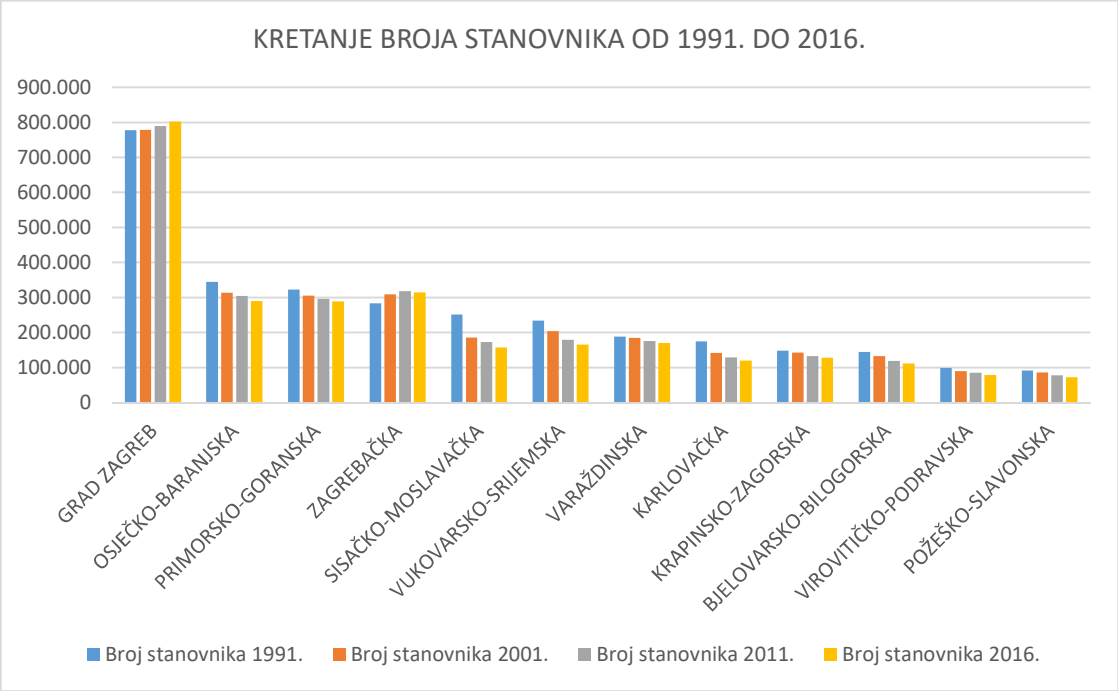
Jedan od glavnih problema ruralnog prometa je nedostatak alternativnih oblika prijevoza kao što je željeznički prijevoz koji bi omogućio jednostavnije pristup stanovnicima urbanim područjima. Također, javlja se problem otežanog pristupa stajalištima i terminalima, gdje su pojedini objekti udaljeni najmanje jedan kilometar od mjesta stanovanja putnika.

Uzrok sve većem smanjenju broja stanovnika u europskim ruralnim područjima su ekonomski procesi, starenje stanovništva te migracije mlađeg stanovništva u potrazi za boljim poslovnim prilikama. U tablici 1. prikazan je broj stanovnika po županijama u Republici Hrvatskoj. U grafu 1. vidljivo je da broj stanovnika pada u svim županijama osim u najrazvijenijoj: gradu Zagrebu.

Tablica 3-1. Broj stanovnika po županijama od 1991. do 2016.

ŽUPANIJA	Broj stanovnika 1991.	Broj stanovnika 2001.	Broj stanovnika 2011.	Broj stanovnika 2016.
GRAD ZAGREB	777.826	779.145	790.017	802.338
OSJEČKO-BARANJSKA	344.187	313.406	305.032	290.412
PRIMORSKO-GORANSKA	323.130	305.505	296.195	289.479
ZAGREBAČKA	283.298	309.696	317.606	314.549
SISAČKO-MOSLAVAČKA	251.332	185.387	172.439	157.204
VUKOVARSKO-SRIJEMSKA	234.241	204.768	179.521	165.799
VARAŽDINSKA	187.853	184.769	175.951	170.563
KARLOVAČKA	174.185	141.787	128.899	120.321
KRAPINSKO-ZAGORSKA	148.778	142.432	132.892	127.748
BJELOVARSKO-BILOGORSKA	144.042	133.084	119.764	111.867
VIROVITIČKO-PODRAVSKA	98.999	90.031	84.836	79.111
POŽEŠKO-SLAVONSKA	92.300	85.831	78.034	71.920

Izvor: Uredio autor prema: [13], [14]



Grafikon 3-1. Kretanje broja stanovnika od 1991. do 2016.

Izvor: Uredio autor prema: [13], [14]

Na iseljavanje iz ruralnih sredina, posebice mladih, utječe pristup visokim obrazovnim ustanovama ukoliko prometni sustav nije prilagođen njihovim potrebama. Usluge javnog prijevoza često nemaju posebna financijska sredstva jer proračuni nadležnih uprava pokrivaju samo redovite prijevozne usluge te nema dovoljno sredstava za financiranje alternativnih oblika prijevoza. Javlja se trend povećanja osobnih vozila a samim time i pada potražnja za javnim prijevozom. Prijevozni sustavi nisu kvalitetni zbog nedostatka suradnje između nadležnih uprava, javnih institucija te gospodarskih i negospodarskih subjekata.

Budući da su izvangradska naselja prostorno disperzirana, prijevoz se odvija na većim udaljenostima i sa dužim vremenima putovanja. Željeznička i cestovna infrastruktura su uglavnom lošije u odnosu na infrastrukturu urbanih područja. Da bi se taj odnos izjednačio, potrebna su financijska ulaganja što često nije moguće. Glavna prepreka, kao što je već navedeno, je prostorna disperziranost naselja te zbog toga nije moguće ostvariti ekonomski isplativu prijevoznu uslugu. Moguće je ostvariti alternative prijevozne usluge koje nemaju fiksne rute i vozne redove te se mogu grupirati prema namjeni putovanja i samim time se povećava popunjenost vozila [13].

Europska Unija je, za povećanje mobilnosti stanovnika u urbanim područjima, pokrenula projekt pod nazivom „Ruralna mobilnost u europskim zemljama pogođenim

demografskim promjenama“ (Rural Mobility in European Regions affected by Demographic Change-RUMOBIL). Projekt se počeo provoditi u lipnju 2016. te se očekuje završetak sredinom 2019. godine. Obuhvaća sedam zemalja Europe te 16 partnera. Projekt obuhvaća suradnju javnih tijela i prijevozničkih poduzeća. Cilj je prilagodba na promjene u regionalnom javnom prijevozu nastalih zbog demografskih promjena. Projekt osigurava sudionicima platformu za razmjenu znanja i omogućava učenje kroz pokusne projekte radi prilagodbe zahtjevima mobilnosti. Sudionik projekta iz Hrvatske su Hrvatske željeznice-Putnički prijevoz (HŽPP) koji će stečeno iskustvo primijeniti na željeznički pravac koji povezuje ruralna područja Karlovačke županije sa zdravstvenim, školskim i trgovačkim središtima grada Zagreba [13].

4. GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SUSTAVI KAO POMOĆNI ALAT U PLANIRANJU JAVNOG PRIJEVOZA

Geografski informacijski sustavi imaju sve veću ulogu pri planiranju i rješavanju gotovo svih prometnih problema. U nastavku će se prikazati neki od alata i njihova primjena za poboljšanje postojećih prometnih sustava. Također će se prikazati i korištenje Geografskih informacijskih sustava u kombinaciji sa drugim softverskim alatima.

4.1. Prednosti geografskih informacijskih sustava u planiranju javnog prijevoza

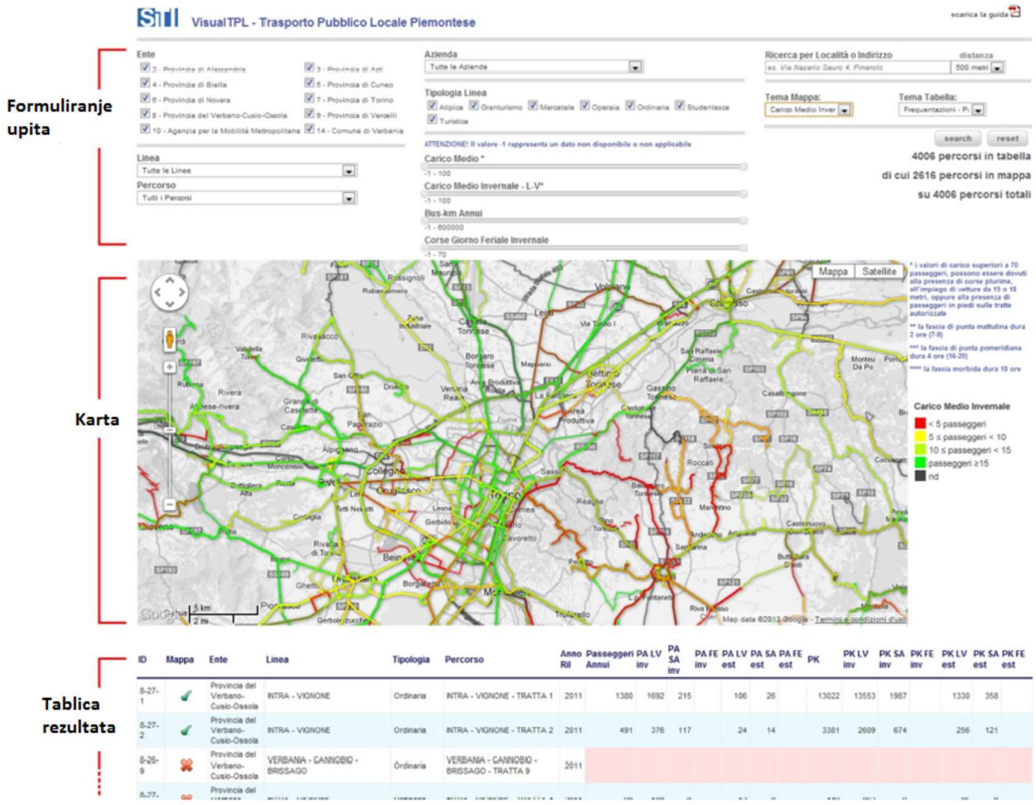
Prednosti Geografskih informacijskih sustava je njihova jednostavnost pri prikazu željenih rezultata istraživanja te njihovo lakše provođenje. U ovom poglavlju prikazat će se GIS alati i matematički modeli bazirani na GIS-u, posebno razvijeni za rješavanje određenih problema javnog prijevoza.

4.1.1. Alat Visual TPL

U ovom poglavlju prikazat će se alat za analizu podataka, Visual TPL, temeljen na GIS-u. Korištenjem ovog alata moguće je obrađivati velike količine podataka iz baza podataka javnog prijevoza, zatim detektiranje problema efektivnosti i efikasnosti vezanih za javni prijevoz. Alat je razvijen za potrebe analiziranja 4000 autobusnih ruta u talijanskoj regiji Pijemont, gdje je svaka opisana sa 70 atributa. Sučelje alata organizirano je u tri razine. Prva razina uključuje sučelje za formuliranje upita, filtriranje podataka te odabir preferiranih atributa. Filtriranje podataka može se izvršiti prema slijedećim parametrima:

- Ugovornim i izvršnim tijelima
- Autobusnim linijama
- Pojedinačnim prijevoznim rutama
- Operatorima
- Topologiji rute (uobičajena, školska, radnička, turistička itd.)
- Prosječnom vremenu vožnje
- Prosječnom vremenu vožnje u zimskim mjesecima
- Prijeđenim putničkim kilometrima

Linije mogu biti označene ovisno o kombinaciji izabranih atributa. Druga razina uključuje kartu, koja prikazuje podatke odabrane u prvoj razini. Treća razina prikazuje filtrirane rezultate, organizirane u tablice [15]. Na slici 4-1. prikazane su prethodno navedene razine.



Slika 4-1. Sučelje alata Visual TPL

Izvor:[15]

4.1.2. Evaluacijska metoda dostupnosti javnog prijevoza urbanog prostora upotrebom GIS alata

Da bi se izračunala dostupnost javnog prijevoza i njegove različitosti u pojedinim regijama, razvijen je novi koncept pod nazivom „Dostupnost javnog prijevoza“ (Area Public Transit Accesssibility-APTA). Ovaj koncept se temelji na putničkim navikama putovanja, hipotezi psihologije putovanja te području opsluživanja mreže javnog prijevoza i cestovne mreže. Ova metoda je primijenjena za evaluaciju dostupnosti svake prometne zone u pekinškom okrugu Chaoyang.

Primarni cilj svakog prometnog zahvata je rješavanje prometnih zagušenja u javnom prijevozu. Ipak, mali broj servisa javnog prijevoza je glavni razlog za ograničavanje njegovog razvoja. Glavna potreba putnika javnog prijevoza njegova dostupnost [16].

Zbog sve većeg zagovaranja javnog prijevoza, proučavanje njegove dostupnosti je od presudne važnosti, ponajprije vremenska i prostorna dostupnost. Širenjem gradova i urbanih područja, sve više ljudi uzima u obzir dostupnost perifernih dijelova grada, prilikom izbora mjesta za život. Takvi slučajevi trebaju matematički model za izračun dostupnosti. U nastavku će se prikazati izračun dostupnosti javnog prijevoza u 30 zona prethodno navedenog okruga pomoću GIS alata.

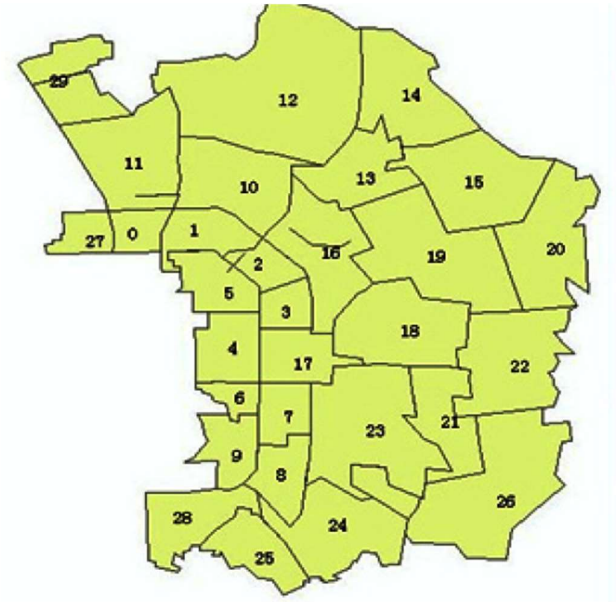
Dostupnost je širok pojam. Sadrži vrijeme, prostor te uključuje čak i sociologiju i psihologiju. APTA je definirana kao stupanj prikladnosti (udobnosti) za putnike koji putuju javnim prijevozom iz jedne zone u drugu.

APTA uključuje sljedeće pretpostavke i definicije:

- Hipoteza putovanja- Bilo da se radi o transferu ili ne, dostupnost javnog prijevoza dijeli se direktnu dostupnost i transfernu dostupnost. Putnici mogu tolerirati najviše 3 presjedanja, stoga se za potrebe istraživanja dostupnost javnog prijevoza dijeli na četiri kategorije: jedan, dva, tri i višestruka dostupnost, ekvivalentno putničkim presjedanjima: nula puta (direktna linija do odredišta), presjedanje jednom, dva ili višestruko presjedanje da bi se stiglo do konačnog odredišta.
- Hipoteza područja opsluživanja autobusne linije- Pretpostavlja se da autobusna linija privlači putnike u obliku trake širine 500 metara od linije te da su putnici ravnomjerno distribuirani po zoni privlačenja.

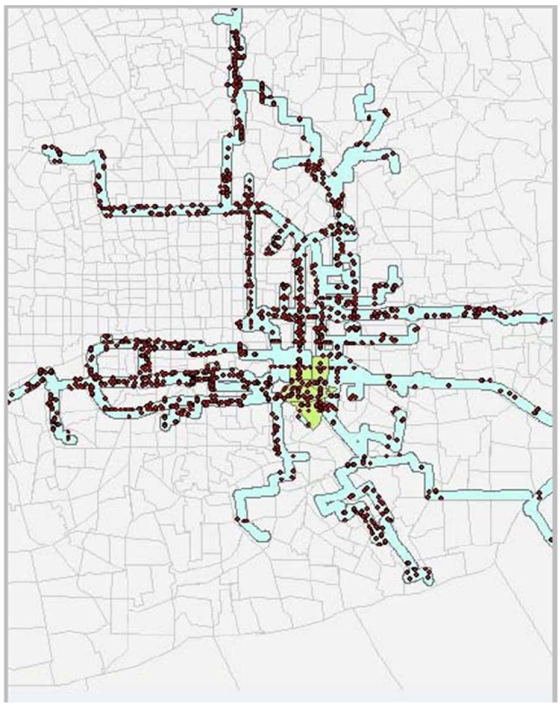
Pomoću GIS alata potrebno je napraviti kartu zonske raspodjele, prikazane na slici 4-2., te kreirati „Buffer-e“ udaljenosti 300 metara, prikazano na slici 4-3.

Nakon obrade podataka u GIS-u, dobivene su APTA vrijednosti. Kao što je prikazano na slici 4-4., dostupnost javnog prijevoza pada od centru prema perifernom dijelu okruga. Razlog tome je što se u centru okruga nalaze brojne znamenitosti koje posjećuje mnogo turista, sa mnogim autobusnim linijama koje prolaze kroz centar sa mnogo autobusnih stajališta, pa je samim time i veća APTA vrijednost. Za provjeru rezultata, korišten je udio putovanja javnim prijevozom u ukupnom prometu, prikazan na slici 4-5. Uspoređujući slike 4-4. i 4-5., vidljivo je da se APTA distribucija preklapa sa udjelom putovanja javnim prijevozom u ukupnom prometu.



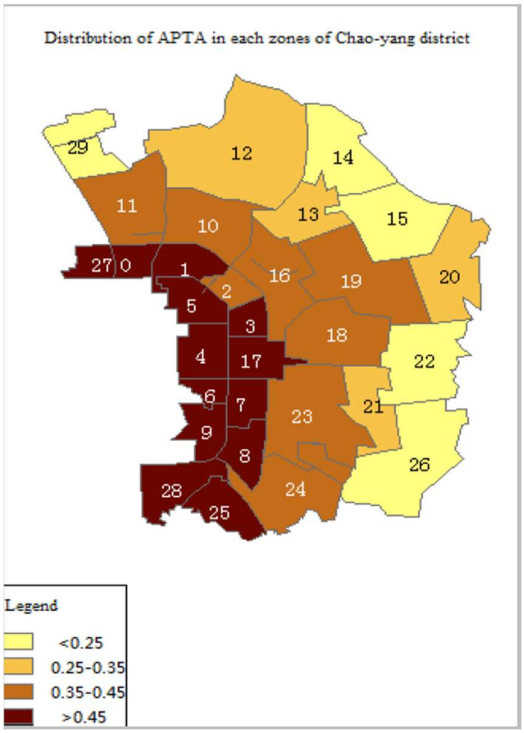
Slika 4-2. Podjela na zone pomoću GIS-a

Izvor: [16]



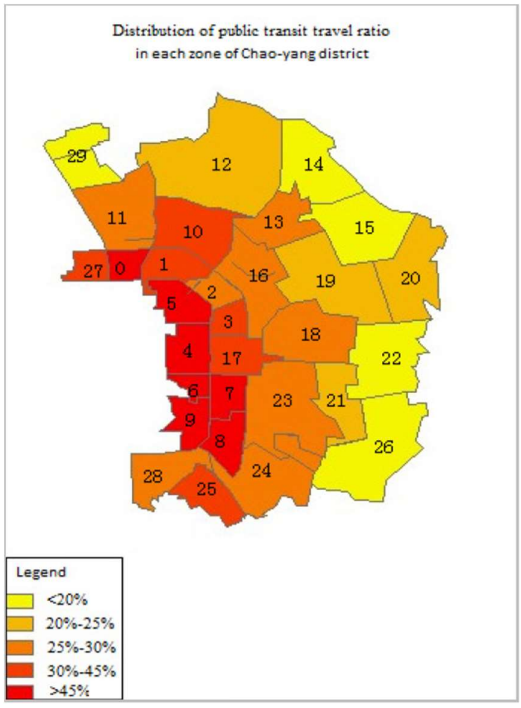
Slika 4-3. Kreiranje „Buffer-a“ pomoću GIS-a

Izvor: [16]



Slika 4-4. APTA vrijednosti u promatranom području

Izvor: [16]



Slika 4-5. Udio putovanja javnom prijevozom u ukupnom prometu

Izvor: [16]

4.2. Implementacija geografskih informacijskih sustava sa ostalim sustavima u planiranju javnog prijevoza

Kao što je uobičajeno sa svim softverskim alatima, i GIS sustav je moguće koristiti u suradnji sa drugim alatima za poboljšanje postojećih sustava. Budući da je u sve većem razvoju u posljednjih desetak godina, u ovom poglavlju analizirat će se primjena GIS alata u suradnji sa modelom podataka o građevinama (Building Information Modeling-BIM).

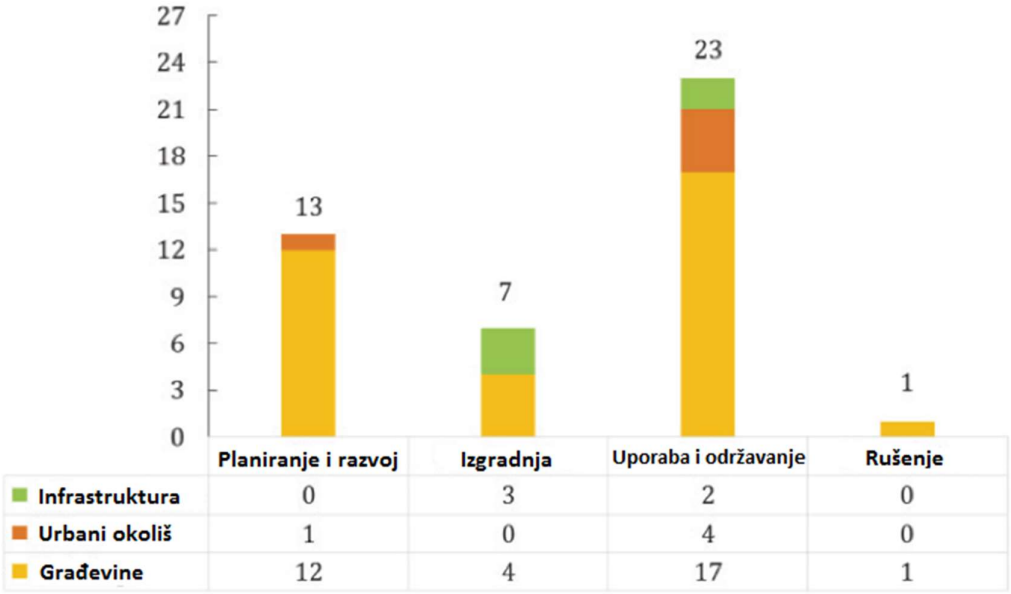
4.2.1. Integrirani GIS-BIM sustavi

BIM je proces izrade projekata iz područja graditeljstva kroz izradu virtualnog trodimenzionalnog informacijskog modela građevine, sa snažnim naglaskom na suradnji svih sudionika u procesu projektiranja i sudionika u gradnji [17].

Razvojem urbanih područja sve se više pažnje obraća na metode upravljanja prostornim podacima. GIS i BIM alati su ključne tehnologije za upravljanje istim. GIS alati se koriste već duže vremena, dok se BIM alati koriste unazad deset godina, te su još uvijek u razvoju. Da bi se poboljšala kvaliteta urbanih prostora, potrebne su velike količine podataka, statičkih i dinamičkih, mikroskopskih i makroskopskih. Jednom sakupljeni, ti podaci se koriste u BIM i GIS alatima. Zajednička integracija GIS i BIM alata koristi se u projektima koji objedinjuju prostorne podatke i podatke o građevinama [18].

Prema [18], oblici integracije GIS i BIM alata očituju se u slijedećem:

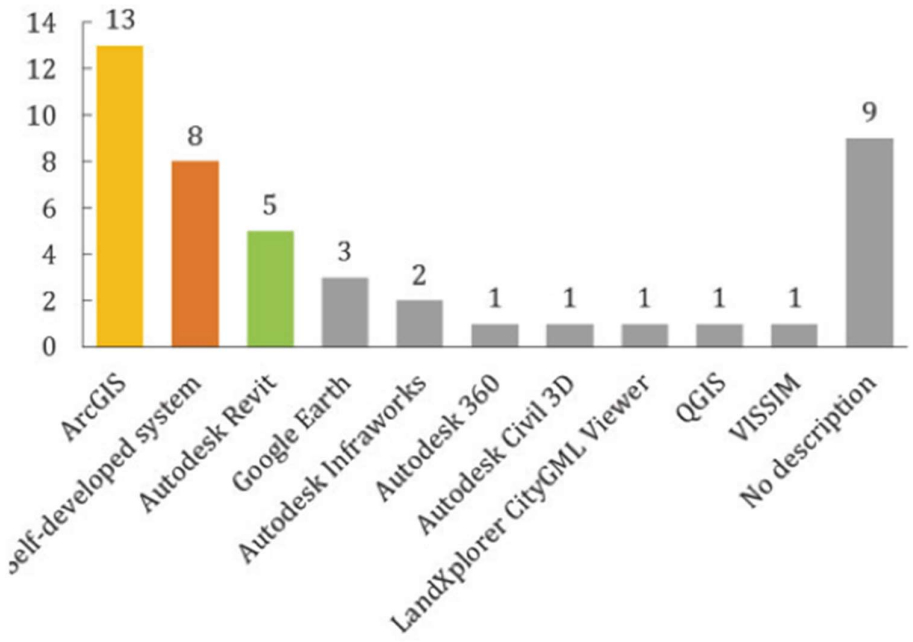
- Objektima apliciranja- obuhvaća objekte koji su planirani i izgrađeni suradnjom između GIS i BIM alata (zgrade, infrastruktura itd.). Prema analiziranoj literaturi, većina istraživanja zajedničke integracije GIS-a i BIM-a odnosi se na zgrade, 73% od ukupnih istraživanja. Ostatak se odnosi na infrastrukturu (12%) te na ostale sadržaje u urbanom okrugu (15%).
- Fazama apliciranja- obuhvaća faze: planiranje i dizajniranje, izgradnja, uporaba i održavanje te rušenje. Najviše apliciranja zabilježeno je u fazi uporabe i održavanja (52%), zatim slijede faze planiranja i dizajniranja (30%), izgradnje (16%) te rušenja (2%). Presjek zastupljenosti objekata u pojedinim fazama apliciranja prikazan je na slici 4-6.
- Prijenosu podataka- obuhvaća tri stanja prijenosa: prijenos i GIS-a u BIM, prijenos i BIM-a u GIS te prijenos iz GIS-a i BIM-a u neki treći program. Prema dosadašnjim istraživanjima, najzastupljeniji je prijenos podataka iz BIM-a u GIS (54%), slijedi zajednički prijenos podataka iz GIS-a I BIM-a u neki treći program (32%), dok je preostali dio ukupnog prijenosa podatka iz GIS-a u BIM.
- Platformi- softverski alat ili web platforma namijenjena zajedničkoj integraciji GIS-a i BIM-a. Neke od najzastupljenijih platformi i alata za kolaboraciju GIS-a i BIM-a prikazani su na slici 4-7.



	Planiranje i razvoj	Izgradnja	Uporaba i održavanje	Rušenje
Infrastruktura	0	3	2	0
Urbani okoliš	1	0	4	0
Građevine	12	4	17	1

Slika 4-6. Presjek zastupljenosti objekata u pojedinim fazama apliciranja

Izvor: [18]



Slika 4-7. Najzastupljenije platforme i alati za kolaboraciju GIS-a i BIM-a

Izvor: [18]

Budući da se zajednička integracija GIS-a i BIM- koristi ponajviše u izgradnji građevina, većina literature pokriva cjelokupni proces izgradnje objekta, posebno faze planiranja i dizajniranja projekta te uporabu i održavanje objekata. U fazi planiranja i dizajniranja objekta, integracija GIS-a i BIM-a korisna je za odabir lokacije objekta, planiranje opskrbne mreže, prometno dizajniranje, strukturni dizajn, dizajn unutarnje akustike objekta, ocjena klimatskih čimbenika, evaluacija objekta itd. Pri izboru lokacije, BIM modeli se prebacuju u GIS, omogućuju planerima usporedbu područja dobivenog iz BIM modela sa onim u GIS-u, pritom se provjerava da li je područje pogodno za izgradnju objekta. Sa lakim pristupom informacijama, moguće je napraviti usporedbe satelitskih slika, karata namjene zemljišta, dobivenih iz GIS-a sa modelima iz BIM-a, što rezultira velikim vremenskim uštedama.

Za planiranje opskrbne mreže, razvijen je GIS-BIM alat sa podacima o energetskim zahtjevima građevine, prema kojima se može provjeriti da li se dizajn zgrade uklapa u razvojni plan urbanog prostora. Za potrebe prometnog planiranja razvijen je simulacijski softver sa podacima o prometnom stanju u okolici zgrade, dobivenim iz GIS-a, koji uspoređuje podatke iz BIM modela građevine i okolne prometne infrastrukture te optimizira ukupni dizajn građevine. Što se tiče strukturnog dizajna, postoji BIM platforma na koju se prebacuju relevantni GIS podaci te se dobiveni rezultat može iskoristiti sa više alata za analiziranje strukturnog dizajna. Rezultati analize se zatim šalju dizajnerima kao revizija slojeva ili kao dizajn originalnog modela.

Za dizajn unutarnje akustike također postoji platforma sa integriranim GIS 3D i BIM modelima, koja služi za evaluaciju buke i mapiranje unutarnjeg prostora zgrade u vezi sa vanjskim utjecajima (najčešće buka uzrokovana prometom) da bi se poboljšao unutarnji akustični dizajn zgrade.

Za ocjenjivanje klimatskih čimbenika postoji model sa integriranim BIM podacima i uvezenim klimatskim podacima iz GIS-a da bi se smanjili klimatski utjecaji na zgradu.

Za zgrade u eksploataciji postoji metoda evaluacije, bazirana na podacima iz GIS-a i BIM-a, pomoću koje se mogu dobiti podaci o unutarnjoj temperaturi zgrade, prisutnosti vlage, razini osvjetljenja te zadovoljstvu korisnika [18].

Osim za planiranje i dizajniranje novih građevina, zajednička integracija GIS-a i BIM također se koristi i za izgradnju novih i prenamjenu starih zgrada. Za nove projekte korisna je za upravljanje opskrbnim lancem i upravljanju rokovima isporuke materijala. BIM se koristi u ranoj fazi nabave materijala, dok se prostorni podaci iz GIS-a koriste za praćenje opskrbnog lanca u vidu praćenja toka materijala i pružanje upozorenja prilikom dostave materijala. Takva metoda značajno smanjuje vrijeme i troškove logističke dostave. Za potrebe rekonstrukcija zgrada, BIM i GIS pomažu u pripremi i donošenju odluka. Uvoženjem BIM podataka u GIS, modelom se mapira postojeća zgrada i pronalaze se eventualni problemi koje je potrebno sanirati.

Faza u kojoj zajednička integracija GIS-a i BIM-a ima najveću primjenu je faza uporabe i održavanja. Neke od aktivnosti koje se provode su zaštite kulturnih spomenika, upravljanje rizičnim situacijama, upravljanje energetskim sustavima, upravljanje prostorom i zgradama. Za zaštitu kulturnih spomenika, koristi se platforma sa arhitektonskim podacima iz BIM modela zajedno sa semantičkim podacima iz GIS-a da bi se spomenici mogli čim efikasnije zaštititi. U upravljanje rizičnim situacijama spadaju zaštita od požara i poplava, ponajprije procjena rizika prije kriznog događaja te odgovor na kriznu situaciju. U slučaju poplave, podaci od zgradi iz BIM modela i podaci o poplavi iz GIS-a koriste se za izračun dubine vode, procjenu fizičke štete na građevini, kvantifikaciju rizika i pružaju 3D prikaz štete od poplava u usporedbi sa ranijim procjenama štete.

Za opasnost od požara, koristi se model sa integriran podacima o zgradi zajedno sa informacijama o prometnoj mreži i lokaciji vatrogasnih postaja iz GIS-a, koji omogućava vatrogascima da izračunaju najkraći put od vatrogasne postaje do mjesta požara. Također, predložen je 3D mrežni model koji bi omogućio vatrogascima izračunati koji je najbolji ulaz u zgradu prilikom požara (najčešće prozori) za postavljanje ljestvi prije samog dolaska na mjesto požara. Uz navedeno, razvijen je model za upozoravanje na opasnosti unutar zgrade koji prikuplja okolne informacije iz GIS-a da bi se povećala sigurnost i optimizirali izlazi u slučaju opasnosti i evakuacije [18].

Za upravljanje energetskom mrežom, razvijeni su alati koji pružaju informacije o građevinama i njihovom okruženju da bi se mogla pratiti i kontrolirati potrošnja energije. BIM se koristi za izračun potrošnje energije u zgradi dok se GIS koristi za izračun potrošnje energije u transportnom sektoru. Zatim se ta dva sektora spajaju u jedan na temelju načina potrošnje stanovništva i prikazani su pomoću GIS mapa da bi se odredio trend korištenja energije i smanjila potrošnja iste.

Za potrebe rušenja, razvijena je integrirana transportna mreža unutar GIS-a sa podacima o materijalu iz BIM modela, koja je koristi za procjenu količine otpada, sortiranje otpada i izračun broja vozila potrebnih za zbrinjavanje otpadnog materijala.

Integrirana aplikacija na infrastrukturi ima primjenu u simulaciji zemljanih radova, upravljanju rasporedom radova, upravljanju građevinskom opremom, procjeni prohodnosti i upravljanju građevinama. Za izgradnju autocesta, razvijen je sustav sa konstrukcijskim podacima iz BIM-a i topografskim podacima iz GIS-a da bi se minimizirali zemljani radovi prilikom izgradnje autocesta. Također je razvijena platforma sa BIM modelima autocesta, digitalnim elevacijskim modelom (Digital Elevation Mode-DEM) i slikama građevinskog zemljišta za upravljanje izgradnjom te analizom rokova izgradnje. Za izgradnju metro sustava, gdje se zbog nedostatka prostora javlja rizik od prenatrpanosti radnih strojeva (u smislu da jedan stroj smeta radu drugog), koriste GPS prijamnici za bilježenje lokacije svakog stroja. Za nadzor prometnica, razvijen je alat za ocjenu rizika prohodnosti i sigurnosti za pješake [18].

Jednu od korisnih primjena, integrirani GIS-BIM alati pronalaze u velikim urbanim prostorima, gdje se isprepliću građevine, prometna mreža te mreža podzemne infrastrukture. Aplikacija navedenih alata koristi se u urbanim prostorima za: upravljanje aktivnostima, energetskom potrošnjom, građevinama i odziva hitnih službi. Kod upravljanja aktivnostima i projektima obnove koristi se sustav baziran na GIS-u i BIM-u koji svim sudionicima projekta pomaže u donošenju bitnih odluka u fazi planiranja. Za potrebe upravljanja dijelovima urbanih područja, predložen je alat sa detaljnim BIM podacima o građevini, prostornim podacima iz GIS-a te podacima u stvarnom vremenu za racionalizaciju potrošnje energije. Za fiktivni scenarij eksplozije bombe u gusto naseljenim urbanim područjima, razvijena je platforma bazirana na GIS-BIM sustavima za podršku i zbrinjavanje unesrećenih osoba.

Za skoru budućnost, predloženi su planovi za konkretne platforme koje bi radile u suradnji sa postojećim aplikacijama za upravljanje urbanim sredinama [18].

4.2.2. Primjer suradnje GIS i BIM alata unutar urbanog područja

Da vi se potaknuo razvoj pametnih gradova, predložen je GIS-BIM model za potrebe planiranja optimiziranja potrošnje energije unutar urbanog područja (Tokyo, Japan). Predstavljen je koncept koji pokriva planiranje i infrastrukturu, te se predlaže GIS-BIM sustav za planiranje potrošnje energije sa grafičkim sustavom za prikaz rezultata baziranih na GIS-u. Jedan od ciljeva velikih urbanih sredina je učiniti infrastrukturu fleksibilnom u bilo kojoj situaciji.

Postoje dvije vrste planiranja zajednica: zajednica susjeda i zajednica centrirana oko postaja javnog prijevoza. U urbanim područjima koristi se planiranje centrirano oko postaja. Glavna premisa ovakve vrste planiranja je da su kuće, komercijalne zgrade, uredi, i ostali sadržaji pozicionirani unutar 10 do 15 minuta hoda, radijusa oko 600 metara. Slika 4-8 prikazuje japanski grad Tokyo i njegov plan planiranja zajednice oko postaja javnog prijevoza.



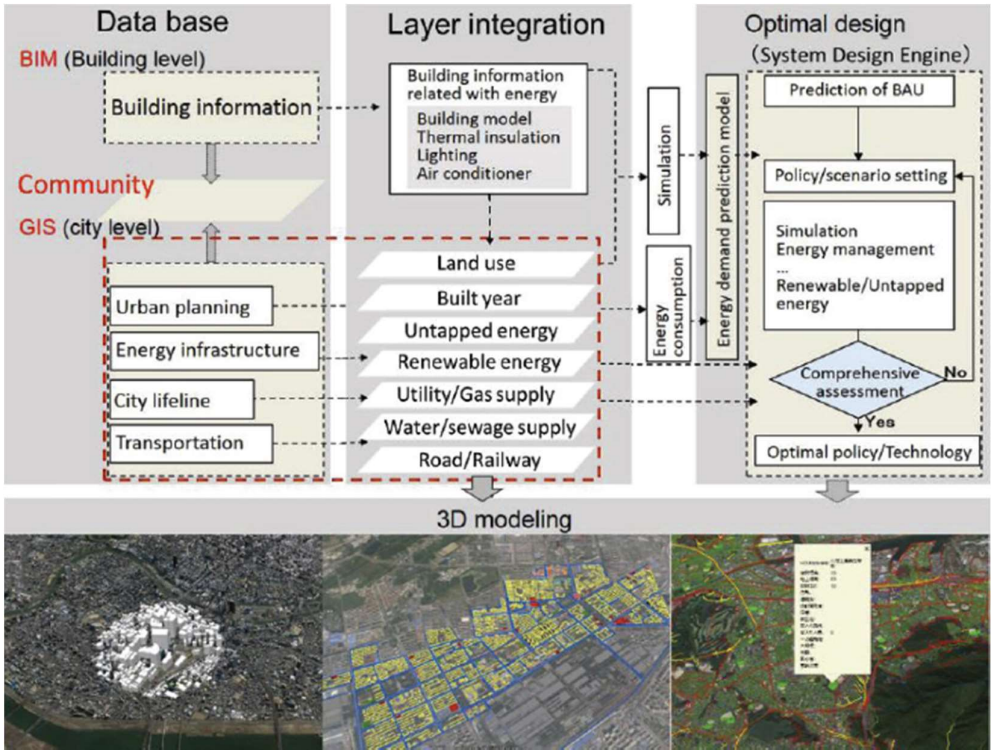
Slika 4-8. Prikaz centralno orijentiranog planiranja Tokya pomoću GIS-a

Izvor: [19]

Predstavljen je GIS-BIM alat za planiranje potrošnje energije urbanog prostora koji uzima podatke o energetskoj potrošnji građevine iz BIM-a, podatke o infrastrukturi iz GIS-a te rezultat prikazuje u GIS platformi da bi se provjerio utjecaj na urbanu sredinu. Rezultat simulacije se vraća u GIS 3D model grada.

Na slici 4-9. prikazana je arhitektura i komponente navedenog alata. Sastoji se od četiri cjeline: sektor baza podataka, sektor integracije slojeva, sektor optimalnog dizajna, sektor 3D vizualizacije rezultata. Sektor baza podataka i integracije slojeva prikazuju značajke grada pomoću slojeva podataka. Informacije o potrošnji energije zgrade dolaze iz BIM-a, dok ostali podaci o urbanoj infrastrukturi dolaze iz GIS-a. Ovi sektori su temeljni ulazni podaci za sektor optimalnog dizajna i 3D vizualizacije rezultata. Korisnici mogu koristiti podatke za optimizaciju energetskog sustava ili direktno prikazati postojeće stanje koristeći sektor 3D vizualizacije. Sektor optimalnog dizajna sadrži bazu podataka raznih tehnoloških paketa za razne namjene. Unosom lokacije projekta, sektor optimalnog dizajna odabire najbolji tehnološki paket ovisno o značajkama zajednice koje se očitaju iz sektora baza podataka. Ti podaci se prenose dalje u proces simulacije i analize, odabirući najbolje energetsko rješenje koje zadovoljava ekološke i ekonomske standarde. Sektor 3D vizualizacije kombinira vizualne

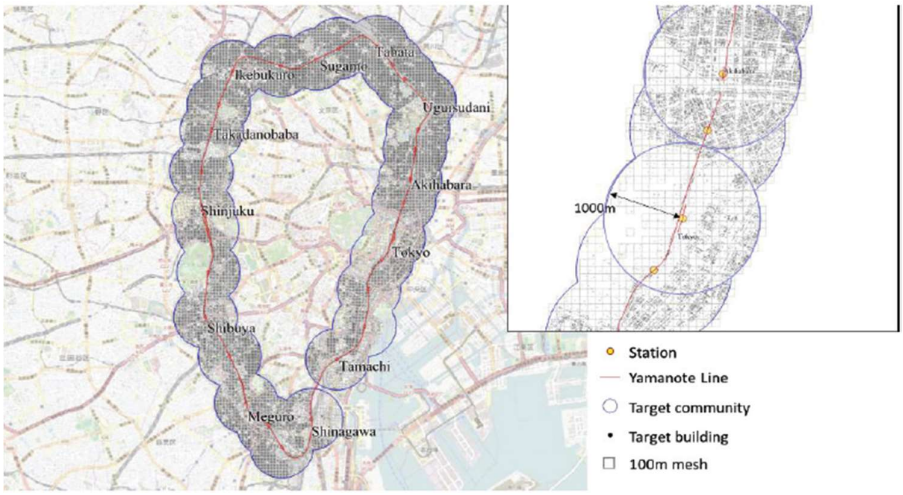
rezultate iz GIS-a i BIM-a da prikaže trenutnu potrošnju energije, rezultate simulacije, operacije u zgradi i stanje infrastrukture [19].



Slika 4-9. Arhitektura i dizajn predloženog alata

Izvor: [19]

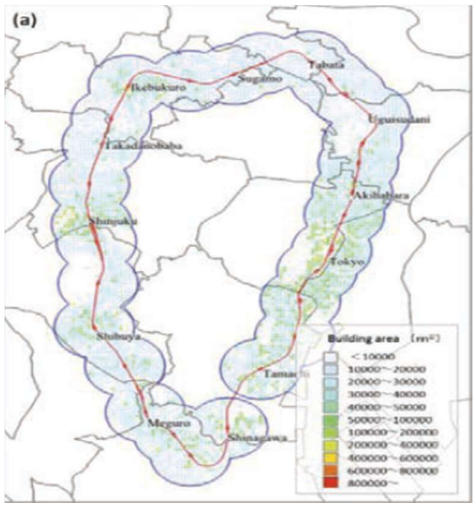
Za prikaz utjecaja različitih utjecaja tehnologije u različitim područjima, za primjer je korištena jedna od najbitniji željezničkih linija u gradu (JR Yamanote linija), koja se sastoji od 29 postaja. Građevine unutar radijusa od 1000 metara pokrivaju 12 gradskih okruga, te pokrivaju sve ciljane skupine građevina, kao što je prikazano na slici 4-10. Zahvaćeno područje pokriva otprilike 150.000 građevina.



Slika 4-10. Područje istraživanja

Izvor: [19]

U 12 okruga, ukupna površina za građenje iznosi 156 milijardi metara kvadratnih. Podrazumijeva se da su zgrade sa površinom većom od 50.000 metara kvadratnih klasificirane u kategoriju velikih zgrada. Samo 28% zgrada unutar područja istraživanja spada u kategoriju velikih zgrada. Ostatak zgrada (72%) svrstana je u kategoriju malih zgrada, kao što je prikazano na slici 4-11.



Slika 4-11. Distribucija zgrada unutar promatranog područja

Izvor: [19]

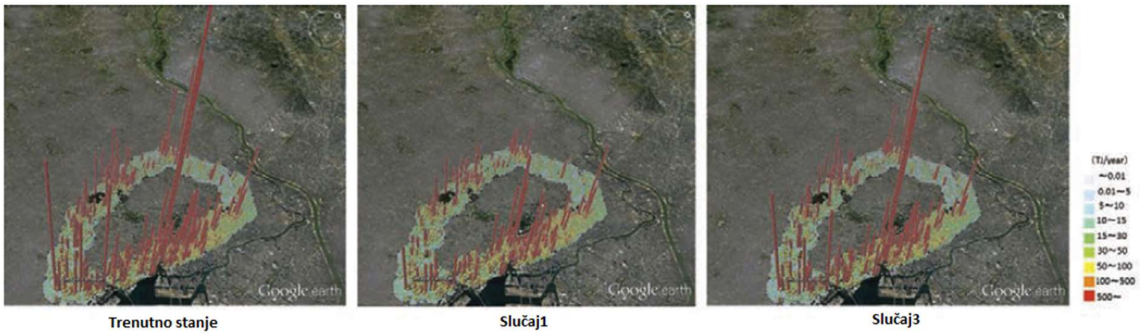
Namjena zgrada varira od jednog okruga do drugog. Uglavnom prevladavaju zgrade koje su namijenjene za stanovanje, slijede ih poslovni i komercijalni prostori te škole. Podaci o potrošnji energije svake od prethodno navedenih vrsta zgrada spremljeni su u bazi podataka o energetskoj potrošnji komercijalnih zgrada (Data-base for Energy Consumption of Commercial building-DECC), iz koje se mogu dobiti godišnji izvještaji o godišnjoj potrošnji energije po

jedinci (metru kvadratnom). Primjerice, zgrade namijenjene uredskim prostorima bilježe potrošnju energije 1648 MJ/m^2 godišnje, što je dvostruko više od potrošnje zgrada namijenjenih za stanovanje.

Za potrebe simulacije uštede energije, predložena su tri slučaja:

- Slučaj1-Ciljano smanjene energije za 60% u kategoriji velikih zgrada, dok stanje malih zgrada ostaje isto.
- Slučaj2-Spuštanje potrošnje energije za 20% kod velikih zgrada, kod malih zgrada za osvjetljenje se koriste LED žarulje i koriste se visoko učinkoviti klima uređaji (smanjenje za 10%).
- Slučaj3- Spuštanje potrošnje energije za 20% za polovicu velikih zgrada, , kod malih zgrada za osvjetljenje se koriste LED žarulje i koriste se visoko učinkoviti klima uređaji i implementira se sustava za praćenje potrošnje energije (smanjenje za 20%) [19].

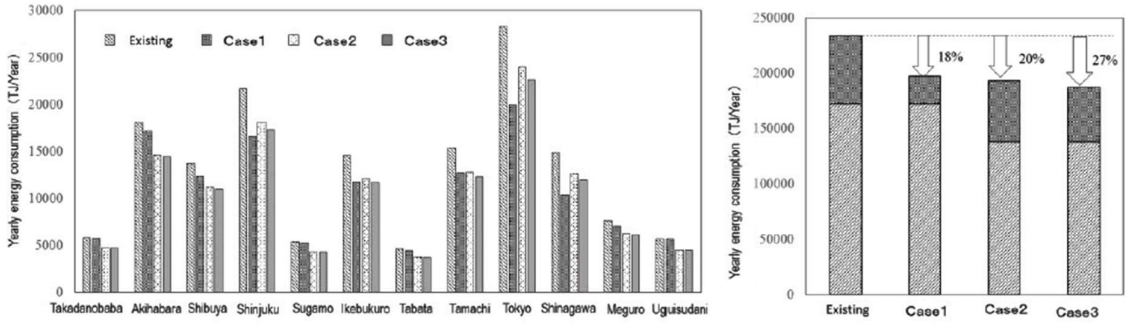
Postojeće stanje potrošnje, slučaj1 i slučaj3 prikazani su na slici 4-12.



Slika 4-12. Trenutna i pretpostavljena potrošnja energije

Izvor: [19]

Na slici 4-13. prikazani su podaci godišnje potrošnje i ušteda energije u postocima za svaki od navedenih slučajeva, dok je na slici 4-14. grafički prikazana godišnja ušteda energije za svaki od tri slučaja.



Slika 4-13. Godišnja potrošnje i ušteda energije u postocima za svaki od navedenih slučajeva

Izvor: [19]



Slika 4-14. Grafički prikaz godišnje uštede energije za svaki od tri slučaja

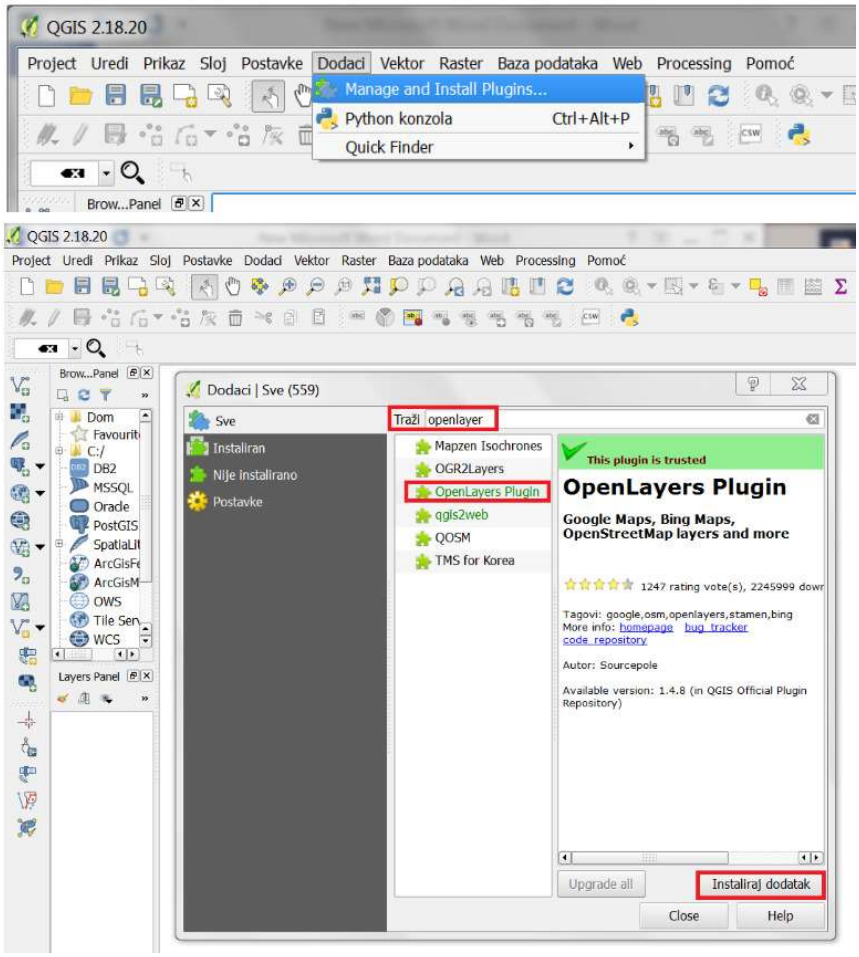
Izvor: [19]

5. PRIMJER PLANIRANJA JAVNOG PRIJEVOZA KORIŠTENJEM PROGRAMSKOG ALATA QGIS (GRASS GIS)

U ovom poglavlju će se uz pomoć GIS alata QGIS analizirati mreža autobusnih i tramvajskih stajališta u gradu Zagrebu.

5.1. Izrada toplinskih mapa i buffera autobusnih i travajskih stajališta grada Zagreba

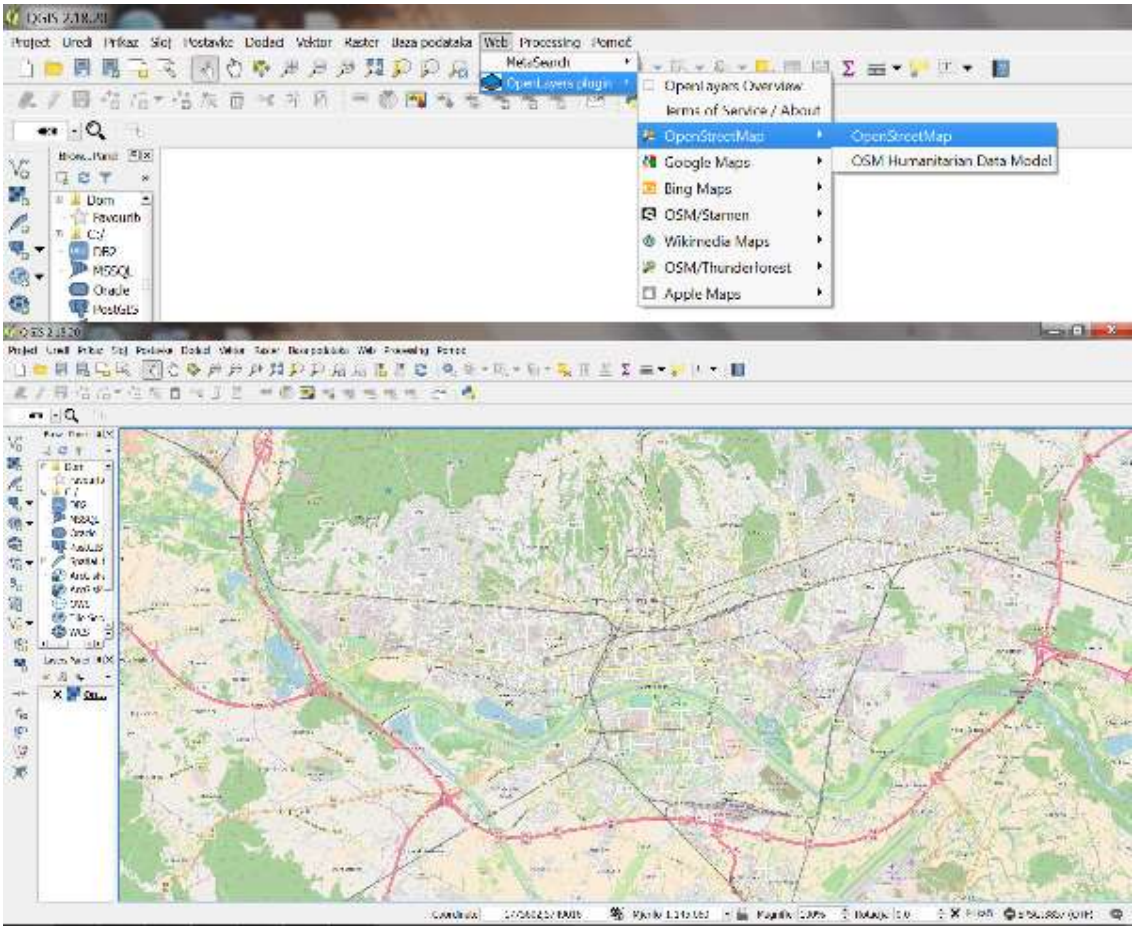
U ovom dijelu rada će se analizirati tramvajska i autobusna stajališta u gradu Zagrebu, te prikazati u obliku toplinske karte (Heatmap) i buffera udaljenosti. Podaci za izradu karte preuzeti su sa besplatnog servisa OpenStreetMap (OSM). QGIS alat može pristupati OSM podacima preko OpenLayer dodatka unutar samog programa. Postupak instaliranja dodatka prikazan je na slici 5-1.



Slika 5-1. Instalacija dodatka OpenLayers

Izvor: Autor

Idući korak je učitavanje karte sa OpenStreetMaps-a. Postupak učitavanja i izgled konačne učitane karte grada Zagreba prikazan je na slici 5-2.



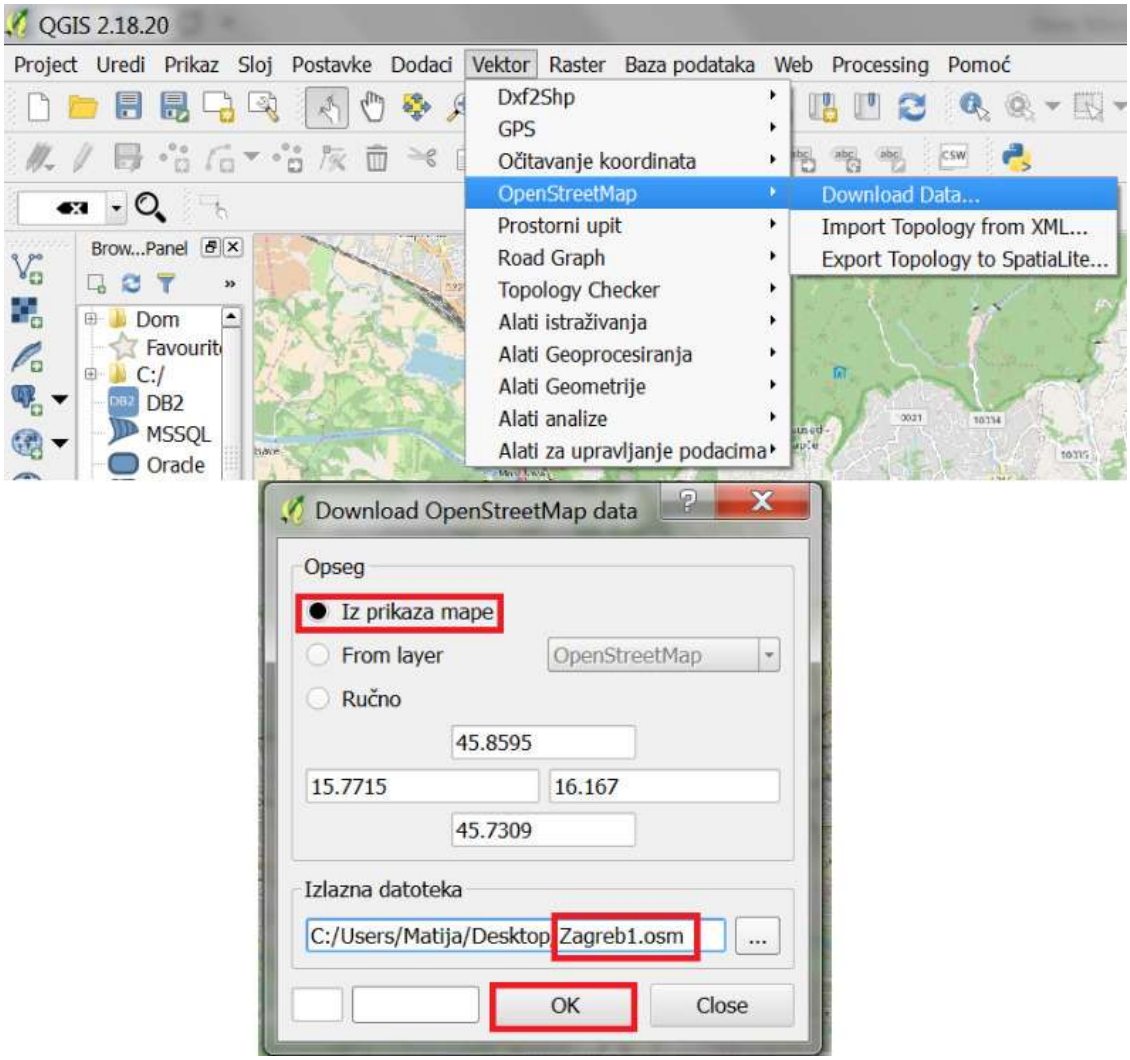
Slika 5-2. Učitavanje karte grada Zagreba pomoću OpenStreetMaps-a

Izvor: Autor

Za nastavak rada potrebno je preuzeti sve podatke koje sadrži karta grada Zagreba. Nakon što se otvori prozor za preuzimanje podataka, potrebno je označiti opseg iz prikaza mape te odabrati mjesto spremanja datoteke i ime datoteke. Preuzeta datoteka Zagreb1.osm je tekstualna datoteka u XML formatu koju QGIS koristi za daljnje operacije sa podacima. Proces preuzimanja podataka prikazan je na slici 5-3.

Preuzetu datoteku Zagreb1.osm potrebno je ponovo učitati u QGIS alat u formatu koji je njemu lako čitljiv. Potrebno je odabrati Vector − OpenStreetMap − Import topology from XML. U novo otvorenom prozoru kao ulaznu datoteku potrebno je odabrati Zagreb1. osm datoteku, kreiranu u prošlom koraku. Izlazna datoteka u odnosu na ulaznu datoteku ima .db ekstenziju. Izlazna datoteka sadrži čvorove, linije i poligone odabrane karte grada Zagreba.

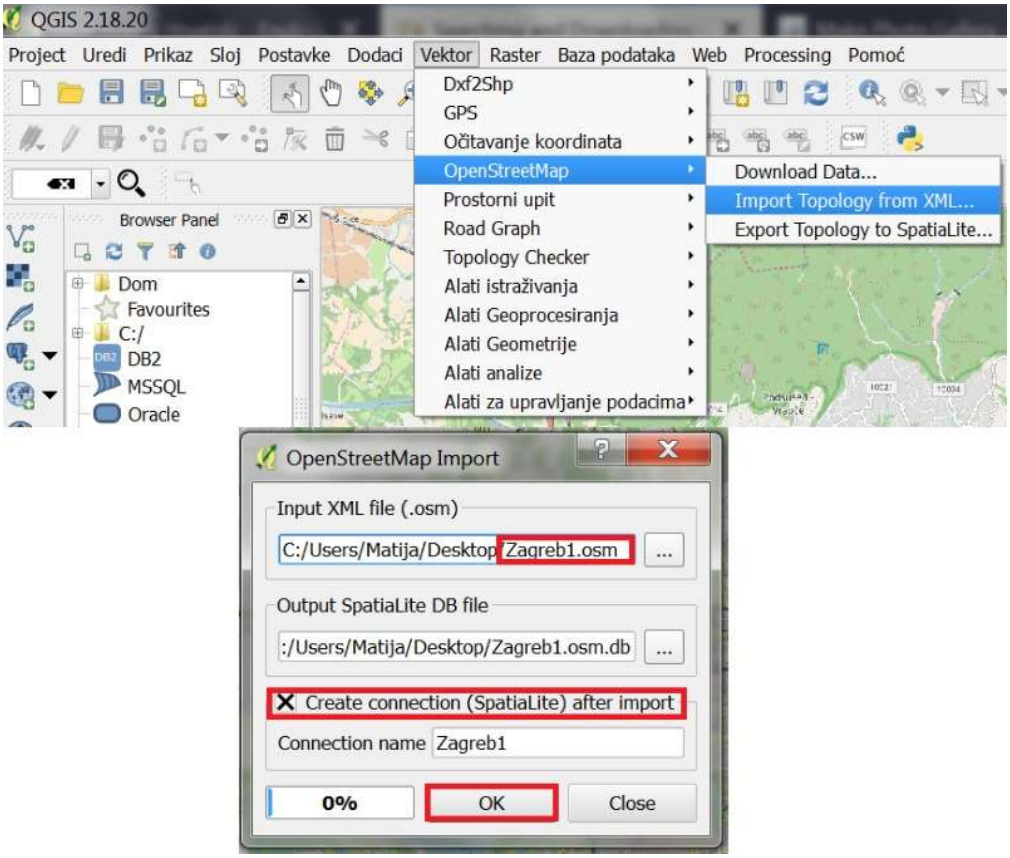
Cijeli proces učitavanja Zagreb1.osm i kreiranja izlazne Zagreb1.osm.db datoteke prikazan je na slici 5-4.



Slika 5-3. Preuzimanje podataka vezanih uz kartu grada Zagreba

Izvor: Autor

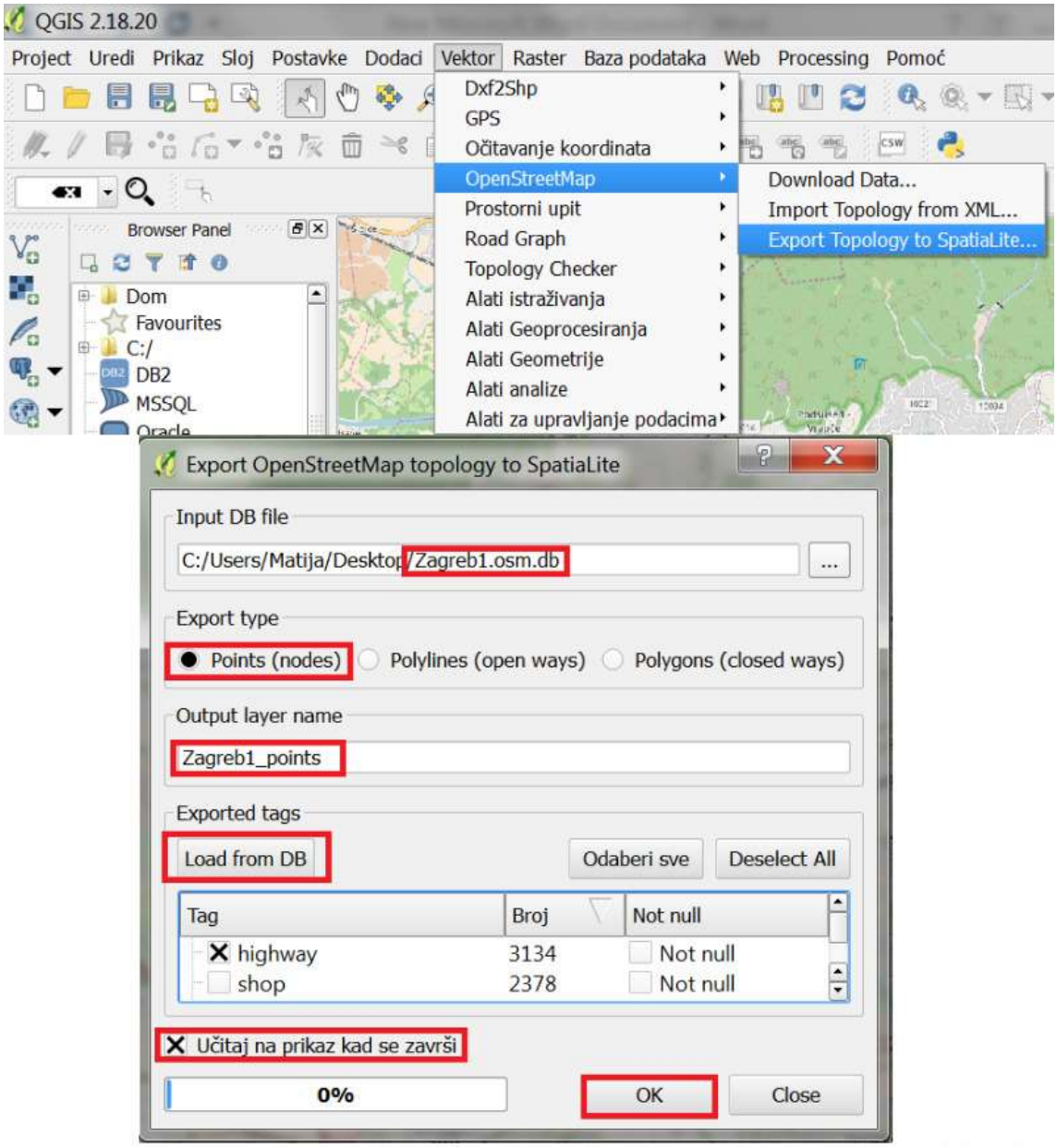
Zadnji korak za učitavanje podataka potrebnih za izradu toplinske karte je učitavanje datoteke Zagreb1.osm.db da bi se mogli kreirati slojevi (Layer) pogodni za pregledavanje i analiziranje u QGIS-u. Potrebno je odabrati Vector - OpenStreetMap - Export topology to SpatialLite. U novo otvorenom prozoru kao ulaznu datoteku potrebno je odabrati prethodno kreiranu Zagreb1.osm.db datoteku. Kao izlazni tip potrebno je odabrati Points (nodes), jer su stanice označene kao točke. Zatim se odabire naziv sloja. Nakon toga potrebno je učitati samo određene stavke iz ulazne datoteke za kasnije lakše filtriranje i snalaženje. U ovom slučaju odabiru se highway i railway atributi jer oni sadrže podatribute autobusnih i tramvajskih stanica. Cijeli postupak prikazan je na slici 5-5.



Slika 5-4. Učitavanje Zagreb1.osm datoteke i kreiranje Zagreb1.osm.db datoteke

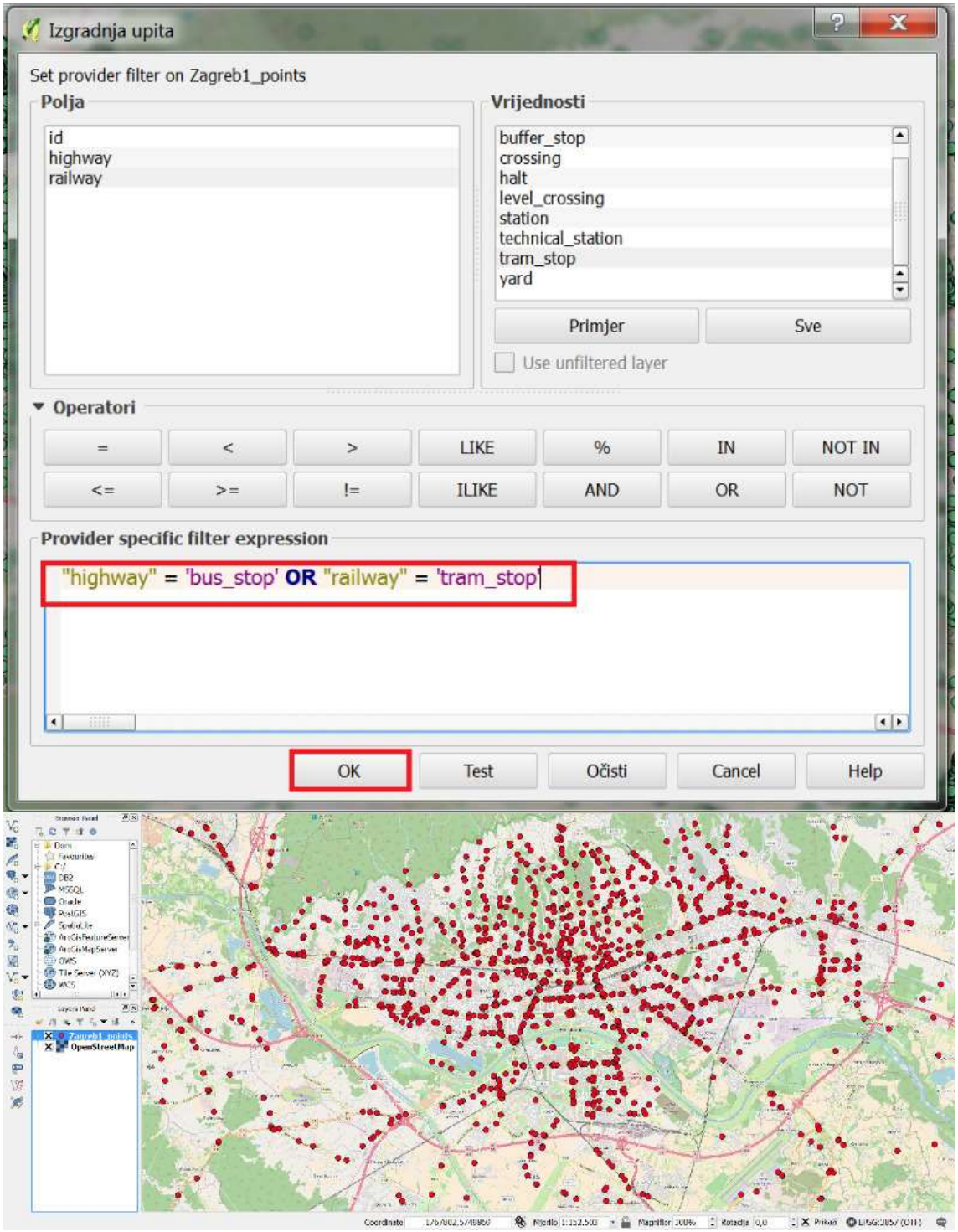
Izvor: Autor

Nakon učitavanja Zagreb1.osm.db datoteke, vidljiv je novi sloj koji je učitan u prethodnom koraku a sadrži sve točke i njihove atribute vezane za cestu i željeznicu. Budući da trenutna karta sadrži sve atribute vezane za cestu i željeznicu, potrebno je napisati upit pomoću kojeg će se prikazivati samo autobusna i tramvajska stajališta. Desni klik miša na novi sloj Zagreb1_points i odabir filtera otvara novi prozor u kojem se upisuje upit za filtriranje autobusnih i tramvajskih stajališta. Čitav proces filtriranja i dobivanja svih autobusnih i tramvajskih stajališta prikazan je na slici 5-6.



Slika 5-5. Kreiranje sloja tramvajskih i autobusnih stanica

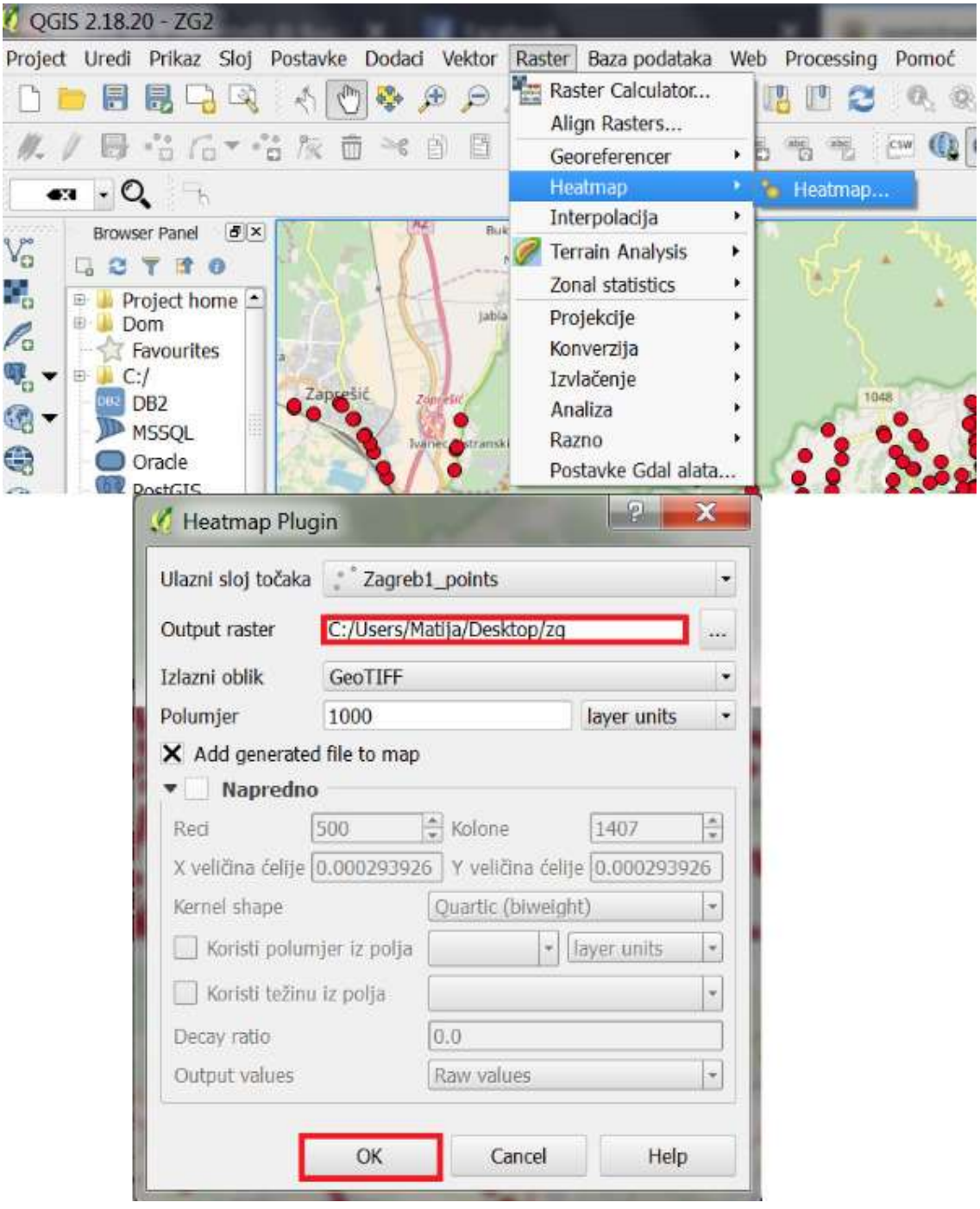
Izvor: Autor



Slika 5-6. Filtriranje i konačni prikaz svih autobusnih i tramvajskih stajališta u gradu Zagrebu

Izvor: Autor

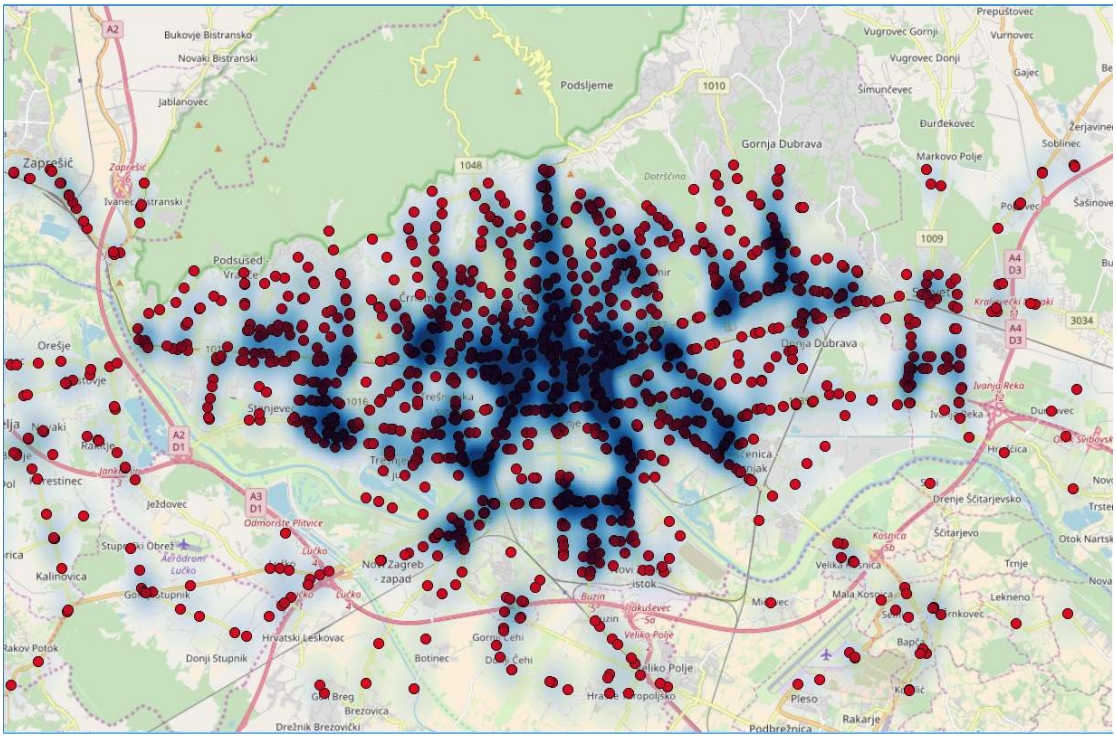
Nakon dobivanja svih tramvajskih i autobusnih stajališta, zadnji korak je izrada toplinske karte. QGIS alat ima ugrađenu funkciju za izradu toplinskih karata. Na slici 5-7. prikazan je postupak kreiranja toplinske karte, dok slika 5-8. prikazuje konačnu toplinsku kartu autobusnih i tramvajskih stajališta grada Zagreba.



Slika 5-7. Postupak kreiranja toplinske karte

Izvor: Autor

Prema slici 5-8. vidljivo je da je najveća koncentracija autobusnih i tramvajskih stajališta u centru grada, dok je prema rubovima grada njihov broj manji.

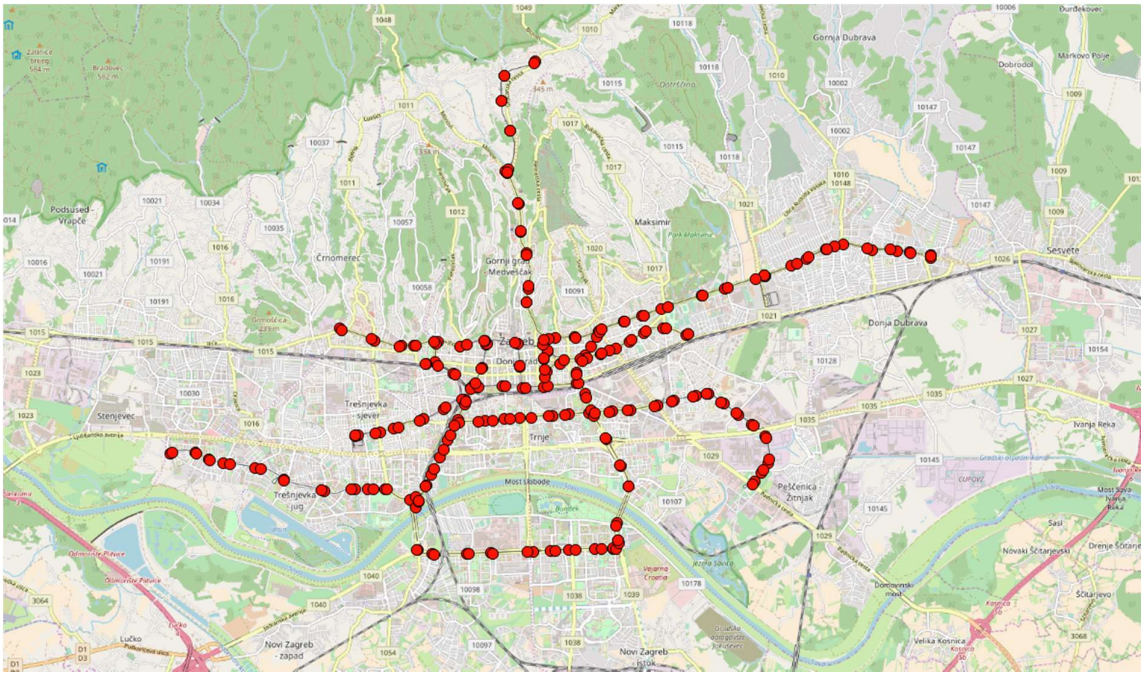


Slika 5-8. Toplinska karta autobusnih i tramvajskih stajališta u gradu Zagrebu

Izvor: Autor

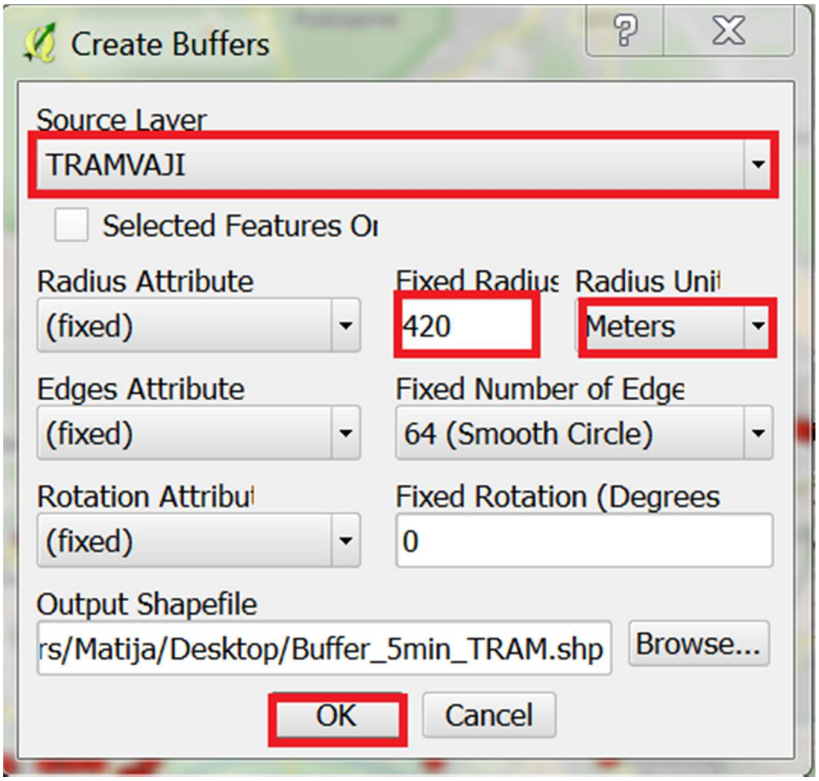
Nakon provedene analize, idući korak biti će izrada karata koje će prikazivati dostupnost svakog stajališta korisniku unutar 5 minuta hoda, zasebno za tramvajska i autobusna stajališta. Dodatak koji će se koristiti za izradu tzv. „buffeer-a“ naziva se MMQGIS. Budući da se radijus dostupnosti izražava u metrima, potrebno je uzeti u obzir prosječnu brzinu hoda čovjeka. U ovom slučaju uzet će se da je brzina hoda čovjeka 1.4 m/s. Vrijeme hoda od 5 minuta, izraženo u sekundama iznosi 300 sekundi. Na kraju je potrebno izračunatu udaljenost koju čovjek prijeđe za 5 minuta. Ona iznosi: 1.4*300=420 metara.

Slika 5-9. prikazuje sve tramvajske stanice u gradu Zagrebu. Nakon što su izdvojene sve tramvajske stanice, potrebno je izraditi „buffer“ koji će zahvaćati područje unutar 5 minuta hoda (420 metara) od pojedine stanice. Pomoću dodatka MMQGIS potrebno je izabrati: Create-Buffer te upisati vrijednosti kao što je prikazano na slici 5-10. Nakon uređivanja, dobiveni rezultat prikazan je na slici 5-11. Iz slike je vidljivo da su tramvajske stanice dostupne malom broju građana unutar 5 minuta hoda te je nužna suradnja autobusnog i tramvajskog prometa za kompletniju pokrivenost grada Zagreba.



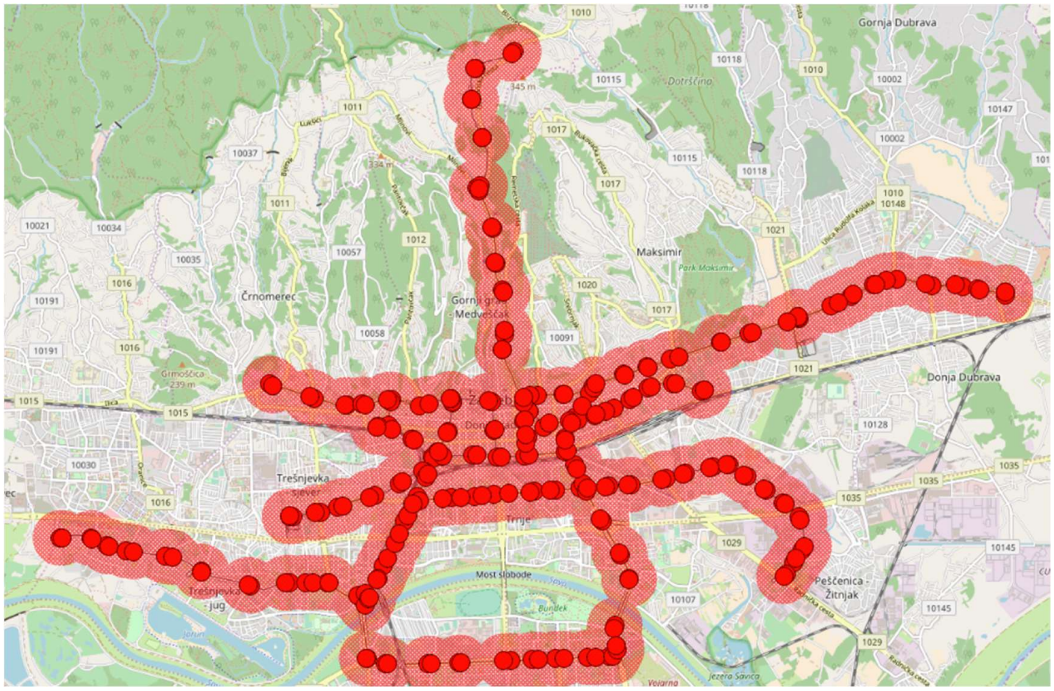
Slika 5-9. Tramvajska stajališta u gradu Zagrebu

Izvor: Autor



Slika 5-10. Stvaranje „Buffera“ za tramvajska stajališta

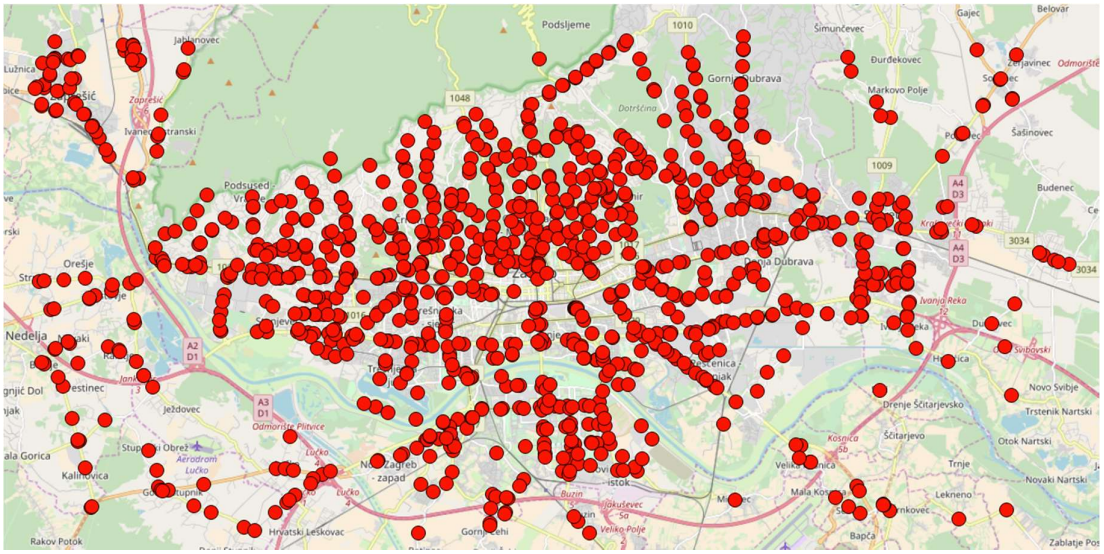
Izvor: Autor



Slika 5-11. Dostupnost tramvajskih stajališta unutar 5 minuta hoda

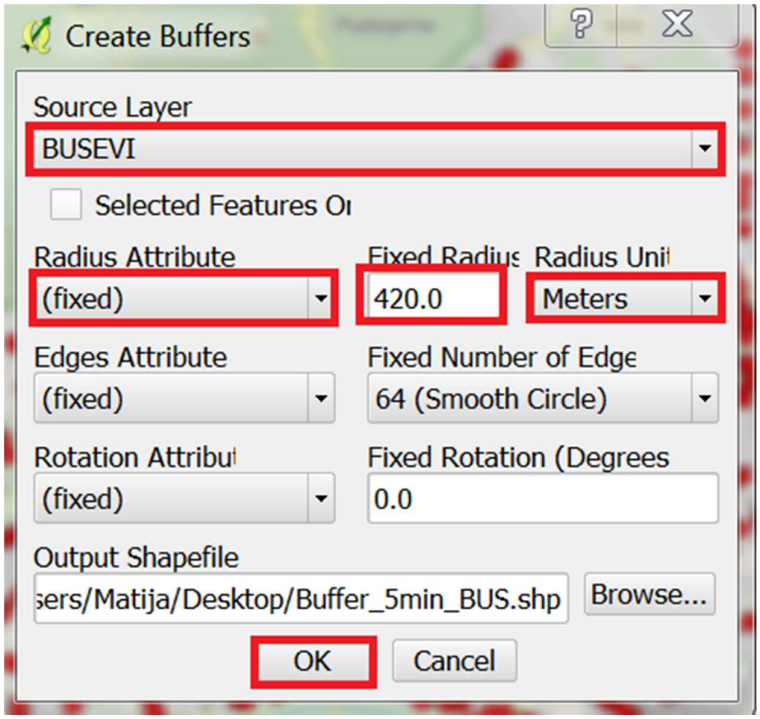
Izvor: Autor

Isti postupak ponavlja se za autobusna stajališta. Na slici 5-12. prikazana su sva autobusna stajališta u gradu Zagrebu. Postupak stvaranja „buffer-a“ prikazan je na slici 5-13., dok je konačan rezultat sa prikazom dostupnosti autobusnih stajališta unutar 5 minuta hoda prikazan na slici 5-14. Iz slike 5-14. može se vidjeti da su autobusna stajališta dostupna gotovo većini građana unutar 5 minuta hoda.



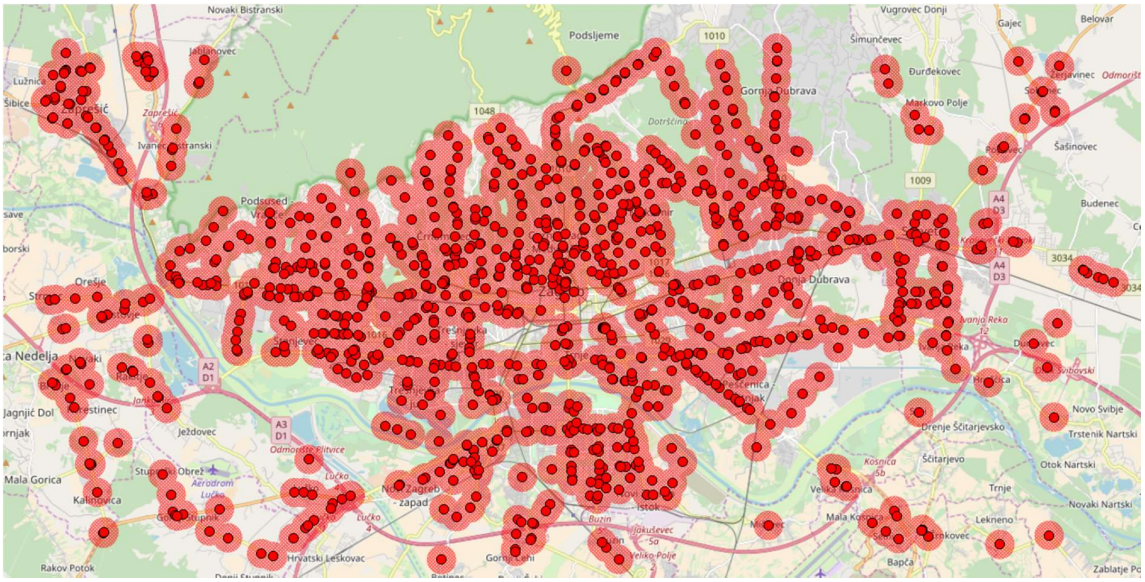
Slika 5-12. Autobusna stajališta u gradu Zagrebu

Izvor: Autor



Slika 5-13. Stvaranje „Buffera“ za autobusna stajališta

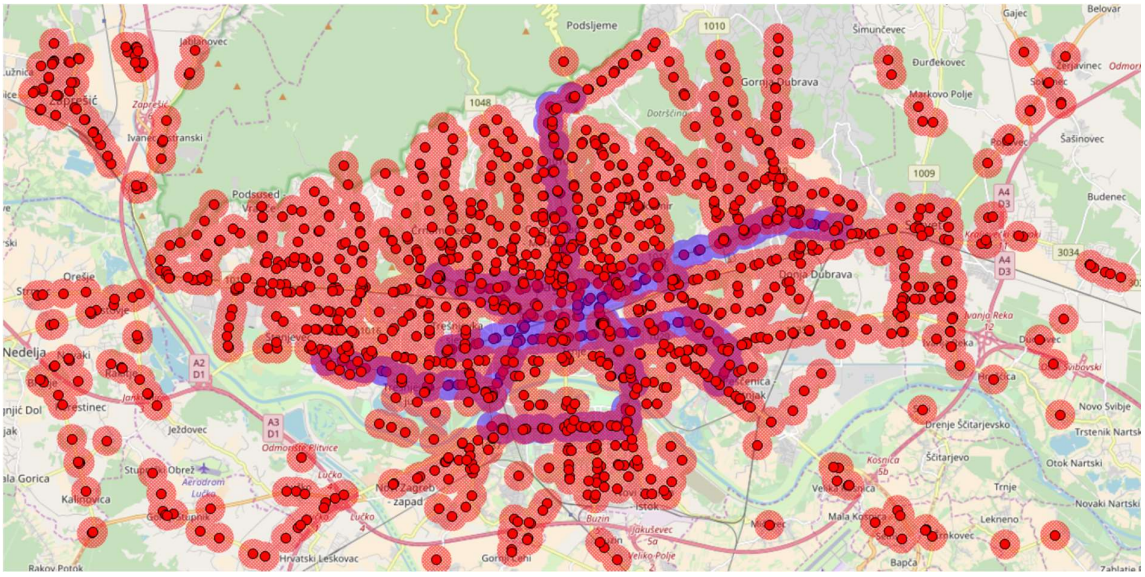
Izvor: Autor



Slika 5-14. Dostupnost autobusnih stajališta unutar 5 minuta hoda

Izvor: Autor

Na slici 5-15. vidljiva je kombinacija prethodno napravljenih analiza. Iz slike je vidljivo da su u gradu Zagrebu autobusna i tramvajska stajališta gotovo optimalno prostorno raspoređena, uz tek minimalna područja u kojima tramvajsko ili autobusno stajalište nije dostupno.

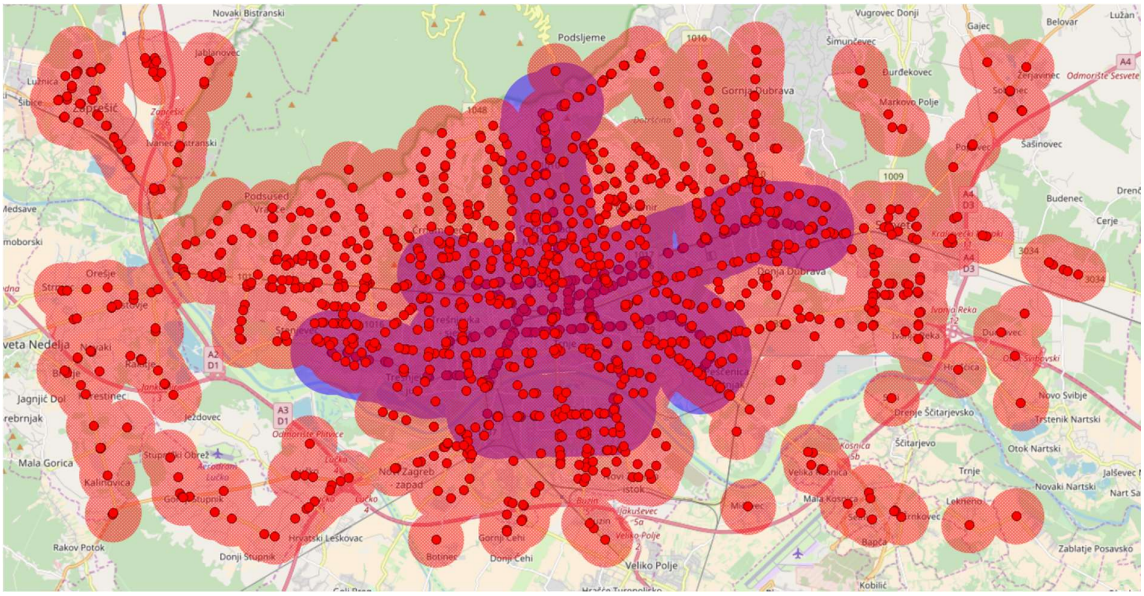


Slika 5-15. Dostupnost svih stajališta javnog prijevoza unutar 5 minuta hoda

Izvor: Autor

Usporedbe radi, napravljena je i karta dostupnosti svih stajališta javnog prijevoza unutar 10 minuta hoda. Za vrijeme od 10 minuta, prema prethodnom proračunu, prosječan čovjek prijeđe 840 metara. Slika 5-16. prikazuje dostupnost svih stajališta javnog prijevoza unutar 10 minuta hoda. Iz slike je vidljivo da gotovo nema područja u gradu koje nije pokriveno te se može zaključiti da je raspored stajališta javnog prijevoza u gradu Zagrebu dobro organiziran.

Potrebno je napomenuti da se vrijeme hoda do stajališta odnosi na pravocrtno gibanje, te su moguća manja odstupanja u vremenu hoda do pojedinih stajališta.



Slika 5-16. Dostupnost svih stajališta javnog prijevoza unutar 10 minuta hoda

Izvor: Autor

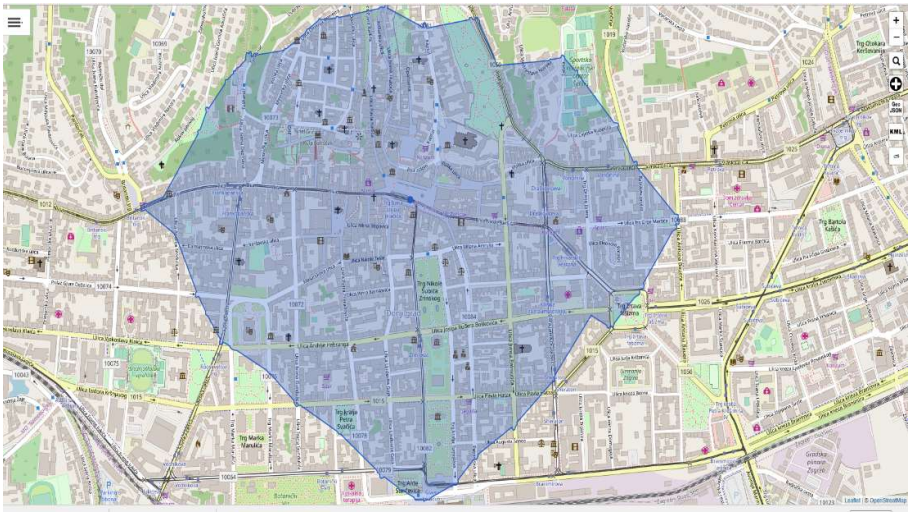
5.2. Izrada karte izokrona na primjeru gradske četvrti Maksimir

Da bi se prikazalo stvarno vrijeme hoda potrebno je koristiti izokrone. Izokrone su krivulje koje spajaju mjesta jednakog vremena hoda do promatrane točke [20]. Razlika između izokrone i pravocrtne udaljenosti od točke prikazana je na jednostavnom primjeru prometne mreže, na slici 5-17. Slika 5-18. prikazuje izokronu na primjeru grada Zagreba, gdje je za središnju točku, od koje se mjeri vrijeme hoda od 10 minuta, odabrano tramvajsko stajalište na Trgu bana Josipa Jelačića.



Slika 5-17. Razlika između stvarne i pravocrtne udaljenosti hodanja

Izvor: Autor



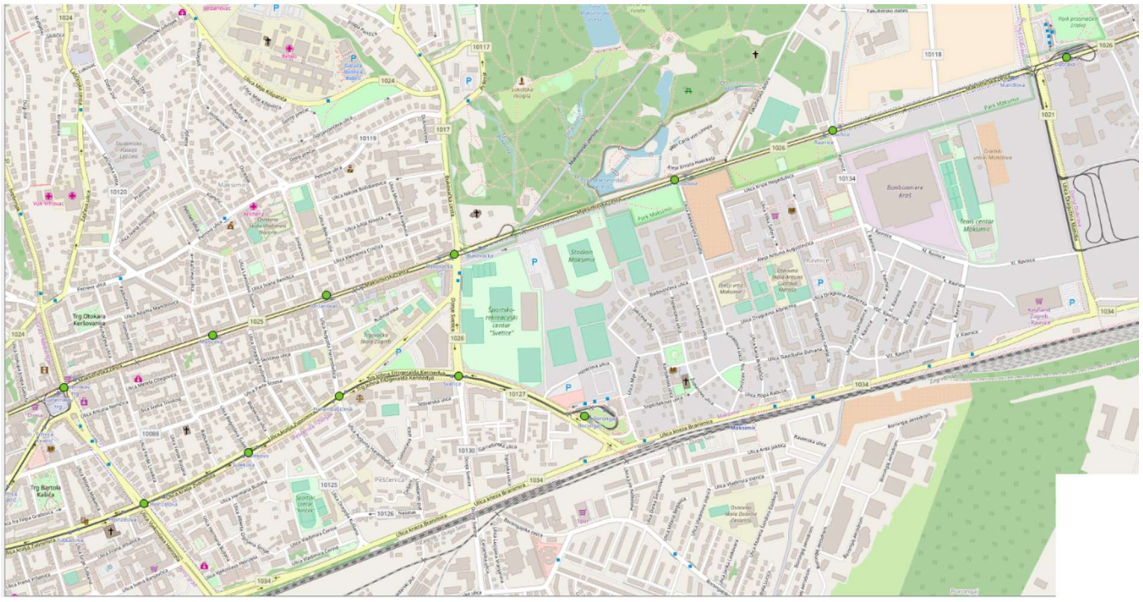
Slika 5-18. Primjer izokrone u gradu Zagrebu

Izvor: Uredio autor prema: [21]

U ovom poglavlju biti će prikazana izrada karte izokrona u gradskoj četvrti Maksimir. Izokrone će predstavljati vrijeme hoda do tramvajskih stajališta u trajanju tri, pet i osam minuta.

Za izradu karte koristit će se dodatak za QGIS, naziva ISO4APP, koji omogućuje izradu višestrukih izokrona. Osnovna verzija dodatka može se koristiti za izradu samo jedne izokrone, dok se uz plaćenu licencu mogu izraditi izokrone za više točaka istovremeno. Za potrebe ovog istraživanja, ustupljena je plaćena licenca od strane izdavača. Za omogućavanje navedenog dodatka potrebno je preuzeti datoteku sa službene stranice , te raspakiranu datoteku ubaciti u QGIS mapu dodataka. Nakon toga, postupak instalacije je ista kao i za prethodno navedene dodatke.

Radi preglednosti, za tramvajska stajališta odabrane su središnje točke za istoimena stajališta za dva smjera. Slika 5-19. prikazuje kartu sa odabranim točkama koje predstavljaju stajališta.

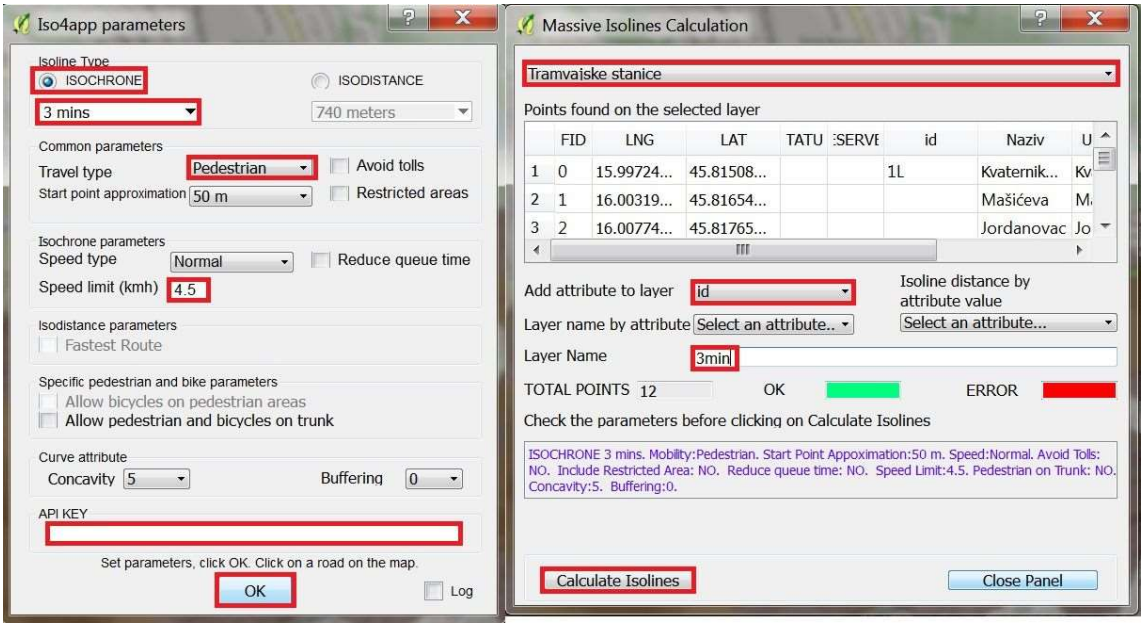


Slika 5-19. Tramvajska stajlišta gradske četvrti Maksimir

Izvor: Autor

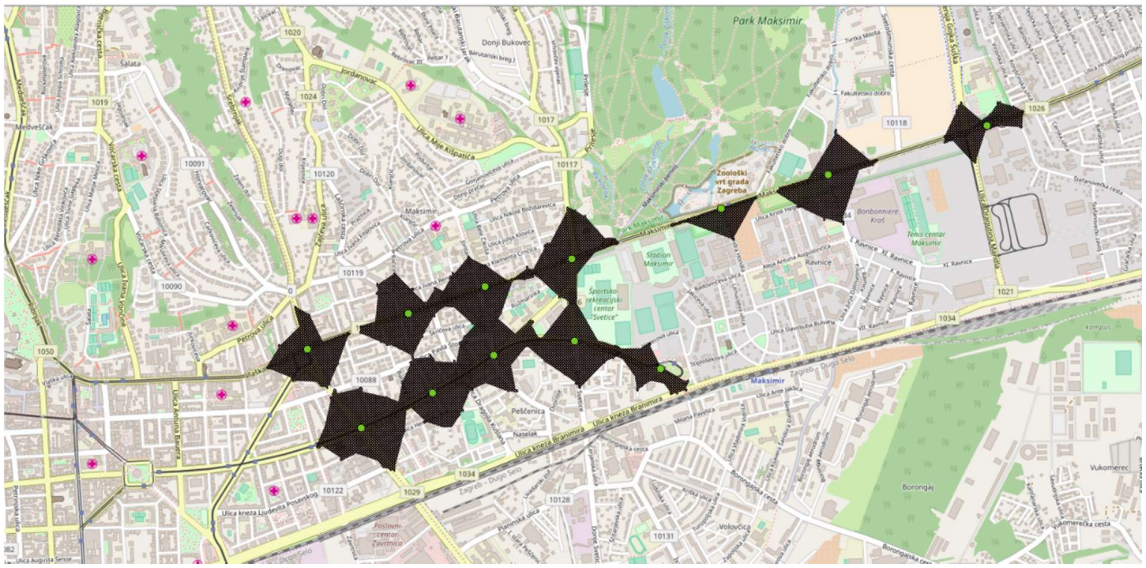
Nakon što su izdvojene točke stajališta, potrebno je postaviti parametre za izradu izokrona unutar dodatka ISO4APP. Za tip izolinije izabrana je izokrona u trajanju od tri minute hoda, način putovanja je odabran pješak uz normalnu brzinu hoda od 5.4 km/h te se na kraju upisuje ključ koji je dobiven od strane izdavača dodatka za napredne opcije korištenja.

Nakon što su postavljeni parametri za izračun izokrona, potrebno je pokrenuti jednu od opcija dodatka pod nazivom Massive Isoline Calculation. Ova opcija omogućuje izračun izokrona za više točaka istovremeno. Prvo se odabiru točke na kojima će se računati izokrone, zatim se opcionalno mogu dodati atributi iz sloja stajališta u novo kreirani sloj izokrona te se dodjeljuje ime novog sloja. Čitav postupak postavljanja parametara i izračun izokrona prikazan je na slici 5-20. Konačan rezultat tri minutne izokrone prikazan je na slici 5-21.



Slika 5-20. Postavljanje parametara za izračun izokrona

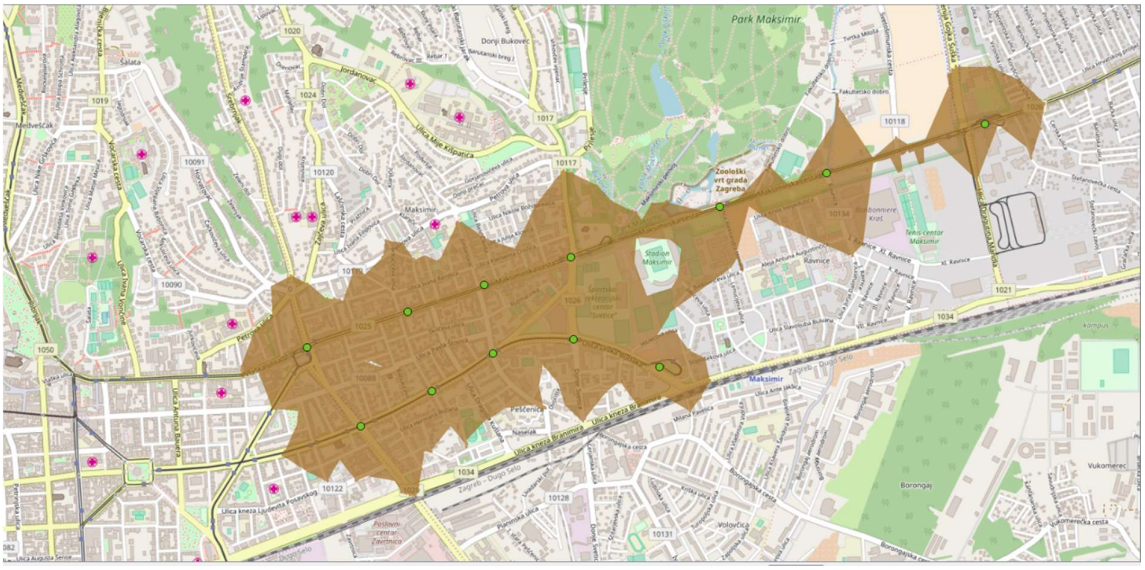
Izvor: Autor



Slika 5-21. Izokrona od tri minute

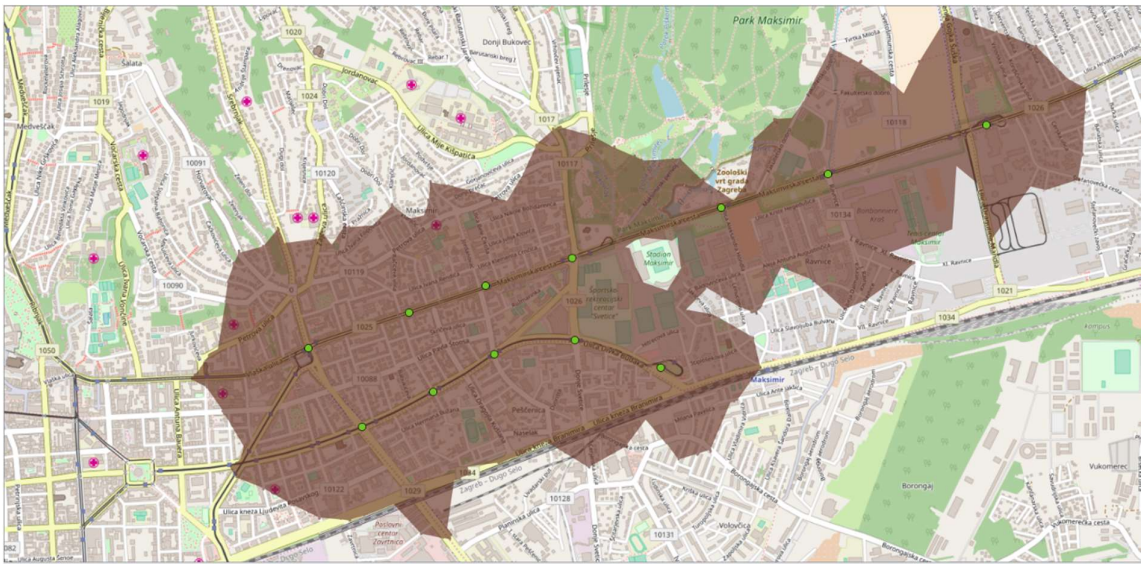
Izvor: Autor

Postupak postavljanja parametara za izokrone od pet i osam minuta identičan je postupku postavljanja za izokronu od tri minute, osim u odabiru vremena hoda. Nakon postavljanja parametara i pokretanja opcije izračuna izokrona za više točaka, rezultat za izokrone od pet i osam minuta prikazan je na slikama 5-22. i 5-23.



Slika 5-22. Izokrona od pet minuta

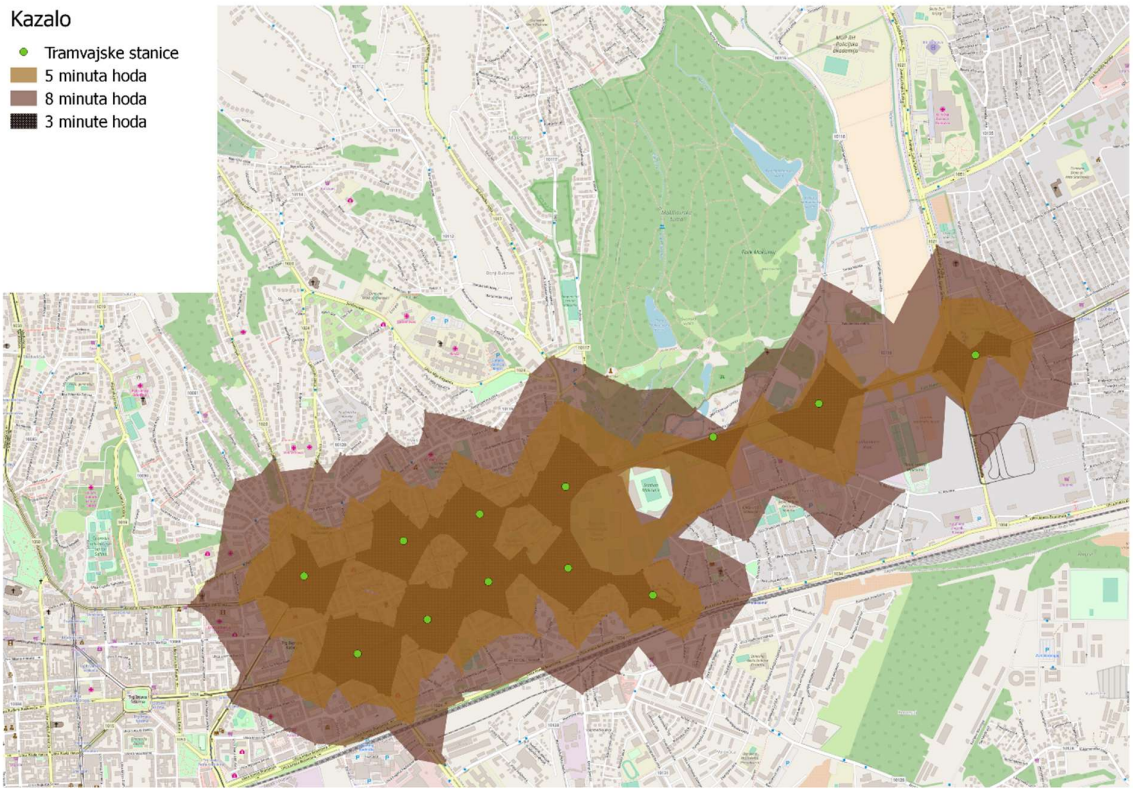
Izvor: Autor



Slika 5-23. Izokrona od osam minuta

Izvor: Autor

Nakon izračuna navedenih izokrona, na slici 5-24. prikazana je usporedba izokrona sa vremenima hoda od tri, pet i osam minuta.



Slika 5-24. Usporedni prikaz izokrona od tri, pet i osam minuta hoda

Izvor: Autor

ISO4APP je iznimno koristan alat za izračun dostupnosti svih vrsta sadržaja pješacima u zadanom vremenu. Potrebno je napomenuti da izračun izokrona ovim alatom nije u potpunosti točan, te ovisi o broju ažuriranih podataka OpenStreet karata. Primjerice, oko područja stadiona Maksimir i novoizgrađenih sportskih objekata na Sveticama izokrone su pokazale da pješacima nije moguć pristup tramvajskim stajalištima Bukovačka i okretište Borongaj unutar zadanog vremena hoda, što ne odgovara stvarnom stanju. Da bi se to ispravilo, bilo je potrebno ručno namjestiti izokrone da bi pokrivale prethodno navedeno područje.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu obrađena je upotreba GIS alata u rješavanju mnogih situacija koje zahtijevaju različit pristup problemu. U drugom poglavlju spomenute su neke od primjena GIS-a u prometu i prometnom planiranju. U takvim situacijama, GIS je savršen alat koji jednostavnim sučeljem i grafičkom prezentacijom dobivenih rezultata jasno prikazuje postojeće stanje ili rješenje problema. U istom poglavlju spomenute su primjene u različitim ljudskim djelatnostima i sektorima. Primjerice, GIS sustav je iznimno koristan u sektoru javnih službi, njihovim odzivom i usmjeravanju i praćenju vozila hitnih službi u stvarnom vremenu. U navedenom poglavlju prikazana je upotreba GIS alata za evaluaciju otpornosti zgrada na potrese u Alžiru. Ovom studijom ukazalo se na potencijalno opasne građevine u slučaju potresa. Stara jezgra grada gdje se nalaze stare, zidane građevine sa uskim ulicama predstavljaju najveću opasnost prilikom potresa. Također je spomenuta i primjena u problemima lociranja vjetroturbina prilikom izgradnje vjetroelektrane. GIS alati mogu pomoću podataka reljefu, flori i fauni te o vjetru, temperaturi zraka (promjene temperature tijekom dana i noći), zatim o smjerovima vjetra koji puše, ekosustavu (šume i vegetacija, vodni ekosustavi itd.) dati iste rezultate kao i specijalizirani alati za rješavanje problema lociranja vjetroelektrana. Nakon obrade podataka i spajanja dva sloja (sloj koji prikazuje brzinu vjetra i sloj koji prikazuje ekvivalentne sate puhanja vjetra) dobije se konačni rezultat za smještanje vjetroturbina.

U trećem poglavlju dotaknuti su problemi koji se javljaju pri planiranju javnog prijevoza u urbanim sredinama. GIS alati su se pokazali korisnima iz razloga što je moguće jasno prikazati trenutno stanje infrastrukture i jasno vizualizirati potencijalne probleme te ponuditi rješenja prenamjene infrastrukture. Takva rješenja primjerenija su urbanim sredinama gdje zbog prenapučenosti prostora jednostavno nije moguća gradnja nove prometne infrastrukture. Također je napravljena analiza problema ruralnih područja i njihove povezanosti sa urbanim prostorima te trend iseljavanja stanovništva iz ruralnih područja od 1991. do 2016. godine. Prikazan je projekt RUMOBIL te obuhvaća suradnju javnih tijela i prijevozničkih poduzeća. Cilj je odgovor na promjene u regionalnom javnom prijevozu nastalih zbog iseljavanja stanovništva. Projekt osigurava sudionicima platformu za razmjenu znanja i omogućava učenje kroz pokusne projekte radi prilagodbe zahtjevima mobilnosti. Sudionik projekta iz Hrvatske su Hrvatske željeznice-Putnički prijevoz (HŽPP) koji će stečeno iskustvo primijeniti na željeznički pravac koji povezuje ruralna područja Karlovačke županije sa zdravstvenim, školskim i trgovačkim središtima grada Zagreba.

U četvrtom poglavlju prikazani su posebno razvijeni sustavi temeljeni na GIS-u koju pomažu u sustavima javnog prijevoza i praćenju njegovog udjela u prometu. Za potrebe talijanske regije Pijemont, razvijen je poseban alat pomoću kojeg je moguće obrađivati velike količine podataka iz baza podataka javnog prijevoza, zatim detektiranje problema efektivnosti i efikasnosti vezanih za javni prijevoz. Valja napomenuti da su se svi alati pokazali iznimno učinkovitim u svojoj zadaći, te su pomoću njih riješeni kompleksni problemi koje upotrebom alata koji nisu temeljeni na GIS-u ne bi bilo moguće riješiti. Nadalje, u istom poglavlju obrađeni su GIS sustavi, koji u kombinaciji sa nekim drugim sustavima tvore kompleksne platforme za rješavanje različitih problema u planiranju urbanih sredina, koje upotrebom zasebnih sustava nije moguće riješiti. Prikazane su najčešći oblici integracije GIS-BIM alata te alati koje se

trenutno koriste u svijetu. Najveća pažnja pridodala se kombinaciji GIS-BIM. Ova dva alata korištena su za evaluaciju godišnje potrošnje energije jedne od najvećih urbanih sredina u Japanu. Alat se pokazao iznimno korisnim, te su rezultati pokazali da bi se primjenom dobivenog rješenja koje uključuje tri slučaja koja bi se mogla provesti. Svaki od slučaja uključuje zamjenu dotrajalih klima uređaja sa novijim, energetski učinkovitijim uređajima te zamjena starih rasvjetnih žarulja štedljivim LED žaruljama. Pomoću GIS alata grafički je prikazana godišnja ušteda energije na razini grada, uz najmanje moguće troškove.

U petom poglavlju napravljena je analiza prometne mreže grada Zagreba. Stavljen je fokus na autobusna i tramvajska stajalište, te se analizom u programskom alatu QGIS došlo do zaključka da je grad Zagreb gotovo idealno pokriven stajalištima javnog prijevoza, čineći ih dostupnim svim građanima unutar intervala hoda od tri do deset minuta. U prvom dijelu navedenog poglavlja, intervali hoda prikazani su pomoću buffera koji prikazuju pravocrtnu udaljenost do stajališta, što u pravilu ne odgovara stvarnom stanju. Da bi se dobilo približno stvarno stanje udaljenosti hodanja u zadanim vremenskim intervalima od tri, pet i osam minuta, korištene su izokrone. Za izradu izokrona korišten je dodatak za QGIS, ISO4APP pomoću kojeg se jasno vidi razlika između izokrona i buffera, tj. stvarne i pravocrtne udaljenosti do određenih stajališta na primjeru gradske četvrti Maksimir. GIS alati su iznimno korisni u fazi planiranja mreže javnog prijevoza te mogu jasno ukazati na prednosti i nedostatke lokacije stajališta javnog prijevoza. Primjenom GIS alata u fazi planiranja moguće je izbjeći odabir pogrešne lokacije stajališta, te ga pozicionirati tako da bude dostupno čim većem broju ljudi.

LITERATURA

[1] Huisman, O., de By, R. A.: *Principles of Geographic Information Systems*, ITC Educational Textbook Series; Vol. 1, Enschede, 2009.

[2]URL: https://henrico.us/it/gis/ (pristupljeno: ožujak 2018.)

[3] Kakumoto, Y., Koyamtsu, Y., Shiota, A., Qudaih, Y., Mitani, Y.: *Application of Geographic Information System to PowerDistribution System Analysis*, Energy Procedia, vol. 100, p. 360-365, 2016.

[4]URL: https://www.caliper.com/tcovu.htm (pristupljeno: ožujak 2018.)

[5]URL:https://www.caliper.com/transcad/applicationmodules.htm (pristupljeno: ožujak 2018.)

[6]URL: https://www.caliper.com/transcad/mapping.htm (pristupljeno: ožujak 2018.)

[7]URL: https://www.caliper.com/tctraveldemand.htm (pristupljeno: ožujak 2018.)

[8] Yao. H., Dong, W., Liang, D., Arnd, R., Lai, J.: *Application of GIS on Emergency Rescue,* Procedia Engineering 11, 185-188, 2011.

[9]URL:http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-emergency-management (pristupljeno: travanj 2018.)

[10] Tadjer, K., Bensaibi, M.: *Earthquake risk assessment of Blida (Algeria) using GIS,* Energy Procedia 139, 645-650, 2017.

[11] Cristea, C., Florina Jocea, A.: *GIS Application for Wind Energy,* Energy Procedia 85, 132 – 140, 2016.

[12] Brčić, D., Ševrović, M.: *Logistika prijevoza putnika*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.

[13] Humić, R.: *Projekt RUMOBIL*, Željeznice 21, 1/2017.

[14]URL:http://hrturizam.hr/dzs-procjena-stanovnista-republike-hrvatske/ (pristupljeno: lipanj 2018.)

[15] Pensa, S., Masala, E., Arnone, M., Rosa, A.: *Planning local public transport: a visual support to decisionmaking*, Procedia - Social and Behavioral Sciences 111, 596-603, 2014.

[16] Yan-yan, C., Pan-Yi, W., Jian-hui, L., Guo-chen, F., Xin, L., Yi, G.: *An Evaluating Method of Public Transit Accessibility for Urban Areas Based on GIS*, Procedia Engineering 137, 132 – 140, 2016.

[17]URL: https://arhitekti-hka.hr/hr/bim/opcenito-o-bim-u/ (pristupljeno: kolovoz 2018.)

[18] Ma, Z., Ren, Y.: *Integrated Application of BIM and GIS: An Overview,* Procedia Engineering 196, 1072–1079, 2017.

[19] Yamamura, S., Fan, L., Suzuki, Y.: *Assessment of urban energy performance through integration of BIM and GIS for smart city planning,* Procedia Engineering 180, 1462-1472, 2017.

[20] URL: https://www.gislounge.com/isodistance-isochrone-maps/ (pristupljeno: kolovoz 2018.)

[21] URL: https://www.iso4app.net/demo.jsp (pristupljeno: kolovoz 2018.)

POPIS SLIKA

Slika 1-1. Stvaranje modela preklapanjem slojeva 2
Slika 1-2. Glavne značajke GIS-a 3
Slika 2-1. Praćenje vozila hitnih službi u stvarnom vremenu....8
Slika 2-2. Gradsko središte podijeljeno u zone pomoću GIS-a 9
Slika 2-3. Klasifikacija građevina prema otpornosti na potrese pomoću GIS-a....10
Slika 2-4. Polazna mapa s podacima 12
Slika 2-5. Prikaz rezultata....12
Slika 4-1. Sučelje alata Visual TPL....21
Slika 4-2. Podjela na zone pomoću GIS-a 23
Slika 4-3. Kreiranje „Buffer-a“ pomoću GIS-a 23
Slika 4-4. APTA vrijednosti u promatranom području 24
Slika 4-5. Udio putovanja javnom prijevozom u ukupnom prometu....24
Slika 4-6. Presjek zastupljenosti objekata u pojedinim fazama apliciranja....26
Slika 4-7. Najzastupljenije platforme i alati za kolaboraciju GIS-a i BIM-a 26
Slika 4-8. Prikaz centralno orijentiranog planiranja Tokya pomoću GIS-a 30
Slika 4-9. Arhitektura i dizajn predloženog alata....31
Slika 4-10. Područje istraživanja....32
Slika 4-11. Distribucija zgrada unutar promatranog područja....32
Slika 4-12. Trenutna i pretpostavljena potrošnja energije....33
Slika 4-13. Godišnja potrošnje i ušteda energije u postocima za svaki od navedenih slučajeva 33
Slika 5-1. Instalacija dodatka OpenLayers 35
Slika 5-2. Učitavanje karte grada Zagreba pomoću OpenStreetMaps-a 36
Slika 5-3. Preuzimanje podataka vezanih uz kartu grada Zagreba 37
Slika 5-4. Učitavanje Zagreb1.osm datoteke i kreiranje Zagreb1.osm.db datoteke 38
Slika 5-5. Kreiranje sloja tramvajskih i autobusnih stanica....39
Slika 5-6. Filtriranje i konačni prikaz svih autobusnih i tramvajskih stajališta u gradu Zagrebu 40
Slika 5-7. Postupak kreiranja toplinske karte 41
Slika 5-8. Toplinska karta autobusnih i tramvajskih stajališta u gradu Zagrebu 42
Slika 5-9. Tramvajska stajališta u gradu Zagrebu....43
Slika 5-10. Stvaranje „Buffera“ za tramvajska stajališta....43
Slika 5-11. Dostupnost tramvajskih stajališta unutar 5 minuta hoda 44
Slika 5-12. Autobusna stajališta u gradu Zagrebu....44
Slika 5-13. Stvaranje „Buffera“ za autobusna stajališta....45
Slika 5-14. Dostupnost autobusnih stajališta unutar 5 minuta hoda 45
Slika 5-15. Dostupnost svih stajališta javnog prijevoza unutar 5 minuta hoda 46
Slika 5-16. Dostupnost svih stajališta javnog prijevoza unutar 10 minuta hoda 47
Slika 5-17. Razlika između stvarne i pravocrtne udaljenosti hodanja 47
Slika 5-18. Primjer izokrone u gradu Zagrebu....48
Slika 5-19. Tramvajska stajlišta gradske četvrti Maksimir 49

Slika 5-20. Postavljanje parametara za izračun izokrona 50
Slika 5-21. Izokrona od tri minute 50
Slika 5-22. Izokrona od pet minuta 51
Slika 5-23. Izokrona od osam minuta.....51
Slika 5-24. Usporedni prikaz izokrona od tri, pet i osam minuta hoda.....52

POPIS TABLICA

Tablica 3-1. Broj stanovnika po županijama od 1991. do 2016. 17

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 3-1. Kretanje broja stanovnika od 1991. do 2016. 18

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom UPOTREBA GEOGRAFSKIH INFORMACIJSKIH SUSTAVA U LOGISTIČKOM PRISTUPU PLANIRANJU JAVNOG PRIJEVOZA na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 13.9.2018

Student/ica:

(potpis)