

Planiranje terminala u funkciji mobilnosti primjer mikromodela

Đurić, Ana-Maria

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:187:974873>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-17**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

ANA-MARIA ĐURIĆ

**PLANIRANJE TERMINALA U FUNKCIJI MOBILNOSTI
PRIMJER MIKRO MODELA
DIPLOMSKI RAD**

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**PLANIRANJE TERMINALA U FUNKCIJI MOBILNOSTI
PRIMJER MIKRO MODELA
TERMINAL PLANNING AS A FUNCTION OF MOBILITY
AN EXAMPLE OF A MICRO MODEL
DIPLOMSKI RAD**

Kolegij: Prometno planiranje luka i terminala

Mentor: dr.sc. Neven Grubišić

Studentica: Ana-Maria Đurić

Studijski smjer: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112077286

Rijeka, rujan 2023.

Studentica: Ana-Maria Đurić

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112077286

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom

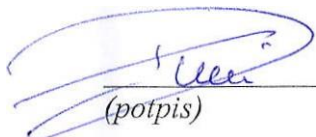
PLANIRANJE TERMINALA U FUNKCIJI MOBILNOSTI PRIMJER MIKRO MODELA

izradila samostalno pod mentorstvom

izv.prof.dr.sc. Nevena Grubišića.

U radu sam primijenila metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristila literaturu koja je navedena na kraju diplomskog rada. Tude spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući navela u diplomskom radu na uobičajen, standardan način citirala sam i povezala s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student/studentica



(potpis)

Ana-Maria Đurić

Studentica: Ana-Maria Đurić

Studijski program: Tehnologija I organizacija prometa

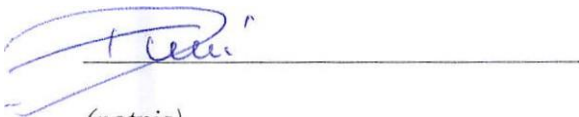
JMBAG: 0112077286

IZJAVA STUDENTA - AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

Izjavljujem da kao studentica autorica diplomskog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa diplomskim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog diplomskog rada kao autorskog djela pod uvjetima Creative Commons licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Studentica



SAŽETAK

U radu je izrađen mikrosimulacijski model koji prikazuje mogućnosti korištenja mikrosimulacija za analizu urbane mobilnosti. Model prikazuje hipotetsko urbano središte s 2 terminala, autobusnim i željezničkim, te različitim opcijama za ostvarivanje mobilnosti. Urbana mobilnost ostvaruje se odabirom različitih načina prijevoza i prijevoznih sustava pri čemu se izdvajaju: privatni prijevoz (automobili), javni prijevoz (cestovni i željeznički) te oblici dijeljene mobilnosti (*ride-sharing*, *car-sharing*, prijevoz na zahtjev i na temelju potražnje, itd.). Za izradu modela korišten je alat PTV Vissim. Upotrijebljene su dvije vrste metoda odabira rute, statička i dinamička. Statička se koristila kod javnog prijevoza za definiranje linija i smjerova putovanja, a dinamička kod privatnog prijevoza za odabir odredišnih zona putovanja na temelju funkcije korisnosti gdje su prikazane mogućnosti utjecaja pojedinih veličina na odabir destinacije. Realizacija se ostvaruje prikazom 5 različitih modova: osobni automobil, autobus, vlak, shuttle prijevoz, mini bus. Kroz odabrane rezultate simulacije prikazane su mogućnosti mikrosimulacijskog modela za potrebe detaljnije analize u zoni oba terminala, namjenskih površina i prostora gdje se putnici kreću, čekaju ili pripremaju na transfer, ukrcaj ili iskrcaj s prijevoznog sredstva.

Ključne riječi: mobilnost, prometno planiranje, način prijevoza, prijevozni sustavi, prometni model, mikrosimulacije.

SUMMARY

A microsimulation model has been developed to illustrate possibilities for urban mobility analysis. The model's design encompasses a hypothetical urban area featuring bus and railway terminals, along with various mobility options. Urban mobility can be realized through a range of mode choices and transport systems, including private transportation (cars), public transportation (road and rail), and various shared mobility types (such as ride-sharing, car-sharing, mobility on demand, and more). PTV Vissim was employed in designing the model. Two route choice methods were implemented: static route choice for public transit design and dynamic route choice for private transport, where the destination choice depends on the utility function value. The model includes five mode choices: private cars, buses, trains, shuttle-trains, and mini-buses. For evaluation purposes, several options have been presented, which can be further implemented in the detailed analysis of terminal performance. These options encompass different terminal areas where pedestrians and passengers move, board, or wait for transfers.

Keywords: mobility, transportation planning, transport modes, transport systems, transport model, microsimulations.

SAŽETAK.....	I
SUMMARY.....	II
1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKT ISTRAŽIVANJA	1
1.2. RADNA HIPOTEZA.....	1
1.3. SVRHA I CILJ ISTRAŽIVANJA	1
1.4. ZNANSTVENE METODE.....	2
1.5. STRUKTURA RADA	2
2. PROMETNO PLANIRANJE	3
2.1. OBILJEŽJA.....	3
2.2. OPSEG PROMETNOG PLANIRANJA	4
2.3. SEKTORSKO PLANIRANJE – PO VRSTAMA PROMETA	5
2.4. PROMETNI MODELI.....	6
2.4.1. Model ponude	7
2.4.2. Model potražnje	7
2.4.3. Model utjecaja ili evaluacije	8
3. MOBILNOST	10
3.1. POJAM I KLJUČNI ASPEKTI MOBILNOSTI.....	10
3.2. ODNOS MOBILNOSTI I PROMETNOG PLANIRANJA	11

3.3. STANOVNIŠTVO I MIGRACIJE	12
3.4. NAČIN OSTVARIVANJA I POKAZATELJI MOBILNOSTI	16
3.5. MODOVI (NAČINI) PRIJEVOZA	17
3.5.1. Klasifikacija načina prijevoza	17
3.5.2. Automobil kao način prijevoza	19
3.5.3. Autobusi	20
3.5.4. Taxi prijevoz	20
3.5.5. Tramvaji	20
3.5.6. Vlakovi	21
3.5.7. Električni bicikli	21
3.5.8. Biciklizam – standardni bicikli	21
3.5.9. Pješaćenje	22
3.5.10. Prikupljanje informacija o načinu putovanja	22
3.6. PRIJEVOZNI SUSTAVI	22
3.6.1. Privatni prijevoz	22
3.6.2. Javni prijevoz	23
3.6.3. Intermodalni i integrirani prijevoz	24
3.6.4. Dijeljena mobilnost (<i>sharing mobility</i>)	26
3.7. PODACI O MOBILNOSTI U REPUBLICI HRVATSKOJ	28
4. IDEJNI MODEL URBANOG SREDIŠTA S DVA TERMINALA	31

4.1. Opis modela.....	31
4.2. Koncept modela.....	31
4.2.1. Dinamičko rutiranje.....	31
4.2.2. Javni prijevoz	35
4.2.3. Prijevoz na zahtjev/dijeljena mobilnost.....	37
4.3. Elementi modela	38
4.3.1. Područje željezničkog terminala	38
4.3.2. Područje autobusnog terminala	40
4.3.3. Pješačke rute i raspodjela kretanja/potražnje u sklopu terminala	41
4.4. Prikaz rezultata modela	43
5. ZAKLJUČAK.....	47
LITERATURA	49
POPIS SLIKA.....	51
POPIS TABLICA	53

1. UVOD

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKT ISTRAŽIVANJA

U suvremenom dobu, potrebe mobilnosti su se značajno transformirale, potaknute tehnološkim inovacijama i društvenim promjenama. Da bi se osigurao integriran, siguran, energetski učinkovit i održiv prometni sustav, prometno planiranje se koristi naprednim tehnološkim rješenjima koja značajno smanjuju troškove i omogućavaju holističku vizualizaciju za zadovoljenje novih i raznolikih potreba. U ovom novom kontekstu, prometno planiranje uključuje raznolike tipove terminala i oblika prijevoza kako bi se prilagodilo promjenjivim i sve zahtjevnijim zahtjevima današnjeg društva. Sa svrhom boljega razumijevanja vizualizacije u radu je izrađen idejni model koji prikazuje atraktivnost pojedinih prijevoznih sustava te način na koji se mobilnost odvija u skladu sa mjerilima mobilnosti.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Rad se zasniva temeljem postavljanja hipoteze. Korištene radne hipoteze su:

H01: Mobilnost stanovništva ima značajan utjecaj na prometno planiranje terminala.

H02: U urbanom modelu s dva terminala, predviđa se da će mobilnost stanovništva biti temeljni čimbenik koji će utjecati na preferencije pri odabiru prijevoza i na oblikovanje infrastrukture terminala.

1.3. SVRHA I CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživačkog rada je istražiti, analizirati i prikazati modelom različite mogućnosti korištenja raznolikih oblika (privatnog i javnog) prijevoza kao temelj za optimizaciju mobilnosti

u suvremenom prometnom okruženju, te te preko određenih pokazatelja razine mobilnosti istražiti utjecaj pokazatelja na planiranje terminala.

1.4. ZNANSTVENE METODE

Za potrebe ovog istraživačkog rada primijenjen je raznovrstan skup znanstvenih metoda. Tijekom teorijskog i istraživačkog procesa, koristile su se metode indukcije i dedukcije radi izvođenja općih zaključaka iz specifičnih podataka te obrnuto. Također, primijenjene su metode generalizacije i specijalizacije za razmatranje šireg konteksta i detaljnih aspekata istraživanih fenomena. U procesu analize, koristile su se metode klasifikacije za strukturiranje informacija, apstrakcije za izdvajanje bitnih karakteristika i konkretizacije za detaljniju obradu apstraktnih pojmova. Analitički pristup bio je ključan, uključujući metode dokazivanja i opovrgavanja za dublje istraživanje i razumijevanje zaključaka i tvrdnji. U praktičnom dijelu rada, osim uobičajenih znanstvenih metoda, primijenjene su matematičke metode statističke analize i modeliranja te metode simulacije za sustavno prikupljanje relevantnih podataka.

1.5. STRUKTURA RADA

Ovaj rad je organiziran u pet dijelova. Prvi dio "Uvod," služi za definiranje predmeta, objekta i problema istraživanja te postavljanje radne hipoteze, cilja i svrhe rada. Ujedno, u ovom uvodnom dijelu navedene su znanstvene metode koje su korištene tijekom izrade. Drugi dio, pod naslovom "Prometno planiranje," bavi se detaljnim opisom karakteristika, obujma i podjelom prometnog planiranja. Također, definirani su prometni modeli te njihove vrste i ključne komponente. Treći dio, naslovljen "Mobilnost" istražuje važnost mobilnosti i prometnog planiranja uključujući veličinu stanovništva na proces mobilnosti. Analizirane su različite strategije mobilnosti i prijevoznih sustava koji se koriste za ostvarivanje mobilnosti. Četvrti dio, "Model," fokusira se na izradu idejnog modela mobilnosti ljudi s posebnim naglaskom na odabir različitih načina prijevoza upotrebom različitih metoda za dodjelu putovanja te je prikazan način na koji je model napravljen. Na kraju, peti dio "Zaključak" donosi sintetički pregled i zaključna razmatranja o utjecaju stanovništva (mobilnosti) na planiranje prometnih terminala i urbanih cjelina.

2. PROMETNO PLANIRANJE

2.1. OBILJEŽJA

Kroz povijest glavna svrha odvijanja prometa bila je prijenos dobara odnosno trgovina robom. Preseljenjem ljudi u gradove i razvojem gradova javila se potreba kretanja ljudi na druge načine i za različite svrhe čime je promet postao glavna stavka gospodarskog razvoja. Zbog veće potrebe za kretanjem stanovništva potrebno je prilagoditi infrastrukturu, osigurati nove oblike usluge prijevoza kao i pratiti tijek kretanja ljudi. Problemima nastalima u prometu i pronalasku adekvatnih rješenja bavi se prometno planiranje. Sastavni je dio šireg područja prostornog planiranja. Prometno planiranje obuhvaća spektre od gospodarskog razvoja, standarda života, zdravlja populacije istraživanog interesnog područja koji su sastavni dio života ljudi te na ekonomski prihvatljiv način doprinosi prirodnoj ravnoteži na način da promatra i ekološki aspekt [5]. Za adekvatno i uspješno postizanje ravnoteže i poboljšanje stanja okoline i ljudi prometno planiranje koristi različite metode kojima se ostvaruju ciljevi. Prometno planiranje predstavlja niz aktivnosti od provjere i obrade, projektiranja, rukovođenja i alokacije prometa s ciljem doprinosa sigurne, produktivne, optimalne i ekološki prihvatljive mobilnosti. Ono obuhvaća ponudu različitih oblika prijevoza, cestovne mreže odnosno infrastrukture, uključuje prometnu politiku neke države, ekološke faktore i osobne potrebe pružatelja usluge.

Razvoj prometnog planiranja u skladu je sa razvojem društva, a veliki utjecaj na poboljšanje i drukčiji pristup planiranju ima razvoj tehnologije. Neke od važnijih kronološki poredanih utjecaja na nastanak prometnog planiranja su:

- Raniji razvoj: Potreba za planiranjem prometa i cestovnih pravaca javlja se u antičkim civilizacijama na području Rima, Kine i Grčke gdje je bilo potrebno razviti model koji će omogućiti brže i stabilnije putovanje za što jednostavniju trgovinu i prijevoz ljudi.

- Industrijska revolucija: Povećanje prometa u 18. i 19. stoljeću dogodilo se radi otkrića i razvoja parnih strojeva. Povećanje prometa uočeno je u pomorstvu razvojem parobroda, također veliki napredak je doživjela i željeznica čija je infrastruktura postala okosnica prometnog planiranja..

- Razvoj gradova: Urbanizacijom u 20-om stoljeću javila se potreba za planiranje gradskih cestovnih prometnica. Povećanjem broja ljudi u gradovima povećao se broj prijevoznih sredstva što je dovelo do prometnih zagušenja te pokazalo manjkavosti na području sigurnosti.

- Suvremeno prometno planiranje: Današnji pristup prometnog planiranja obuhvaća sveobuhvatniji i multidisciplinarni pristup. Modernizacija i napredak informatičke pismenosti omogućila je razne programske simulacije, raznovrsne alate pomoću kojih se vrši analiza prometnog stanja. Suvremen pristup prometnog planiranja teži ka sinergiji raznih načina prijevoza, opstanku i poboljšanju ekološke prihvatljivosti i povezanosti prometno političkih inovacija.

Novi izazovi s kojima je prometno planiranje suočeno temelje se na uravnoteženju prometa smanjenju preopterećenosti mreže, postizanju smanjena buke, manjem onečišćenju zraka i okoliša, pokušajima promjene načina navika ljudi podizanjem svijesti uz pomoć politike i subvencija te ponudu optimalnog prijevoza svim korisnicima uz adekvatnu sigurnost. Drukčijem pristupu prometnom planiranju doprinosi i razvoj inteligentnih računalnih sustava kojima se upravlja prometom.

2.2. OPSEG PROMETNOG PLANIRANJA

S obzirom na opseg odnosno prostorni obuhvat, prometno planiranje može podijeliti na: makroskopsko, mezoskopsko i mikroskopsko ili mikro prometno planiranje[15].

Makroskopsko planiranje obuhvaća nacionalnu razinu planova, veće prostorno područje i veće prometne mreže, što uključuje više gradova, prometnih pravac ili koridora. Makroskopsko planiranje obuhvaćeno je prometnim strategijama na nacionalnoj, regionalnoj ili većoj razini.

Mezoskopsko planiranje obuhvaća donošenje odluka, politika i upravljanje prometom na područjima pojedinih manjih prostornih lokaliteta, najčešće su to urbana i suburbana područja. U sklopu planiranja na ovoj razini vrši se revizija i obrada unutarnjih dijelova prometnih pravaca gradova, procjena stanja infrastrukture regionalnog područja te procjena učinkovitosti pojedinih mjera upravljanja prometom. Kako se planiranje vrši na manjim lokalitetima većih gradova uključuje se i analiza javnog prijevoza u planiranje.

Mikroskopsko planiranje obuhvaća analizu pojedinih čvorišta, raskrižja, komponenti prometne mreže, načina upravljanja prometom, analizu i optimizaciju prometne signalizacije te pojedinih procesa kao što su ulasci i izlasci putnika iz vozila, tokovi putnika na terminalu, proces prilaženja, ulasci i izlasci na terminal te samo odvijanje prometa na mikrolokacijama kao što su terminali, stanice, stajališta. Ova razina predstavlja najpregledniju i najdetaljniju analizu lokalnih područja. Također može obuhvatiti obradu prometnih tokova, dostupnost i procjenu dostupnosti parkinga, sigurnost, kapacitete i infrastrukturne potrebe pješačkih i biciklističkih zona.

2.3. SEKTORSKO PLANIRANJE – PO VRSTAMA PROMETA

Podjela prema prometnim sektorima odnosno vrstama prometa (cestovni, željeznički pomorski, zračni) omogućuje specifičnu analizu koja je svojstvena obilježjima pojedine prometne grane. Glavna interesna područja svake grupe prometnog planiranja prema prometnim granama temelje se na prvobitnoj detaljnoj analizi, zatim na projektiranju te u konačnici na upravljanju prometnog sustava. Najznačajnija podjela sektorskog planiranja prema prometnim granama je[7]:

Cestovno planiranje: Radnje koje obuhvaća su planiranje cestovne infrastrukture, prometne signalizacije, određivanje sigurnosnih značajki i prometne brzine na dionicama cesta prema njihovim karakteristikama, analiza kapaciteta i potreba unaprjeđenja infrastrukturnih objekata, načina održavanja i eksploatacije te unaprjeđenje sigurnosti.

Prometno planiranje željeznica: planiranje željezničkog sustava u smislu izgradnje, nadogradnje ili poboljšanja stanja željezničke infrastrukture, stanja sigurnosti, signalizacije, ukomponiranost ostalih vrsta prijevoza sa željezničkim, itd.

Prometno planiranje pomorskog i riječnog prometa: obuhvaća lučku infrastrukturu, nadogradnju i modernizaciju luka, praćenje poslovanja, optimizacije rad lučkog prostora, održavanje i obilježavanje plovni putova, upravljanje prometom te upravljanje pomorskim dobrom i javnim vodnim dobrom.

Prometno planiranje javnog prijevoza: ova kategorija može biti sastavni dio svakog prometnog sustava prema načinu putovanja, ali ovdje se promatra odvojeno. Uključuje utvrđivanje linija, redova vožnje, raspoređivanje vozila, analizu efikasnosti, itd.

2.4. PROMETNI MODELI

Prometni modeli su računalni matematički i statistički alati koji se koriste za analizu, simulaciju i predviđanje prometa na prometnim mrežama na kvalitativan i kvantitativan način. Za adekvatnu procjenu postojećeg stanja i predviđanje budućeg stanja potrebno je prikupiti informacije. Prikupljaju se podatci o broju vozila, brzini kretanja, putnom vremenu te se provode ankete putovanja u kojima se pokušava pronaći učestalost i razlog mobilnosti.

Prometni modeli razlikuju se prema različitim kriterijima, a mogu se podijeliti na [5]:

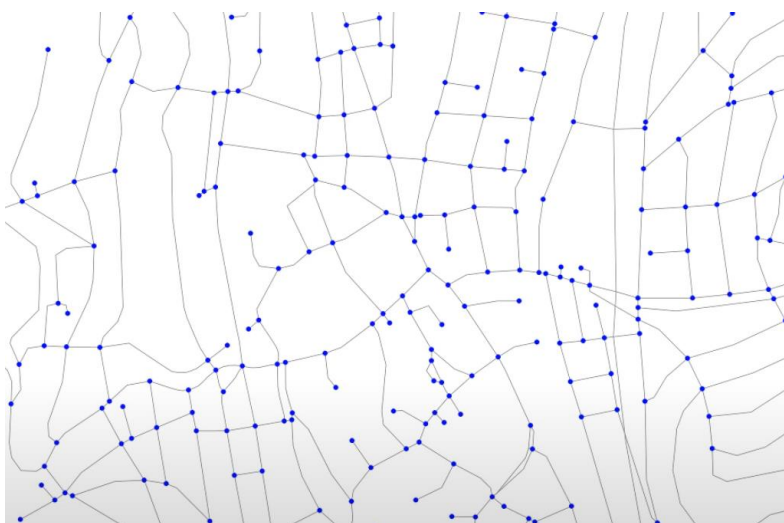
- Deskriptivni modeli: Ovi modeli koriste se za opisivanje postojećeg stanja prometa, identificiranje prometnih uzoraka i pružanje uvida u prometne tokove na temelju prikupljenih podataka. To mogu biti jednostavni statistički modeli ili grafikoni koji prikazuju prometne volumene, brzine ili putna vremena.
- Prediktivni modeli: Prediktivni modeli koriste se za predviđanje budućeg prometa na temelju različitih pretpostavki i projekcija. Oni mogu koristiti trendove prometa, demografske podatke, ekonomske faktore i druge varijable kako bi predvidjeli budući prometni rast ili utjecaj prometnih intervencija.
- Simulacijski modeli: Simulacijski modeli koriste se za simuliranje kretanja vozila na prometnoj mreži i analizu njihovih interakcija. Ovi modeli uzimaju u obzir različite prometne scenarije, signalizaciju, raskrižja i ponašanje vozača kako bi procijenili performanse prometnog sustava, identificirali gužve i testirali alternative prometnih intervencija.
- Optimizacijski modeli: Optimizacijski modeli koriste se za pronalaženje optimalnih rješenja za prometne probleme. Mogu se koristiti za optimizaciju signalizacije, upravljanje prometnim tokovima, raspoređivanje vozila, analizu parkinga ili odabira ruta putovanja kako bi se postigla najbolja učinkovitost prometnog sustava.

Mogu se izdvojiti 3 glavne komponente prometnog modela: model ponude, model potražnje te model utjecaja odnosno evaluacije stanja [16].

2.4.1. Model ponude

Model ponude uključuje specifikaciju prometnih sustava, vrste prijevoza i prijevozna sredstva koja će se koristiti u modelu. Glavni dio modela ponude je sama prometna mreža koju je potrebno dizajnirati (Slika 1). Ona se sastoji od čvorišta (raskrižja), prometnica ili linkova koji povezuju čvorišta, te pravila kretanja kroz raskrižje tj. načine regulacije prolaska kroz raskrižja i dionicama mreže [1]. U model ponude spada i javni prijevoz. Tako su glavni elementi za dizajn prometnog modela u odnosu na javni prijevoz definiranje prostornog rasporeda stajališta i terminala, specifikacija linija javnog prijevoza, reda vožnje te vremena stajanja na pojedinim stajalištima ili terminalima.

Svaki od objekata modela ponude ima svoje atribute. Glavni atributi za prometnice jesu: kapacitet, brzina slobodnog toka, broj prometnih traka, vrsta prijevoznih sredstava kojima je dopušteno prometovanje određenim dijelom prometnice ili prometne mreže te dozvoljeni smjer kretanja[5]. Glavni atributi za čvorišta jesu: pravila kretanja kroz raskrižje, ograničenja brzine prolaska čvorom, način regulacije prometa u čvoru – prometna signalizacija[5].



Slika 1: Primjer modela prometne mreže [16]

2.4.2. Model potražnje

Model potražnje uključuje prometne zone, središta generiranja potražnje, polazišta i odredišta putovanja[5]. Prometne zone obuhvaćaju produkciju i atrakciju tj. u njima se generiraju

putovanja i privlače putovanja. Generiranje putovanja je uglavnom vezano uz stambene četvrti gdje ljudi stanuju, dok je privlačenje vezano uz zone gdje ljudi obavljaju aktivnosti: poslovne zgrade, škole, trgovine, kafići i restorani, sportski objekti, bolnice i dr.

Za model potražnje važno je identificirati potražnju prema demografskim karakteristikama stanovništva za svaku društvenu skupinu tzv. person-grupu kao i za pojedinu svrhu putovanja tj. aktivnosti koje se svakodnevno obavljaju i zbog kojih se putuje. Person grupe i parovi aktivnosti čine tzv. stratum potražnje gdje se putovanja klasificiraju prema vrstama (npr. „HWEmp“ označava putovanja od kuće do posla koji se odnosi na zaposlene osobe u sklopu kućanstva).

Kod izrade dizajna modela potrebno je povezati zone odnosno centroeide koji predstavljaju središta potražnje u zoni sa prometnom mrežom (Slika 2). Konektori kojima se ostvaruje ta veza također imaju svoje atribute i oni prikazuju udaljenost i vrijeme koje je potrebno utrošiti na interna kretanja (npr. vrijeme uključivanja u promet automobila koje izlazi s parkinga, ili vrijeme pješaćenja od kuće do najbližeg stajališta javnog prijevoza...).



Slika 2.: Primjer dizajna zona u prometnom modelu [16]

2.4.3. Model utjecaja ili evaluacije

Osnovna svrha modela je sposobnost da se u simuliranom, računalnom okruženju testiraju i evaluiraju određena prometna rješenja, strategije, politike, infrastrukturna unaprjeđenja ili bilo

koja druga odluka kojom se nastoji unaprijediti postojeće prometno stanje. Model utjecaja je u stvari matematički i statistički dio računalnog modela koji koristi funkcije, varijable i parametre koji se mogu mijenjati dinamički ovisno o stanju prometa i kao takvi se mogu analizirati s obzirom na različite vremenske skale. U model utjecaja spadaju metode za određivanje učinka te izvještaji o stanju.

Metode za utvrđivanje performansi ili prometnog učinka mogu biti:

- na razini korisnika: raspodjela opterećenja, prometni tok, rutiranje, razine uslužnosti
- na razini operatera: broj vozila u eksploataciji, cijena linijskog prijevoza, prihodi od karata
- na razini utjecaja na okoliš: potrošnja goriva, emisije onečišćenja, razina emitirane buke

Izvještaji o stanju uključuju:

- statističke rezultate i prometnu metriku: kalkulaciju rute, ukupnih troškova putovanja
- matrične mrežne indikatore: vrijeme putovanja, frekvenciju usluge...
- grafičke analize: izohrone (krivulje jednakog vremena putovanja), snopove toka i sl.

3. MOBILNOST

3.1. POJAM I KLJUČNI ASPEKTI MOBILNOSTI

Mobilnost ljudi odnosi se na kretanje pojedinaca ili skupina ljudi s jednog mjesta na drugo radi obavljanja svakodnevnih aktivnosti. Može uključivati razne vrste putovanja, načine prijevoza i prijevozna sredstva. Također može uključivati korištenje različitih oblika prijevoza i prijevoznih usluga koje se temelje na dijeljenju kapaciteta i vremena korištenja prijevoznog sredstva ovisno o zahtjevima korisnika. Mobilnost ljudi ima važnu ulogu u svakodnevnom životu, ekonomiji, društvenoj interakciji, razvoju gradova i prometnim sustavima. Evo nekoliko ključnih aspekata mobilnosti ljudi:

Putovanja: Mobilnost ljudi uključuje putovanja iz različitih razloga, kao što su odlazak na posao, obrazovanje, obavljanje svakodnevnih aktivnosti, kupovina, rekreacija, turizam itd. Putovanja mogu biti lokalna, regionalna, nacionalna ili međunarodna, ovisno o udaljenosti i svrsi putovanja.

Načini prijevoza: Mobilnost ljudi obuhvaća različite načine prijevoza. To može uključivati pješaćenje, biciklizam, javni prijevoz (kao što su autobusi, tramvaji, vlakovi, metroi), osobna vozila (automobili, motocikli), zračni prijevoz (avioni) i vodeni prijevoz (brodovi, trajekti).

Prometna infrastruktura: Tu spadaju ceste, autoceste, biciklističke staze, željeznice, zračne luke i luke. Ima ključnu ulogu u omogućavanju i olakšavanju mobilnosti ljudi. Razvoj i održavanje prometne infrastrukture, kao i planiranje prometnih mreža, ključni su faktori za osiguravanje učinkovite i sigurne mobilnosti ljudi.

Utjecaj na okoliš: Mobilnost ljudi ima značajan utjecaj na okoliš. Emisije stakleničkih plinova iz vozila, potrošnja goriva, onečišćenje zraka i buka su neki od aspekata koji trebaju biti razmotreni u vezi s mobilnošću ljudi. Promicanje održive mobilnosti, poput korištenja javnog prijevoza, biciklizma ili električnih vozila, može pomoći u smanjenju negativnih utjecaja na okoliš.

Planiranje prometa: Planiranje prometa ima važnu ulogu u upravljanju mobilnosti ljudi. Analiziranje prometnih tokova, procjena potreba, razvoj prometnih politika, optimizacija prometne infrastrukture, promicanje održive mobilnosti i osiguranje sigurnosti prometa ključni su aspekti prometnog planiranja.

Mobilnost ljudi je složen i multidisciplinarni aspekt našeg svakodnevnog života te zahtijeva pažnju i integrirani pristup kako bi se osigurala učinkovita, sigurna i održiva kretanja ljudi.

3.2. ODNOS MOBILNOSTI I PROMETNOG PLANIRANJA

Prometno planiranje ima za cilj osigurati sigurnu, učinkovitu i održivu mobilnost ljudi, dok mobilnost ljudi oblikuje zahtjeve, potrebe i prioritete u prometnom planiranju. Aspekti povezanosti između mobilnosti ljudi i prometnog planiranja su sljedeće:

Prilagođavanje prometne infrastrukture: Prometno planiranje uzima u obzir potrebe i preferencije ljudi u vezi s kretanjem i prijevozom. Na temelju prometnih tokova, putovanja i potreba korisnika, prometno planiranje oblikuje razvoj prometne infrastrukture. To može uključivati izgradnju i poboljšanje cesta, pješačkih i biciklističkih staza, javnog prijevoza i drugih oblika prijevoza kako bi se zadovoljile potrebe mobilnosti ljudi.

Osiguravanje dostupnosti prostora i usluga: Prometno planiranje ima ulogu u stvaranju sigurnog i dostupnog prostora za pješake, bicikliste i korisnike javnog prijevoza. To može uključivati stvaranje pješačkih zona, izgradnju biciklističkih staza, postavljanje sigurnih prijelaza za pješake i osiguravanje pristupačnosti javnom prijevozu sa svrhom postizanja i zadovoljavanja potražnje. Prometno planiranje također uzima u obzir potrebe osoba s invaliditetom i drugih posebnih skupina kako bi osiguralo pristupačnost kretanju.

Poticanje održive mobilnosti: Prometno planiranje promiče održivu mobilnost poticanjem upotrebe javnog prijevoza, biciklizma, pješačenja i dijeljenja vozila. Održiva mobilnost ima za cilj smanjiti ovisnost o individualnom automobilskom prometu i smanjiti negativne utjecaje na okoliš. Prometno planiranje pruža infrastrukturne i političke poticaje koji podržavaju održive načine prijevoza i promiču uravnoteženu mobilnost.

Promicanje prometne sigurnosti: Prometno planiranje ima ulogu u poboljšanju prometne sigurnosti. Ograničenje brzine, postavljanje prometnih znakova i signalizacije, projektiranje sigurnih raskrižja i implementacija drugih sigurnosnih mjera dio su prometnog planiranja. Cilj je smanjiti prometne nesreće, ozljede i smrtnost te stvoriti siguran sustav kretanja ljudi.

Demografski podatci jedan su od glavnih pokazatelja analize stanovništva pa tako i potreba kretanja stanovništva. Informacije o veličini stanovništva, natalitetu i mortalitetu, spolu, zaposlenosti, migraciji pokazatelji su potreba ljudi za kretanjem radi obavljanja određenih aktivnosti te načinu izbora prijevoznog sredstva kojim će se koristiti. Potrebno je izvršiti detaljnu demografsku analizu stanovništva kako bi se bolje razumjela količina i potreba ljudi za mobilnošću.

Poboljšanje prometne mobilnosti ljudi često je cilj gradova i država kako bi se olakšalo putovanje, smanjili zastoji, poboljšala sigurnost u prometu i smanjio negativan utjecaj na okoliš. To se može postići različitim mjerama, kao što su izgradnja bolje infrastrukture, poticanje korištenja javnog prijevoza, promicanje alternativnih oblika prijevoza poput biciklizma ili pješaćenja te primjena pametnih tehnologija za upravljanje prometom.

3.3. STANOVNIŠTVO I MIGRACIJE

Prvobitan pokazatelj demografske strukture je broj ljudi koji obitava u nekoj državi. Prikaz populacije na nekom području može biti relativno kada govorimo o broju stanovnika te apsolutno kada se govori o gustoći naseljenosti. Republika Hrvatska prema posljednjem popisu stanovništva iz 2021. godine bilježi 3 871 833 stanovnika [10]. Veličina stanovništva promjenjiva je varijabla na temelju kojeg se prate promjene u demografiji, migraciji, broju rođenih i umrlih te se na temelju podataka ukupnog stanovništva donose različiti ekonomski, politički i gospodarski planovi [12]. Teritorij Republike Hrvatske pokriva 56.594 km². Prema formuli [14] za izračun gustoće koja glasi:

$$DP = NP/S$$

DP - gustoća naseljenosti

NP -broj stanovnika

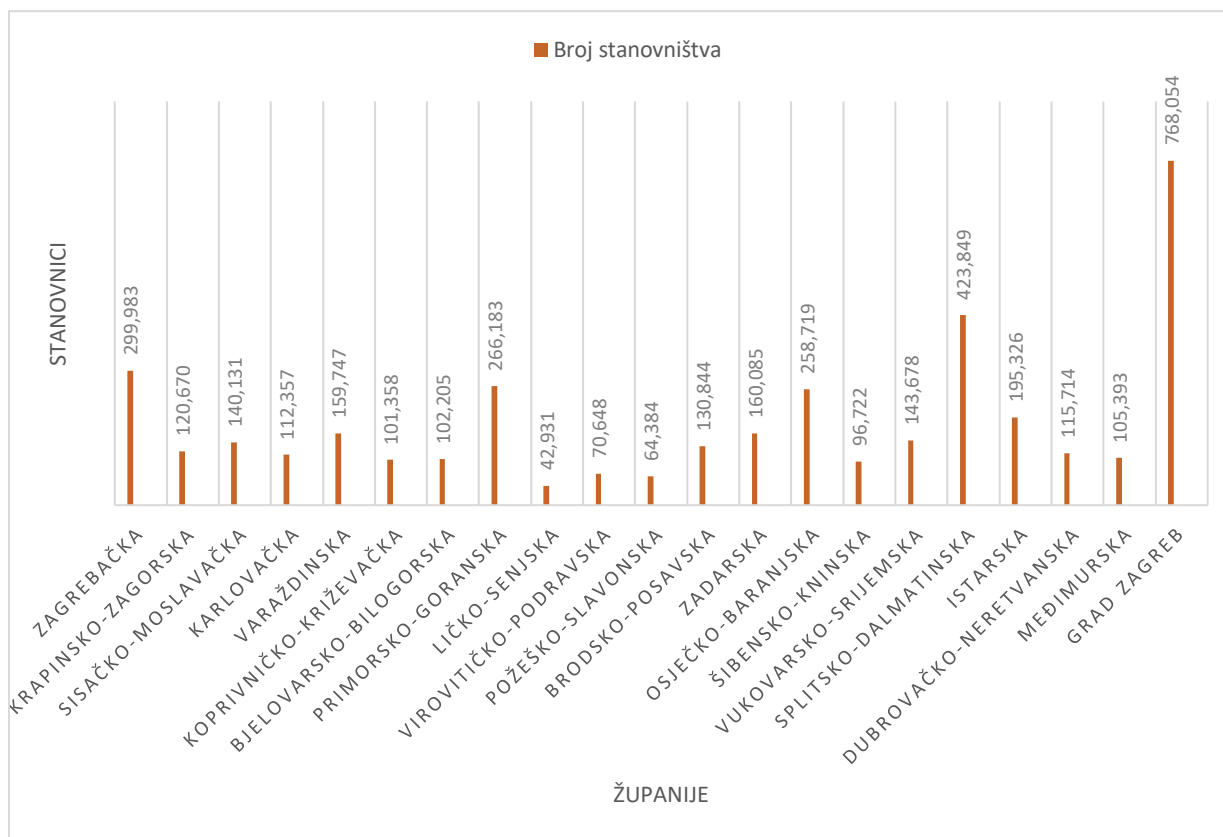
S - površina

Gustoća naseljenosti Republike Hrvatske iznosi 68,41. Gustoća se temelji na površini cjelokupnog teritorija države čija naseljenost nije ravnomjerno raspoređena te je za potrebe određivanja ukupne mobilnosti potrebno sagledati i regionalnu raspodjelu veličine stanovništva.(Slika 4.)



Slika 3.: Kretanje populacije Republike [10]

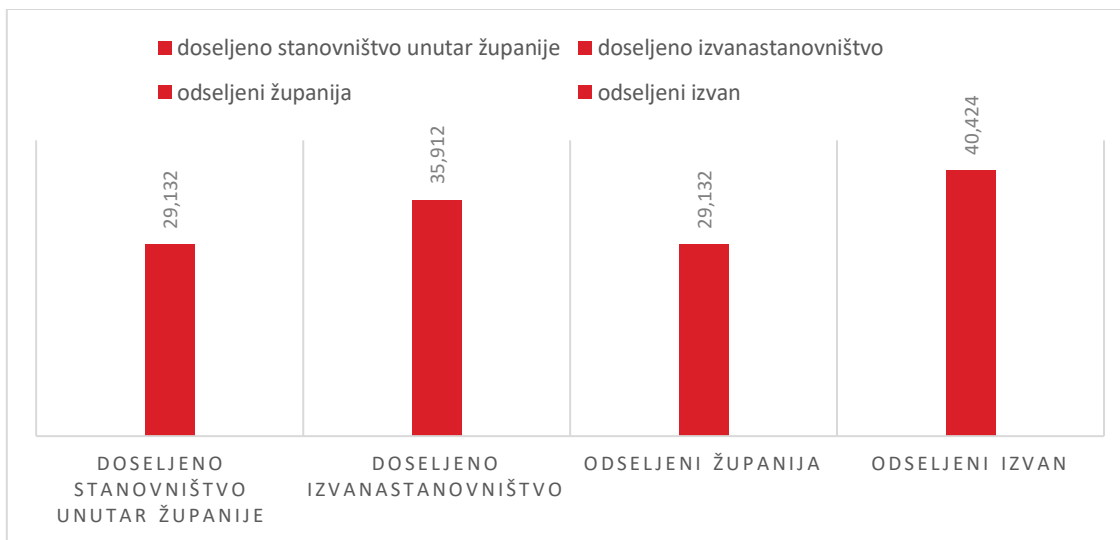
Prema slici (Slika 3), vidljiv je porast broja stanovnika do 1991.godine nakon čega Republiku Hrvatsku prati negativan trend pada stanovništva. Procjenjuje se da će broj stanovnika opadati tijekom budućeg razdoblja. Na pad broja stanovnika utječu različiti čimbenici, a posebno se ističu prirodni prirast stanovništva i migracije.



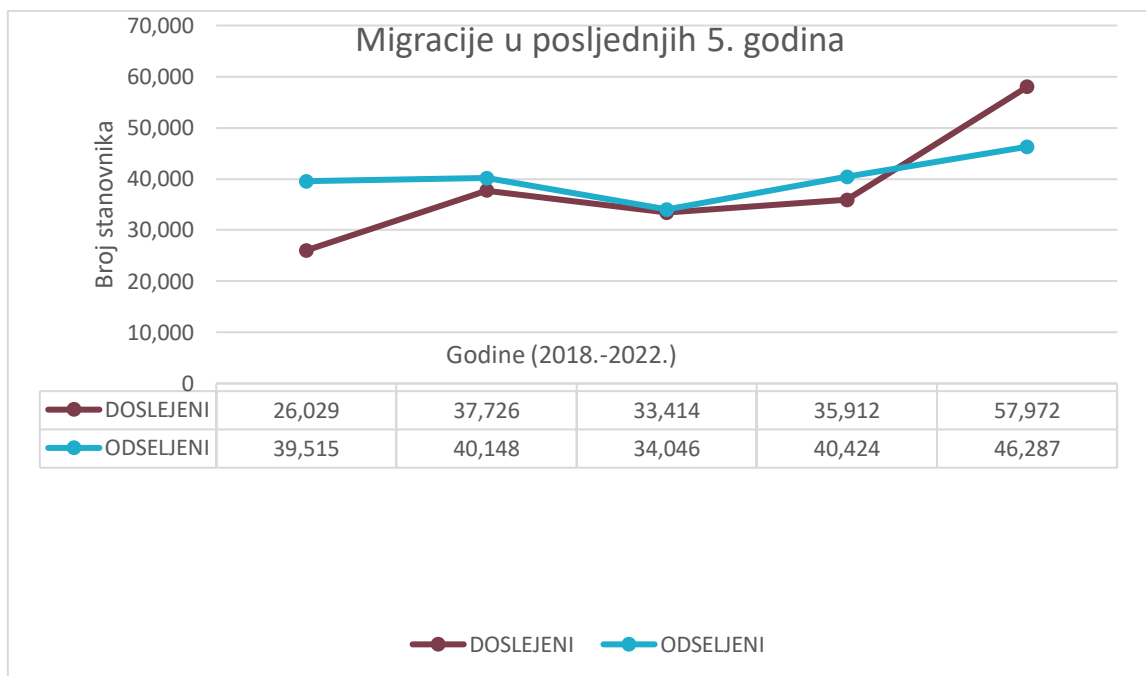
Slika 4.:Prikaz neravnomjerne preraspodjele populacije na temelju posljednjeg Popisa stanovništva po županijama

Izvor: Izradila studentica prema [10]

Migracija predstavlja tijek promjene kretanja stanovništva. Na državnoj razini promjene stanovanja mogu biti unutarnje i vanjske. Unutarnje migracije odnose se na preseljenja unutar države točnije promatra se doseljeno i odseljeno stanovništvo unutar županije. Vanjska mobilnost prati promjene stanovništva na državnoj razini odnosno doseljeno stanovništvo i odseljeno stanovništvo. Prema podacima Državnog Zavoda za Statistiku u 2021. godini veći je broj odseljenog stanovništva no što je to slučaj sa novodoseljenim stanovništvom (Slika 5). Također od ukupne populacije preseljenja unutar županija u 2022. godini bilo je 29.132 tisuće stanovnika (Slika 5). Taj podatak važan je praćenje jer ukazuje na mobilnost ljudi i novim potrebama za prijevozom.



Slika 5.: Unutarnje i vanjske migracije Republike Hrvatske u 2021. godini
Izvor: Izradila studentica prema [10]



Slika 6.: Migracije stanovništva u periodu od 2018-2022. godine
Izvor: Izradila studentica prema [10]

Za razliku od 2021. godine koja prati negativan trend vanjske migracije i očitog smanjenja broja stanovnika novi podatci migracije prikazani na grafu prikazuju pozitivan migracijski saldo u iznosu 11. 685 (Slika 6).

3.4. NAČIN OSTVARIVANJA I POKAZATELJI MOBILNOSTI

Mobilnost se ostvaruje korištenjem različitih načina prijevoza (modova) i korištenjem prijevoznih sustava javnog ili privatnog prijevoza. Prijevozni sustavi i modovi prijevoza koriste različita prijevozna sredstva ili njihovu kombinaciju kojima se realizira prijevoz ljudi u skladu s njihovim potrebama i aktivnostima. Odabir moda i prijevoznog sustava u zavisnom je odnosu sa svrhom putovanja. Svrha putovanja predstavlja razloge mobilnosti a najčešći su: posao, obrazovanje, kupovina te slobodno vrijeme [2].

Da bi se utvrdila operativna učinkovitost prometnog sustava potrebno je uspostaviti određena mjerila i izračunati performanse. Također kroz mjerila učinka utvrđuje se uspješnost određenih mjera, akcija, planova i politika u smislu ostvarivanja ciljeva. Mobilnost je važan pokazatelj kvalitete prometnog sustava, pa se postavlja pitanje kako se ona mjeri, kojim veličinama iskazujemo uspješnost realizacije potrebe za kretanjem odnosno putovanjem [2]. Također, usko vezano uz razinu mobilnosti je pojam pristupačnosti, pa je za oba pojma potrebno utvrditi mjerila.

Mjerila koja opisuju razinu pristupačnosti odražavaju jednostavnost s kojom ljudi putuju odnosno stižu na odredište. To uključuje:

- sposobnost nekog infrastrukturnog objekta da usluži određenu kategoriju putnika
- kapacitet nekog infrastrukturnog objekta, npr. dionice ceste, terminala i sl.
- jednostavnost pristupa autobusnom stajalištu ili pristaništu koja se obično iskazuje u duljini puta do najbližeg stajališta, terminala ili pristaništa
- jednostavnost povezivanja prijevoznih modova na terminalima, koja se iskazuje kroz mogućnost transfera između dva moda prijevoza
- broj ili relativni udio poslovnih subjekata koji se bave prijevozom unutar određenog područja, itd.

Mjerila koja određuju razinu mobilnosti uključuju:

- vrijeme putovanja odnosno brzinu putovanja
- veličinu kašnjenja u odnosu na redovno stanje
- razinu uslужnosti ili razinu zasićenja odnosno iskorištenja kapaciteta nekog infrastrukturnog objekta ili prijevoznog sredstva; posljedica je stvaranje zastoja (kolokvijalno kazano prometnih gužvi)
- prosječna brzina kretanja u odnosu na brzinu kretanja u vršnom satu
- vrijeme transfera na intermodalnim terminalima odnosno kašnjenje u odnosu na redovno stanje
- postotak prometnica, raskrižja, terminala i drugih objekata koji nije jače opterećen za vrijeme vršnog perioda

Može se primijetiti da su pristupačnost i mobilnost usko povezani i da se koriste slična mjerila za iskazivanje razine ostvarivanja potrebe za kretanjem osoba i određivanje operativne učinkovitosti prometnog sustava i pojedinih njegovih komponenti. Osim kroz metode istraživanja, brojanja, anketiranja, u današnje vrijeme se u svrhu planiranja razine mobilnosti i ocjenjivanja učinkovitosti prometa koriste prometni modeli i metode simulacije, više o tome u sljedećoj cjelini.

3.5. MODOVI (NAČINI) PRIJEVOZA

3.5.1. Klasifikacija načina prijevoza

Kao ulazni podatci za postavljenje računalnih prometnih modela potrebna su znanja o potrebama kretanja ljudi koji se spajaju zajedno na temelju sličnosti kako bi se jednostavnije pratila prometna mreža. Modovi prijevozne potražnje olakšavaju kategorizaciju odnosno omogućuju jednostavnije poznavanje kretanja ljudi s obzirom na demografske karakteristike. Modovi prijevozne potražnje sukladno zahtjevima mobilnosti dijele se na motorizirana i ne motorizirana putovanja. U motorizirane modove mobilnosti ubrajaju se [2]:

- Osobna vozila,
- Električni bicikli
- Motocikli i mopedi
- Autobusi

- Tramvaji
- Vlakovi
- Brodovi
- Taxi prijevoz

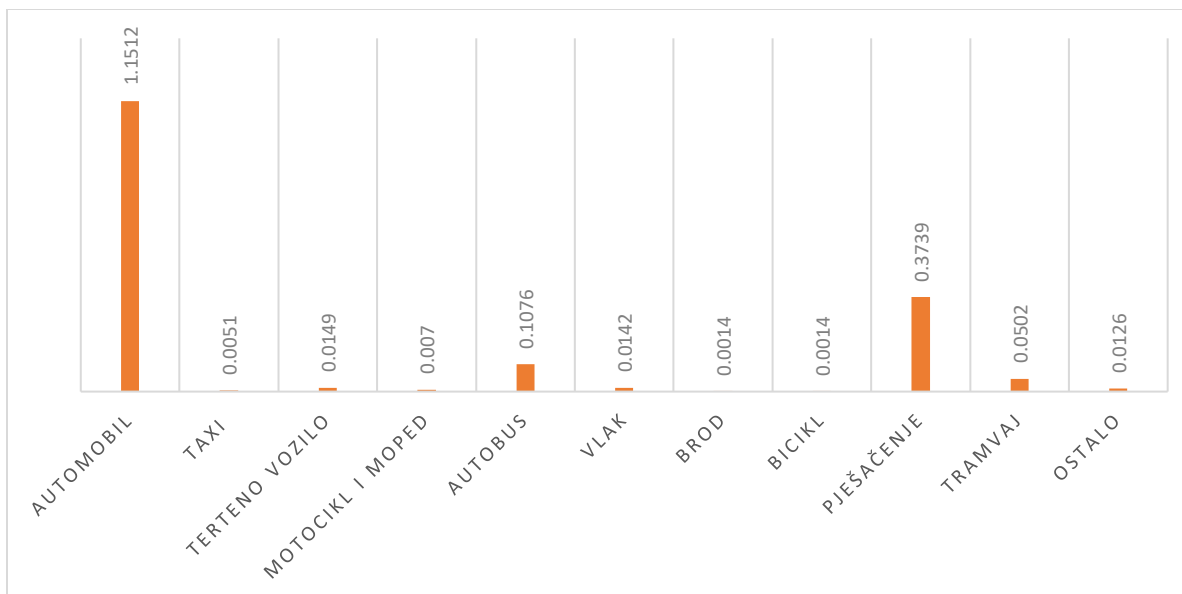
U kategoriju ne motornih modova ubrajaju se bicikliranje i pješaćenje.

Različiti su razlozi koji utječu na odabir načina putovanja, a odnose se na vrijeme, brzinu, udobnost, udaljenost, isplativost, razvijenost prijevoznih sustava te mogućnost njihovog korištenja odnosno dostupnost.

Tablica 1.: Prosječni broj dnevnih putovanja prema modovima prijevoza u RH

<i>Način (mod) prijevoza</i>	<i>Prosječni broj dnevnih putovanja</i>
Osobnim vozilom – ukupno	1,1512
Osobnim vozilom kao vozač	0,9368
Osobnim vozilom kao putnik	0,2143
Taksi vozilom	0,0051
Teretnim vozilom	0,0149
Motociklom i mopedom	0,0070
Autobusom	0,1076
Vlakom	0,0142
Brodom	0,0014
Biciklom	0,0014
Pješice	0,3739
Tramvajem	0,0502
Ostalo	0,0126

Izvor: Izradila studentica prema [10]



Slika 7.: Raspodjela broja dnevnih putovanja po modovima prijevoza
Izvor: Izradila studentica prema podacima [10]

3.5.2. Automobil kao način prijevoza

Korištenje automobila moguće je promatrati s obzirom da li vozilo upotrebljava vozač ili putnik (Tablica 1). Također, automobil je moguće koristiti i u komercijalne tj. poslovne svrhe. U većini slučajeva u gradovima i naseljima, ovo je najzastupljeniji način prijevoza (Slika 7), barem u odnosu na broj entiteta. Obilježja koja pridonose korištenju automobila jesu: fleksibilnost, udobnost, privatnost, neovisnost, pogodnost za daljnje relacije, adekvatna sigurnost vremenskih neprilika, direktnost relacija i odabira ruta putovanja. Negativni čimbenici koji utječu na odabir ovog moda su: trošak kupnje automobila, održavanje, gorivo i parking. S ekološkog spektra konvencionalni automobil predstavlja pretežito neprihvatljiv oblik mobilnosti s prevelikim emisijama štetnih čestica nastalim izgaranjem fosilnih goriva. Zbog toga je trend reduciranje broja automobila s motorima koji koriste fosilna goriva u korist električnih i hibridnih vozila i korištenja drugih alternativnih goriva i pogonskih jedinica.

3.5.3. Autobusi

Korištenje autobusa kao načina prijevoza može se podijeliti na gradski, prigradski i međunarodni prijevoz. Ovisno o vrsti autobusa prema namjeni razlikuju se svojstva prijevoznog sredstva. Primjerice gradski autobusi nemaju prostor za prtljagu, uređenje je prilagođeno kratkotrajnim relacijama s većim vratima za ulaz i izlaz putnika [13]. Prigradski autobusi imaju veći broj sjedala i služe korisnicima za veće udaljenosti nego što je to slučaj kod gradskog prijevoza. Međunarodni autobusi nude veći spektar udobnosti proširenim performansama kao što su klima, televizor, usb priključci za napajanje, pogodnim za dulje relacije [13]. Također sadrže prostor za prtljagu te je sam dizajn vrata manji zbog manjeg broja stajališta odnosno manjeg protoka ljudi. Na odabir korištenja ovog oblika prijevoza utječu: manji troškovi, nema troškova investicije i kupovine, nema troškova održavanja, troškova goriva i troškova parkinga, manji stres uslijed praćenja prometa, sigurnost, pogodnost za bližnje i daljnje relacije, pouzdanost za organizaciju, društvena interakcija i sl. Glavni nedostaci su: ograničeni kapacitet, ograničena komfor zona, ovisnost i ograničena dostupnost, gužva. U Republici Hrvatskoj predstavlja drugi najzastupljeniji oblik prijevoza (Tablica 1).

3.5.4. Taxi prijevoz

Osnovna obilježja taxi prijevoza u odnosu na ostale oblike prijevoza su: praktičnost i sveobuhvatna dostupnost svim korisnicima, fleksibilnost u pogledu odabira ruta putovanja, nema brige o parkingu i održavanju, nema troškova investicije, jednako je brz prijevoz kao i upotreba automobila. Iako prednjači nizom pozitivnih čimbenika u pogledu odabira za upotrebu glavni razlog drugačijeg odabira je cijena. Faktori koji utječu na cijenu taxi prijevoza su osnovna tarifa, vrijeme te udaljenost. Također dostupnost taxi prijevoza ovisi o mjestu i vremenu kao i sama kvaliteta usluge koja ovisi o vozaču.

3.5.5. Tramvaji

Tramvaj je prijevozno sredstvo koje prometovanje ostvaruje upotrebom tračnica na kraćim relacijama te je stoga karakterističan za javni urbani prijevoz. Niz je pozitivnih učinaka na odabir ovog prijevoznog sredstva: ekološka održivost u odnosu na automobile i autobuse, efikasnost s obzirom na vlastitu infrastrukturu, nema investicijskih troškova i troškova parkiranja, relativno

jeftin oblik putovanja, pouzdanost, smanjenje buke. Glavni nedostatak korištenja tramvaja kao prijevoznog sredstva je ograničena pokrivenost. Na području Republike Hrvatske tramvaji se koriste na području grada Zagreba i grada Osijeka.

3.5.6. Vlakovi

Vlakovi korisnicima omogućuju svladavanje većih udaljenosti, ekološki su prihvatljiv oblik prijevoza, potiču društvenu interakciju te su pouzdani oblik prijevoza determinirani redoslijedom vožnje. Upotreba vlaka kao prijevoznog sredstva, brzina i udobnost putovanja ovisi o izgrađenoj infrastrukturi i starosti vlaka. U Republici Hrvatskoj mala je upotreba ovog prijevoznog moda te se najčešće koristi kao međunarodni oblik putovanja. Strategija prometnoga razvitka kao okosnica poboljšanja prometnog sustava uvelike radi na poboljšanju, modernizaciji, inovaciji i privlačnosti upotrebe ovog oblika prijevoza.

3.5.7. Električni bicikli

U novije vrijeme električni bicikli dobivaju sve veći značaj i povećani interes je za njihovom upotrebom kao prijevoznog sredstva za ostvarivanje svakodnevnih potreba za putovanjima. Ugrađeni elektromotor olakšava svladavanje reljefnih prepreka i umora vozača, omogućava lakše prevladavanje kraćih relacija s manjim usponima. Električni bicikl kao prijevozno sredstvo idealan je za gradsku mobilnost svih korisnika s adekvatnom ekološkom prihvatljivošću. Glavni nedostatak je ovisnost o vremenskim uvjetima i smanjena sigurnost korisnika. U Hrvatskoj je trenutno neznatna upotreba električnih bicikala kao glavnog oblika prijevoza.

3.5.8. Biciklizam – standardni bicikli

Karakteristike korištenja bicikla u odnosu na ostale načine prijevoza su manja brzina, praktičnost za kraće udaljenosti, ovisnost o vremenskim uvjetima, manja sigurnost i zaštićenost, otežana uporaba na reljefno zahtjevnijim područjima, uz pješaćenje ekološki najisplativiji način prijevoza, jeftin način prijevoza potrebna je samo početna investicija i povremene investicije održavanja, ima pozitivan učinak na zdravlje ljudi.

3.5.9. Pješačenje

Pješačenje predstavlja najčišći i najpogodniji način kretanja. Dostupno je svima neovisno o godinama i spolu sa pozitivnim utjecajem na okoliš nultom emisijom štetnosti i utječe pozitivno na zdravlje, također pješačenje kao način prijevoza nije ograničeno i dostupno je svugdje.

3.5.10. Prikupljanje informacija o načinu putovanja

Informacije o načinu putovanja mogu se prikupiti na nekoliko načina: prvi način je klasični način postavljanjem ankete u kojem se korisniku postavljaju pitanja u svezi sa odabirom načina putovanja (udaljenost, vrijeme korištenja, učestalost korištenja, itd.) te noviji pristup upotrebom različitih odašiljača i mjernih uređaja računalnim putem. Iako je velika zastupljenost anketiranja, glavni nedostaci su vremenski period koji je znatno duži i veća mogućnost pogrešnih podataka (radi potencijalnog pogrešnog tumačenja, slabijeg sjećanja itd.). Računalni uređaji pomoću kojih se prikupljaju informacije i grupiraju u modove potražnje funkcioniraju na sistemu upotrebe senzora vozila, mobilnih uređaja i Bluetooth tehnologije, te se na temelju vremenskih i geografskih obilježja određuje polazište i odredište putovanja, izračunava brzina kretanja, akceleracija itd. Na koji način će se podaci sistematizirati i izračunavati i hoće li biti upotrebljivi za postavljanje OD matrice putovanja ovisi o vrsti mjerne tehnologije i kvaliteti algoritama za obradu i sintetiziranje podataka.

3.6. PRIJEVOZNI SUSTAVI

Prijevozne sustave u kontekstu prometnog planiranja i mobilnosti stanovništva moguće je podijeliti na privatni i javni prijevoz. Ovoj podjeli može se pridružiti treća vrsta koju nije moguće pridružiti niti jednoj od ove dvije grupe, a to su prijevozni sustavi koji se vezuju uz pojam dijeljene mobilnosti (*sharing mobility*).

3.6.1. Privatni prijevoz

U kategoriju privatnog prijevoza ubrajaju se vozila u vlastitom posjedu, motocikli te bicikli. Najpoznatiji i najviše korišten oblik prijevoza privatnog vlasništva je osobni automobil. Veća upotreba osobnih vozila karakteristična je za područja s manjom gustoćom naseljenosti, ali i u

gradskim sredinama. Razlozi korištenja ovog načina prijevoza su mnogobrojni, a najznačajniji su udobnost, vremenska sloboda, brzina. Za korištenje osobnih vozila sa spektra gledišta planiranja prometa potrebna je velika prometna površina uz malu propusnu moć. Sve veća upotreba osobnih automobila stvara velike probleme održavanja prometnih sustava u Republici Hrvatskoj.

Tablica 2.: : Broj registriranih vozila u Republici Hrvatskoj u 2021. godini

<i>Vrsta privatnog prijevoza</i>	<i>Broj registriranih vozila</i>	<i>Broj prvih registracija</i>
Mopedi	75700	2087
Motocikli	85793	6250
Osobna vozila	1795465	112345

Izvor: Izradila studentica prema [10]

Osim velike zastupljenosti i daljnjeg porasta interesa za osobnim automobilima (Tablica 2.) veliki problem predstavlja i starost automobila u Republici Hrvatskoj.

Na urbanim područjima prevelika zastupljenost uzrokuje zagušenja, probleme s parkingom što prometnu mrežu čini neodrživom. Upotreba automobila stvara i nepovoljne utjecaje emisija štetnih plinova te povećava buku. Komponente koje utječu na realizaciju privatnog prijevoza obuhvaćaju prometnu infrastrukturu, prometnu regulaciju i signalizaciju, prijevozna sredstva te njihova sigurnosna i tehnološka obilježja, vrstu goriva, itd. Infrastrukturu privatnog prijevoza čini cestovna mreža, biciklističke staze, pješačke staze, parkirališta, mostovi i tuneli sukladno vrsti prijevoza, signalizacija i prometni znakovi.

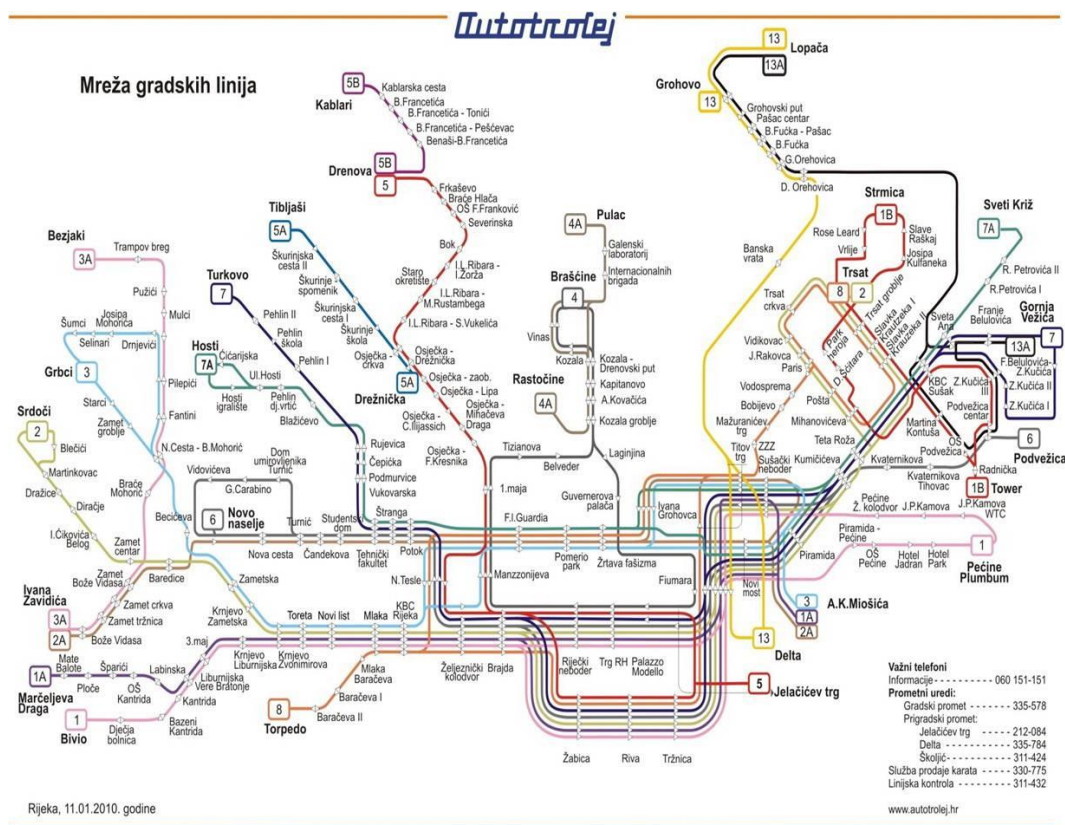
3.6.2. Javni prijevoz

Sustav javnog prijevoza determiniran je elementima i objektima za korištenje. Ključni elementi infrastrukture javnog prijevoza jesu:

- Stajališta, stanice i terminali
- Prijevozna sredstva
- Staze i pruge
- Oznake i signalizacija
- Sustav naplate karata
- Sustavi upravljanja

- Servis i održavanje

S obzirom da je gradski promet najfrekventniji te da je neizbježna poveznica gradskog prijevoza i razvoja gradova, upotreba javnog prijevoza okosnica je planiranja i organizacije urbanih područja kao preventiva smanjenja zagušenosti gradova (Slika 8). Glavno obilježje javnog gradskog prometa je dostupnost koje se realizira ovisno o prostornim uvjetima. Odabir javnog gradskog prijevoza uvjetovan je razvijenošću sustava. Dostupnost javnog prijevoza, točnost i redovitost usluge te udobnost i kvaliteta usluge utječu na atrakciju prijevoza.



Slika 8.: Mreža linija i stajališta javnog prijevoza grada Rijeke [10]

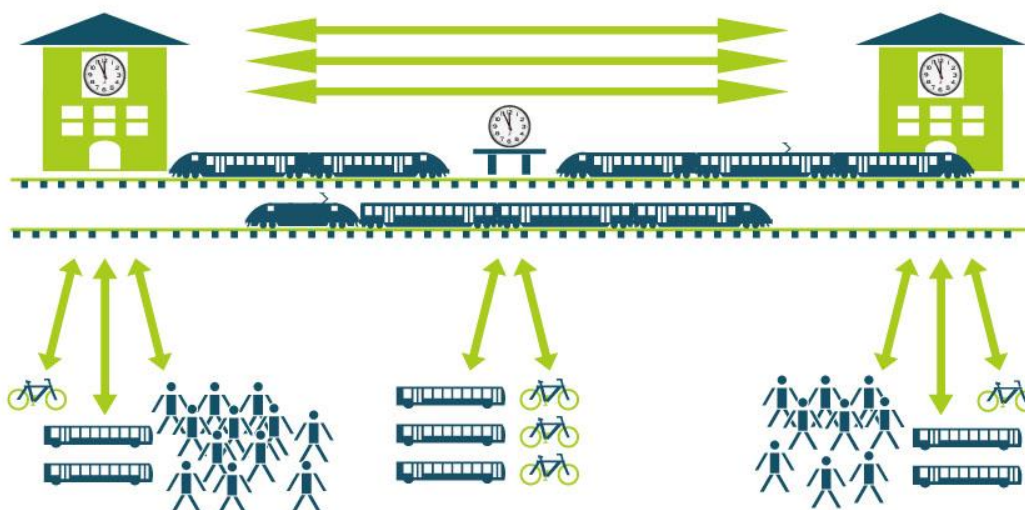
3.6.3. Intermodalni i integrirani prijevoz

U ostvarivanju mobilnosti ljudi mogu koristiti različite načine prijevoza. U urbanim središtima gdje su prijevozni sustavi razvijeni, moguće je koristiti sukcesivno nekoliko načina prijevoza i prijevoznih sustava (Slika 9). Cilj je ostvariti visoku razinu mobilnosti i omogućiti

korisnicima što više opcija u planiranju izbora načina prijevoza. Istodobno kombiniranjem više načina prijevoza i prijevoznih sustava ostvaruje se održivost prostora i prometa jer je moguće na taj način ograničiti intenzivno korištenje automobila, pogotovo u gradskim središtima i kod redovitih putovanja, tipično radi odlaska i dolaska na posao.

Neki gradovi nastoje omogućiti korištenje više različitih načina prijevoza kroz njihovu integraciju u poseban prijevozni sustav. Pri tom se integracija može ostvariti na nekoliko razina:

- operativnoj, koja se sastoji od usklađenih redova vožnji, prostornoj raspodjeli linija i stajališta, objedinjenih informacija, integracije sustava naplate i jedinstvene prijevoznike karte [11]
- fizičkoj, koja se sastoji od planske izgradnje zajedničke infrastrukture
- organizacijskoj, koja se sastoji od koordinacije i suradnje na upravljačkoj i operativnoj razini između dionika



Slika 9.: Integrirani prijevoz [11]

3.6.4. Dijeljena mobilnost (*sharing mobility*)

Dijeljena mobilnost predstavlja inovativni koncept zajedničkog korištenja pojedinog prijevoznog sredstva i načina prijevoza sa svrhom reduciranja korištenja vlastitog automobila radi ostvarivanja mobilnosti. Cilj je na taj način smanjiti prometna zagušenja, umanjiti negativni ekološki utjecaj prometa i omogućiti alternativni učinkoviti prijevozni sustav za ostvarivanje mobilnosti.

Sustav dijeljene mobilnosti uključuje različite usluge i prijevozne sustave [4]:

- 1) *ride-sharing* (dijeljenje vožnje) – usluga prijevoza na zahtjev uz zajedničko korištenje na način da se nekoliko putnika koristi koji putuju u istom smjeru koriste isto prijevozno sredstvo (Uber, Bla Bla Car i sl.); drugi pojam istog značenja koji se koristi za dijeljenje vožnje je *car-pooling*;
- 2) *car-sharing* (dijeljenje automobila) – usluga kratkoročnog najma automobila za registrirane korisnike koji unajmljuju vozilo za putovanje kratko vrijeme na temelju rezervacije i rasporedu dostupnosti
- 3) *bike-sharing* (dijeljenje bicikala) – isto kao i kod dijeljenja automobila, usluga kratkoročnog najma bicikla koji su locirani i dostupni na mjestima s većom koncentracijom stanovništva u gradovima;
- 4) *scooter-sharing* (dijeljenje romobila) – usluga kratkoročnog najma romobila;
- 5) *commuter shuttles* – usluga namijenjena stanovnicima koji putuju svakodnevno na posao, povezuje rezidencijalna područja s poslovnim zonama ili povezuje dvije zone, obično korištenjem namjenske infrastrukture;
- 6) *demand responsive transport* (DRT) – poseban je oblik javnog prijevoza gdje se usluga javnog prijevoza ne obavlja kontinuirano po redu vožnje nego odgovara na potrebe putnika u smislu vremena i destinacije putovanja; uglavnom se koristi u ruralnim ili suburbanim područjima gdje je prometna potražnja manja i gdje konvencionalni javni prijevoz nije zbog toga efikasan.

Na području Republike Hrvatske grad Dubrovnik koristi *car-sharing* uslugu Avant2Go (Slika10.). Na lokacijama u gradu postavljeno je 30 električnih automobila koji se iznajmljuju

pomoću mobilnog telefona [8]. Uz upotrebu mobilnog telefona potrebna je i vozačka dozvola za najam vozila.



Slika 10.: Usluga dijeljenja automobila Avant2Go u Dubrovniku [8]

Primjer usluge dijeljena bicikala i romobila na području Republike Hrvatske je Ricikleta u gradu Rijeci (Slika 11). Korisnik odabire lokaciju te se pomoću mobilnog uređaja prijavljuje i bira vremenski okvir najma električnog bicikla na temelju kojega plaća određenu tarifu. Nakon isteka vremena bicikl je potrebno vratiti na jednu od četiri lokacije gdje se električni bicikli nalaze.



Slika 11.: Usluga dijeljena javnih bicikala Ricikleta u Rijeci [15]

Primjer usluge dijeljenja električnih romobila je City Coco u gradu Poreču (Slika 12). Princip funkcioniranja jednak je principu upotrebe dijeljena bicikala. Uz opciju najma samoga električnog romobila u cijenu su uključene i karte grada te kaciga [9].



Slika 12.: Usluga dijeljenja električnih romobila u Poreču [9]

3.7. PODACI O MOBILNOSTI U REPUBLICI HRVATSKOJ

Podatke na temelju kojih se određuje mobilnost ljudi nekog područja promatraju se u obliku dnevnih potreba stanovništva za kretanjem. Promatranje dnevne mobilnosti na području Republike Hrvatske praćeno je s obzirom na odabir prijevoznog sredstva odnosno načina prijevoza i na svrhu potrebe za putovanjem. Mobilnost na području neke države moguće je promatrati kao ukupnu mobilnost te kretanja u urbanom području. Dnevna gradska mobilnost predstavlja potrebu za kretanjem za područja udaljenosti do 100 kilometara. S obzirom da je na urbanim područjima protok prometa pa tako i interes za različitim oblicima prijevoza i prijevoznih sustava veći, podaci o mobilnosti promatraju se kao dnevna gradska mobilnost.

Najviše korišten način prijevoza u urbanim područjima Republike Hrvatske prema Državnom Zavodu za statistiku je automobil (Tablica 3). Kao javni oblik prijevoza najviše su korišteni autobusi i tramvaji (Tablica 3.. Najmanje korišteni načini prijevoza su motocikli, brodovi i taxi prijevoz (Tablica3). Stanovnici urbanih naselja Republike Hrvatske upotrebljavaju navedena prijevozna sredstva u najvećoj mjeri za posao, slobodno vrijeme, osobne poslove te kupnju i obrazovanje (Tablica 4).

Kroz dugogodišnje promatranje dnevne mobilnosti moguće je uvidjeti promjene navika ljudi i njihovih potreba. Primjerice uzevši u obzir mobilnost iz 2017. i 2019. godine uočljiv je pad interesa za upotrebom taxi vozila s razlikom od čak 1,089 (Tablica 3). Također vidljiv je i povećani interes za korištenje nemotoriziranih oblika mobilnosti, bicikla i pješčenja. Javni prijevoz autobusima i tramvajima u većoj je upotrebi u odnosu na 2017. godinu dok je prijevoz vlakom slabije korišten način prijevoza (Tablica 3.). S obzirom na razloge putovanja, osim posla koji je glavni razlog putovanja i u konstantnom je porastu, uočljiva je veća mobilnost za slobodno vrijeme, službena putovanja i za kupovinu (Tablica 4.). Ostale svrhe putovanja kao najčešći razlog mobilnosti kao što su obrazovanje, osobni poslovi te pratnja su u padu.

Tablica 3.: Razina mobilnosti iskazana prosječnim brojem putovanja prema načinu prijevoza

<i>Dnevna mobilnost prema načinu putovanja</i>	<i>Gradska mobilnost <100 km 2019 godine</i>	<i>Gradska mobilnost <100 km 2017 god.</i>
Osobni automobil ukupno	5,5139	6,2876
Automobil kao vozač	4,5069	4,8507
Automobil kao putnik	1,0071	3,7349
Taksi	0,0269	1,1159
Teretno vozilo	0,1727	0,0165
Motocikl i moped	0,0066	0,0254
Autobus	0,7470	0,0166
Vlak	0,2080	0,6881
Brod	0,0115	0,0606
Bicikl	0,1553	0,0018
Pješke	0,3392	0,1424
Tramvaj	0,3747	0,3165
Ostalo	0,0039	0,1684

Izvor: Izradila studentica prema podacima [10]

Tablica 4.: Razina mobilnosti iskazana prosječnim brojem putovanja prema svrsi putovanja

<i>Dnevna mobilnost prema svrsi putovanja</i>	<i>Gradska mobilnost <100 km 2019 godine</i>	<i>Gradska mobilnost <100 km 2017 god.</i>
Ukupno	7,5598	6,2876
Posao	3,5846	3,1623
Obrazovanje	0,3782	0,4556
Kupovanje	0,5999	0,5787
Osobni poslovi	0,8186	0,9180
Službeno	0,0411	0,0015
Slobodno vrijeme	2,0669	0,9522
Pratnja	0,0704	0,2053
Ostalo	-	0,0140

Izvor: Izradila studentica prema podacima [10]

4. IDEJNI MODEL URBANOG SREDIŠTA S DVA TERMINALA

4.1. Opis modela

Izrađeni model prikazuje različite opcije putovanja kojima se ostvaruje dnevna mobilnost populacije. U fokusu je neko urbano središte gdje ljudi dolaze i odlaze radi posla ili obavljanja nekih drugih aktivnosti. Na prostoru od otprilike 0,5 km² dizajnirana su 2 terminala, željeznički i autobusni te 6 parking područja koja su vezana uz 3 zone atrakcije. Dnevna potražnja locirana je u 2 zone gdje se generiraju putovanja.

Kroz model se simuliraju različiti oblici prijevoza i prijevoznih sredstava koje stoje na raspolaganju građanima za putovanja:

- željeznički prijevoz – prigradski ili međugradski
- autobusni prijevoz – prigradski ili međugradski
- prijevoz osobnim automobilima
- različite mogućnosti prijevoza na zahtjev ili mobilnosti dijeljenja
- *shuttle* prijevoz za povezivanje 2 terminala i brze transfere između modova

Također, kroz mikrosimulaciju pješačkog kretanja na terminalima mogu se analizirati parametri projektiranja pojedinih dijelova terminala: broj i raspored perona, dimenzije platformi i rubnjaka za ukrcaj-iskrcaj putnika, čekaonice ili zone čekanja, kao i analizirati parametri kretanja pješaka/putnika: brzina, vrijeme čekanja na transfer, vrijeme ukrcaja/iskrcaja iz vozila javnog prijevoza, vrijeme potrebno za kretanja unutar pojedinih zona terminala, i sl.

4.2. Koncept modela

4.2.1. Dinamičko rutiranje

Model je dijelom kreiran kroz dinamičko dodjeljivanje rute i to za osobni prijevoz automobilima. U tu svrhu postavljeno je 5 zona pri čemu su zone 2,3 i 4 u pravilu zone atrakcije dok su zone 1 i 5 (primarno je korištena zona 1) zone produkcije. Glavni objekti su „*parking lots*“

koji predstavljaju ishodišta i odredišta putovanja i njih ima ukupno 16, svakom paru lotova pridružena je odgovarajuća zona. Parking lotovi 3-14 vezani su uz zone atrakcije i u stvarnosti predstavljaju parking zone koje mogu biti javne ili privatne garaže u sklopu pojedinih objekata u gradu ili pak klasična parkirališta.

Tokom jutra kad ljudi odlaze na posao u grad, putovanja se generiraju u zoni 1, te se kroz ishodišni parking lot 1 automobili uključuju u mrežu. Odabir odredišnog parkinga ovisi o ciljanoj zoni putovanja te funkciji koja određuje koji od parking lotova unutar zone (ili izvan zone ako ne bi bilo mjesta u ciljanoj zoni) će se odabrati. Funkcija odabira odredišta (parking lota) kod dinamičkog rutiranja ima sljedeći oblik [3]:

$$U_k = \alpha_k C_{park} + \beta_k A + \gamma D_d + \delta_k D_v + \varepsilon_k f$$

gdje su:

U_k – vrijednost funkcije odabira

C_{park} – trošak parkinga, atribut koji se unosi za svaki parking lot objekt

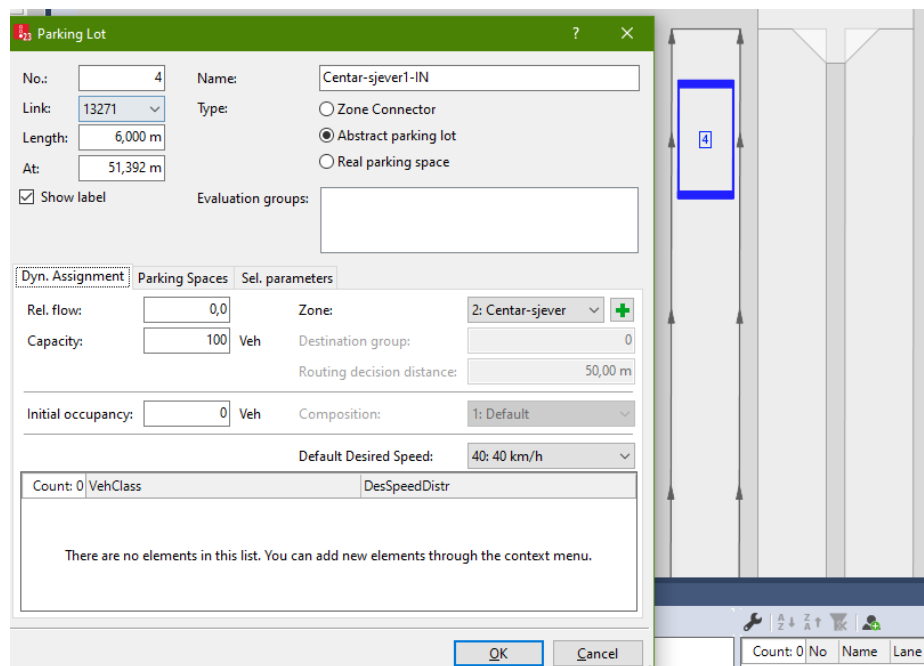
A – atrakcija, atribut koji se unosi za svaki parking lot objekt

D_{dest} – direktna udaljenost između pozicije parking lota i centra (težišta) ciljane zone

D_v – generalizirani trošak najkraćeg puta od trenutne pozicije vozila do parking lota

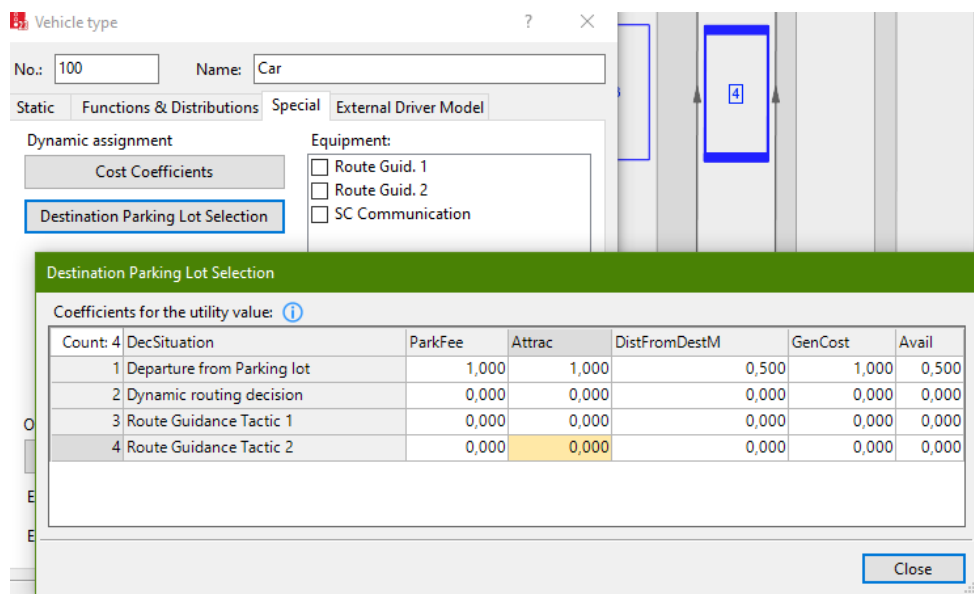
f – dostupnost parkinga (dostupnost slobodnog mjesta)

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ – težinski koeficijenti



Slika 13.:Atributi parking lot-a
Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissim

Vrijednosti pojedinih atributa za pojedini parking lot unose se u odgovarajuća polja (Slika 13.). U pravilu ako je vrijednost atrakcije, dostupnosti ili troška jednaka, odabir ovisi o odabranoj ruti odnosno odabire se onaj parking lot koji ima najkraću udaljenost ili najkraće vrijeme putovanja, a nalazi se u zoni odabira. Za svako prijevozno sredstvo odnosno tip vozila moguće je definirati težinske koeficijente kojima se može simulirati realno okruženje odnosno pravila ponašanja i odlučivanja sudionika u smislu odabira destinacije putovanja.(Slika 14.) Na taj način moguće je simulirati različite obrasce mobilnosti za različite person grupe tj društvene skupine pri čemu se svakoj skupini može kreirati poseban „tip“ vozila odnosno prijevoznog sredstva.



Slika 14.:Definiranje odabira odredišnog parkinga
Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissim

Količina putovanja, odnosno potražnja i njena raspodjela definirana je kroz ishodišno-odredišne matrice (OD-matrice) s obzirom na zone stvaranja i privlačenja putovanja. (Slika 15.)

Matrix Editor (Matrix '1')							
5 x 5			1	2	3	4	5
	Name		Zapad	Centar-sjever	Centar-jug	AT-s+j	Depot-X
	Sum		0,00	100,00	100,00	50,00	0,00
1	Zapad	250,00	0,00	100,00	100,00	50,00	0,00
2	Centar-sjever	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Centar-jug	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	AT-s+j	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	Depot-X	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Slika 15.:OD matrica putovanja s obzirom na zone
Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissim

Odabir rute s obzirom na dinamička stanja u prometu glavno je obilježje dinamičkog rutiranja. Odabir rute ostvaruje se na temelju funkcije generaliziranog troška putovanja [3] pri čemu su glavni parametri: vrijeme putovanja, udaljenost te trošak na „linku“ tj. dionici puta.

$$GC = \alpha TT + \beta Dist + \gamma Cost + \sum addCost$$

gdje su:

GC – vrijednost generaliziranog troška (u pravilu radi se o vremenu putovanja, tj. monetarna vrijednost troška se pretvara u vremensku komponentu)

TT – vrijeme putovanja od polazišta do odredišta

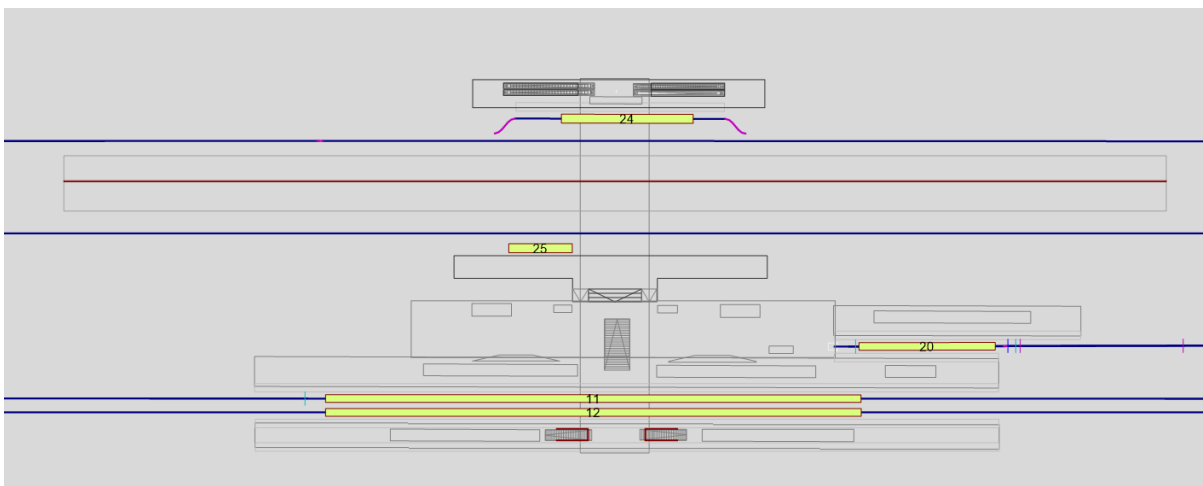
$Cost$ – monetarna, novčana vrijednost putovanja (npr. trošak parkinga, cestarina, ili sl.)

$\sum addCost$ - bilo koji dodatni trošak koji može biti fiksni ili varijabilni (npr. penalizacija korištenja automobila u užem centru grada, naknada zbog onečišćenja..., izražava se u sekundama kao dodatak na vrijeme putovanja ekvivalentno vrijednosti troška)

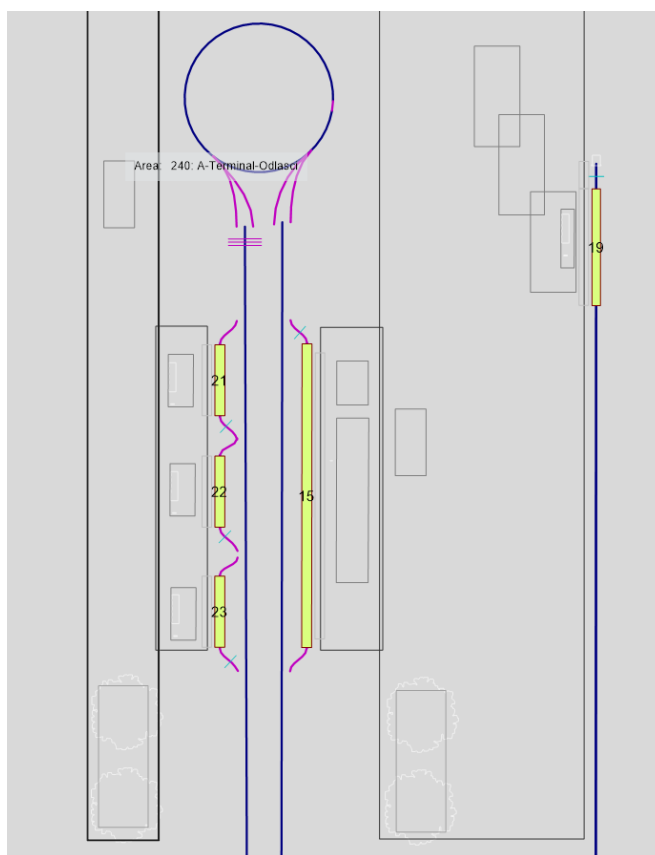
4.2.2. Javni prijevoz

Klasični javni prijevoz u modelu podijeljen je na željeznički i autobusni, a vezano uz postojanje 2 terminala. Za test su definirane 2 linije (Slika 19.) za svaki od modova s pripadajućim stajalištima (Slika 18.). Kod definiranja linija javnog prijevoza također su definirana vremena polaska te atribut „occupancy“ odnosno broj putnika na početku putovanja. Kako je ovo model primarno namijenjen za prikaz mogućnosti korištenja različitih oblika prijevoza radi ostvarivanja mobilnosti kreirana su samo polazna odnosno odredišna stajališta koja se nalaze u području obuhvata modela (Slika 16. i Slika 17.).

Kao dodatna usluga za brzi transfer između 2 terminala predviđen je „shuttle“ servis koji predstavlja kružnu liniju sa 2 stajališta i kontinuiranim polascima u zadanom vremenskom intervalu te stajanje od 1 minute na svakom od terminala. Dio putnika koji presjeda na drugi način prijevoza radi daljnjeg putovanja može koristiti ovu uslugu.



Slika 16.:Prikaz stajališta na željezničkom terminalu
Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissim



Slika 17.: Prikaz stajališta na autobusnom terminalu
Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissim

Count: 10	No	Name	Lane	Pos	Length	PedsAsPass	Sum:BoardVols\...
1	11	Heaven: Kolosjek 1	137 - 1	431,813	126,552	☒	350
2	12	Heaven: Kolosjek 2	140 - 1	341,809	126,615	☒	1
3	15	A-Terminal-Dolasci	20 - 1	0,200	64,050	☒	
4	19	Autobusni terminal	16 - 1	201,708	24,612	☒	1
5	20	Heaven: Kolosjek 3R	8 - 1	219,825	32,196	☒	1
6	21	A-Terminal-Odlasci-1	7 - 1	0,200	15,000	☒	
7	22	A-Terminal-Odlasci-2	18 - 1	0,200	15,000	☒	1
8	23	A-Terminal-Odlasci-3	19 - 1	0,200	15,000	☒	1
9	24	ŽTR-Odlasci	12 - 1	7,596	31,145	☒	1
10	25	ŽTR-Dolasci	117 - 1	124,181	15,000	☒	

Slika 18.:Popis stajališta korištenih u modelu
Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissim

Count: 6	No	Name	EntryLink	DestLink	DestPos	EntTmOffset	VehType	DesSpeedDistr	Color
1	2	IC-401	140: Kolosjek 2	140: Kolosjek 2	563,213	0,0	406: ICE3	60: 60 km/h	(255, 255, 216, 0)
2	3	IC-402	137: Kolosjek 1	137: Kolosjek 1	563,213	0,0	406: ICE3	60: 60 km/h	(255, 255, 216, 0)
3	4	Shuttle	17: Kolosjek 3	17: Kolosjek 3	1,963	0,0	1630: Shuttle	50: 50 km/h	(255, 0, 204, 20)
4	11	Bus-Linija-1	75	1	22,799	0,0	300: Bus	50: 50 km/h	(255, 190, 0, 0)
5	12	Bus-Linija-2	75	1	30,857	0,0	300: Bus	50: 50 km/h	(255, 168, 0, 168)
6	50	MiniBus-ŽTR	72	10173	16,841	0,0	1640: Kombi-bus	60: 60 km/h	(255, 0, 96, 255)

Count: 5	PTLine	Dep	Occup
1	2: IC-401	100,0	50
2	2: IC-401	250,0	100
3	2: IC-401	400,0	300
4	2: IC-401	600,0	50
5	2: IC-401	750,0	50

Slika 19.:Popis linija korištenih u modelu
Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissim

4.2.3. Prijevoz na zahtjev/dijeljena mobilnost

Osim klasičnog javnog prijevoza danas se sve više koriste i drugi oblici mobilnosti među kojima, između ostalog spadaju: prijevoz na zahtjev (npr. klasični taxi servis), DRT- *Demand Responsive Transport* ili prijevoz na temelju potražnje što bi odgovaralo onome što nudi Uber usluga ili bilo koja druga usluga koja obavlja javni prijevoz na temelju potražnje odnosno zahtjeva za putovanjem ovisno o raspoloživosti ponude pri čemu se prijevoz mora obaviti u određenom vremenskom prozoru, zatim različiti oblici mobilnost dijeljenja: *ride-sharing*, *car-sharing* i sl.

Pojednostavljeni model karakterizira tipsko prijevozno sredstvo (Slika 20.) (kombi ili mini bus) kapaciteta do 8 osoba. Polazna zona vozila je zona 5 odnosno parking lot 15 a u modelu je korištena ruta koja prolazi centralnim dijelom mreže s vezom na željeznički terminal gdje se nalazi

namjensko stajališta. Na taj način se simulira prijevoz na zahtjev za sve one korisnike koji trebaju prijevoz do željezničkog terminala.

Count: 5	PTLine	Dep	Occup	PTLine\EntryLink	PTLine\DestLink
1	50: MiniBus-ŽTR	100,0	3	72	10173
2	50: MiniBus-ŽTR	300,0	5	72	10173
3	50: MiniBus-ŽTR	500,0	5	72	10173
4	50: MiniBus-ŽTR	700,0	4	72	10173
5	50: MiniBus-ŽTR	900,0	3	72	10173

Slika 20.: Prijevoz na zahtjev – parametri

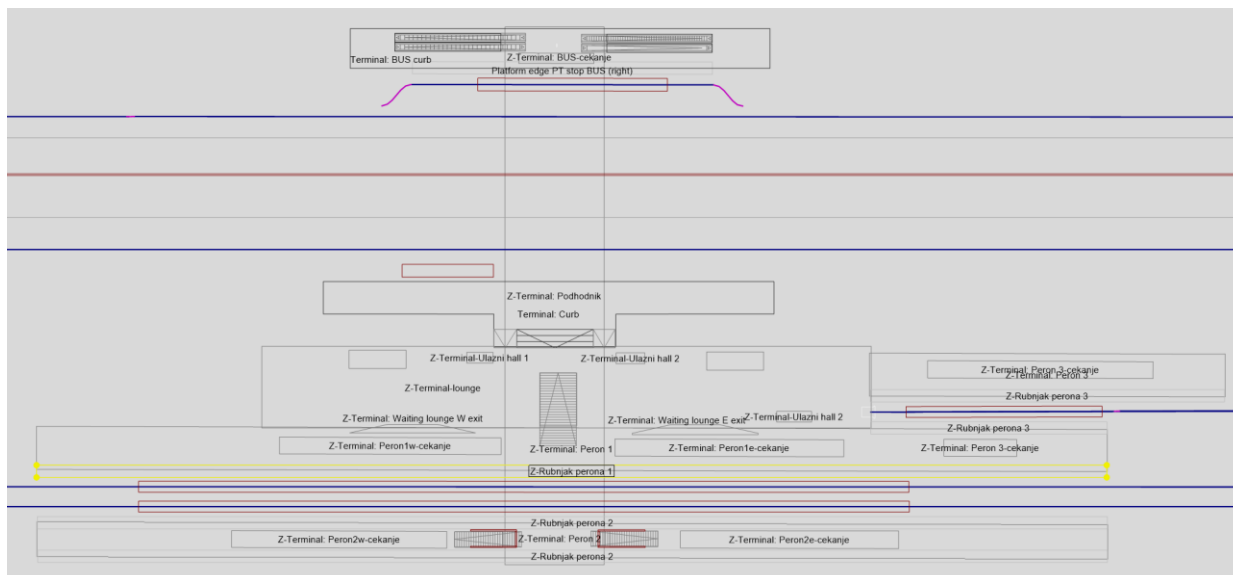
Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissim

4.3. Elementi modela

4.3.1. Područje željezničkog terminala

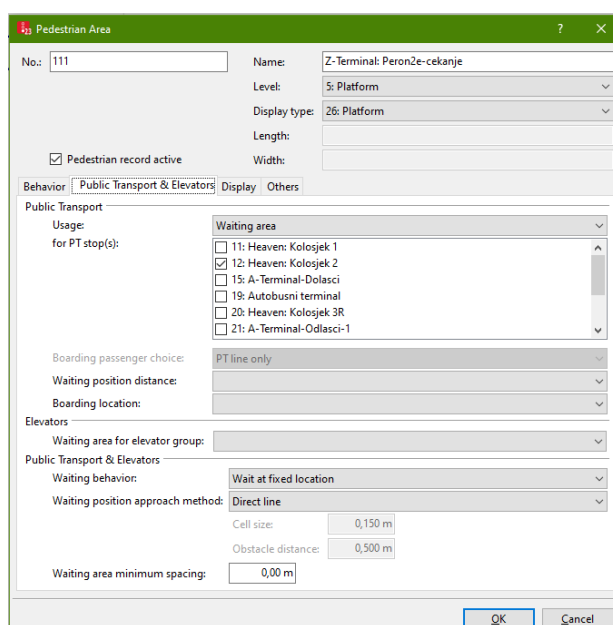
U sklopu željezničkog terminala imamo objekte kojima se kreću vozila (linkovi, stajališta) te objekte kojima se kreću pješaci/putnici . Objekti koji služe sa modeliranje kretanja pješaka obuhvaćaju različite vrste područja (objekt „*area*“), rampe, stepenice, pothodnike i platforme (Slika 21.). Za generiranje i usmjeravanje tokova pješaka mogu se također koristiti dinamičke rute, ali u ovom slučaju korištene su statičke rute preko objekata „*pedestrian inputs*“ i „*pedestrian routes*“. [3]

U sklopu željezničkog terminala dizajnirano je 28 objekata „*area*“ od kojih je 7 tipa pristupnih platformi, 6 za pristup na ukupno 3 perona te 1 za pristup stajalištu za DRS (Bus/Taxi) stajalište. Isto tako dizajnirano je 7 područja za čekanje prijevoznog sredstva, također raspoređeno na 3 perona i 1 DRS mjesto.



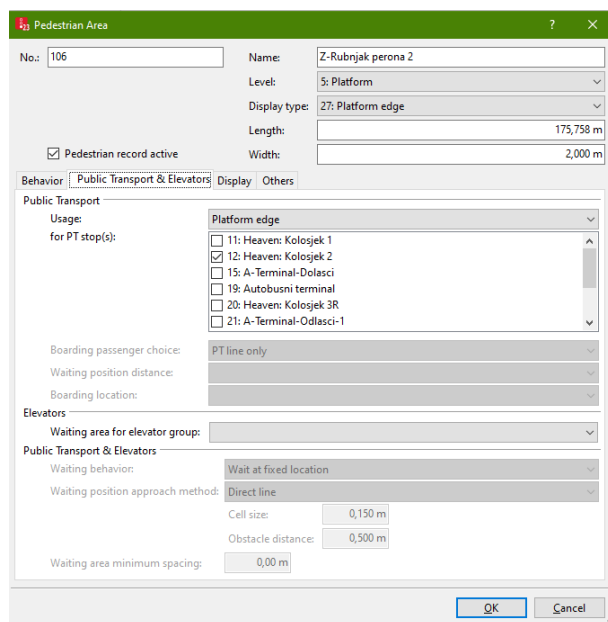
Slika 21.: Područja za kretanja pješaka (objekt *area*) – željeznički terminal
Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissim

Za kretanje i pristup pješaka stajalištima javnog prijevoza, odnosno za omogućavanje ukrcavanja i iskrcavanja putnika s prijevoznog sredstva, potrebno je definirati područja (zone) za čekanje (tzv. „*waiting area*“)(Slika 22) te područje za pristup vozilu (tzv. „*platform edge*“)(Slika 23). Navedenim objektima se ova vrijednost pridružuje kroz odgovarajući atribut – *PTUsage* koji pobliže definira namjenu pojedinog područja.(Slika 22 i Slika 23).



Slika 22. Područja za kretanje pješaka – specifikacija namjene objekta

Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissim

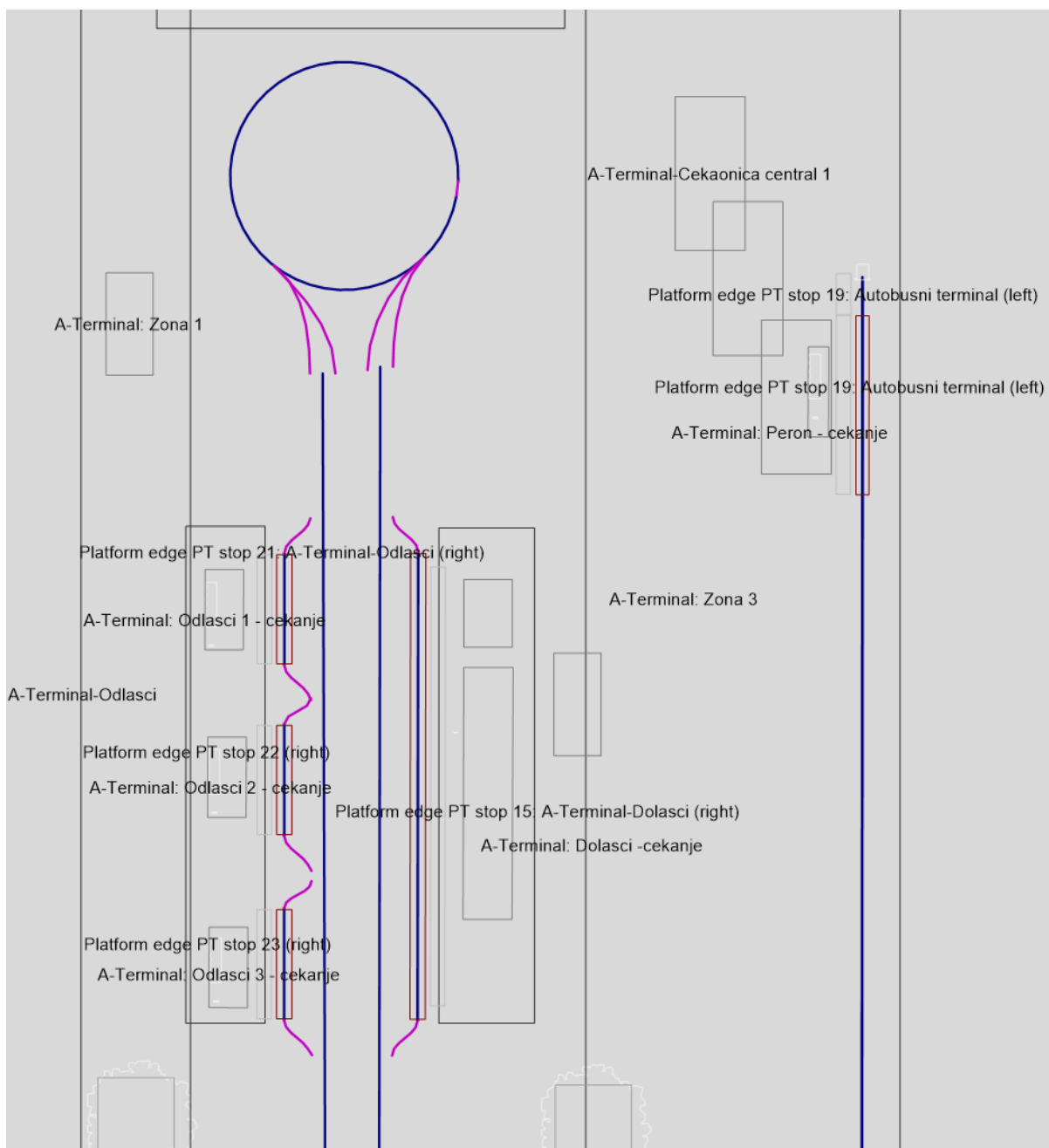


Slika 23.: Područja za kretanja pješaka – specifikacija namjene objekta
Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissim

4.3.2. Područje autobusnog terminala

U sklopu autobusnog terminala koji je izveden kao kružni tok vozila u dolasku i odlasku dizajnirano je 1 stajalište za sve autobuse koji dolaze na terminal. Stajalište ima dovoljno prostora za istovremeno stajanje 4 autobusa. Ovom stajalištu pridruženo je nekoliko područja, uključujući i pristupnu platformu za iskrcaj putnika, ali bez zone čekanja zbog toga jer stajalište nije namijenjeno za ukrcaj putnika u vozilo. (Slika 24) Odlasci su predviđeni na suprotnoj strani terminala pa su stoga predviđena 3 stajališta za autobuse sa 3 pristupne platforme za ukrcaj putnika te 3 zone čekanja.

Osim navedenog u zoni autobusnog terminala dizajniran je 1 kolosijek s 1 peronom, pristupnom platformom i prostorom za čekanje kojim se ostvaruje pristup „shuttle“ servisu koji prometuje između autobusnog i željezničkog terminala. Cijelo područje terminala ima također 28 objekata tipa „area“ koje služi za modeliranje kretanja pješaka po terminalu te ukrcaj i iskrcaj putnika u/iz prijevoznih sredstava. (Slika 24)

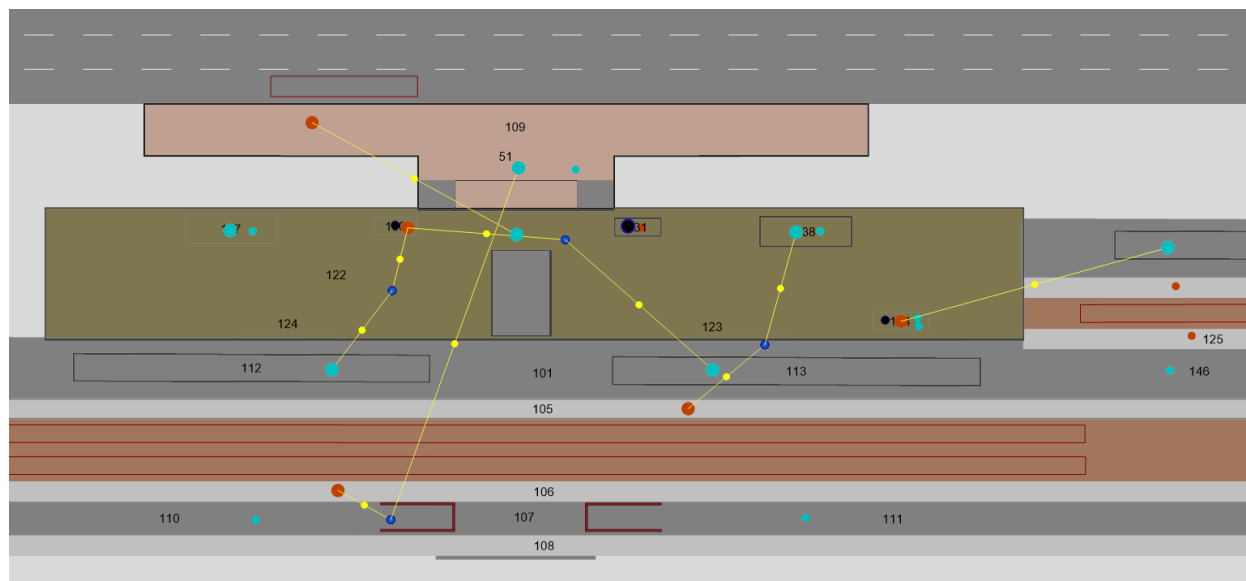


Slika 24.: Područja za kretanja pješaka – autobusni terminal
Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissim

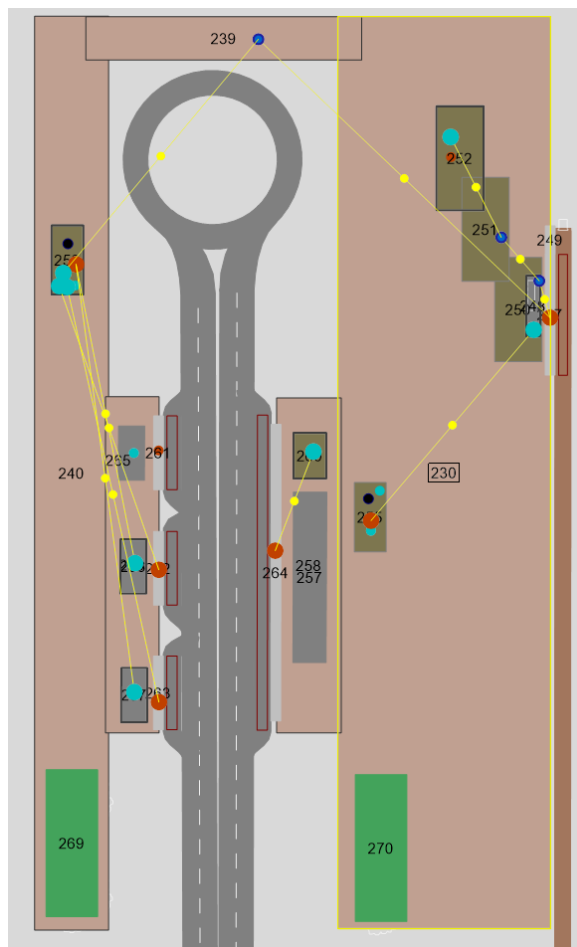
4.3.3. Pješačke rute i raspodjela kretanja/potražnje u sklopu terminala

Za modeliranje pješaka kao što je već spomenuto potrebno je definirati područja tj. prostor u kojem se pješaci mogu kretati u sklopu terminala. Slijed kretanja prati najkraću rutu od prostora

ishodišta kretanja do prostora završetka kretanja s obzirom na prethodno definirana područja. Potražnju je moguće generirati u svakom od područja općeg tipa za sve putnike koji ulaze na terminal radi ukrcaja na neko prijevozno sredstvo. Za iskrcaj s prijevoznog sredstva tj. dolaske putnika javnim prijevozom, potražnja se ne generira već ovisi o broju putnika u samom prijevoznom sredstvu odnosno atributima stajališta koja se nalaze u zoni terminala. Broj putnika koji se iskrcava iz prijevoznog sredstva, dakle ovisi o iznosu, vrijednosti parametra iskrcaja za svako od stajališta i predstavlja relativnu vrijednost. Nakon što se putnik iskrca iz vozila, na pristupnoj platformi mora postojati ruta iz te pristupne platforme prema željenom području. Drugim riječima stupanjem na iskrcajnu platformu „generira“ se putnik na terminalu koji se iskrcao s prijevoznog sredstva tj. postaje pješak. Za putnike koje se namjeravaju ukrcati na neko prijevozno sredstvo, mora se generirati ruta iz područja gdje je generirana ulazna potražnja do mjesta tj. područja namijenjenog za čekanje. Kako je atribut *PTUsage* kojim se definira tip objekta „area“ povezan sa određenim stajalištem, nije potrebno definirati rutu između prostora čekanja i pristupne platformi, već se isto kreira automatski pa se svaki putnik koji čeka u području čekanja dolaskom prijevoznog sredstva na stajalište, upućuje automatski na pristupnu platformu za ukrcaj. U nastavku su prikazane pješačke rute za oba terminala u modelu (Slika 25 i Slika 26).



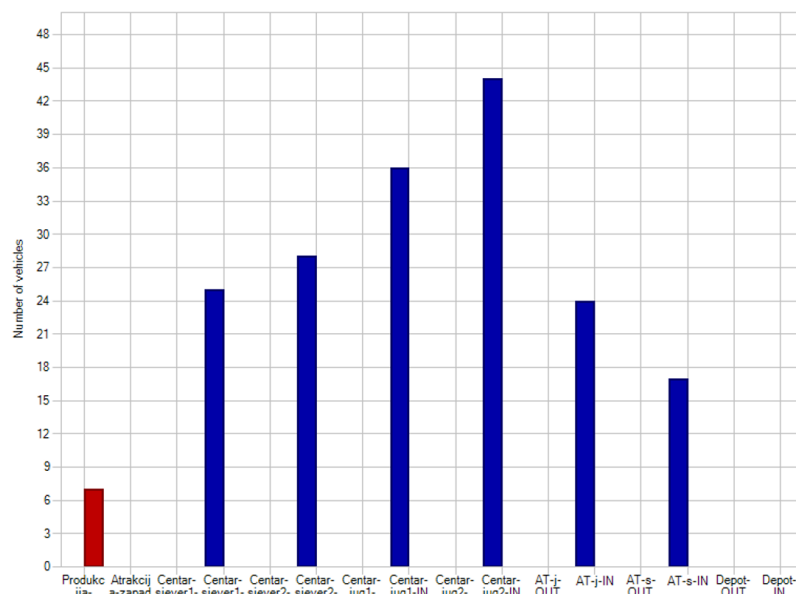
Slika 25.:Pješačke rute – željeznički terminal
Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissim



Slika 26.:Pješačke rute – autobusni terminal
Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissim

4.4. Prikaz rezultata modela

Nakon što se je model konstruiran, pokrenuta je simulacija pomoću koje je moguće dobiti detaljnu analitiku kretanja putnika na terminalima, ali i promatrati obrasce mobilnosti stanovništva u širem kontekstu, primjerice u odnosu na odabir načina prijevoza, preferencijalne linije prijevoza, zone atrakcije itd. Izdvojeni su i prikazani samo odabrani zapisi s obzirom da je cilj samo pokazati mogućnosti primjene modela u analizi mobilnosti u izrađenom hipotetskom modelu.



Slika 27.:Distribucija odabira parkinga ovisno o odredišnoj zoni
Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Visum

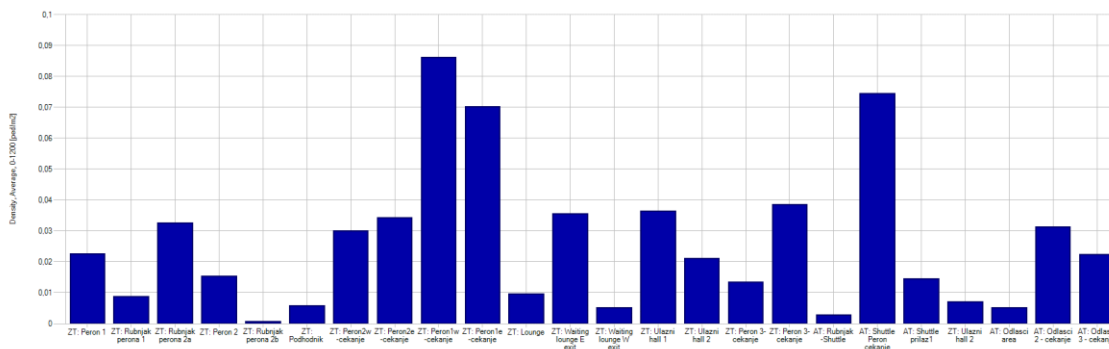
OD Pair Results								
3 / 350	SimRu	TimeInt	ODPair	TravTmArr(All)	DelayTmArr(All)	DelayRelArr(All)	VolumeArr(All)	DistTravArr(All)
1 Average	0-1200	1: Zapad - 2: Centar-sjever		356,0	66,3	0,186	91	2956,1
2 Average	0-1200	1: Zapad - 3: Centar-jug		168,3	11,1	0,066	100	1751,4
3 Average	0-1200	1: Zapad - 4: AT-s+j		195,8	34,9	0,178	50	1905,6

Slika 28.:Vrijeme putovanja, prosječno kašnjenje i prijeđena udaljenost između OD zona
(prosjek za 10 simulacija)

Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissim

Slika 27. prikazuje raspodjelu parkirnih mjesta prema odredišnim zonama s obzirom na atraktivnost tih parkirališta. U stupcu "produkcija" vidljiv je kontinuirani tok simulacije, što ukazuje na prisutnost vozila koja još nisu pristigla na svoja odredišta. Također, prikazuje se neprekidan promet vozila koja još nisu stigla do svojih odredišta. Simulacija je prekinuta kako bi se prikazala atraktivnost parkirališnih zona tijekom rutiranja, posebno na modelu. Trenutačno, najatraktivnija zona za parkiranje je Centar Jug (Slika 27). Tablični prikaz matrice prikazuje faktore koji utječu na privlačnost za osobna vozila. Na primjer, najkraća udaljenost i najmanji vremenski period pozitivno utječu na privlačnost, dok kašnjenje negativno utječe na odabir parkirališta stvara zagušenja, negativno utječe na stres te se smatra nepoželjnim. Također volumen označava ograničenost i potrebu preraspodjele odnosno promjene odredišta koja se temelji na najbližoj susjednoj zoni u slučaju popunjenosti ili nedostupnosti parkirališta. .Simulacija je

prekinuta nakon 15 minuta od početka kako bi se mogli prikazati odabiri i utjecaj faktora na daljnji odabir parkirališta (Slika 28).

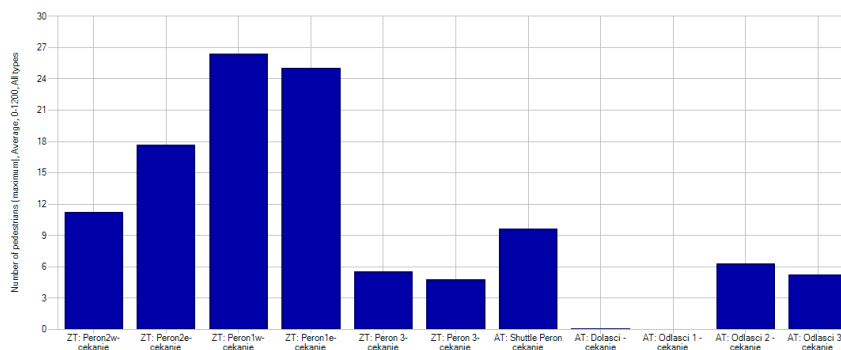


Slika 29.:Prosječna gustoća putnika na prostoru terminala (prosjeak za 10 simulacija)
Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissium

Upotrebom zadane rute i poznavanjem kretanja ljudi moguće je promatrati tijekom kretanja na različitim dijelovima terminala za potrebe korištenja javnog prijevoza i pratiti dinamiku tih kretanja u odnosu na pojedine dijelove terminala. To može doprinijeti kvalitetnijem planiranju i dimenzioniranju terminala i njegovih pojedinih dijelova budući da je tako moguće utvrditi protočnost i iskorištenost kapaciteta, uska grla, a također i sigurnosne rizike koje je također potrebno uzeti u obzir prilikom projektiranja prostora gdje borave ili se kreću ljudi. Primjerice moguće je utvrditi vremenski period zadržavanja ljudi za kupnju karata, utrošak vremena od ulaska u terminal do polaska, vremena čekanja na stajalištima itd. (Slika 29) Na temelju tih podataka može se utvrditi učinkovitost terminala. Gustoća putnika može biti pokazatelj operativne funkcionalnosti elemenata dizajna terminala: perona, stajališta i čekaonica, u pogledu njihovog dimenzioniranja i položaja u prostoru, a sve u svrhu da bi se omogućila kvaliteta usluge na terminalima koja se iskazuje kroz protočnost, brzinu transfera, ukrcaj-iskrcaj s prijevoznog sredstva te sigurnost.

Također na temelju zagušenja na pojedinim dijelovima mogu se donijeti odluke preraspodijele prostora, proširenja, uvidjeti potrebe gradnje novih stajališta, uvođenja novih linija

i dr.(Slika 30) Na temelju podataka čekanja na stajalištima u zavisnosti sa kapacitetom moguće je donijeti odluke o povećanju broja prijevoznih sredstva, povećanju broja linija sukladno potrebama korisnika.



Slika 30.:Prosječni broj putnika na stajalištima/peronima koji čekaju na javni prijevoz (prosjek za 10 simulacija)

Izvor: Izradila studentica pomoću softverskog programa PTV Vissim

5. ZAKLJUČAK

Mobilnost ljudi sloboda je svakoga ponaosob čija sveobuhvatnost i širina stvara bolju kvalitetu života. Mobilnost se ostvaruje s obzirom na svrhu putovanja grupiranoj na temelju sličnosti (posao, slobodno vrijeme, kupovina), a ostvaruje se različitim transportnim sustavima, privatnim i javnim prijevozom.

Upotreba simulacijskih modela pruža niz mogućnosti praćenja kretanja ljudi i donošenja odluka odabira. Prvobitno, prilikom stvaranja modela, potrebni su demografski podaci o stanovništvu nekog prostora. U skupinu demografskih podataka prati se veličina stanovništva i migracije jer broj ljudi i gustoća naseljenosti ovise o kretanjima ljudi; što je veće područje veća je potreba za mobilnošću i organizacijom. Za urbana područja čija površina je manja specifično je da su kretanja koncentrirana u središtima obzirom da su mjesta gdje se ostvaruje svrha putovanja locirana u samom središtu. To nerijetko doprinosi većim prometnim zagušenjima za vrijeme vršnih sati. U radu je prilikom izrade simulacijskog modela za odabir destinacije korišteno dinamičko rutiranje kod privatnog prijevoza. Metodom dinamičkog rutiranja omogućeno je prilagođavanje modela stvarnim uvjetima i faktorima koji utječu na svakodnevnu mobilnost ljudi. Faktori odabira koji utječu na atrakciju su najmanji utrošak vremena odabranog područja, najmanja udaljenost od početne ili trenutne lokacije vozila do odredišta te kapacitet tj. popunjenost parkirališta. Čimbenici koji neadekvatno utječu na odabir su trošak i kašnjenje.

Metodom statičkog rutiranja prikazuje se i analizira javni gradski prijevoz no može biti i sastavni dio privatnog prijevoza. Karakteristika statičkog rutiranja je unaprijed poznata ruta na temelju koje se mogu analizirati pojedini dijelovi sustava na temelju podataka o korištenju od strane korisnika. Moguće je analizirati efikasnost linija javnog prijevoza, dostupnost stajališta, utrošak vremena na čekanju u vršnim satima itd. Na temelju rezultata simulacije moguće je utvrditi uzroke i posljedice konkretnog stanja prometnog sustava i testirati funkcionalnost novih ili unaprjeđenih komponenti prometnog sustava, što u konačnici doprinosi boljem, funkcionalnijem i atraktivnijem transportnom sustavu kojim se ostvaruje mobilnost stanovništva.

U istraživanju i modelu uključena je dijeljena mobilnost kao pokazatelj novih, alternativnih načina prijevoza koje doprinose održivosti i ekološkoj prihvatljivosti prometa.

LITERATURA

Knjige:

- [1] Cf. Pološki, D., et al.: Modeliranje infrastrukturnih objekata, Dani prometnica.tehnički, ekonomski i ekološki aspekti, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu-Zavod za prometnice, Zagreb, 2008
- [2] Meyer M.D. and Miller, E., 2001. Urban Transportation Planning. New York: McGraw Hill.
- [3] PTV Vissim 2023 - New features at a glance © PTV Planung Transport Verkehr GmbH
- [4] Šolman, S., Presečki, A., Zubić, I.: Dijeljenje osobnog automobila – Uloga, perspektive i mogućnosti u hrvatskom prometnom sustavu, KoREMA, 30.skup o prometnim sustavima,Automatizacija u prometu 2010., Zbornik radova, Zagreb/Istanbul, 2010.
- [5] V. Vuchic, O. J. d. D., 2011. Modelling Transport. 4th Edition ur. England: John Wiley Sons
- [6] Zavada, J., 2006. Vozila za javni gradski prijevoz. zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.

Priručnik:

- [7] Brčić Davor, Š. M., 2012. Logistika prijevoza putnika - priručnik, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.

Web izvori:

- [8] Avan2Go: <https://avant2go.hr/> (rujan, 2023)
- [9] City Coco rent Poreč: <https://citycocretporec.hr/> (rujan, 2023)
- [10] Državni zavod za statistiku- Statistika u nizu <https://podaci.dzs.hr/hr/statistika-u-nizu/> (kolovoz, 2023)

[11] Integrirani prometni sustav: <https://szz.hr/projekti/ipp> (kolovoz, 2023)

[12] Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, Strategija prometnog razvoja Republike Hrvatske (2017.-2030.):

<https://mmpi.gov.hr/UserDocsImages/arhiva/MMPI%20Strategija%20prometnog%20razvoja%20RH%202017.-2030.-final.pdf> (rujan, 2023)

[13] Mreža javnog prijevoza: <https://www.mojarijeka.hr/nova-organizacija-linija-javnog-gradskog-prijevoza/> (rujan, 2023)

[14] Naseljenost: <https://hr.economy-pedia.com/11037298-population-density> (rujan, 2023)

[15] Ricikleta: <https://ricikleta.rijeka.hr/hr/koristenje.php> (rujan, 2023)

Ostali izvori:

[16] Grubišić N. Nastavni materijali Metodologija prometnog planiranja

POPIS SLIKA

Slika 1: Primjer modela prometne mreže	7
Slika 2.: Primjer dizajna zona u prometnom modelu.....	8
Slika 3.: Kretanje populacije Republike (Izvor: DZS, 2023)	13
Slika 4.: Broj stanovnika prema županijama na temelju posljednjeg Popisa stanovništva..	14
Slika 5.: Unutarnje i vanjske migracije Republike Hrvatske u 2021. godini	15
Slika 6.: Migracije stanovništva u periodu od 2018-2022. godine	15
Slika 7.: Raspodjela broja dnevnih putovanja po modovima	19
Slika 8.: Mreža linija i stajališta javnog prijevoza grada Rijeke	24
Slika 9.: Integrirani prijevoz.....	25
Slika 10.: Usluga dijeljenja automobila Avan2Go u Dubrovniku	27
Slika 11.: Usluga dijeljena javnih bicikala Ricikleta u Rijeci	27
Slika 12.: : Usluga dijeljenja električnih romobila u Poreču.....	28
Slika 13.: Atributi parking lot-a.....	33
Slika 14.: Definiranje odabira odredišnog parkinga	34
Slika 15.: OD matrica putovanja s obzirom na zone	34
Slika 16.: Prikaz stajališta na željezničkom terminalu.....	36
Slika 17.: Prikaz stajališta na autobusnom terminalu	36

Slika 18.: : Popis stajališta korištenih u modelu	37
Slika 19.: Popis linja korištenih u modelu.....	37
Slika 20.: Prijevoz na zahtjev – parametri.....	38
Slika 21.: Područja za kretanja pješaka (objekt <i>area</i>) – željeznički terminal	39
Slika 22. Područja za kretanje pješaka – specifikacija namjene objekta	39
Slika 23.: Područja za kretanja pješaka – specifikacija namjene objekta	40
Slika 24.: Područja za kretanja pješaka – autobusni terminal	41
Slika 25.: Pješačke rute – željeznički terminal	42
Slika 26.: Pješačke rute – autobusni terminal.....	43
Slika 27.: Distribucija odabira parkinga ovisno o odredišnoj zoni.....	44
Slika 28.: Vrijeme putovanja, prosječno kašnjenje i prijedena udaljenost između OD zona	44
Slika 29.: Prosječna gustoća putnika na prostoru terminala (prosjeak za 10 simulacija)	45
Slika 30.: : Prosječni broj putnika na stajalištima/peronima koji čekaju na javni prijevoz (prosjeak za 10 simulacija).....	46

POPIS TABLICA

Tablica 1.: Prosječni broj dnevnih putovanja prema modovima prijevoza u RH.....	18
Tablica 2.: : Broj registriranih vozila u Republici Hrvatskoj u 2021. godini.....	23
Tablica 3.: Razina mobilnosti iskazana prosječnim brojem putovanja prema načinu prijevoza	29
Tablica 4.: Razina mobilnosti iskazana prosječnim brojem putovanja prema svrsi putovanja	30