

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Katarina Krišto, Petra Turkalj

**KONCEPT ODRŽIVIH PROMETNIH RJEŠENJA ZA
POVEĆANJE MOBILNOSTI I SUVREMENI RAZVOJ
ZNANSTVENO-UČILIŠNOG KAMPUSA BORONGAJ**

Zagreb, 2024.

Ovaj rad izrađen je na Fakultetu prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu na Zavodu za cestovni promet pod vodstvom prof. dr. sc. tech. Danijela Barić i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2023./2024.

POPIS KRATICA

BART – Bay Area Rapid Transit – podzemna željeznica

DOF – digitalna ortofoto karta

EJA – ekvivalent jedinica automobila

ERF – Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

FPZ – Fakultet prometnih znanosti

JGP – javni gradski prijevoz

SAD – Sjedinjene Američke Države

TOD – Transit-Oriented Development

TU Delft – University of Technology Delft

ZET – Zagrebački električni tramvaj

ZUK– Znanstveno-učilišni kampus

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OPĆI I SPECIFIČNI CILJEVI RADA	3
3. MATERIJAL I METODE	4
3.1 Metoda anketiranja	4
3.2 Metoda brojanja prometa	5
3.3 Metoda simulacije	5
3.4 Metoda SWOT analize	6
4. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA	8
4.1 Pregled izabраниh prometno-održivih sveučilišta na globalnoj razini	8
4.2 Analiza postojećeg stanja Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj	14
4.2.1 Prostorno-planska dokumentacija na području ZUK-a Borongaj	15
4.2.2 Prometna infrastruktura na području ZUK Borongaj	17
4.2.3 Potražnja motoriziranog i nemotoriziranog prometa na području ZUK Borongaj	28
4.2.4 Prometna povezanost ZUK Borongaj s ostalim dijelovima grada Zagreba i okolice	32
4.3 Rekapitulacija postojećeg stanja na području ZUK-a Borongaj	37
5. REZULTATI	38
5.1 Rezultati provedene ankete zadovoljstva korisnika ZUK Borongaj	38
5.2 Evaluacija simulacija postojećeg stanja	43
5.3 Prijedlozi rješenja	45
5.4 Simulacija novih rješenja	53
5.5 Mogućnost implementacije i opravdanost predloženih rješenja	55
6. RASPRAVA	58
7. ZAKLJUČCI	60
ZAHVALE	62
POPIS LITERATURE	63

SAŽETAK.....	66
SUMMARY	67
POPIS SLIKA.....	68
POPIS TABLICA.....	69
POPIS GRAFIKONA.....	70
POPIS PRILOGA	71
ŽIVOTOPISI AUTORA	72

1. UVOD

Znanstveno-učilišni kampus Borongaj (ZUK) predstavlja značajno akademsko središte te temelj obrazovnog i istraživačkog područja unutar kojeg se potiče inovativnost, multidisciplinarnost te razvoj tehnologija i različitih akademskih aktivnosti. Ovakvi kampusi objedinjuju znanstvene institucije poput sveučilišta, istraživačkih centara, knjižnica, laboratorija i drugih ustanova koje se bave visokim obrazovanjem i znanstvenim istraživanjem. Često su smješteni u blizini ili unutar većih urbanih sredina, čime dodatno doprinose njihovoj dinamičnosti i razvoju.

U suvremenom svijetu, porast urbanizacije postavlja nove izazove u gradovima i regijama diljem svijeta. U tom kontekstu potreba za održivom, učinkovitom i sigurnom prometnom infrastrukturom postaje sve izraženija. Održiva mobilnost ne odnosi se samo na prometne, već uključuje i društvene, ekonomske i ekološke aspekte. Promicanje održivosti zahtijeva korištenje alternativnih oblika prijevoza, poput javnog prijevoza, biciklizma i pješaćenja, s ciljem smanjenja emisija štetnih plinova, poboljšanja energetske učinkovitosti te smanjenja opterećenja na prometnicama. Uz prometnu održivost, suvremeni razvoj naglašava važnost ekonomskih, ekoloških, socijalnih i kulturnih aspekata urbanog planiranja, s ciljem stvaranja urbanih sredina koje pružaju visoku kvalitetu života stanovnicima te izgradnje prosperitetnih i održivih zajednica.

Cilj ovog istraživanja jest razviti sveobuhvatan koncept prometnih rješenja koji promiče održivu mobilnost i potiče suvremeni razvoj Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj, uzimajući u obzir utjecaj na okoliš i potrebe svih korisnika ZUK-a Borongaj. Predloženim prometno-održivim konceptom želi se stvoriti infrastruktura koja podržava različite oblike prijevoza, uključujući pješaćenje, biciklizam, javni gradski prijevoz, dijeljenje vozila i slično, pri čemu se osigurava ekološki osviještena, pristupačna i učinkovita mobilnost za sve korisnike ZUK-a Borongaj. Ovaj rad istražuje važnost prometno-održive mobilnosti i suvremenog razvoja u kontekstu Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj te analizira utjecaj na prometnu infrastrukturu, kvalitetu života korisnika i povezivanje s okolnim urbanim područjem.

Struktura rada obuhvaća sedam cjelina. Nakon uvodnog dijela, u drugoj cjelini definirani su opći i specifični ciljevi istraživanja. Treća cjelina obrađuje izabrane metode primijenjene u istraživanju, uključujući metodu anketiranja, brojanja prometa, simulacije i SWOT analize. Četvrta cjelina pruža sažeti pregled izabranih prometno-održivih sveučilišta na globalnoj razini te primjenjivih primjera dobre prakse, nakon čega slijedi analiza postojećeg stanja ZUK-a Borongaj popraćena simulacijama postojećeg stanja. Peta cjelina prikazuje rezultate istraživanja, simulacije predloženog rješenja i njegovu opravdanost. Šesta cjelina odnosi se na raspravu na temelju dobivenih rezultata i zaključaka donesenih tijekom istraživanja.

2. OPĆI I SPECIFIČNI CILJEVI RADA

Opći cilj ovog rada je razvoj prometno-održivog koncepta koji uključuje načela održive mobilnosti kako bi se potaknuo suvremeni razvoj ZUK-a Borongaj, istovremeno uzimajući u obzir ekološke aspekte i potrebe svih korisnika ZUK-a Borongaj. Kroz analizu postojećeg stanja, identifikaciju nedostataka, istraživanje potreba korisnika te analizu primjera dobre prakse na globalnoj razini, ovaj rad će pružiti sveobuhvatnu viziju i smjernice za implementaciju održivog prometnog sustava na području ZUK-a Borongaj, čime je moguće postići optimalnu ravnotežu između suvremenog razvoja i održive mobilnosti.

Specifični ciljevi rada su:

- a. Analizirati najnovije globalne trendove i prakse održive mobilnosti i suvremenog razvoja sveučilišta s ciljem primjene istih na prometno održiva rješenja ZUK-a Borongaj,
- b. Analizirati postojeće stanje prometnog sustava i objekata ZUK-a Borongaj radi utvrđivanja stvarnog stanja trenutnog prometnog sustava,
- c. Prepoznati i analizirati nedostatke postojećeg prometnog sustava, uključujući nedostatak biciklističke i pješačke infrastrukture, nepovezanost javnog prijevoza i druge infrastrukturne probleme koji utječu na održivost,
- d. Utvrditi zadovoljstvo i potrebe korisnika ZUK-a Borongaj provedbom ankete kako bi se dobio uvid u njihove potrebe i zadovoljstvo postojećim prometnim sustavom i pratećim uslužnim objektima,
- e. Stvoriti integrirani prometno-održivi koncept ZUK-a Borongaj koji uključuje inovativna tehnološka rješenja prometnog sustava,
- f. Procijeniti utjecaj predloženog prometnog koncepta na smanjenje onečišćenja i poboljšanje kvalitete života na ZUK-u Borongaj te ocijeniti mogućnost implementacije predloženog rješenja.

3. MATERIJAL I METODE

U ovom radu korištene su četiri metode istraživanja:

- a. Metoda anketiranja,
- b. Metoda brojanja prometa,
- c. Metoda simulacije,
- d. Metoda SWOT analize.

3.1 Metoda anketiranja

Metoda anketiranja jedna je od najčešće korištenih metoda prikupljanja podataka u istraživanjima. Temelji se na primjeni anketnog upitnika kojim se prikupljaju i istražuju podaci, informacije, stavovi i mišljenja o predmetu istraživanja. Anketa u širem smislu označava istraživački postupak kojim se izravno prikupljaju podaci i informacije o ekonomskim, sociološkim, demografskim, psihološkim i drugim osobinama skupine ljudi ili društvene zajednice [1].

Metoda anketiranja primijenjena je u svrhu istraživanja zadovoljstva korisnika ZUK-a Borongaj, pri čemu su prikupljene povratne informacije korisnika o zadovoljstvu održavanjem objekata, povezanosti ZUK-a Borongaj s ostalim područjima, krajobraznom uređenju i sličnim aspektima. Anketa je provedena 4. travnja 2024. godine u sklopu kolegija Modeliranje i planiranje u cestovnom prometu, od strane studenata Fakulteta prometnih znanosti, koristeći slučajan uzorak ispitanika na području ZUK-a Borongaj. Osim toga, anketa je bila dostupna i na društvenim mrežama poput Facebooka te na sustavu za e-učenje Merlin. Anketa je sadržavala 21 pitanje, od kojih su neka bila otvorenog tipa, dok su ostala bila zatvorenog tipa. Uz pitanja koja su vezana uz spol i dobnu strukturu, anketa je uključivala pitanja vezana uz svrhu i vrijeme putovanja od izvorišta putovanja do ZUK-a Borongaj, prometnu povezanost ZUK-a Borongaj s ostalim dijelovima grada Zagreba i okolice te razne nedostatke poput manjka uslužnih objekata, studentskog doma, neodržavanja krajobraza i prometne infrastrukture.

3.2 Metoda brojanja prometa

Brojanje prometa ključna je metoda u svim granama prometa jer je polazni uvjet za izradu analize postojećeg stanja, kao i za planiranje budućeg razvoja. Podaci dobiveni brojanjem prometa, neovisno o načinu brojanja, predstavljaju stvarno stanje prometnog sustava unutar područja obuhvata. Brojanjem prometnih tokova motoriziranog i nemotoriziranog prometa dobivaju se podaci o prometnom opterećenju, klasifikaciji i raspodjeli prometnih tokova te vrijednosti prometnih parametara u određenom vremenskom intervalu, poput duljine repa čekanja, vremena kašnjenja i slično. Izbor metode brojanja prometa ovisi o vrsti podataka koje je potrebno prikupiti, vremenskom intervalu brojanja te raspoloživim financijskim sredstvima, a metode se mogu podijeliti na ručno, automatsko, naplatno, satelitsko, brojanje vozila na trajektima, parkirališnim površinama te pomoću kamera [2].

Kao izabrana metoda brojanja prometa u svrhu istraživanja ovog rada korištena je metoda ručnog brojanja prometa. Ručno brojanje prometa provedeno je na dva specifična raskrižja na području ZUK-a Borongaj: raskrižje Borongajska cesta – nerazvrstana cesta, koje predstavlja prvi ulaz u ZUK Borongaj, te raskrižje Borongajska cesta – Savudrijska ulica – nerazvrstana cesta, koje predstavlja drugi ulaz u ZUK Borongaj. Brojanje se provodilo u referentnom danu, u jutarnjem vršnom satu od 7:00 do 12:00 sati te u poslijepodnevnom vršnom satu od 15:00 do 17:00 sati. Brojanje prometa provodili su studenti Fakulteta prometnih znanosti.

3.3 Metoda simulacije

Metoda simulacije je metoda pomoću koje se izrađuju mikrosimulacijski i makrosimulacijski prometni modeli u svrhu modeliranja i detaljne analize prometnog sustava, a izrađuju se u raznim programskim alatima poput PTV Vissim-a ili nekog drugog jednakovrijednog alata. U raznim istraživanjima simulacijom je moguće uvidjeti ponašanje prometnog sustava u različitim uvjetima i scenarijima bez eksperimentiranja u stvarnom sustavu. PTV Vissim je softverski alat koji primjenjuje model prometnog toka i ima mogućnost upravljanja signalnim planovima. Omogućuje izradu detaljnih simulacija kretanja vozila i pješaka unutar prometne mreže te omogućava kontrolu semaforских uređaja po fiksnom i prometno ovisnom režimu. Fiksni režim rada semaforских uređaja temelji se na unaprijed definiranom planu rada semaforскоg uređaja, neovisno o prometnom toku, dok prometno ovisni režim rada koristi detektore

kako bi prikupio informacije o prometu i prilagodio rad semaforškog uređaja u skladu s njima, s ciljem optimizacije prometnog toka. PTV Viswalk je poseban modul koji se fokusira isključivo na simulaciju pješačkih tokova, bez interakcije s vozilima. Integriranjem PTV Vissim-a i PTV Viswalk-a omogućeno je simuliranje pješačkih tokova i tokova vozila. PTV Viswalk koristi modele sila za simuliranje kretanja pješaka i održavanje razmaka između njih [3]. Kroz znanstveni rad, izrađen 2008. godine, istraženi su različiti prometni modeli s naglaskom na mikrosimulacije. Rad naglašava kako najbolja predviđanja prometnih tokova daje dodjela prometa mreži standardnim načinom, odnosno pronalaskom najkraće rute putovanja, nakon čega se varijabilnim izborom pronalazi alternativna ruta i prilagođavaju se zagušenja, čime se prikazuje utjecaj raznih incidenata koji rezultiraju nestabilnošću prometnog toka. Rad zapravo naglašava važnost mikrosimulacija u urbanom i modernom prometnom planiranju i upravljanju, s ciljem boljeg razumijevanja i predviđanja prometnih obrazaca te učinkovitijeg upravljanja prometnim sustavima [4].

U ovom radu simulacija je izrađena u programskom alatu PTV Vissim-u s ciljem analize različitih scenarija prometnog sustava, obuhvaćajući postojeće stanje i predložena rješenja na području ZUK-a Borongaj.

3.4 Metoda SWOT analize

Metoda SWOT analize predstavlja metodu koja analizira čimbenike koji određuju snagu, slabosti, neiskorištene prilike i moguće prijetnje analiziranog predmeta, čime postaje osnova za izradu strategije radi ostvarenja postavljenih ciljeva, donošenje bitnih strateških odluka i određivanje misije i vizije. SWOT analiza promatra četiri osnovna elementa, tj. snage i slabosti kao unutarnje čimbenike, dok se prilike i prijetnje promatraju kao vanjski čimbenici [5]:

- a. "S" (strength-snage) → unutarnja svojstva koja doprinose konkurentnoj prednosti i ostvarivanju ciljeva,
- b. "W" (weaknesses-slabosti) → unutarnja ograničenja koja ometaju ili onemogućuju ostvarivanje ciljeva,
- c. "O" (opportunities-prilike) → vanjski uvjeti koji mogu poboljšati konkurentnost i uspješnost,
- d. "T" (threats-prijetnje) → vanjski uvjeti koji mogu negativan utjecaj na konkurentnost i uspješnost.

Metoda SWOT analize provedena je radi utvrđivanja snaga, slabosti, prilika i prijetnji novih predloženih rješenja s ciljem usporedbe s postojećim stanjem na području ZUK-a Borongaj te identificiranja ključnih elemenata i čimbenika koji mogu utjecati na unaprjeđenje funkcionalnosti, efikasnosti i održivosti prometnog sustava te urbanističkog razvoja na području ZUK-a Borongaj.

4. ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

U svrhu kreiranja prometnog koncepta za održivu mobilnost i suvremeni razvoj ZUK-a Borongaj provedena je detaljna analiza postojećeg stanja. Analiza postojećeg stanja obuhvaća:

- a. Pregled izabranih prometno-održivih sveučilišta na globalnoj razini,
- b. Analiza postojećeg stanja Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj.

4.1 Pregled izabranih prometno-održivih sveučilišta na globalnoj razini

Analizom postojećeg stanja prometno-održivih sveučilišta na globalnoj razini moguće je uvidjeti različite aspekte prometne održivosti, koji uključuju dostupnost javnog gradskog prijevoza, biciklističku i pješačku infrastrukturu, poticanje smanjenja emisija štetnih ispušnih plinova i održive načine prijevoza, te druge održive objekte.

Kao primjeri dobre prakse prometno-održivih sveučilišta na globalnoj razini izabrani su i u nastavku ukratko opisani:

- a. Sveučilište Manchester; Manchester, Ujedinjeno Kraljevstvo,
- b. Delft University of Technology (TU Delft); Delft, Nizozemska,
- c. Sveučilište Aalto; Espoo, Finska,
- d. Sveučilište u Kaliforniji, Berkeley (UC Berkeley); Berkeleyju, SAD.

Sveučilište Manchester, smješteno 1,4 kilometra od centra grada Manchestera (UK), nudi različite vrste prijevoza za dolazak do samog sveučilišta. Pritom su dostupni bicikli, električni romobili, taksiji ili car-sharing te javni prijevoz. Blizina brojnih autobusnih i tramvajskih stajališta, kao i gradska autobusna linija 147 koja prolazi kroz kampus uz tramvajske linije, osiguravaju izvrsnu povezanost kampusa s ostatkom grada. Sveučilište potiče održivu mobilnost izgradnjom parkirališnih površina za sve vrste vozila, uključujući rampe predviđene za bicikle ili električne romobile, kojih trenutno ima sedam. Sveučilište Manchester također je osiguralo sigurno sudjelovanje u prometu osobama s invaliditetom zahvaljujući prilagođenoj ruti koja povezuje sjeverni i južni dio kampusa.

Kampus obuhvaća šest studentskih domova, kao i dodatnih 16 domova u neposrednoj blizini. Također sadrži i ostale sadržaje poput knjižnica kojih ima šest, 13 PC laboratorija za potrebe istraživanja te više od 20 objekata kao što su studentski restorani i kantine [6], [7]. Slika 1. prikazuje središnji dio Kampusu Sveučilišta Manchester.



Slika 1. Sveučilište Manchester, [6]

Održivi razvoj Sveučilišta Delft (TU Delft, Delft, Nizozemska) dio je strategije prirodnog stapanja kampusa s gradom i postizanja kružnog kampusa s neutralnim CO₂. Sveučilište promiče održivu prometnu mobilnost putem raznih inicijativa, uključujući razvoj biciklističke infrastrukture, poticanje korištenja javnog prijevoza i smanjenje emisija štetnih plinova. Mreža biciklističkih staza povezuje različite dijelove kampusa i omogućuje sigurno kretanje biciklista, dok autobusne linije i tramvajske pruge olakšavaju pristup sveučilištu bez automobila. Također, kampus se nalazi blizu željezničke stanice, što olakšava dolazak iz drugih gradova poput Rotterdama, Haaga i Amsterdama. Zračna luka Schiphol u Amsterdamu nalazi se u blizini kampusa i nudi brojne međunarodne letove. Glavna pristupna cesta Mekelweg preusmjerena je oko kampusa kako bi se osigurala sigurnost biciklista i pješaka u novoj četvrti. Također je izgrađeno šetalište koje olakšava kretanje između zgrada fakulteta.

Slika 2. prikazuje knjižnicu na području kampusa TU Delft, na kojoj su vidljiva parkirališna mjesta za bicikle i automobile, a krov knjižnice osmišljen je kao „zeleni krov“ kojim se promiče održivost [8].



Slika 2. Knjižnica na području kampusa TU Delft, [9]

Studija slučaja provedena u razdoblju od 2021. do 2022. godine na željezničkom stajalištu Delft Campus izvedena je radi istraživanja prihvatljivosti i privlačnosti novih oblika prijevoza od izvorišta do odredišta putovanja. U studiji su istražene sklonosti korisnika prema dijeljenju zajedničkih bicikala, e-koraka, e-romobila, automatiziranih vozila, te važnost vremena, troškova i dostupnosti tih načina putovanja. Istraživanje je pokazalo kako su troškovi putovanja važniji od vremena putovanja te da je korištenje zajedničkih automatiziranih vozila pozitivno vrednovano u usporedbi s drugim oblicima prijevoza. Značajno je istaknuti kako su zajednički bicikli prepoznati kao prva opcija u malim multimodalnim čvorištima, čak i uz povećanje troškova putovanja. Međutim, motorizirani načini prijevoza, poput zajedničkih e-koraka i e-skutera, imaju značajan potencijal za tržišni udio, posebice u skupinama s visokim prihodima i obrazovanjem [10].

Kampus u Otaniemiju, u sklopu Sveučilišta Aalto (Espoo (Otaniemi), Finska), obnovljivo je životno okruženje za istraživanje, učenje i stanovanje studenata te nudi smještaj za oko 3.200 studenata. Sadrži sportske terene, dvorane i teretanu, gdje je studentima olakšano bavljenje sportskim aktivnostima. Kampus odnedavno sadrži i modernizirani trgovački centar „A Blanc“, pozicioniran pored stajališta podzemne željeznice. Podzemna željeznica na dionici Ruoholahti–Matinkylä olakšava putovanje svim korisnicima kampusa, a stajalište i ulazi dostupni su i osobama smanjene pokretljivosti. Stajalište se nalazi 1,7 kilometara sjeveroistočno od stanice Tapiola i 1,4 kilometra sjeverozapadno od stanice Keilaniemi. Drugi trgovački centar „A Block“ nalazi se u sklopu metro stajališta koje povezuje kampus s centrom grada Helsinkija za samo deset minuta vožnje. Osim metro linija, dostupna su i druga prijevozna sredstva u vidu autobusnih i tramvajskih linija, taksija, bicikala i električnih romobila. Neke od autobusnih linija koje prometuju u Otaniemi su: 52, 111, 550, 510 i 555, a njihova stajališta smještena su kod stanice metroa Sveučilišta Aalto, ulaz A (Otaniementie). Izvan radnog vremena metroa prometuje autobusna linija 108N sve do Otaniemija. Krajnje stajalište linije metroa na zapadu je Tapiola ili Matinkylä (Espoo), a na istoku Vuosaari ili Mellunmäki (Helsinki). Podzemna željeznica vozi svake 2,5 minute na stajalištu Sveučilišta Aalto tijekom vršnih sati, a tijekom van vršnog perioda svakih 4-5 minuta. U tijeku je realizacija tramvajske pruge koja će, uz autobusne linije i metro, studentima olakšati putovanje do kampusa iz bilo kojeg dijela grada. Na slici je prikazana metro mreža od Helsinkija do Sveučilišta Aalto (Slika 3.) [11].



Slika 3. Sadržaji kampusa Otaniemi Sveučilišta Aalto, [11]

Prometna povezanost Sveučilišta Kalifornije (UC Berkeley, Berkeley, SAD) s okolnim područjem i drugim sveučilištima u Kaliforniji vrlo je dobro razvijena, posebice s obzirom na blizinu San Francisca i ostalih dijelova Bay Area. UC Berkeley nalazi se u blizini stajališta podzemne željeznice (Bay Area Rapid Transit - BART), što omogućava brži pristup kampusu iz različitih dijelova San Francisca i okolnih gradova kao što su Oakland i Walnut Creek. Postoje različite autobusne linije koje prolaze kroz cijeli kampus UC Berkeleyja te ga povezuju s različitim dijelovima Bay Area, uključujući linije lokalnog prijevoza AC Transit i linije regionalnog prijevoza. Biciklistička infrastruktura u regiji općenito je dobro razvijena, što omogućuje studentima i osoblju korištenje bicikala i romobila kao prijevoznog sredstva za kretanje po kampusu i okolnim područjima (Slika 4.). Osim biciklističkih staza, kampus također ima velik broj pješačkih zona koje olakšavaju kretanje pješaka. UC Berkeley također ima pristup autocestama koje olakšavaju dolazak automobilom, uključujući autocestu I-80 koja prolazi kroz Berkeley. Ured za održivost na UC Berkeleyju svake godine prati stanje emisija ugljičnog dioksida, a istovremeno provodi učinkovite strategije za smanjenje

emisija stakleničkih plinova. Trenutni glavni projekt „Čisti energetska kampus“ provodi se s ciljem korištenja isključivo obnovljivih izvora energije. U prvoj fazi projekta, čiji je završetak očekivan 2028. godine, predviđa se smanjenje emisija izgaranja fosilnih goriva za 85 %, dok je druga faza, koja je planirana do 2030. godine, usmjerena na dodatno smanjenje emisija za 85 %. U sklopu projekta provodi se program alternativnog prijevoza, koji uključuje biciklizam i pješaćenje kao glavne vrste prijevoza, a koristi ga čak 80 % korisnika [12].



Slika 4. UC Berkeley - biciklistička karta, [12]

Postoji niz studija vezanih uz pitanje održivosti, koje uključuju razne načine stvaranja održivih i suvremenih kampusa na sveučilištima. Sveučilišta, kao što je i Sveučilište u Zagrebu, predvodnici su u promicanju obrazovanja, inovacija i istraživanja te imaju ključnu ulogu u poticanju progresivnih akcija prema globalnim problemima. Jedna takva studija provedena je 2022. godine s ciljem istraživanja problematike i perspektiva stvaranja zelenih kampusa na malezijskim sveučilištima. Istraživanje je provedeno korištenjem kvalitativnih metoda prikupljanja podataka, kao što je korišteno i u ovom radu, uključujući provedbu raznih ispitivanja i opažanja na odabranim sveučilištima u Maleziji. Podaci su analizirani s pomoću NVivo programskog alata za tematsko kodiranje.

Studijom su obuhvaćena tri najstarija sveučilišta u Maleziji: Sveučilište Putra Malaysia, Sveučilište Kebangsaan Malaysia i Sveučilište Malaya. Rezultati istraživanja pokazali su da većina sveučilišta u Maleziji ima planove za razvoj održivih i zelenih kampusa. Također je pokazano da se od 2016. godine svijest o važnosti zelenih inicijativa i suvremenog razvoja kampusa postupno povećava, što je dovelo do definiranja izazova poput održavanja, financijskih ulaganja, mentaliteta i kulture, zastarjele tehnologije koju je potrebno mijenjati te nedostatka infrastrukture i podrške lokalnih vlasti. Studijom su naglašeni i pozitivni aspekti istraživanja, uključujući posvećenost sveučilišta stvaranju strategija za upravljanje otpadom, uštedu energije i smanjenje emisija štetnih plinova te povećanje svijesti o zelenim inicijativama i održivosti. Primjeri dobre prakse uključuju aktivnosti recikliranja, kompostiranja i uštede energije koje su postale popularne na raznim sveučilištima diljem svijeta, što ih čini samoodrživima. Ključne teme identificirane tijekom istraživanja za razvoj zelenog kampusa vezane su uz uštedu energije, upravljanje otpadom i inicijativu 3R (Reduce, Reuse, Recycle) koja označava smanjivanje, ponovnu uporabu i recikliranje.

Istraživanje pruža nove uvide u stvaranje zelenih kampusa, promičući održivost na sveučilištima u Maleziji te nudi prijedloge za budući razvoj ovih praksi i naglašava potrebu za kontinuiranim istraživanjem i proširenjem studija na druga sveučilišta diljem svijeta kroz obrazovanje [13].

4.2 Analiza postojećeg stanja Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj

Analiza postojećeg stanja je analiza svih elemenata relevantnih za odvijanje prometnog procesa na širem području obuhvata. Analiza postojeće situacije nekog zatvorenog prometnog sustava bitna je kako bi se dobio uvid u stvarno trenutno stanje na prometnicama, neovisno o tome obavlja li se samo korekcija postojećeg sustava ili se planiraju veći investicijski zahvati[14]. Analiza postojećeg stanja obuhvaća:

- a. Analizu prostorno planske dokumentacije,
- b. Analizu prometne infrastrukture i postojećih pratećih objekata,
- c. Analizu prometne potražnje motoriziranog i nemotoriziranog prometa,
- d. Analizu prometne povezanosti kampusa s ostalim dijelovima grada.

4.2.1 Prostorno-planska dokumentacija na području ZUK-a Borongaj

Prostorno-planska dokumentacija je skup dokumenata i planova koji definiraju strategije i smjernice za razvoj i uređenje određenog područja ili prostora. Takvi dokumenti obuhvaćaju različite aspekte urbanističkog planiranja i reguliranje korištenja zemljišta, te služe kao temelj za donošenje odluka o prostornom uređenju. Prostorno-planska dokumentacija temelji se na općim odredbama prostornih planova Zakona o prostornom uređenju, koji uređuje ciljeve, načela i subjekte prostornog uređenja, praćenje stanja u prostoru i području prostornog uređenja, uvjete planiranja prostora, uređenje građevinskog zemljišta, prostorne planove uključujući njihovu izradu i postupak donošenja, donošenje strategije prostornog razvitka Republike Hrvatske, provedbu prostornih planova, uređenje građevinskog zemljišta, imovinske institute uređenja građevinskog zemljišta te nadzor.

Prostorno-plansku dokumentaciju Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj čine sljedeći dokumenti:

- Izmjene i dopune urbanističkog plana uređenja Studentskog kampusa Borongaj 2019.,
- Strategija Znanstveno-učilišnoga kampusa Borongaja 2023.

Cilj prostornog uređenja ZUK-a Borongaj je izgradnja i formiranje kompleksa javne i društvene namjene. Prateći sadržaji svih drugih namjena predviđeni su na prostoru kampusa uz građevine i prostore u funkciji znanosti i visokog obrazovanja, kako bi se osigurao racionalan, funkcionalan i održiv kampus [15].

Predviđeni prateći sadržaji su [15]:

- a. Studentski i starački domovi, hoteli i hosteli, stanovi i apartmani za sveučilišne radnike i gostujuće profesore i istraživače, kamp, itd.,
- b. Škola ranog učenja,
- c. Uredi i proizvodni dijelovi fakulteta i tehnološkog parka, centri, laboratoriji, razvojni pogoni,
- d. Uredi, trgovine, usluge, turistički ured,
- e. Otvoreni i zatvoreni sadržaji za sport i rekreaciju,

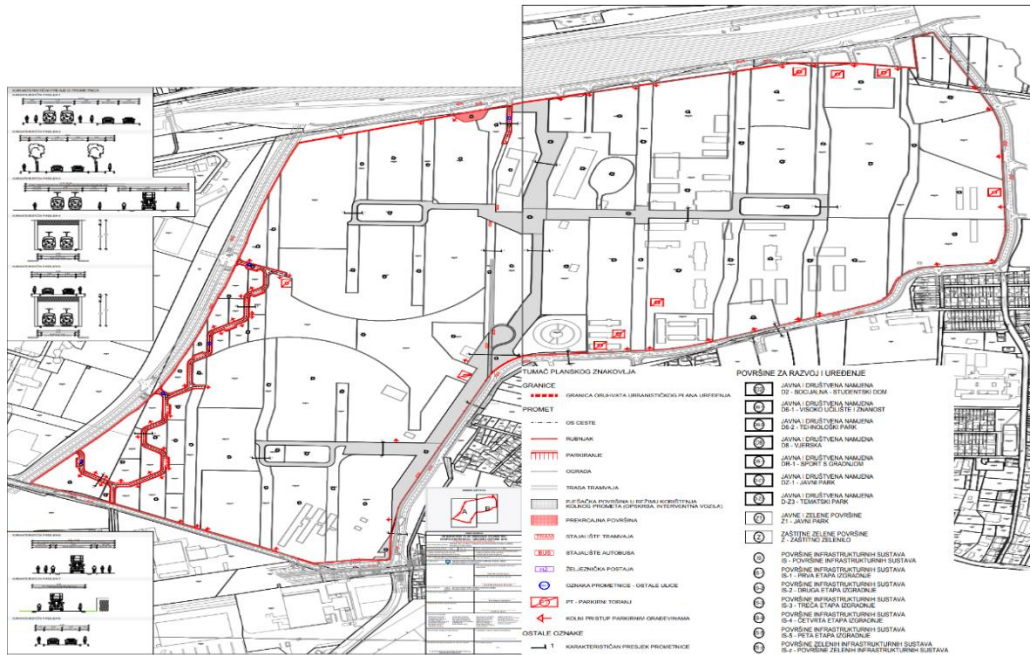
- f. Zelene površine; javni i gradski parkovi, šume, tematski parkovi, opće zelenilo,
- g. Infrastrukturne zgrade, vodovi i uređaji, tramvajska linija, željeznički koridor sa stajalištem i trgovačko-poslovno-uslužnim sadržajima, energana, pogoni za proizvodnju energije iz zemlje, zraka i sunca, garaže,
- h. Vode i vodna dobra; potoci, kanali, jezera, bazeni za tematsko bilje, površine i uređaji za pročišćavanje vode, površine za proizvodnju algi,
- i. Eksperimentalni pogoni za istraživanje, razvoj i inovacije.

Slika 5. prikazuje kartografski prikaz prostornog uređenja Znanstveno-učilišnog kampusa Borongaj, odnosno kartografsku podlogu na kojoj su označeni prostori prema namjeni. Površine namijenjene socijalnoj i vjerskoj svrsi, visokoškolskim ustanovama i znanosti, tehnološkom parku te javnom i tematskom parku označene su narančastom bojom. Javne površine, čija je namjena zaštita zelenila i izgradnja javnog parka, označene su zelenom bojom.



Slika 5. Namjena i korištenje površina ZUK-a Borongaj, [15]

Prometne površine i uvjeti gradnje određeni su i grafički prikazani na kartografskom prikazu. Slika 6. prikazuje prometnu i uličnu mrežu, odnosno predviđenu izgradnju prometnica, pozicije garažnih tornjeva, javna parkirališta, stajalište tramvaja i autobusa, željezničko stajalište, pješačke površine u režimu korištenje kolnog prometa te predviđenu tramvajsku trasu.

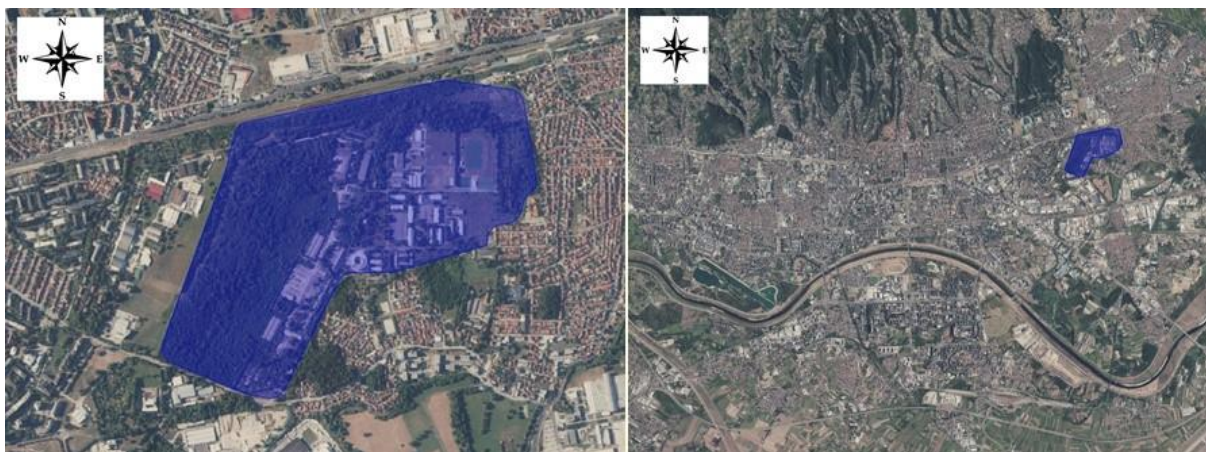


Slika 6. Predviđena prometna i ulična mreža, [15]

4.2.2 Prometna infrastruktura na području ZUK Borongaj

Prometna infrastruktura je površina javne ili privatne namjene na kojoj je osnovano pravo služnosti prometovanja različitih oblika prijevoza, a osigurava pristup od polazišne do odredišne lokacije.

Slika 7. prikazuje makrolokaciju i mikrolokaciju prostornog obuhvata ZUK Borongaj izrađenu u programskom alatu AutoCAD na DOF podlozi u mjerilu 1:20500. Na makroskopskoj razini ZUK Borongaj pozicioniran je u istočnom dijelu grada Zagreba, gradskoj četvrti Peščenica – Žitnjak. Područje obuhvata definirano je na zapadnom dijelu uzletištem Borongaj, na južnom dijelu Borongajskom cestom, na istočnom dijelu granicama naselja Donja Dubrava, a sjeverni dio zone obuhvata ZUK Borongaj čini kolosijek i Ulica Kneza Branimira.



Slika 7. Zona obuhvata ZUK Borongaj na mikroskopskoj i makroskopskoj razini

Mikroskopski prikaz zone obuhvata ZUK Borongaj pobliže prikazuje sadržaj i raspored objekata samog kampusa. ZUK Borongaj trenutno služi kao sjedište za tri fakulteta zagrebačkog Sveučilišta, Fakultet prometnih znanosti, Fakultet hrvatskih studija, Edukacijsko – rehabilitacijski fakultet, osim toga se nalaze zgrade koje pripadaju Ekonomskom fakultetu, a u tijeku je i rekonstrukcija objekata koji će služiti Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. Osim fakulteta, na ZUK Borongaj smješten je i istraživački institut BIOCentar, laboratorij Hrvatskog zavoda za toksikologiju, podatkovni centar HR – ZOO, Državni hidrometeorološki zavod i podatkovni centar Sveučilišnog računskog centra Sveučilišta u Zagrebu (SRCE). Zona obuhvata ZUK Borongaj na mikroskopskoj razini izrađena na DOF podlozi u programskom alatu AutoCAD u mjerilu 1:8 (Slika 7.).

4.2.2.1 Postojeća prometna infrastruktura

Prometna infrastruktura u zoni obuhvata ZUK namijenjena je isključivo cestovnom obliku prijevoza, osobnim automobilima i vozilima javnog gradskog prijevoza. Analizom postojećeg stanja prometne infrastrukture, izlaskom na teren i fotografiranjem prometnica utvrđeno je kako postojeća infrastruktura ne zadovoljava uvjete koje je propisao Zakon o sigurnosti prometa na cestama [16], Zakon o cestama [17], Pravilnik o prometnim znakovima opremi i signalizaciji na cestama [18], Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati s gledišta sigurnosti prometa [19], Pravilnik o održavanju javnih cesta [20],

smjernice za prometnu svjetlosnu signalizaciju, kao ni hrvatske norme koje moraju biti zadovoljene postavljanjem prometne vertikalne signalizacije.

Analiza prometne infrastrukture uključuje analizu namjene i vrste ceste, pripadajućih objekata poput mostova, nadvožnjaka, cestovnih raskrižja, parkirališnih površina te analizu prometne signalizacije i opreme. Analiza obuhvaća vizualnu procjenu postojećeg stanja i elemenata prometnica, uključujući kolnik, pješačke i biciklističke staze i krajobrazno uređenje duž prometnica te druge relevantne čimbenike značajne za analizu prometne infrastrukture i uređenja krajobraza i objekata.

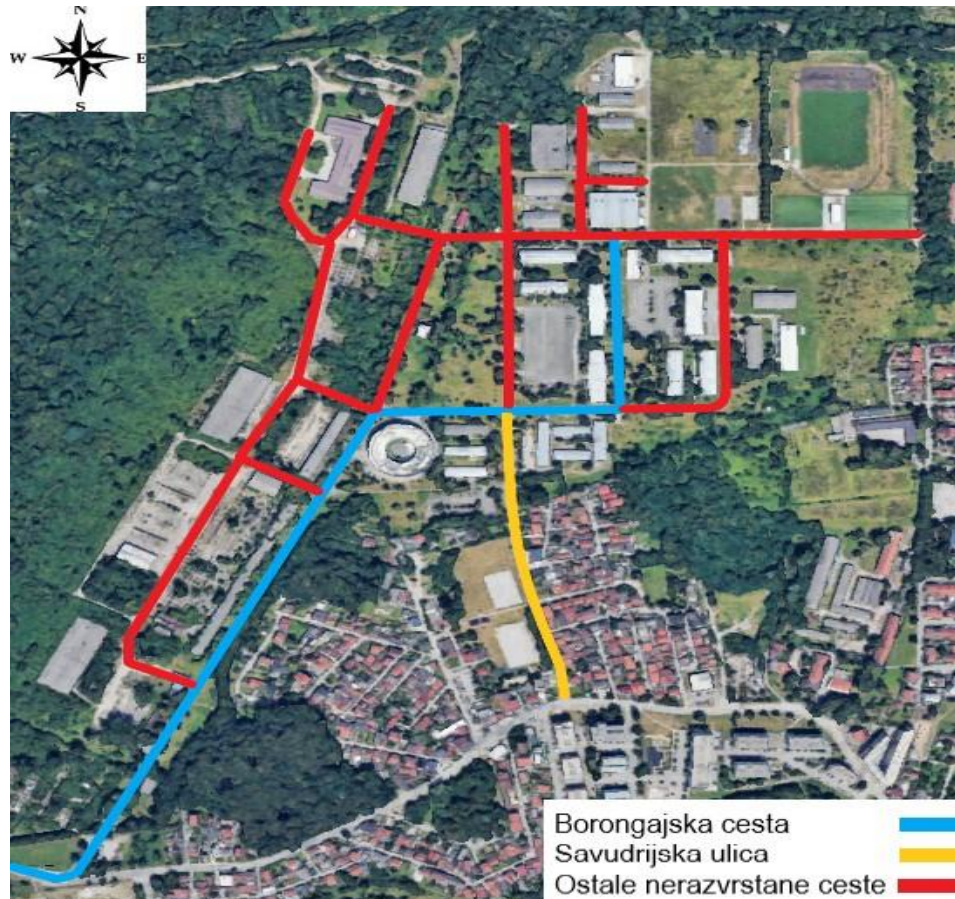
Postojeću prometnu infrastrukturu u zoni obuhvata čine:

- prometnice namijenjene za motorizirani promet, isključivo za cestovni oblik prijevoza koji obuhvaća osobni automobil i autobus,
- djelomično dovršena infrastruktura za nemotorizirani promet,
- autobusna stajališta,
- parkirališna mjesta za promet u mirovanju.

4.2.2.2 Uočeni nedostaci

Trenutno stanje prometne infrastrukture na ZUK Borongaj favorizira motorizirani promet, što znači kako je nemotorizirani promet u vidu pješačkog i biciklističkog prometa uskraćen nedostatkom odgovarajuće infrastrukture. Duž prometnica na području obuhvata vidljiv je nedostatak površina za sigurno odvijanje pješačkog i biciklističkog prometa. Prometom na području ZUK-a Borongaj se upravlja s pomoću horizontalne i vertikalne prometne signalizacije. Širina kolnika nerazvrstanih cesta na području ZUK-a Borongaj iznosi šest metara. Većina prometnica unutar ZUK-a Borongaj namijenjena je jednosmjernom odvijanju prometa, dok su značajnije ceste namijenjene za odvijanje prometa u oba smjera s po jednom prometnom trakom za svaki smjer. Horizontalna prometna signalizacija (oznake na kolniku) na prometnicama je dotrajala ili ne postoji stoga zahtijeva obnovu i dopunu. Vertikalna signalizacija (prometni znakovi) unutar područja ZUK Borongaj nije pravilno postavljena te je dotrajala i zahtijeva obnovu ili izmjenu sukladno Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama.

Do ZUK-a Borongaj je moguće doći putem Borongajske ceste i Savudrijske ulice koje čine jedina dva ulaza/izlaza za motorizirani promet, dok za nemotorizirani promet postoji nekolicina neadekvatno održavanih ulaza odnosno izlaza (Slika 8.). Uočeni nedostaci fotografirani su 13. svibnja 2024. godine, a prikazani su u nastavku.



Slika 8. Prometnice na području ZUK-a Borongaj

Četverokrako raskrižje Borongajske ceste, Savudrijske ulice i nerazvrstane ceste prikazano je na sljedećoj slici na kojoj je vidljivo kako ne postoji adekvatna prometna signalizacija za sigurno odvijanje prometa. Isto tako je vidljivo kako su postavljeni prometni znakovi obavijesti, oznake C02, koji označavaju pješački prijelaz, dok pješački prijelaz te površina za kretanje pješaka uz prometnicu ne postoji. Također je vidljivo kako zelene površine uz prometnice nisu adekvatno održavane, čime se smanjuje preglednost i sigurnost u samome raskrižju (Slika 9.).



Slika 9. Prikaz raskrižja Borongajske ceste, Savudrijske ulice i nerazvrstane ceste

Slika 10. prikazuje priključak (T raskrižje) nerazvrstanih cesta u blizini zgrada Fakulteta hrvatskih studija i Nogometnog kluba Devetka. Na slici je vidljiva nelogičnost postavljanja prometnih znakova, odnosno nagomilavanje istih bez smislenog vođenja prometa, kao i nedostatak horizontalne signalizacije. Na južnom privozu postavljena su tri prometna znaka na istom stupu, od kojih prva dva označavaju cestu s prednošću prolaska (glavni smjer je jug-zapad), dok treći označava pješački prijelaz koji ne postoji. Na zapadnom privozu postavljena su dva prometna znaka na jednom stupu, tj. znak obaveznog zaustavljanja (znak „STOP“) i znak obaveznog smjera kretanja u desno, a nakon navedenih znakova je postavljen znak zabrane prometa u jednom smjeru, odnosno iz smjera zapada ka jugu, što stvara zbunjenost vozača.



Slika 10. Prikaz neadekvatne postojeće prometne signalizacije na raskrižju nerazvrstanih cesta

Slika 11. prikazuje postojeće krajobrazno uređenje i neodržavanje postojećih površina za kretanje pješaka na području ZUK-a Borongaj, pored kojih su postavljene i klupe koje služe za druženje studenata, zaposlenika i drugih korisnika. Vidljivo je kako te klupe nisu u funkciji i da ih je nemoguće koristiti. Važno je napomenuti kako je ZUK Borongaj prvenstveno mjesto za studiranje, druženje i opuštanje studenata, što trenutnim stanjem okoliša, uređenja i nepravilnim održavanjem samog kampusa nije omogućeno.



Slika 11. Prikaz krajobraznog uređenja i površine za kretanje pješaka na području ZUK Borongaj

Slika 12. prikazuje napuštene objekte, odnosno zgrade koje se nalaze na području ZUK-a Borongaj. Ovakvi objekti smanjuju sigurnost korisnika ZUK-a Borongaj zbog mogućeg urušavanja istih. Vidljivo je i nepravilno održavanje objekata, uključujući vegetaciju oko zgrada, što povećava mogućnost stvaranja privlačnog staništa raznih životinja. Obnovom ili rekonstrukcijom navedenih objekata moguće je stvoriti nove edukacijske, društvene ili uslužne objekte poput laboratorija, knjižnica, trgovina i slično, što bi pridonijelo povećanju studentskog standarda na području ZUK-a Borongaj (Slika 12).



Slika 12. Prikaz napuštenih i neodržavanih objekata ZUK-a Borongaj

Javni gradski prijevoz na području obuhvata ZUK-a Borongaj obavlja poduzeće Zagrebačkog električnog tramvaja (ZET) jednom autobusnom linijom 236, čija je ruta prikazana u poglavlju 4.2.4. (Slika 23.). U sklopu ZUK-a Borongaj smještene su dva autobusna stajališta za spomenutu liniju, dok je izvan područja ZUK-a Borongaj smješteno još šest autobusnih stajališta koje korisnici ZUK-a Borongaj koriste svakodnevno pri putovanju javnim gradskim prijevozom od svog izvorišta putovanja do ZUK-a Borongaj.

Slika 13. prikazuje postojeća autobusna stajališta, od kojih se prvo nalazi na Borongajskoj cesti, u blizini zgrade Edukacijsko–rehabilitacijskog fakulteta, dok se drugo stajalište nalazi nasuprot zgrade Fakulteta prometnih znanosti (objekt 69) i u neposrednoj je blizini studentskog restorana Borongaj.



Slika 13. Prikaz postojećih autobusnih stajališta na području ZUK-a Borongaj

Na području ZUK-a Borongaj ne postoji odgovarajuća infrastruktura namijenjena nemotoriziranom prometu, iako je frekventnost istog na području obuhvata izrazito velika. Najveća problematika nemotoriziranog prometa na ZUK-u Borongaj predstavlja neuređeni i opasan put prema željezničkom stajalištu „Trnava“, kojeg svakodnevno koristi velik broj studenata, zaposlenika i posjetitelja ZUK-a Borongaj.

Slika 14. prikazuje trenutno stanje infrastrukture za nemotorizirani promet na relaciji ZUK Borongaj – stajalište „Trnava“ koja se koristi na vlastitu odgovornost, što je naznačeno znakom. Cijeli put na navedenoj relaciji je nepravilno održavan i neprilagođen kretanju pješaka.



Slika 14. Prikaz postojećeg stanja prilaza željezničkim stajalištima te ostalim objektima na području ZUK Borongaj

Osim nedostatka prometne infrastrukture za sigurno kretanje nemotoriziranog prometa, analiza postojećeg stanja pokazala je nedostatke osnovnih uvjeta za osiguranje sigurnosti svih sudionika u prometu. Slika 15. prikazuje prometnice i raskrižja koja nisu obilježena horizontalnom signalizacijom u vidu pješačkih prijelaza i odgovarajućih oznaka na kolniku ili su iste u potpunosti dotrajale i zahtijevaju obnovu. Premda postoje prometni znakovi koji obilježavaju pješački prijelaz, na prikazanim prometnicama nedostaju površine za sigurno kretanje pješaka.



Slika 15. Prikaz postojeće prometne signalizacije za nemotorizirani promet na području ZUK-a Borongaj

Na području ZUK-a Borongaj nalaze se dvije parkirališne površine za promet u mirovanju s ukupnim kapacitetom od preko 400 parkirališnih mjesta (Slika 16.). Prva parkirališna površina se nalazi ispred objekta 70 i objekta 71 koji pripadaju Fakultetu prometnih znanosti, te zgrade Edukacijsko-rehabilitacijskog fakulteta, dok se druga parkirališna površina nalazi između zgrada Fakulteta prometnih znanosti i Fakulteta hrvatskih studija. Osim toga, u blizini ostalih funkcionalnih zgrada nalaze se po nekoliko parkirnih mjesta. Analizom postojećeg stanja površina za promet u mirovanju ustanovljeno je da iste nisu izrađene prema zakonima i pravilnicima, te da nedostaje ispravna horizontalna signalizacija u vidu oznaka na kolniku, zaustavnih i razdjelnih crta, označenih parkirnih mjesta za osobe s invaliditetom, oznaka za vođenje i usmjeravanje prometnog toka, kao i prisutnost neispravno postavljenih stupića. Sve navedeno znatno utječe na sigurnost prometa u mirovanju na ZUK-u Borongaj.



Slika 16. Prikaz postojećih parkirališnih površina na području ZUK-a Borongaj

4.2.3 Potražnja motoriziranog i nemotoriziranog prometa na području ZUK Borongaj

Glavni i neizostavni podatak u prometnom planiranju i izradi prometnih idejnih rješenja su podaci o brojanju prometa. Podaci dobiveni brojanjem prometa, neovisno o načinu brojanja, predstavljaju realno stanje prometnog sustava na nekom području obuhvata. Brojanjem prometnih tokova nemotoriziranog i motoriziranog prometa dobivaju se podaci o prometnom opterećenju, klasifikaciji prometnog toka (motorizirani promet: osobni automobili, laka teretna vozila, teška teretna vozila, motocikli, autobusi, tramvaji; nemotorizirani promet: biciklisti i pješaci), raspodjeli prometnih tokova i vrijednostima prometnih parametara tijekom vršnog opterećenja u određenom vremenskom intervalu u vidu vremena kašnjenja, duljine repa čekanja i slično. Na temelju prikupljenih podataka o prometnom sustavu te povijesnih podataka o prijevoznoj potražnji moguće je odrediti budući trend prijevoznih potreba s ciljem poboljšanja prometnog sustava u budućnosti.

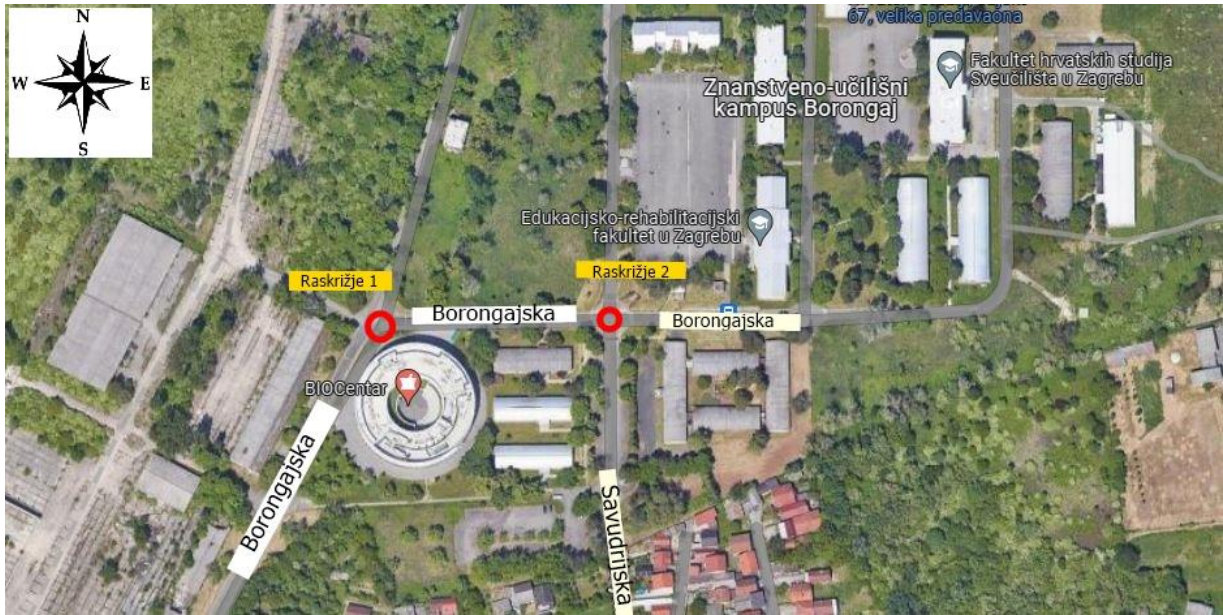
Metoda ručnog brojanja prometa, koja je korištena u radu za uvid u prometnu potražnju motoriziranih i nemotoriziranih prometnih tokova ZUK-a Borongaj, predstavlja najstariju i tehnološki najjednostavniju metodu brojanja prometa. Ručno brojanje prometa često se provodi radi prikupljanja podataka o strukturi prometnog toka, uključujući udio lijevih i desnih skretača na raskrižjima te opterećenje prometa na različitim dijelovima ceste tijekom vršnih sati. Ručno brojanje može se provesti na tri načina, ovisno o vrsti opreme za brojanje prometa: koristeći brojački obrazac, ručni sat ili štopericu [21].

Analiza postojećeg stanja prometne potražnje izvršena je na temelju brojanja prometa. Brojanje prometa provedeno je ručnom metodom 15. svibnja 2024., u referentnom danu, u vremenskom intervalu između 07:00 i 12:00 sati te u poslijepodnevnom terminu od 15:00 do 17:00 sati.

Kako bi se dobili jedinstveni podaci o prometnom opterećenju različitih kategorija vozila, provedeno je preoblikovanje nehomogenog toka u uvjetno homogeni tok. Preoblikovanje je izvedeno uz pomoć određenih jedinica koje se koriste za množenje pojedinih vrsta vozila prisutnih u toku. Vrijednost jedinica ovisi o vrsti vozila, dužini vozila, vozno-dinamičkim karakteristikama i sličnim parametrima. Vrijednosti ekvivalenata koje se koriste za transformaciju pojedinih vrsta vozila u ekvivalente osobnih vozila su ekvivalenti jedinice automobila – EJA. Vrijednosti EJA prema vrsti vozila su sljedeće: osobni automobil (1), teretna vozila i autobus (2), motocikl (0,7), bicikl (0,3).

Određene lokacije za brojanje prometa su raskrižja sljedećih ulica prikazanih slikom u nastavku (Slika 17.):

- a. Raskrižje 1: Borongajska cesta – nerazvrstana ulica,
- b. Raskrižje 2: Borongajska cesta – Savudrijska ulica – nerazvrstana ulica.



Slika 17. Lokacije brojanja prometne potražnje

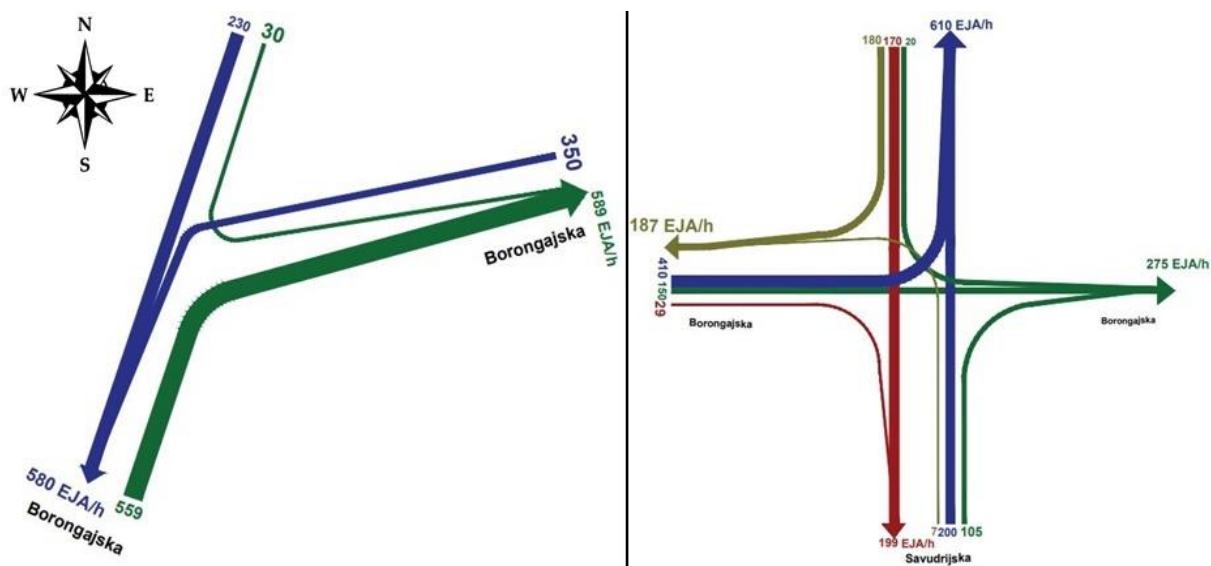
Brojanje prometnih tokova na spomenutim lokacijama obavljeno je prema izrađenim obrascima u tiskanom obliku za ručno brojanje prometa. Određen je vremenski interval brojanja prometa od 15 minuta u jednom satu kako bi se točnije odredila vremenska neravnomjernost u toku u jedinicama manjem od jednog sata. Slikom u nastavku prikazan je tiskani obrazac za brojanje prometa na raskrižjima (Slika 18.).

Križanje / privoz Smjer	Lijevo							Ravno							Desno							
	OA	LTV	TTV	BUS	MO TO	PJ	BIC	OA	LTV	TTV	BUS	MO TO	PJ	BIC	OA	LTV	TTV	BUS	MO TO	PJ	BIC	
Sat 15'-int																						
Ukupno /kat																						
Ukupno /sve																						

Slika 18. Obrazac za ručno brojanje prometnih tokova

Brojanjem prometnih tokova određen je vršni sat u vremenskom intervalu od 11:00 do 12:00 sati, te su prema tim podacima izrađena prometna opterećenja prvog i drugog raskrižja u programskom alatu AutoCAD u EJA jedinicama.

U intervalu od 11:00 do 12:00 sati, prvo raskrižje (Borongajska cesta – nerazvrstana ulica) prometno je opterećeno u vrijednosti od 1.169 EJA/h (Slika 19.). Najveće opterećenje je na južnom privozu ka istoku, odnosno u smjeru kretanja prema ZUK Borongaj, s opterećenjem od 559 EJA/h.



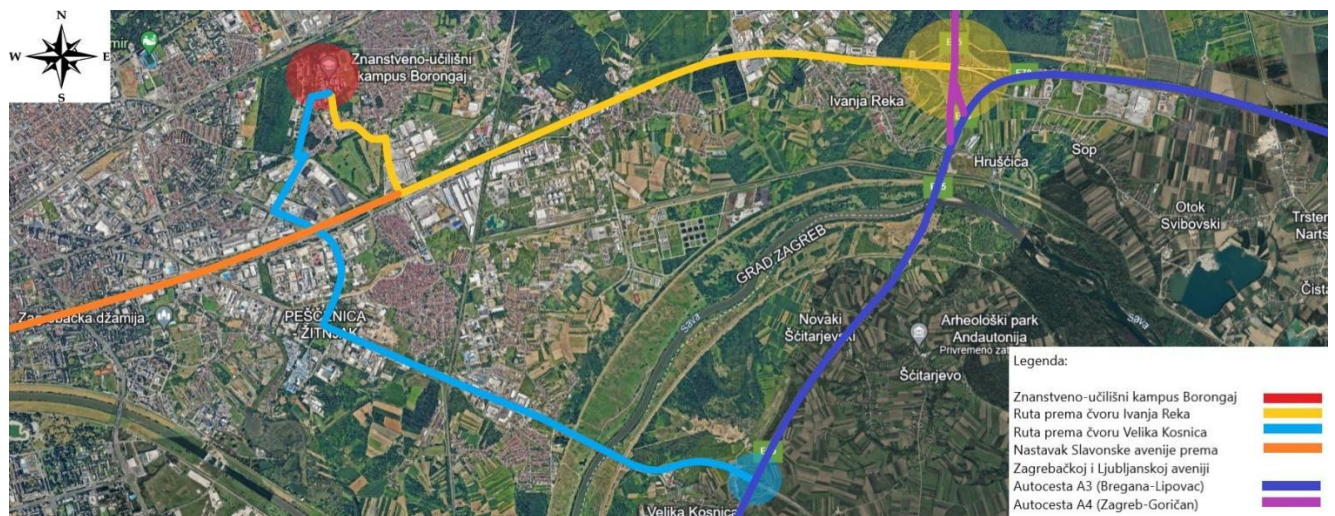
Slika 19. Prometno opterećenje raskrižja u vremenskom intervalu od 11:00 do 12:00 sati

U intervalu od 11:00 do 12:00 sati, drugo raskrižje (Borongajska cesta – Savudrijska ulica – nerazvrstana ulica), koje je četverokrako i nesemaforizirano raskrižje, ima ukupno prometno opterećenje od 1.271 EJA/h. Najveće prometno opterećenje je u smjeru zapada ka sjeveru, odnosno u smjeru Borongajske ceste prema nerazvrstanoj cesti koja vodi do parkirališta (kod zgrada FPZ-a i ERF-a) s opterećenjem od 410 EJA/h.

4.2.4 Prometna povezanost ZUK Borongaj s ostalim dijelovima grada Zagreba i okolice

Prometna povezanost ZUK-a Borongaj s ostalim dijelovima grada Zagreba i okolice ključna je za omogućavanje pristupa studentima, zaposlenicima i posjetiteljima. Smješten na istočnom dijelu grada Zagreba, u gradskoj četvrti Peščenica – Žitnjak, ZUK Borongaj postaje sve značajniji centar obrazovanja, istraživanja i inovacija.

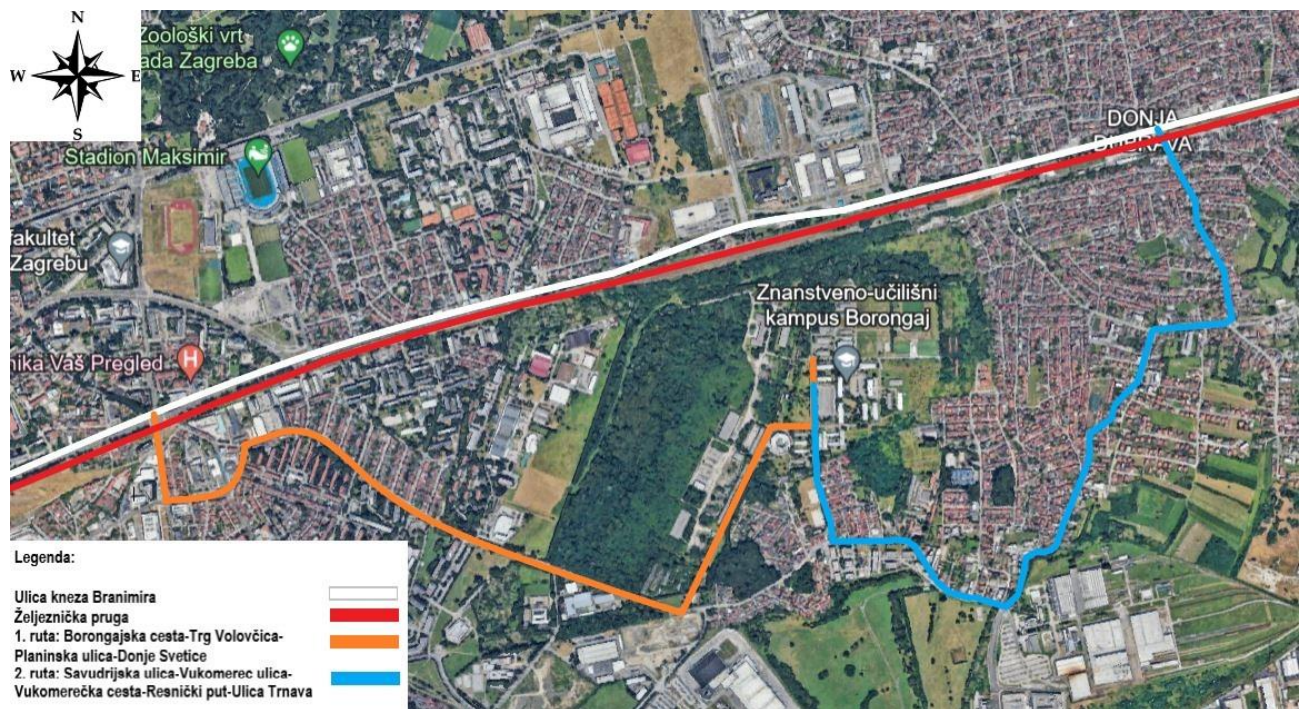
ZUK Borongaj ima izvrsnu prometnu povezanost za osobne automobile unutar šireg područja. Putem Borongajske ceste, Planinske ulice, Ulice Vjekoslava Heinzela, Radničke ceste i Domovinskog mosta, za kratko vrijeme je moguće doći do čvora Velika Kosnica, omogućujući pristup Zračnoj luci Franjo Tuđman i Pleso, Velikoj Gorici, Buzinu i Ivanjoj Reci. Kroz Savudrijsku ulicu, Vukomerec ulicu i Ulicu Siniše Glavaševića, ZUK Borongaj povezan je sa Slavonskom avenijom, Zagrebačkom avenijom i Ljubljanskom avenijom. U smjeru istoka, putem Slavonske avenije, povezan je s ostatkom naselja grada Zagreba, te s autocestama A3 (Bregana - Lipovac) i A4 (Zagreb - Goričan) na čvoru Ivanja Reka, a time i s ostatkom gradova Zagrebačke županije i šire (Slika 20.).



Slika 20. Prometna povezanost ZUK Borongaj na širem području obuhvata

Na sjevernoj strani ZUK-a Borongaj nalazi se jedna od prometnijih ulica grada Zagreba, Ulica kneza Branimira. Do Ulice kneza Branimira moguće je doći osobnim automobilom putem Vukomerec ulice, Vukomerečke ceste, Resničkog puta i Ulice Trnava preko cestovno-željezničkog prijelaza, ili alternativno, Borongajskom cestom preko Trga Volovčica i Planinske ulice do Donjih Svetica gdje postoji željeznički nadvožnjak bez cestovno-željezničkog prijelaza. Ulica kneza Branimira povezuje

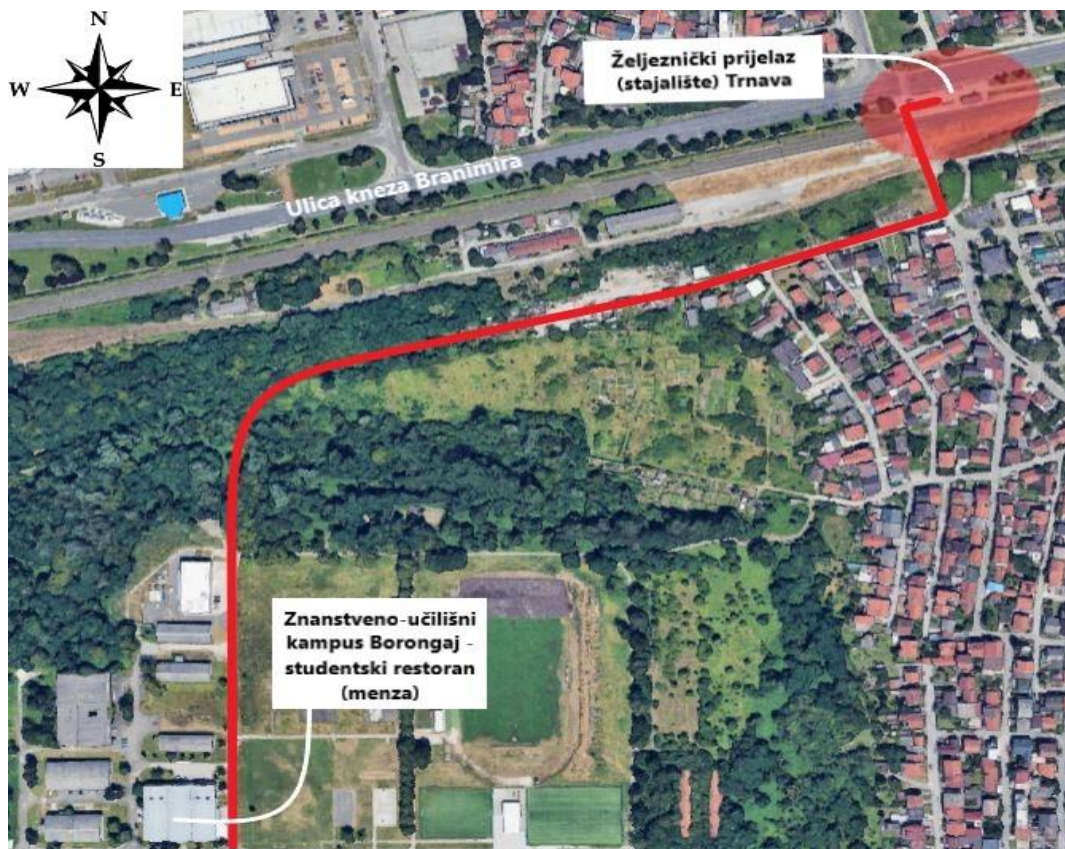
istočni i zapadni dio grada Zagreba, protežući se od raskrižja Ulica kneza Branimira – Zagrebačka cesta – Dubrava do raskrižja Ulica kneza Branimira – Ulica Grgura Ninskog – Trg Kralja Tomislava (Slika 21.).



Slika 21. Prometna povezanost ZUK Borongaj s Ulicom kneza Branimira

Javni gradski prijevoz u gravitacijskom području ZUK-a Borongaj obuhvaća sustave željezničkog, autobusnog i tramvajskog prijevoza.

Sa sjeverne strane, ZUK Borongaj je omeđen željezničkom prugom koja omogućava povezivanje ZUK-a Borongaj s ostatkom grada preko željezničkih stajališta Trnava i Maksimir. Do željezničke stanice Trnava moguće je doći pješačkom stazom, koja je djelomično uređena na inicijativu studenata ZUK-a Borongaj (Slika 22.). Međutim, pješačka staza do stajališta Maksimir na zapadnoj strani nije uređena niti održavana.

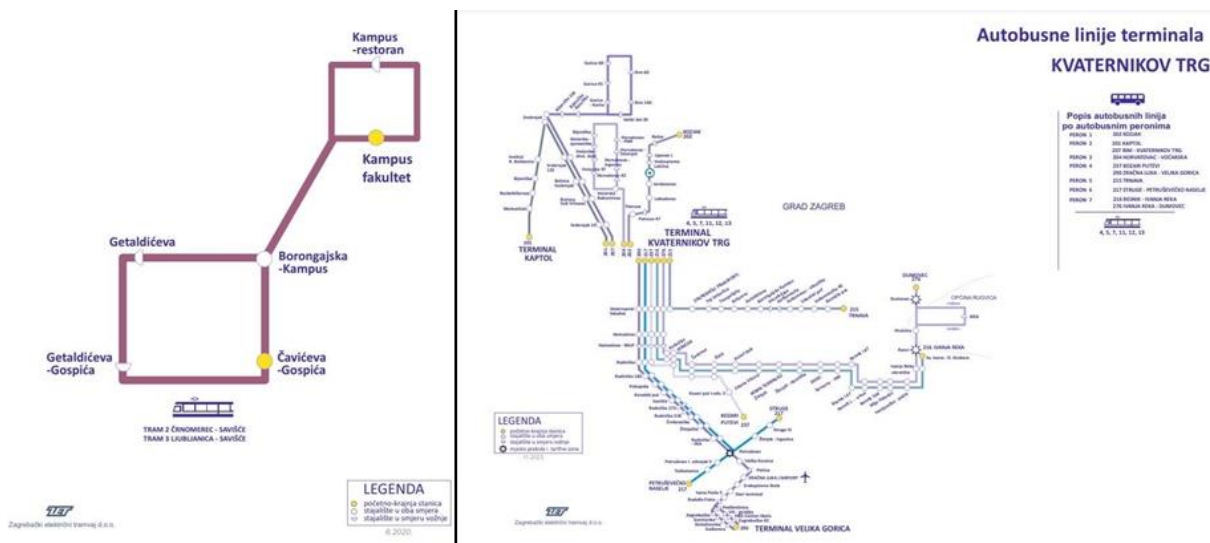


Slika 22. Pješačka staza do željezničkog stajališta Trnava

Na području obuhvata ZUK-a Borongaj, autobusni prijevoz je omogućen putem dviju autobusnih linija:

- a. linija 215 – Kvaternikov trg - Trnava,
- b. linija 236 – ZUK Borongaj - Čavićeva.

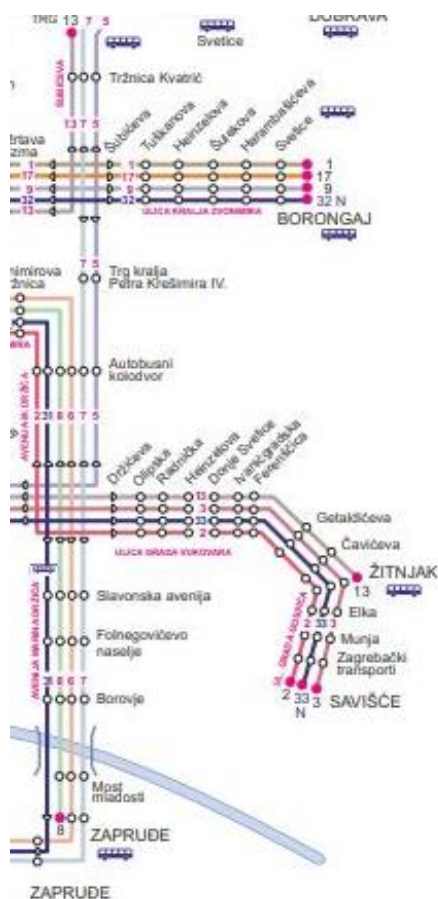
Linija 236 je jedina direktna linija koja povezuje ZUK Borongaj s tramvajskim prometom. Početno stajalište je Čavićeva, dok je završno stajalište u Ulici Grada Gospića. Nasuprot tome, linija 215 izravno povezuje ZUK Borongaj i Borongajsku cestu preko stajališta Getaldićeva, Borongajska Kampus i Savudrijska (Slika 23.)



Slika 23. Trasa autobusne linije 236 – Kampus-Čavićeva/Gospića, [22]

Uz navedene autobusne linije, postoji kombinacija s drugim autobusnim linijama kojima je polazišna točka okretište Borongaj. To su linije 231 (Borongaj - Dubec), 235 (Dubrava – Trnava - Kozari Bok) i 269 (Borongaj - Sesevski Kraljevec). Svim navedenim linijama, stajališta su u neposrednoj blizini željezničkog stajališta Trnava.

Tramvajski promet nije izravno povezan već je povezan autobusnim linijama koje prometuju unutar područja ZUK-a Borongaj. Time je osigurano povezivanje udaljenijih dijelova grada Zagreba. Stajališta tramvajskih linija koja su povezana s ZUK-om Borongaj uključuju Čavićevu ulicu, Ulicu Grada Gospića, Getaldićevu ulicu i Kvaternikov trg. Stajališta tramvajskih linija povezana su linijama 2, 3, 5 i 13. Tramvajska linija 2 prometuje na relaciji Črnomerec - Savišće, linija 3 na relaciji Ljubljanska - Savišće, linija 5 na relaciji Prečko - Žitnjak, a linija 13 na relaciji Žitnjak - Kvaternikov trg (Slika 24.).



TRAMVAJSKE LINIJE TRAM ROUTES

Dnevne linije / daily routes

- 1 ZAPADNI KOLODVOR - BORONGAJ
(ne prometuje ljeti / does not operate in the summer)
- 2 ČRNOMEREC - SAVIŠĆE
- 3 LJUBLJANICA - SAVIŠĆE
- 4 SAVSKI MOST - DUBEC
- 5 PREČKO - PARK MAKSIMIR
- 6 ČRNOMEREC - SOPOT
- 7 ARENA ZAGREB - DUBRAVA
- 8 MIHALJEVAC - ZAPRUĐE
- 9 LJUBLJANICA - BORONGAJ
- 11 ČRNOMEREC - DUBEC
- 12 LJUBLJANICA - DUBRAVA
- 13 ŽITNJAK - KVATERNIKOV TRG
- 14 MIHALJEVAC - SAVSKI MOST
- 15 MIHALJEVAC - GRAČANSKO DOLJE
- 17 PREČKO - BORONGAJ

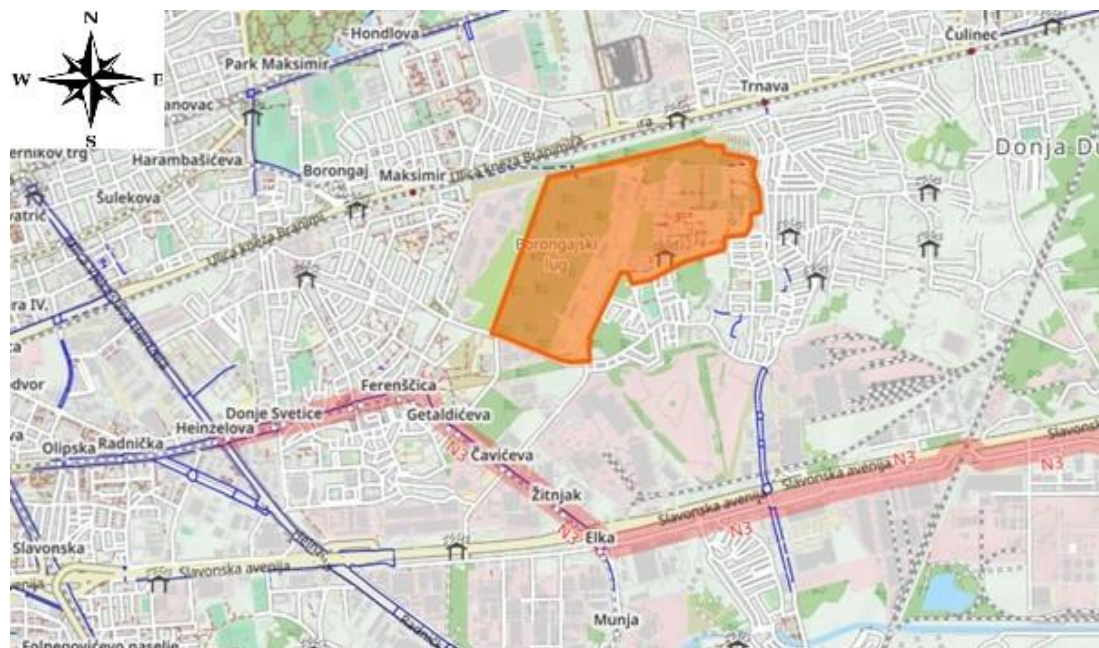
Noćne linije/night routes

- N 31 ČRNOMEREC - SAVSKI MOST
- N 32 PREČKO - BORONGAJ
- N 33 MIHALJEVAC - SAVIŠĆE
- N 34 LJUBLJANICA - DUBEC

- Početno - krajnje stajalište
- Stajalište u oba smjera
- ◐ Stajalište u smjeru vožnje
- Noćne linije / night routes
- Autobusni terminal / BUS terminal
- Uspinjača / Funicular
- - - Supstitucija tram. linija 7 i 14 autobusnom linijom 607 SAVSKI MOST - SOPOT
- Žičara / Cable Car

Slika 24. Tramvajske linije povezane ZUK-om Borongaj, [22]

ZUK Borongaj trenutno nema adekvatno izgrađenu biciklističku i pješačku infrastrukturu. Međutim, biciklisti i pješaci mogu koristiti i ovakav oblik prometovanja do ZUK-a Borongaj, uz posebnu pozornost i oprez zbog nedostatka navedene infrastrukture. Na kartografskoj podlozi (Slika 25.), plavom bojom su označene biciklističke staze na širem području obuhvata ZUK-a Borongaj.



Slika 25. Biciklističke staze na širem području obuhvata ZUK-a Borongaj, [23]

4.3 Rekapitulacija postojećeg stanja na području ZUK-a Borongaj

Na temelju analize postojećeg stanja ZUK Borongaj utvrđeni su glavni nedostaci na koje je stavljen fokus prilikom izrade prijedloga rješenja:

- Nedostatak sadržaja i objekata u zoni obuhvata ZUK-a Borongaj, primjerice knjižnica, restorani, sportski tereni i dvorane, Info centar ZUK Borongaj, testni centar za promet, objekti za druženje, opuštanje i dijeljenje znanja korisnika ZUK-a Borongaj,
- Prometna infrastruktura neprilagođena za sigurno kretanje motoriziranog i nemotoriziranog prometa, biciklističke i pješačke staze, horizontalna i vertikalna signalizacija, parkirne površine za promet u mirovanju,
- Krajobrazno uređenje u zoni obuhvata ZUK-a Borongaj, održavanje i uređenje raslinja, pametne klupe, učionice u prirodi, solarni paneli i neiskorištenost zelenih površina.

5. REZULTATI

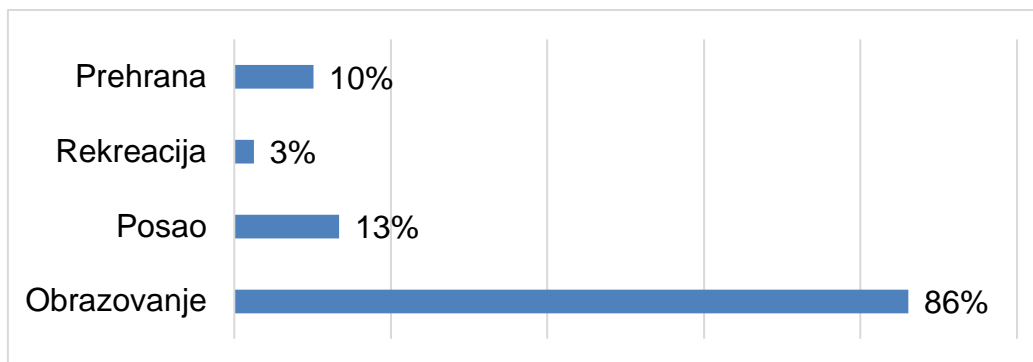
Rezultati provedenih istraživanja na ZUK-u Borongaj temelje se na rezultatima provedene ankete zadovoljstva korisnika, kojom je dobiven uvid u trenutno stanje i potrebe korisnika ZUK-a Borongaj. Podaci dobiveni iz ankete korišteni su za izradu predloženih rješenja i simulacije istih. Na posljetku je provedena sveobuhvatna analiza kojom je ocijenjena isplativost i opravdanost predloženih rješenja.

5.1 Rezultati provedene ankete zadovoljstva korisnika ZUK Borongaj

Istraživanje zadovoljstva korisnika ZUK Borongaj provedeno je s ciljem utvrđivanja zadovoljstva trenutnim stanjem prometnog sustava i sadržaja pratećih objekata. Metodologija istraživanja je temeljena na primjeni metode anketiranja putem strukturiranog upitnika sa zatvorenim i otvorenim tipom pitanja. Cilj anketnog istraživanja bio je prikupljanje povratnih informacija korisnika o njihovom zadovoljstvu prometnoj povezanosti ZUK Borongaj s ostalim područjima, popratnim objektima, postojećom prometnom infrastrukturom kampusa, krajobraznog uređenja i sličnim aspektima.

U anketnom istraživanju sudjelovalo je ukupno 447 korisnika ZUK-a Borongaj. Od toga je 57 % ženskog spola, 42 % muškog spola, dok 1 % korisnika nije izrazilo spolno opredjeljenje. Prema dobnoj strukturi sudionika, utvrđeno je da je 1 % ispitanika bilo mlađe od 18 godina, 89 % u dobi od 18 do 29 godina, 9 % u dobi od 30 do 54 godine te 1 % u dobi od 55 do 65 godina.

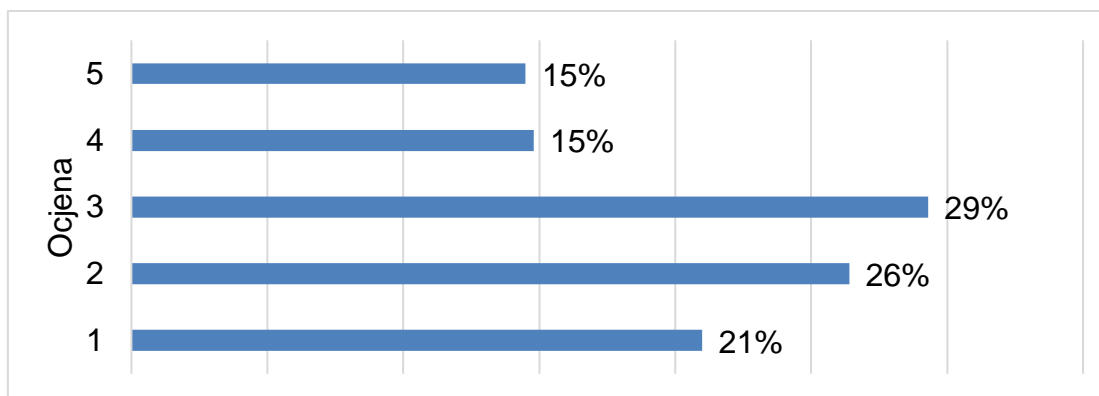
Obzirom na svrhu putovanja do ZUK-a Borongaj, 86 % korisnika putuje radi obrazovanja, 13 % zbog posla, 2 % radi rekreacije, a radi prehrane i ostale aktivnosti 10 % korisnika (Grafikon 1.). Bitno napomenuti kako je 65 % ispitanika koristilo autobus kao glavno sredstvo prijevoza do ZUK-a Borongaj, 49 % tramvaj, dok je 33 % ispitanika koristilo osobni automobil. Ostali oblici prijevoza poput vlaka, bicikla, romobila, motocikla i slično su bili manje zastupljeni.



Grafikon 1. Anketni uzorak - svrha putovanja na ZUK Borongaj

Čimbenici koji su vezani uz prometnu povezanost i uslugu javnog gradskog prijevoza kao što su udobnost, povezanost, sigurnost, redovitost, cijena i vrijeme putovanja, koji su pokazatelji zadovoljstva korisnika ZUK-a Borongaj, ocijenjeni su u rasponu ocjena od jedan do pet, gdje ocjena jedan predstavlja nezadovoljstvo korisnika, a ocjena pet predstavlja potpuno zadovoljstvo korisnika.

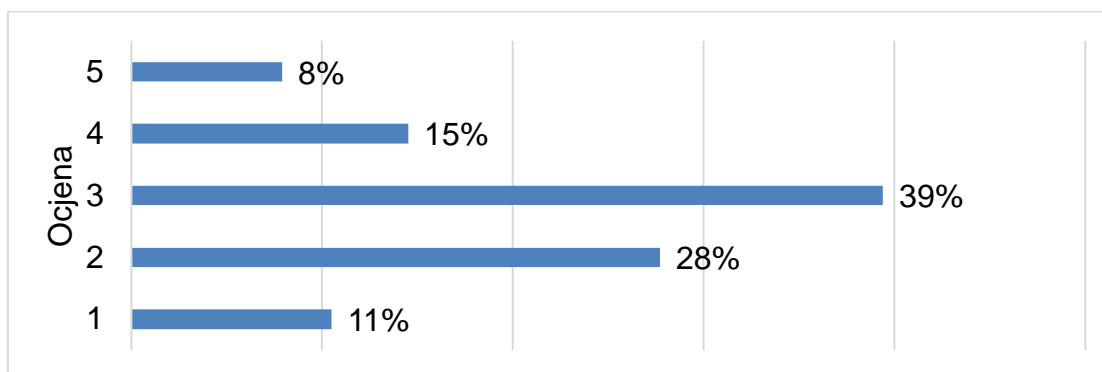
Grafikon 2. prikazuje zadovoljstvo korisnika s obzirom na prometnu povezanost od izvorišta putovanja korisnika do ZUK-a Borongaj. Najveći broj ispitanika, odnosno 29 % ispitanika, ocijenilo je povezanost ocjenom tri, što podrazumijeva neutralno stanje između zadovoljstva i nezadovoljstva, dok 21 % ispitanika nije zadovoljno, a 14 % ispitanika je zadovoljno prometnom povezanošću ZUK-a Borongaj.



Grafikon 2. Anketni uzorak - prometna povezanost ZUK-a Borongaj

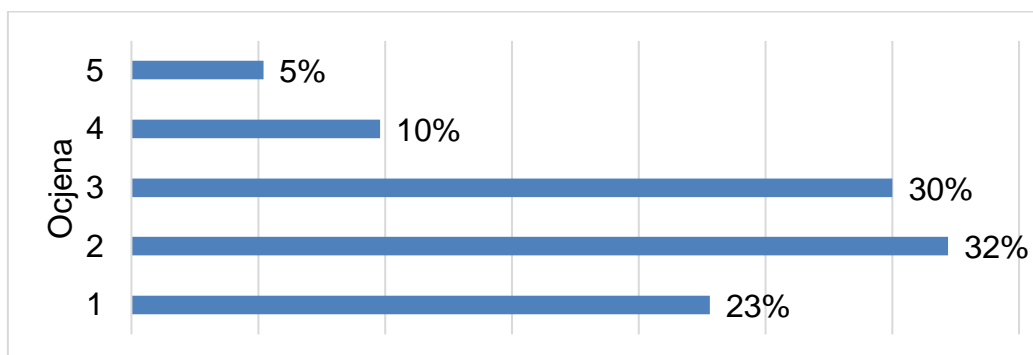
Grafikon 3. prikazuje rezultate zadovoljstva korisnika javnog gradskog prijevoza na području ZUK-a Borongaj s obzirom na udobnost. Ukupno 39 % ispitanika, ocijenilo je udobnost JGP-a ocjenom tri, što podrazumijeva neutralno stanje između zadovoljstva

i nezadovoljstva. Nezadovoljstvo je izrazilo 11 % ispitanika, dok je 8 % ispitanika zadovoljno udobnošću JGP-a na području ZUK-a Borongaj.



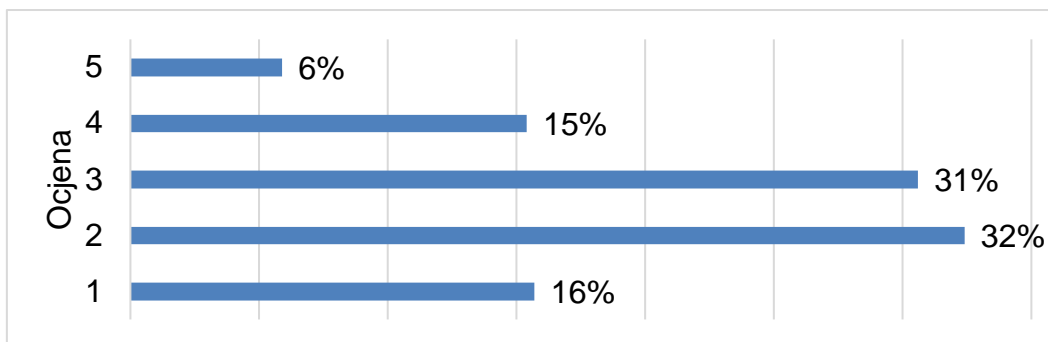
Grafikon 3. Rezultati zadovoljstva korisnika JGP-a na ZUK-u Borongaj s obzirom na udobnost

Grafikon 4. prikazuje rezultate zadovoljstva korisnika javnog gradskog prijevoza na području ZUK-a Borongaj s obzirom na povezanost. Najveći broj ispitanika, 32 %, ocijenilo je povezanost JGP-a ocjenom dva. Potpuno nezadovoljstvo iskazalo je 23 % ispitanika, dok je 5 % ispitanika zadovoljno s povezanošću JGP-a sa ZUK-om Borongaj.



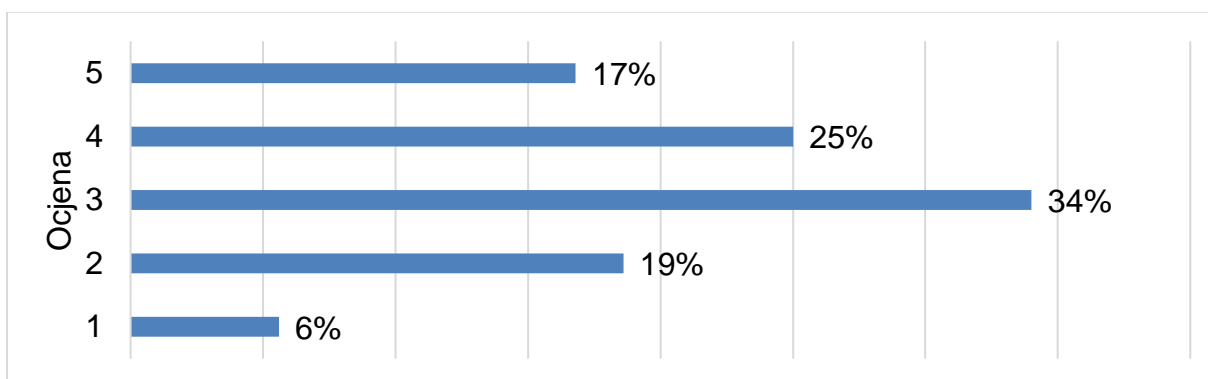
Grafikon 4. Rezultati zadovoljstva korisnika JGP-a na ZUK-u Borongaj s obzirom na povezanost

Grafikon 5. prikazuje rezultate zadovoljstva korisnika javnog gradskog prijevoza na području ZUK-a Borongaj s obzirom na redovitost. Najveći broj ispitanika, 32 %, ocijenilo je redovitost JGP-a ocjenom dva. Nezadovoljstvo je izrazilo 15 % ispitanika, dok je 6 % ispitanika je zadovoljno redovitošću JGP-a na ZUK-u Borongaj.



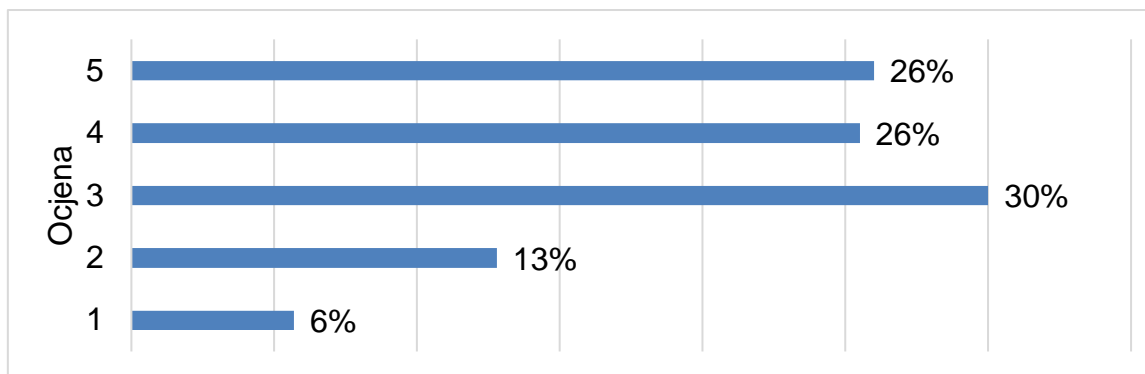
Grafikon 5. Rezultati zadovoljstva korisnika JGP-a na ZUK-u Borongaj s obzirom na redovitost

Grafikon 6. su prikazani rezultati anketiranja zadovoljstva korisnika javnog gradskog prijevoza na području ZUK-a Borongaj u pogledu sigurnosti. 34 % ispitanika je sigurnost JGP-a ocijenilo ocjenom tri, dok je 6 % ispitanika izrazilo nezadovoljstvo, a 17 % ispitanika je u potpunosti zadovoljno sigurnošću JGP-a.



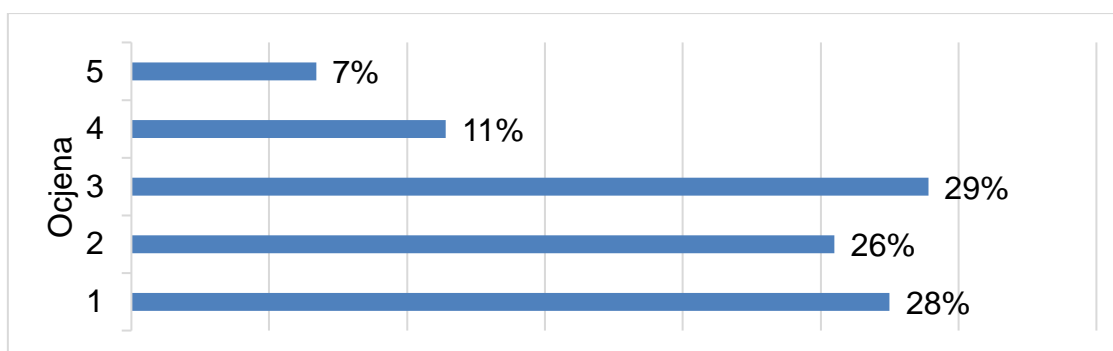
Grafikon 6. Rezultati zadovoljstva korisnika JGP-a na ZUK-u Borongaj s obzirom na sigurnost

Grafikon 7. prikazuje zadovoljstvo korisnika javnog gradskog prijevoza na području ZUK Borongaj s obzirom na cijenu usluga. Najveći broj ispitanika (30 %) ocijenilo je cijenu usluga ocjenom tri. 5 % ispitanika nije u potpunosti zadovoljno cijenom usluga, dok je 26 % u potpunosti zadovoljno.



Grafikon 7. Rezultati zadovoljstva korisnika JGP-a na ZUK-u Borongaj s obzirom na cijenu usluga

Grafikon 8. je prikazano zadovoljstvo korisnika javnog gradskog prijevoza na području ZUK Borongaj u vezi vremena putovanja. Potpuno nezadovoljstvo u vidu vremena putovanja se očituje kod 28 % ispitanika, a potpuno zadovoljstvo u 7 % ispitanika. Najveći broj ispitanika, 29 %, je vrijeme putovanja JGP-a ocijenilo ocjenom tri.



Grafikon 8. Rezultati zadovoljstva korisnika JGP-a na ZUK-u Borongaj s obzirom na vrijeme putovanja

Za daljnji razvoj ZUK-a Borongaj, s ciljem postizanja suvremenosti i održivosti, korisnici su putem otvorenog pitanja kao dio ankete iznijeli nekoliko bitnih prijedloga koji bi mogli oblikovati budući razvoj ZUK-a Borongaj. Prijedlozi korisnika uključuju potrebu za uvođenjem dodatnih prostoriya za učenje i druženje, kao što su knjižnice, prostori za opuštanje i druženje, klupe i slično, radi pružanja optimalnih uvjeta za produktivnost i koncentraciju.

Nadalje, naglašena je važnost sportskih i rekreacijskih objekata, s predloženom izgradnjom sportske dvorane koja bi omogućila organizaciju sportskih aktivnosti unutar kampusa, te teretane s mogućnošću rada u tri smjene kako bi se potaknuo zdrav način života među korisnicima. Uslužne djelatnosti, poput kafića, pekarnica i trgovina, također su istaknute kao bitan segment potreba korisnika, kao i raznovrsni zabavni sadržaji koji pružaju mogućnosti za opuštanje izvan akademskih obveza. S porastom broja studenata na fakultetima te dolaskom novih fakulteta na područje ZUK-a Borongaj, istovremeno se povećava potreba za izgradnjom studentskog doma unutar ZUK-a Borongaj, uključujući i bolju povezanost s drugim studentskim domovima u gradu Zagrebu i okolici. Prometna infrastruktura ključna je za povezivanje ZUK-a Borongaj s ostalim dijelovima grada Zagreba. Stoga su predložene inicijative poput izgradnje tramvajske linije i poboljšanja autobusnih ruta radi olakšavanja pristupa ZUK-u Borongaj, uz poticanje održivih načina prijevoza poput pješačkih i biciklističkih staza. Radi ekološke održivosti, od strane ispitanika je predloženo postavljanje solarnih panela, uređenja krajobraza (drvoredi, parkovi, zelene površine) te izgradnja punionica za električna vozila. Zbog povećanja sigurnosti, ispitanici su predložili osvjetljavanje puteva i prilaza ZUK-u Borongaj, osiguranja parkirnih mjesta za osobe s invaliditetom te povećanje sigurnosti u cestovnom prometu unutar ZUK-a Borongaj.

5.2 Evaluacija simulacija postojećeg stanja

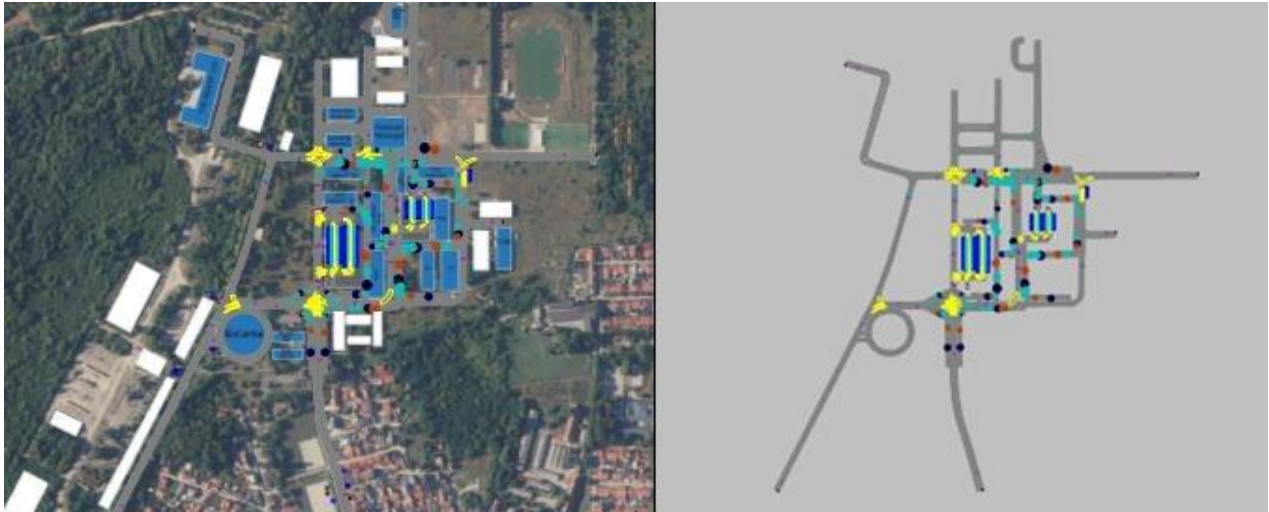
Postojeće stanje zone obuhvata ZUK Borongaj izrađeno je u programskom alatu AutoCAD na DOF podlozi u mjerilu 1:6000. Nacrt je izrađen prema analizi postojeće prometne infrastrukture u zoni obuhvata te postojeće vertikalne i horizontalne signalizacije. Plavi objekti na slici prikazuju zgrade koje su u funkciji, dok su bijeli objekti nefunkcionalne građevine unutar ZUK-a Borongaj. Slika 26. prikazuje trenutno stanje prometnica i objekata unutar zone ZUK Borongaj.



Slika 26. Postojeće stanje ZUK-a Borongaj

Simulacije prometnih tokova postojećeg stanja za motorizirani i nemotorizirani promet izrađene su u programskom alatu PTV Vissim koristeći podatke dobivene brojanjem prometa u vršnom satu, s ponavljanjem od deset puta. Mikrosimulacijski model postojećeg stanja za motorizirani promet izrađen je u simulacijskom alatu PTV Vissim, dok je model za nemotorizirani promet izrađen u alatu PTV Viswalk. Svaka simulacija trajala je 4.500 sekundi, pri čemu je prvih 900 sekundi korišteno za punjenje mreže radi što točnijih i vjerodostojnijih rezultata. U preostalih 3.600 sekundi prikupljeni su podaci o ranije navedenim parametrima. Simulacija je provedena deset puta.

Slika 27. prikazuje postojeće stanje ZUK-a Borongaj izrađeno u programskom alatu PTV Vissim/Viswalk.



Slika 27. Prometna mreža postojećeg stanja ZUK Borongaj u PTV Vissimu

Na temelju prethodno prikazane prometne mreže postojećeg stanja i podataka dobivenih brojanjem prometnih tokova, autorice su izradile videozapis simulacija prometnih tokova motoriziranog i nemotoriziranog prometa postojećeg stanja ZUK Borongaj (videozapis simulacije postojećeg stanja dostupan je na poveznici: <http://e.pc.cd/HJSy6a1K>).

5.3 Prijedlozi rješenja

Prijedlozi rješenja i poboljšanja za ZUK Borongaj izrađeni su u programskom alatu AutoCAD na DOF podlozi. Prilikom izrade prijedloga rješenja novog stanja ZUK Borongaj poštovani su Pravilnik o prometnoj signalizaciji, opremi i signalizaciji na cestama [18], te Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati s gledišta sigurnosti prometa [19].

Slika 28. prikazuje prijedlog prometnog i prostornog uređenja ZUK Borongaj, uključujući plave postojeće funkcionalne objekte. Uređenje ZUK Borongaj obuhvaća obnavljanje prometnica, izgradnju nepostojeće prometne infrastrukture, te rekonstrukciju dva raskrižja na kojima se provodilo brojanje prometnih tokova, iz trokrakog nesemaforiziranog raskrižja i četverokrakog nesemaforiziranog raskrižja u raskrižje s kružnim tokom prometa, kako bi se postiglo smirivanje prometnih tokova zbog velikog broja nemotoriziranog prometa.



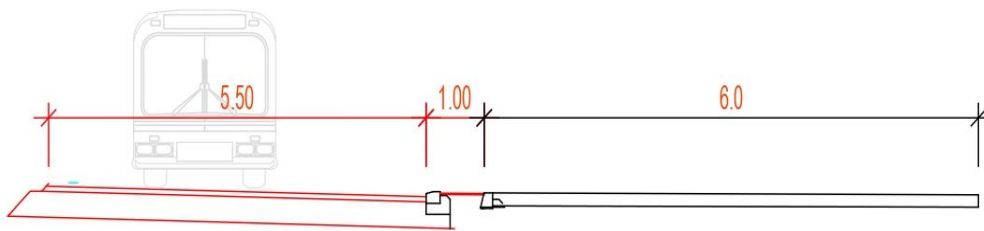
Slika 28. Prijedlog novog rješenja ZUK Borongaj

Prednosti jednoračnih kružnih raskrižja u odnosu na ostala raskrižja u razini s osvrtnom na održivu mobilnost su sljedeće:

- Znan porast sigurnosti prometa (manji broj konfliktnih točaka nego na klasičnim izravno kanaliziranim raskrižjima u jednoj razini, ne postoje konfliktne točke križanja i preplitanja, manja brzina pri eventualnom sudaru s pješacima, nemogućnost vožnje kroz kružno raskrižje bez smanjene brzine),

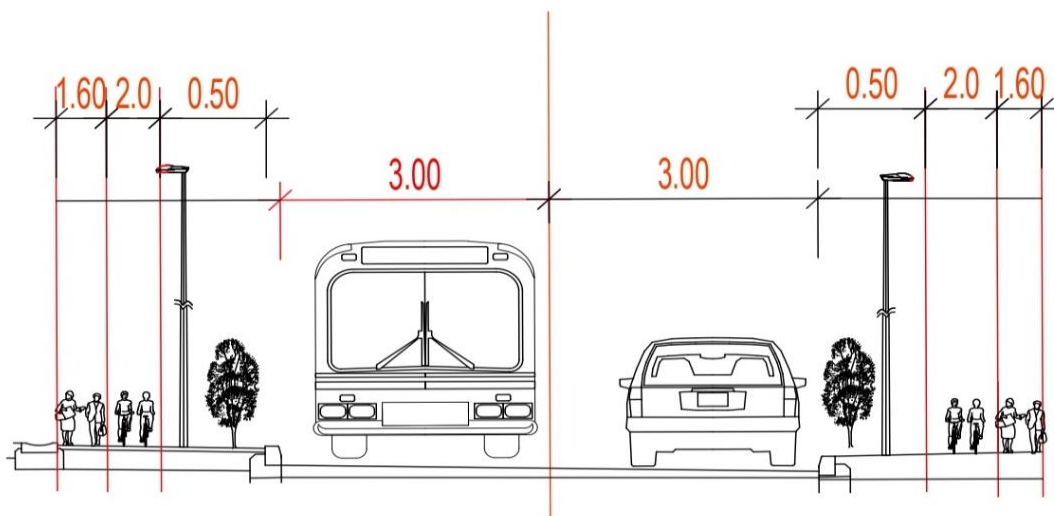
- Niža razine buke i emisija ispušnih plinova motornih vozila,
- Manje posljedice prometnih nezgoda,
- Manje zauzimanje prostora,
- Manji troškovi održavanja,
- Mogućnost dobrog uklapanja u okolni prostor, odnosno uređenja kružnog raskrižja,
- Povoljniji utjecaj na okoliš u odnosu na semaforizirana raskrižja.

Raskrižja s kružnim tokom prometa projektirana su kao provozna raskrižja unutarnjeg radijusa 6,00 m, provoznog traka širine 1,00 m, ulaznih i izlaznih trakova širine 5,50 m. Duljina razdjelnih otoka iznosi 15,50 m, a duljina šrafiranog dijela prometnog otoka iznosi 14,50 m. Biciklistički i pješački prijelazi postavljeni su na udaljenosti od 5,00 m od raskrižja kako bi se omogućilo sigurno zaustavljanje vozila ispred istog, a širina biciklističkih i pješačkih prijelaza iznosi 2,00 m i 4,00 m. Uz kolnik predviđen je zeleni pojas za postavljanje stupova vertikalne signalizacije u širini od 0,50 m, biciklistička staza širine 2,00 m te pješačka staza širine 1,60 m. Kružno raskrižje obilježeno je odgovarajućom vertikalnom i horizontalnom signalizacijom, a Slika 29. prikazuje poprečni profil projektiranih kružnih raskrižja.



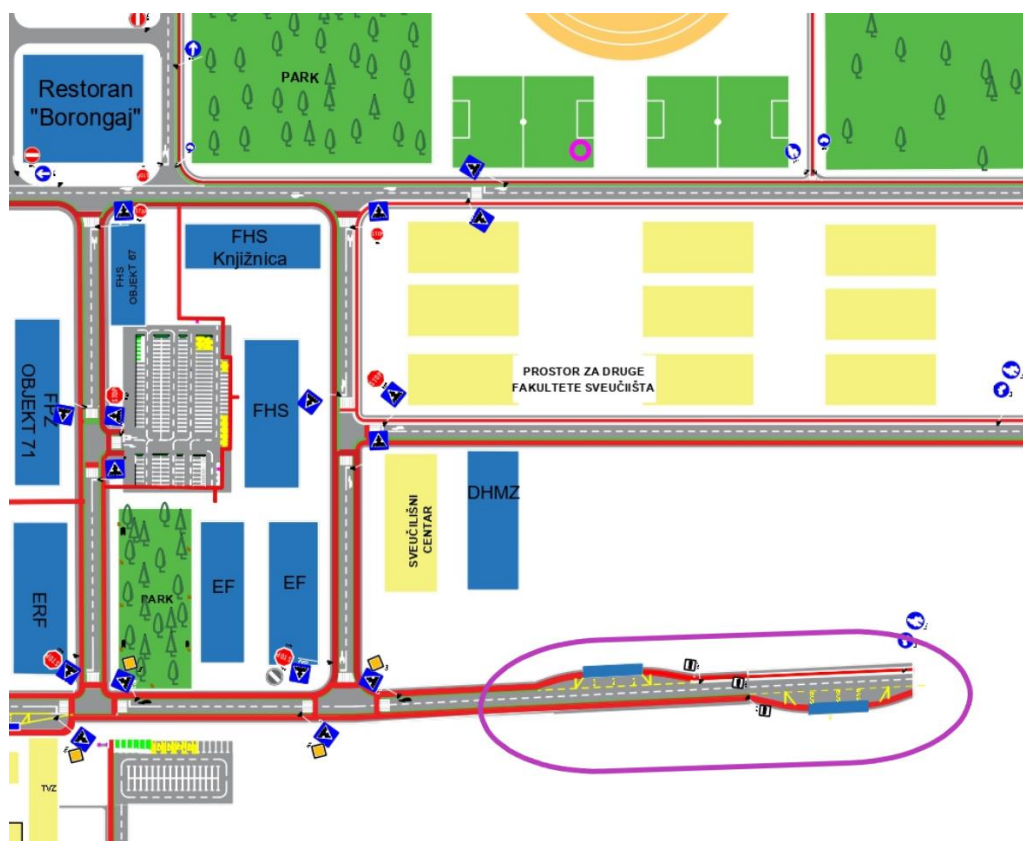
Slika 29. Poprečni profil projektiranih kružnih raskrižja

Ostale prometnice unutar ZUK Borongaj projektirane su širinom 3,00 m, korišteni su radijusi zaobljena 12,00 m za omogućavanje manevara vozilima JGP-a i dostavnim vozilima. Uz sve prometnice projektiran je zaštitni zeleni pojas za postavljanje vertikalne signalizacije, biciklistička staza široka 2,00 m te pješačka staza široka 1,60 m. Na sjevernom i zapadnom dijelu kampusa postavljena je zabrana za motorizirani promet. Slika 30. prikazuje poprečni profil projektiranih prometnica.



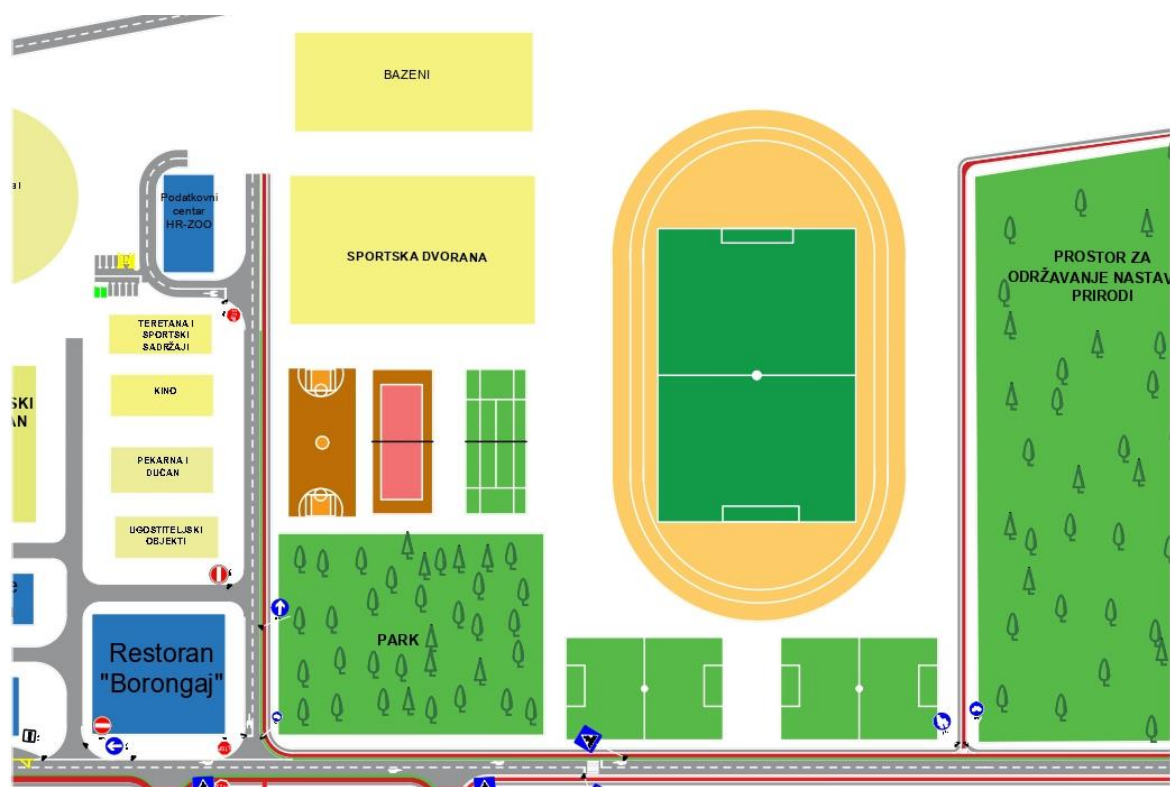
Slika 30. Poprečni profil projektiranih prometnica

Idejnim prometnim rješenjem planirano je uređenje postojeća tri stajališta unutar ZUK Borongaj te izgradnja novih dvaju stajališta na istočnoj strani ZUK-a Borongaj (Slika 31.). Autobusna stajališta potrebno je izvesti u skladu s Pravilnikom o autobusnim stajalištima NN 119/2007 i označiti s odgovarajućom vertikalnom i horizontalnom signalizacijom prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cesti.



Slika 31. Prijedlog rješenja nova dva autobusna stajališta

Uređenje sportsko-rekreacijskog dijela ZUK Borongaj planirano je izgradnjom dvije zatvorene sportske dvorane te šest otvorenih sportskih terena namijenjenih za razne sportove na sjevernom dijelu ZUK Borongaj. Također, u istom dijelu planirano je uređenje zelenih površina u održive parkove i prostore za održavanje nastave u prirodi. Slika 32. prikazuje uređenje sportsko-rekreacijskog djela.



Slika 32. Sportsko-rekreacijski dio ZUK Borongaj

Uz sportsko-rekreacijski dio planirana je izgradnja dodatnog studentskog restorana, budući da postojeći već sada nema dovoljan kapacitet u odnosu na potražnju korisnika. Također, planirana je izgradnja pekarnice, trgovina i drugih objekata uslužne djelatnosti koji trenutno ne postoje unutar ZUK Borongaj.

Nadalje, na sjevernom i istočnom dijelu ZUK Borongaj planirana je izgradnja i obnova 22 nove zgrade koje bi koristili fakulteti Sveučilišta u Zagrebu, a neposredno uz njih planira se gradnja studentskog doma i stambenih objekata koji bi bili na usluzi studentima fakulteta kampusa Borongaj te profesorima i predavačima.

Na samom sjeverozapadnom dijelu ZUK Borongaj predviđena je izgradnja trgovačkog centra i podzemne garaže koji nisu povezani s prometnicama ZUK Borongaj zbog mogućih prometnih zagušenja i smanjenja stupnja sigurnosti nemotoriziranog prometa.

Postojeći vozni red javnog gradskog prijevoza autobusima potrebno je izmijeniti i povećati učestalost postojećih autobusnih linija 215 i 236. Predlaže se uvođenje nove autobusne linije koja bi povezivala istočni dio grada Zagreba, naselja Peščenica, Žitnjak, Gornja i Donja Dubrava sa ZUK-om Borongaj i za njeno funkcioniranje korištenje novog predloženog autobusnog stajališta.

Što se tiče tramvajskog prijevoza, predlaže se produljenje tramvajske pruge od Ulice grada Vukovara do samog ZUK-a Borongaj te izgradnja okretišta i dva nova tramvajska stajališta. Stajališta su povezana s ostatkom ZUK-a Borongaj odgovarajućom infrastrukturom za nemotorizirani promet.

Na glavnom ulazu u ZUK Borongaj predlaže se izgradnja velikog Infocentra gdje bi se posjetiteljima i korisnicima ZUK-a Borongaj omogućio uvid u cijeli sustav funkcioniranja ZUK-a Borongaj i općenita edukacija o Sveučilištu u Zagrebu i ZUK Borongaj. Projektirano je i parkiralište kako bi posjetitelji ili korisnici mogli parkirati osobna vozila ako žele pogledati ZUK Borongaj iz perspektive pješaka.

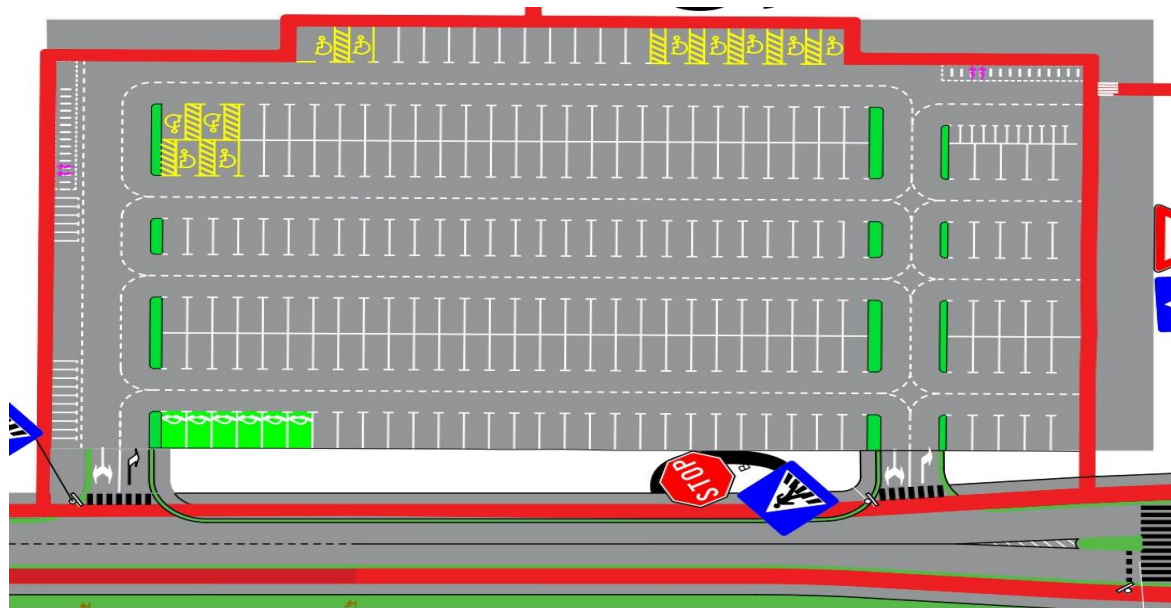
Na jugozapadnom dijelu ZUK Borongaj, desno uz glavnu prometnicu, predlaže se izgradnja poligona za autoškole, testnog centra za promet i podloge za razna ispitivanja koja su potrebna studentima Fakulteta prometnih znanosti zbog pisanja i sudjelovanja u istraživačkim i znanstvenim radovima. Slika 33. prikazuje predloženo rješenje prometnog poligona.



Slika 33. Prijedlog poligona za autoškolu

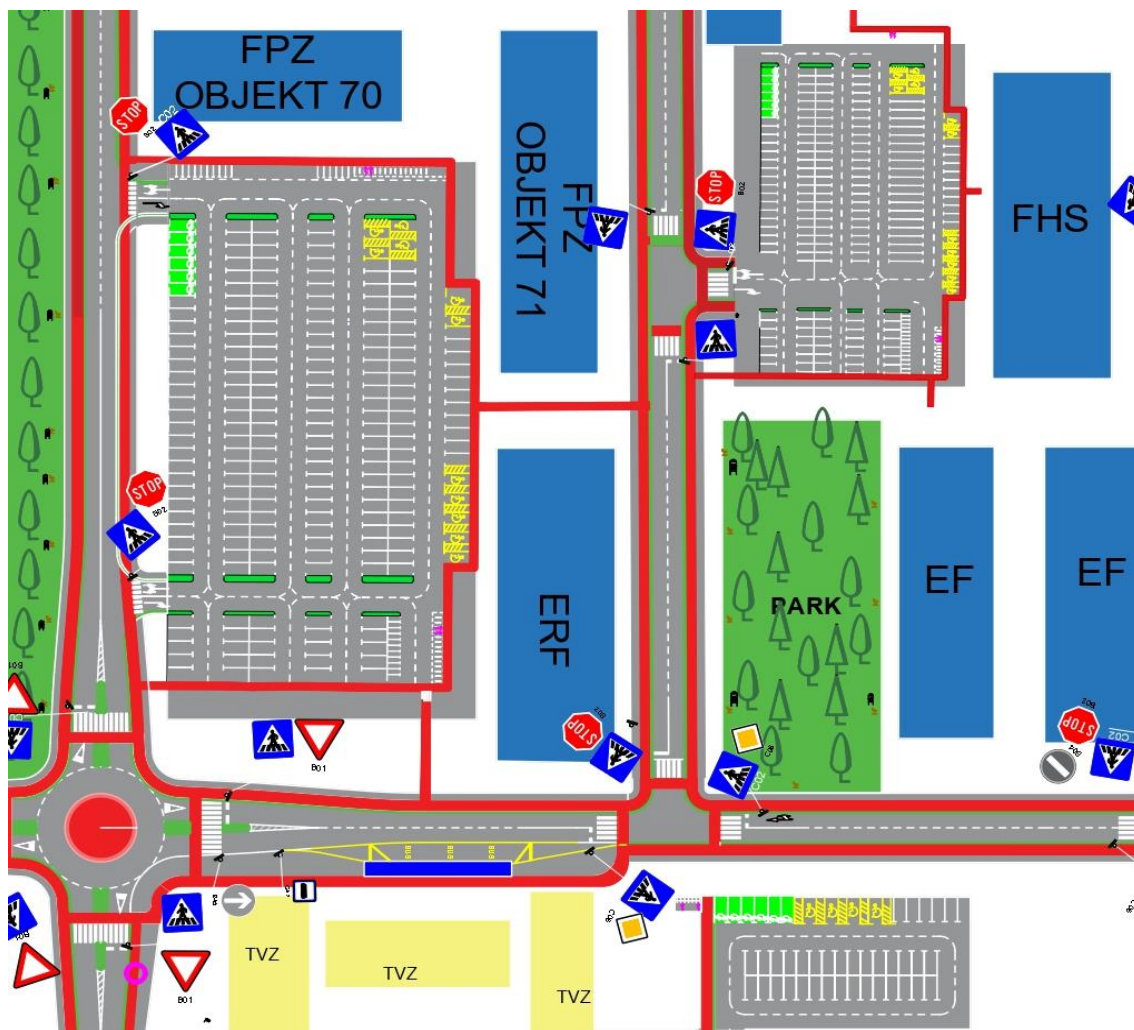
U samom središtu ZUK Borongaj planirana su dva parka za odmor i druženje korisnika ZUK-a Borongaj koje je potrebno urediti s klupama, stazama i održivim zelenim površinama. Također, planirano je pošumljavanje i uređenje parkova, uključujući postavljanje pametnih solarnih klupa za sjedenje, izgradnju pješačke i

biciklističke staze do željezničkog stajališta „Trnava“, te izgradnju podvožnjaka na sjevernom dijelu kampusa kako bi se povećala sigurnost nemotoriziranog prometa. Nadalje, samo središte ZUK Borongaj ostaje isto osim rekonstruiranih parkirališta koja će sadržavati posebna mjesta za invalide, električne punionice te prostor za smještaj bicikala. Predlaže se izgradnja doma zdravlja koji bi bio potkrijepljen liječnicima određenih fakulteta koji su smješteni unutar ZUK-a Borongaj. Slika 34. prikazuje prijedlog rješenja parkirališta ZUK Borongaj.



Slika 34. Prijedlog rješenja parkirališta ZUK Borongaj

Slika 35. prikazuje način na koji je zamišljeno i predloženo vođenje nemotoriziranog prometa kroz centar ZUK Borongaj, uključujući rekonstruirana parkirališta



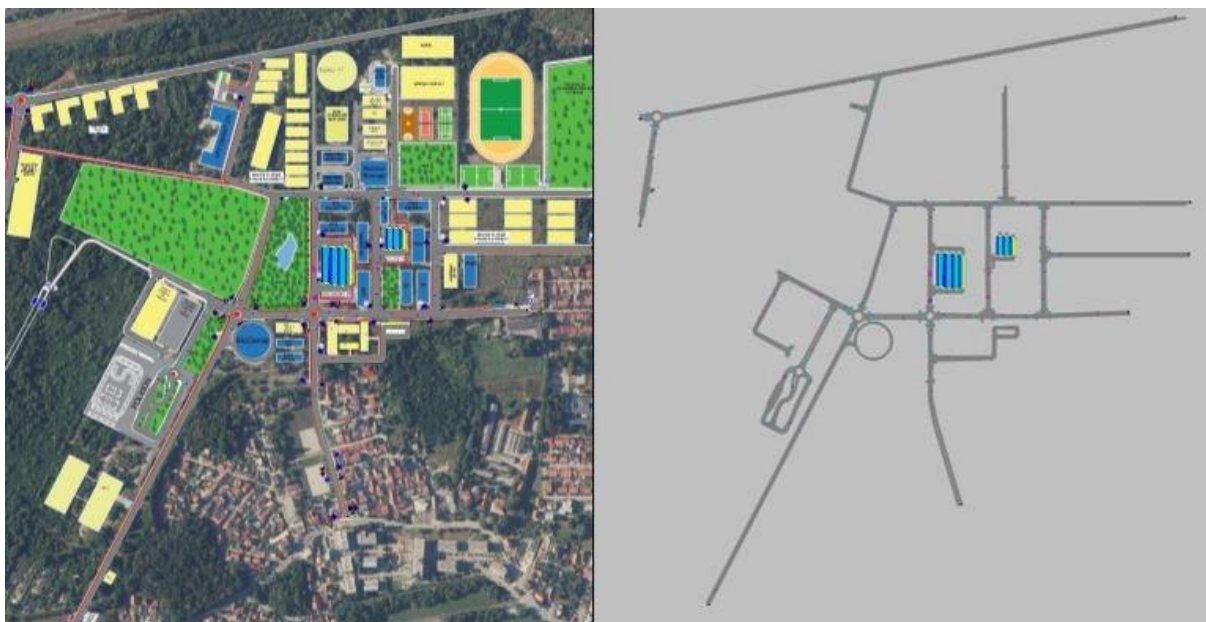
Slika 35. Vođenje biciklističkog i pješačkog prometa kroz centar ZUK Borongaj

5.4 Simulacija novih rješenja

Simulacije prometnih tokova prijedloga rješenja s motoriziranim i nemotoriziranim prometom izrađene su u programskom alatu PTV Vissim koristeći podatke dobivene brojanjem prometa u vršnom satu. Kako bi podaci dobiveni iz simulacija prometnih tokova bili što realniji, preporučuje se izvršiti veći broj simulacija, poželjno njih deset.

Mikrosimulacijski model postojećeg stanja za motorizirani promet izrađen je u simulacijskom alatu PTV Vissim, dok je za nemotorizirani promet korišten PTV Viswalk. Svaka simulacija je trajala 4.500 sekundi, pri čemu je prvih 900 sekundi korišteno za punjenje mreže radi točnijih i vjerodostojnijih rezultata, a evaluacija je započela nakon tih 900 sekundi. U preostalim 3.600 sekundi prikupljeni su podaci o navedenim parametrima. Simulacija je provedena deset puta.

Slika 36. prikazuje prometnu mrežu prijedloga rješenja ZUK Borongaj izrađenu u programskom alatu PTV Vissim/Viswalk s i bez DOF podloge idejnog prometnog rješenja.



Slika 36. Prometna mreža simulacija prijedloga rješenja

Prometna mreža simulacija prometnih tokova izrađena je prema idejnom prometnom rješenju prometnica opisanom u prethodnom poglavlju. Sastoji se od linkova i konektora, a u simulaciju novog rješenja uključena je i mreža novog predloženog parkirališta. Budući da postojeće stanje prometnih tokova ZUK Borongaj nije popraćeno prometnim zagušenjima, nije rađena komparacija postojećeg i novog stanja simulacija putem GEH statistike. Za unesene podatke motoriziranog prometa korišteni su podaci o prometnom opterećenju dobiveni brojanjem prometnih tokova, a prema tome je napravljena i raspodjela prometnih tokova. Budući da bi novo rješenje rezultiralo većom prometnom potražnjom, dobiveni podaci brojanjem prometnih tokova uvećani su za 10 % na prometnicama uz poligon, studentski dom i prostor za druge fakultete Sveučilišta u Zagrebu.

Simulacije u programskom alatu PTV Vissim obuhvaćaju nekoliko koraka. Prvi korak je izrada ili postavljanje podloge na kojoj će se crtati prometna mreža. U ovom slučaju, podloga je bila DOF snimka predmetnog raskrižja, na koju su zatim dodavani elementi mreže. Nakon kreiranja prometne mreže, potrebno je upisati podatke o prometnom toku. Najvažniji podaci o prometnom toku u ovom kontekstu su "Vehicle input" (odnosno količina prometa po svakom privozu) i "Vehicle Routes" (odnosno

razdioba kretanja vozila) čije su vrijednosti korištene iz brojanja prometne potražnje. Nakon toga, potrebno je definirati regulaciju prometnih tokova i izvršiti dodatna podešavanja modela prema potrebi.

Na temelju prethodno prikazane prometne mreže prijedloga rješenja i podataka dobivenih brojanjem prometnih tokova, autorice su izradile videozapis simulacija prometnih tokova motoriziranog i nemotoriziranog prometa prijedloga rješenja ZUK-a Borongaj (videozapis simulacije prijedloga rješenja dostupan je na poveznici: <http://e.pc.cd/x0Sy6a1K>).

5.5 Mogućnost implementacije i opravdanost predloženih rješenja

Za osiguranje održive mobilnosti i suvremenog razvoja ZUK-a Borongaj ključno je pažljivo planirati odgovarajući prometni koncept koji integrira različite oblike prijevoza, s posebnim naglaskom na održivost. Predloženi prometni koncept ima za cilj smanjiti negativan utjecaj na okoliš, poboljšati kvalitetu života korisnika te potaknuti suvremeni razvoj ZUK-a Borongaj.

Implementacija ovakvog predloženog rješenja zahtijeva infrastrukturne i tehnološke prilagodbe te financijska ulaganja. To uključuje razvoj prometne mreže javnog gradskog prometa s fokusom na autobuse, tramvaje i željeznički promet radi smanjenja upotrebe osobnih automobila. S obzirom na postojeću infrastrukturu javnog gradskog prometa u Gradu Zagrebu, mogućnosti implementacije su velike, no nužno je optimizirati postojeće linije i uvesti dodatne rute koje će direktno povezivati ZUK Borongaj s ostalim dijelovima grada. Uz to, izgradnjom biciklističkih staza i pješačkih zona unutar i oko ZUK-a Borongaj potiče se korištenje alternativnih oblika prijevoza te zdrav način života.

Grad Zagreb je u travnju 2024. godine predstavio novi projekt „Promicanje održive multimodalne gradske mobilnosti kao dijela prelaska na gospodarstvo s nultom stopom emisija ugljika“ s kojim se želi postići zeleni, čisti, pametan i održiv gradski promet [24]. Time se olakšava integracija novih staza povezanih sa ZUK-om Borongaj, dok je implementacija pješačkih zona moguća bez značajnih dodatnih ulaganja, integrirajući ih u postojeći plan razvoja ZUK-a Borongaj.

Tehnološke prilagodbe vezane su uz pametna prometna rješenja, kao što su senzori za vođenje prometa, aplikacije za dijeljenje vozila i bicikala te sustavi za nadzor prometa, što uvelike povećava efikasnost i sigurnost prometnog sustava. Isto tako,

poticanje korištenja električnih vozila kroz postavljanje punionica unutar parkirališta ZUK-a Borongaj smanjilo bi onečišćenje, što je ključno za održivu mobilnost i sadržano je u predloženom rješenju.

Financijska ulaganja potrebna za izgradnju i održavanje infrastrukture bila bi značajna, no imala bi dugoročne koristi koje uključuju smanjenje troškova održavanja, povećanje zadovoljstva korisnika i stvaranje okruženja privlačnog novim korisnicima ZUK-a Borongaj. Financiranje je moguće provesti kroz kombinaciju javnih sredstava, privatnih investicija te uz potporu Europske unije i Sveučilišta u Zagrebu.

Opravdanost predloženih rješenja razmatra se kroz ekološke, društvene i ekonomske utjecaje, uključujući smanjenje onečišćenja, poboljšanje kvalitete života i poticanje inovacija. Povećanje korištenja javnog gradskog prijevoza, biciklizma i pješaćenja te uvođenje električnih vozila i dijeljenje vozila direktno utječe na smanjenje onečišćenja i štetnih plinova. Smanjenjem upotrebe osobnih automobila oslobađa se prostor za izgradnju zelenih površina, društvenih i uslužnih sadržaja kako bi se zadovoljile potrebe korisnika ZUK-a Borongaj.

Tablica 1. prikazuje matricu SWOT analize koja pruža sveobuhvatan pregled ključnih čimbenika koji utječu na razvoj koncepta prometnog rješenja za održivu mobilnost i suvremeni razvoj ZUK-a Borongaj.

Tablica 1. Matrica SWOT analiza

<p>SNAGE (S):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Poticanje održivog i zdravog načina života razvojem pješačkih i biciklističkih staza • Implementacija ekološki prihvatljivijih načina prometnog sustava i infrastrukture • Povećanje sigurnosti korisnika na području ZUK-a Borongaj 	<p>SLABOSTI (W):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Značajna financijska ulaganja potrebna za izgradnju i implementaciju novih sustava • Potrebna kontinuirana sredstva za održavanje i unaprjeđenje sustava • Uspjeh ovisi o podršci koju pružaju lokalne vlasti, zakonodavstvo te korisnici ZUK-a Borongaj
<p>PRILIKE (O):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Razvoj novih obrazovnih programa i novih istraživačkih projekata • Mogućnost dobivanja sredstava iz nacionalnih i međunarodnih fondova za održiv razvoj • ZUK Borongaj može postati primjer za druge obrazovne institucije i zajednice koje teže ka održivom razvoju 	<p>PRIJETNJE (T):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nepredviđeni financijski troškovi • Ekološki problemi kao što su ekstremni vremenski uvjeti mogu utjecati na održivost predloženih rješenja

6. RASPRAVA

Kampus predstavlja temeljno akademsko središte koje objedinjuje sveučilišta, istraživačke centre, knjižnice, laboratorije i druge obrazovne ustanove. U današnjem svijetu urbanizacija donosi mnoge izazove, posebno u kontekstu održive mobilnosti koja uključuje prometne, društvene, ekonomske i ekološke aspekte. Cilj održive mobilnosti je smanjenje emisija štetnih plinova, poboljšanje energetske učinkovitosti i smanjenje opterećenja na prometnicama kroz korištenje alternativnih oblika prijevoza poput javnog prijevoza, biciklizma i pješaćenja. Ovaj rad istražuje na koji način održiva mobilnost može potaknuti suvremeni razvoj ZUK-a Borongaj te analizira utjecaj na prometnu infrastrukturu, kvalitetu života korisnika i povezivanje s urbanim područjem.

Održiva mobilnost podrazumijeva integraciju različitih oblika prijevoza s naglaskom na smanjenje negativnog utjecaja na okoliš. Prometno-održiva rješenja uključuju infrastrukturu koja podržava pješaćenje, biciklizam, javni prijevoz i dijeljenje vozila. Na primjeru ZUK-a Borongaj, održiva mobilnost može značajno doprinijeti smanjenju emisija CO₂, poboljšanju energetske učinkovitosti i kvaliteti života korisnika kampusa. Trenutna prometna infrastruktura ZUK-a Borongaj favorizira motorizirani promet, dok je infrastruktura za nemotorizirani promet nedovoljno razvijena. Unutar kampusa nedostaju adekvatne biciklističke staze i pješćake zone, što otežava sigurno kretanje pješćaka i biciklista.

Analiza globalnih primjera dobre prakse može pružiti smjernice za razvoj održive mobilnosti na ZUK-u Borongaj. Primjeri sveučilišta poput Sveučilišta u Manchesteru, TU Delft, Sveučilišta Aalto i UC Berkeley pokazuju kako integracija biciklističkih staza, javnog prijevoza i pješćakih zona može značajno doprinijeti održivom razvoju kampusa. Na primjer, Sveučilište u Manchesteru nudi različite oblike prijevoza, uključujući bicikle, električne romobile, taxi ili car-sharing, te javni prijevoz, što osigurava izvrsnu povezanost kampusa s ostatkom grada. TU Delft promovira održivu mobilnost kroz razvoj biciklističke infrastrukture i poticanje korištenja javnog prijevoza, dok Sveučilište Aalto i UC Berkeley koriste integraciju različitih oblika prijevoza za povezivanje kampusa s urbanim područjima.

Detaljna analiza postojećeg stanja ZUK-a Borongaj pokazuje da trenutna prometna infrastruktura nije adekvatna za sigurno kretanje nemotoriziranog prometa. Prometnice su uglavnom namijenjene motoriziranom prometu, dok je infrastruktura za bicikliste i

pješake nedovoljno razvijena. Također, javni gradski prijevoz unutar ZUK-a Borongaj oslanja se na jednu autobusnu liniju, što nije dovoljno za učinkovitu povezanost ZUK-a Borongaj s ostatkom grada. Postojeća parkirališta također nisu održavana niti su u skladu sa zakonskom regulativom, a istovremeno nisu ni sigurna za promet u mirovanju.

Istraživanje zadovoljstva korisnika ZUK-a Borongaj pokazuje da većina korisnika nije zadovoljna trenutnom prometnom infrastrukturom. Anketom je ispitano 447 korisnika, od kojih je većina izrazila nezadovoljstvo prometnom povezanošću, udobnošću, redovitošću i sigurnošću javnog prijevoza. Također, korisnici su istaknuli potrebu za dodatnim sadržajima unutar kampusa, kao što su knjižnice, sportski objekti i uslužni sadržaji. Ovi rezultati naglašavaju potrebu za razvojem održivog prometnog rješenja koji će poboljšati kvalitetu života korisnika ZUK-a Borongaj.

Predloženi koncept održivih prometnih rješenja za ZUK Borongaj uključuje razvoj biciklističkih staza, pješačkih zona, unapređenje javnog prijevoza te poticanje korištenja ekološki prihvatljivih vozila. Također, predložena rješenja uključuju razvoj pametnih prometnih rješenja, poput senzora za vođenje prometa i aplikacija za dijeljenje vozila, što bi dodatno povećalo efikasnost prometnog sustava.

Implementacija održivog prometnog rješenja na ZUK-u Borongaj zahtijeva financijska ulaganja i podršku lokalnih vlasti. Međutim, dugoročne koristi uključuju smanjenje troškova održavanja, povećanje zadovoljstva korisnika i stvaranje privlačnog okruženja za nove korisnike. Održivo prometno rješenje također bi moglo poslužiti kao primjer za druge obrazovne institucije koje teže ka održivom razvoju. Financiranje je moguće provesti kroz kombinaciju javnih sredstava, privatnih investicija i potpora Europske unije.

Razvoj održivog prometnog rješenja ključan je za suvremeni razvoj ZUK-a Borongaj. Implementacijom biciklističkih staza, pješačkih zona, unapređenjem javnog prijevoza te poticanjem korištenja ekološki prihvatljivih vozila može se značajno poboljšati kvalitetu života korisnika i smanjiti negativan utjecaj na okoliš. Održiva mobilnost ne samo da doprinosi ekološkoj održivosti, već i potiče ekonomski i društveni razvoj, čime se ZUK Borongaj može pozicionirati kao vodeći primjer održivog razvoja u obrazovnim institucijama.

7. ZAKLJUČCI

Znanstveno-učilišni kampus Borongaj od datuma osnivanja 2007. godine predstavlja jedan od najvećih nedovršenih projekata Grada Zagreba i Sveučilišta u Zagrebu. Studenti pet fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i korisnici ZUK-a Borongaj svakodnevno se susreću s problematikom nedovršenog projekta. Glavni nedostatak ZUK-a Borongaj prema rezultatima ankete predstavlja prometna nepovezanost, neusklađenost voznih redova, nedostatak odgovarajuće prometne infrastrukture te manjak sadržaja u vidu restorana, dućana, uređenih zelenih površina i prilaza stajalištima, edukacijskih objekata i objekata zabavnog sadržaja.

Sukladno navedenom, cilj istraživanja zasniva se na analiziranju globalnog održivog razvoja svjetskih sveučilišta, prikazu i analizi nedostataka postojećeg stanja prometnog sustava i općenitog stanja ZUK-a Borongaj, ispitivanju zadovoljstva funkcionalnosti ZUK-a Borongaj svih njegovih korisnika te na temelju toga predstaviti prijedlog inovativnih tehnoloških rješenja. Svrha provedenog istraživanja i prijedloga rješenja bazirana je na rješavanju navedenih problema u vidu idejnih prometnih i krajobraznih rješenja.

Idejno prometno rješenje popraćeno je odgovarajućom vertikalnom i horizontalnom signalizacijom, zelenim pojasom za postavljanje vertikalne prometne signalizacije, biciklističkom i pješačkom stazom u oba smjera duž cijelog ZUK-a Borongaj i uređenjem prilaza stajalištu „Trnava“, čime se osigurava sigurnost nemotoriziranog prometa. Dodatno se predlaže postavljanje usporivača prometa ispred pješačkih prijelaza kako bi se postiglo smirenje prometnih tokova i povećala sigurnost pješačkog i biciklističkog prometa.

Unutrašnjost ZUK-a Borongaj rekonstruirana je prema postojećem stanju i neiskorištenim površinama i objektima. Za raskrižja unutar kampusa predlažu se kružni tokovi za nesmetano prometovanje autobusnih linija. Kružni tokovi imaju niz prednosti u vidu estetskog izgleda, smirenja prometnih tokova, bolje ekonomičnosti i financijske pozadine u odnosu na semaforizirana raskrižja.

Na području planiranih sportskih terena i prostora za izvođenje nastave u prirodi postavljena je zabrana kretanja motoriziranim prometom. Na području planiranih vanjskih parkirališta predlaže se projektiranje punionica za električna vozila te površina za odlaganje bicikala i romobila.

Na zapadnom dijelu ZUK-a Borongaj projektirana je tramvajska pruga s dva kolosijeka i okretištem, čime bi se smanjio broj korisnika koji putuju osobnim automobilom zbog trenutne prometne nepovezanosti.

Preostale zelene površine planirane su kao uređeni parkovi s pametnim solarnim klupama za sjedenje koje predstavljaju obnovljiv izvor energije i opskrbljuju strujom USB uređaje i bežično punjenje, a istovremeno su namijenjene studentima i korisnicima ZUK-a Borongaj za odmor.

Implementacijom predloženog rješenja, izgradnjom odgovarajuće infrastrukture, električnih punionica, uvođenjem novih linija javnog gradskog prijevoza te rekonstrukcijom stajališta, poticat će se i favorizirati nemotorizirani promet u samom središtu ZUK-a Borongaj, što će rezultirati povećanjem održive mobilnosti na svakodnevnoj razini.

ZAHVALE

Zahvaljujemo prof. dr. sc. Danijeli Barić na njezinom neizmjernom strpljenju, podršci i stručnom vodstvu tijekom cijelog procesa rada, ponajprije na posvećenosti i nesebičnoj pomoći koja je bila ključna za naše razumijevanje i napredak. Hvala Vam što ste vjerovali u nas i motivirali nas da postignemo najbolje rezultate.

POPIS LITERATURE

- [1] Barić D. *Modeliranje i planiranje u cestovnom prometu, autorizirana predavanja*, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2023.
- [2] Brlek P., Dadić I., Šoštarić M. *Prometno tehnološko projektiranje- autorizirana predavanja, radna verzija*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.
- [3] PTV Group. *Traffic Simulation Software - PTV Vissim*. Preuzeto s: <https://lp.ptvgroup.com/en-us/products/ptv-vissim> [Pristupljeno: 14. svibnja 2024.]
- [4] Taplin J. *Simulation models of traffic flow*. University of Western Australia, Australia, 2008. Preuzeto s: https://www.researchgate.net/publication/228580406_Simulation_models_of_traffic_flow [Pristupljeno: 29. svibnja 2024.]
- [5] Barić D. *Vrednovanje u cestovnom prometu, autorizirana predavanja*, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2024.
- [6] The University of Manchester. *Campus Masterplan*. Preuzeto s: <https://www.masterplan.manchester.ac.uk/projects/interactive-map/> [Pristupljeno 29. ožujka 2024.]
- [7] The University of Manchester. *Manchester Stories*. Preuzeto s: <https://stories.manchester.ac.uk/campus/> [Pristupljeno 29. ožujka 2024.].
- [8] University of Delft. *About TU Delft*. Preuzeto s: <https://www.tudelft.nl/en/> [Pristupljeno 28. ožujka 2024.]
- [9] Green Roofs & Mecanoo. *Delft University of Technology Library*, 2018. Preuzeto s: <https://www.greenroofs.com/projects/delft-university-of-technology-library/> [Pristupljeno 1. srpnja 2024.]
- [10] Torabi K. F., Araghi Y., van Oort N., Hoogendoorn S. Passengers preferences for using emerging modes as first/last mile transport to and from a multimodal hub case study Delft Campus railway station. *Case Studies on Transport Policy*. 2022; 10 (1): 300-314. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.12.011>

- [11] Aalto University, School of Science. *Department of Computer Science*. Preuzeto s: <https://research.cs.aalto.fi/astroinformatics/meeting-info.shtml> [Pristupljeno: 25. srpnja, 2024.].
- [12] University of California, Berkeley. *Campus Mobility Options*. Preuzeto s: <https://pt.berkeley.edu/MobilityUpdates> [Pristupljeno 29. ožujka 2024.]
- [13] Mahdee J., Bakar N. A., Oh V. F1000Research. *Green campus universities: case studies on problems and prospects*. 2022; 11 (1200). [10.12688/f1000research.73381.1](https://doi.org/10.12688/f1000research.73381.1)
- [14] Šćukanec A., Šoštarić M., Jakovljević M. *Prometno tehnološko projektiranje, autorizirana predavanja*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012
- [15] Grad Zagreb, *Izmjene i dopune urbanističkog plana uređenja Studentskog kampusa Borongaj*. Zagreb. 2019
- [16] Republika Hrvatska. *Zakon o sigurnosti prometa na cestama*. Izdanja: 7/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15, 108/17, 70/19, 42/20, 85/22, 114/22, 133/23. Zagreb: Narodne Novine.
- [17] Republika Hrvatska. *Zakon o cestama*. Izdanja: 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14, 110/19, 114/21, 114/22. Zagreb: Narodne Novine.
- [18] Republika Hrvatska. *Pravilnik o prometnim znakovima, opremi i signalizaciji na cestama*. Izdanje: 92. Zagreb: Narodne Novine, 2019.
- [19] Republika Hrvatska. *Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati s gledišta sigurnosti prometa*. Izdanje: 90. Zagreb: Narodne Novine, 2022.
- [20] Republika Hrvatska. *Pravilnik o održavanju javnih cesta*. Izdanje: 3. Zagreb: Narodne Novine, 2021.
- [21] Slavulj M. *Sigurnost cestovnog i gradskog prometa: Brojanje prometa*, Sveučilište u zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.
- [22] Zet. Preuzeto s: <https://www.zet.hr/> [Pristupljeno 17. travnja 2024.].

- [23] Open Street Map. Preuzeto s: <https://www.openstreetmap.org> [Pristupljeno 17. travnja 2024.]
- [24] Ministarstvo regionalnoga razvoja i fondova Europske unije. *ITU – Sustav biciklističkih staza Urbane aglomeracije Zagreb*. Preuzeto s: <https://eufondovi.gov.hr/itu-sustav-biciklistickih-staza-urbane-aglomeracije-zagreb/> [Pristupljeno 13 .srpnja 2024.]
- [25] Republika Hrvatska. *Zakon o prostornom uređenju. Izdanja: 153/13, 65/17, 114/18, 39/19, 98/19, 67/23*. Zagreb: Narodne novine.

SAŽETAK

Katarina Krišto, Petra Turkalj

KONCEPT ODRŽIVIH PROMETNIH RJEŠENJA ZA POVEĆANJE MOBILNOSTI I SUVREMENI RAZVOJ ZNANSTVENO-UČILIŠNOG KAMPUSA BORONGAJ

Znanstveno-učilišni kampus Borongaj temeljno je akademsko središte koje spaja obrazovni sustav potičući inovacije, multidisciplinarnost te razvoj tehnologija i različitih akademskih aktivnosti. U današnjem svijetu urbanizacija donosi mnoge izazove, posebno u kontekstu održive mobilnosti. Cilj ovog istraživanja je razviti sveobuhvatan koncept održivih prometnih rješenja koji promiču mobilnost i suvremeni razvoj ZUK-a Borongaj, uzimajući u obzir utjecaj na okoliš i potrebe svih korisnika. Predloženo prometno-održivo rješenje ima za cilj uspostaviti infrastrukturu koja podržava različite oblike prijevoza, uključujući hodanje, biciklizam, javni gradski prijevoz i dijeljenje vozila, osiguravajući ekološki osviještenu, pristupačnu i učinkovitu mobilnost za sve korisnike ZUK-a Borongaj. Analiza je pokazala nezadovoljstvo korisnika trenutnim stanjem, naglašavajući nedostatak prometne infrastrukture i dodatnih sadržaja kao što su ugostiteljski, rekreacijski i društveni prostori unutar ZUK-a Borongaj. Usporedbom s primjerima najbolje prakse na globalnoj razini, kao što su Sveučilište Aalto i Sveučilište Delft, pokazalo se kako integracija održivih prometnih modela može značajno doprinijeti ne samo razvoju kampusa već i urbanog središta u kojem se nalaze. Detaljna analiza postojećeg stanja na ZUK-u Borongaj otkriva potrebu za razvojem biciklističkih staza, pješačkih zona i poboljšanjem javnog prijevoza, što bi povećalo sigurnost i smanjilo emisije štetnih plinova, stvarajući tako privlačno okruženje za nove korisnike i pozicionirajući ZUK Borongaj kao primjer održivog razvoja.

Ključne riječi: promet, održivost, mobilnost, suvremeni razvoj, ZUK Borongaj

SUMMARY

Katarina Krišto, Petra Turkalj

CONCEPT OF SUSTAINABLE TRAFFIC SOLUTIONS FOR ENHANCING MOBILITY AND MODERN DEVELOPMENT OF THE BORONGAJ SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL CAMPUS

The Borongaj University Campus is a fundamental academic center that integrates the education system by fostering innovation, multidisciplinary approaches, and the development of technologies and various academic activities. In today's world, urbanization brings many challenges, particularly in the context of sustainable mobility. The goal of this research is to develop a comprehensive traffic solutions that promotes sustainable mobility and modern development for the Borongaj University Campus, taking into account environmental impact and the needs of all users. The proposed sustainable traffic solution aims to establish infrastructure that supports various modes of transportation, including walking, cycling, public transit, and car-sharing, ensuring an eco-friendly, accessible, and efficient mobility system for all users of the Borongaj University Campus. The analysis has shown user dissatisfaction with the current state, highlighting a lack of traffic infrastructure and additional amenities such as hospitality, recreational, and social spaces within the campus. Comparing with global best practices, such as Aalto University and Delft University of Technology, it is evident that integrating sustainable traffic solutions can significantly contribute not only to the development of the campus but also to the urban center in which it is located. A detailed analysis of the current situation at the Borongaj University Campus reveals the need for developing bicycle paths, pedestrian zones, and improving public transportation, which would increase safety and reduce harmful emissions, thereby creating an attractive environment for new users and positioning the Borongaj University Campus as a solution of sustainable development.

Keywords: traffic, sustainability, mobility, modern development, Borongaj University Campus

POPIS SLIKA

Slika 1. Sveučilište Manchester, [6]	9
Slika 2. Knjižnica na području kampusa TU Delft, [9]	10
Slika 3. Sadržaji kampusa Otaniemi Sveučilišta Aalto, [11]	12
Slika 4. UC Berkeley - biciklistička karta, [12].....	13
Slika 5. Namjena i korištenje površina ZUK-a Borongaj, [15]	16
Slika 6. Predviđena prometna i ulična mreža, [15].....	17
Slika 7. Zona obuhvata ZUK Borongaj na mikroskopskoj i makroskopskoj razini	18
Slika 8. Prometnice na području ZUK-a Borongaj	20
Slika 9. Prikaz raskrižja Borongajske ceste, Savudrijske ulice i nerazvrstane ceste	21
Slika 10. Prikaz neadekvatne postojeće prometne signalizacije na raskrižju nerazvrstanih cesta.....	22
Slika 11. Prikaz krajobraznog uređenja i površine za kretanje pješaka na području ZUK Borongaj	23
Slika 12. Prikaz napuštenih i neodržavanih objekata ZUK-a Borongaj	24
Slika 13. Prikaz postojećih autobusnih stajališta na području ZUK-a Borongaj	25
Slika 14. Prikaz postojećeg stanja prilaza željezničkim stajalištima te ostalim objektima na području ZUK Borongaj	26
Slika 15. Prikaz postojeće prometne signalizacije za nemotorizirani promet na području ZUK-a Borongaj	27
Slika 16. Prikaz postojećih parkirališnih površina na području ZUK-a Borongaj	28
Slika 17. Lokacije brojanja prometne potražnje	30
Slika 18. Obrazac za ručno brojanje prometnih tokova.....	30
Slika 19. Prometno opterećenje raskrižja u vremenskom intervalu od 11:00 do 12:00 sati.....	31
Slika 20. Prometna povezanost ZUK Borongaj na širem području obuhvata.....	32
Slika 21. Prometna povezanost ZUK Borongaj s Ulicom kneza Branimira	33

Slika 22. Pješačka staza do željezničkog stajališta Trnava	34
Slika 23. Trasa autobusne linije 236 – Kampus-Čavićeva/Gospića, [22].....	35
Slika 24. Tramvajske linije povezane ZUK-om Borongaj, [22]	36
Slika 25. Biciklističke staze na širem području obuhvata ZUK-a Borongaj, [23]	37
Slika 26. Postojeće stanje ZUK-a Borongaj.....	44
Slika 27. Prometna mreža postojećeg stanja ZUK Borongaj u PTV Vissimu	45
Slika 28. Prijedlog novog rješenja ZUK Borongaj	46
Slika 29. Poprečni profil projektiranih kružnih raskrižja.....	48
Slika 30. Poprečni profil projektiranih prometnica	48
Slika 31. Prijedlog rješenja nova dva autobusna stajališta	49
Slika 32. Sportsko – rekreacijski dio ZUK Borongaj.....	50
Slika 33. Prijedlog poligona za autoškolu	51
Slika 34. Prijedlog rješenja parkirališta ZUK Borongaj.....	52
Slika 35. Vođenje biciklističkog i pješačkog prometa kroz centar ZUK Borongaj.....	53
Slika 36. Prometna mreža simulacija prijedloga rješenja	54

POPIS TABLICA

Tablica 1. Matrica SWOT analiza	57
---------------------------------------	----

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Anketni uzorak - svrha putovanja na ZUK Borongaj.....	39
Grafikon 2. Anketni uzorak - prometna povezanost ZUK-a Borongaj	39
Grafikon 3. Rezultati zadovoljstva korisnika JGP-a na ZUK-u Borongaj s obzirom na udobnost.....	40
Grafikon 4. Rezultati zadovoljstva korisnika JGP-a na ZUK-u Borongaj s obzirom na povezanost	40
Grafikon 5. Rezultati zadovoljstva korisnika JGP-a na ZUK-u Borongaj s obzirom na redovitost.....	41
Grafikon 6. Rezultati zadovoljstva korisnika JGP-a na ZUK-u Borongaj s obzirom na sigurnost.....	41
Grafikon 7. Rezultati zadovoljstva korisnika JGP-a na ZUK-u Borongaj s obzirom na cijenu usluga.....	42
Grafikon 8. Rezultati zadovoljstva korisnika JGP-a na ZUK-u Borongaj s obzirom na vrijeme putovanja	42

POPIS PRILOGA

Prilog 1: Postojeće stanje u zoni obuhvata ZUK Borongaj

Prilog 2: Prijedlog rješenja u zoni obuhvata ZUK Borongaj

ŽIVOTOPISI AUTORA

Katarina Krišto, rođena je 22. lipnja 1999. godine u Zagrebu. Završila je opću gimnaziju u Busovači, a obrazovanje je nastavila na Sveučilištu u Zagrebu, Fakultetu prometnih znanosti. Godine 2022. završila je preddiplomski studij na cestovnom smjeru na temu završnog rada „Čimbenici koji utječu na vidljivost pješaka u noćnim uvjetima vožnje“, stekla titulu sveučilišne prvostupnice inženjerke prometa te upisala diplomski studij. Trenutno je studentica druge godine diplomskog studija Fakulteta prometnih znanosti na cestovnom smjeru. Diplomski rad izrađuje na temu „Idejno prometno rješenje izgradnje obilaznice (D1) u gradu Jastrebarskom“ u sklopu kolegija „Prometno tehnološko projektiranje“ na Zavodu za prometno planiranje. U akademskoj godini 2023./2024. izabrana je za demonstratoricu na kolegiju Modeliranje i planiranje u cestovnom prometu. Tijekom iste akademske godine sudjelovala je na projektu studentskog natjecanja „Transportikum“ rješavajući zadatak tvrtke Lider projekt d.o.o. na temu „Prijedlog novih prometnih rješenja i izrada simulacija u zoni obuhvata Luščić centar u gradu Karlovcu“ i za isti, zajedno sa svojim timom, osvojila nagradu za najbolje rješenje projektnog zadatka.

Petra Turkalj, rođena je 16. lipnja 1999. godine. Završila je Srednju školu Dugo Selu, usmjerenje tehničar za računalstvo 2018. godine u Dugom Selu, a obrazovanje je nastavila na Sveučilištu u Zagrebu, Fakultetu prometnih znanosti. Godine 2022. završila je preddiplomski studij na cestovnom smjeru na temu završnog rada „Analiza cestovne mreže i prijedlog mjera poboljšanja na području grada Dugog Sela“ i time stekla titulu sveučilišne prvostupnice inženjerke prometa, te upisala diplomski studij. Trenutno je studentica druge godine diplomskog studija Sveučilišta u Zagrebu, Fakulteta prometnih znanosti na cestovnom smjeru. Diplomski rad izrađuje na temu „Utjecaj preventivnih radarskih mjerača s pokazivačem brzine kretanja vozila povezanih sa semaforom na ponašanje vozača“ u sklopu kolegija „Prometna signalizacija“ na Zavodu za prometnu signalizaciju i u suradnji s poduzećem Elektromodul-promet d.o.o.. Tijekom 2023. godine sudjelovala je na projektu Transportikum, gdje je sa svojim timom osvojila nagradu za najbolje rješenje projektnog zadatka tvrtke Arriva Hrvatska pod temom „Opravdanost uvođenja kartomata za kupovinu prijevozne karte na prodajnim mjestima u gradovima Rovinj i Novi Vinodolski“ koje je implementirano u istoj godini. Isto tako je 2024. godine sa svojim timom sudjelovala na projektu „Transportikum“ na projektom zadatku

osiguravajuće kuće Grawe Hrvatska d.d., te je za isti sa svojim timom nagrađena za najbolje rješenje projektnog zadatka na temu „Analiza prometnih nesreća naleta vozila na divljač“. Tijekom akademske godine 2023./2024. postala je članicom Studentskog zbora Fakulteta prometnih znanosti, odbora za promociju fakulteta i odbora za organizaciju projekta „Kampusijada“.



NAZIV PROJEKTA: KONCEPT ODRŽIVIH PROMETNIH RJEŠENJA ZA POVEĆANJE MOBILNOSTI I SUVREMENI RAZVOJ ZNANSTVENO-UČILIŠNOG KAMPUSA BORONGAJ			
NAZIV PRILOGA: POSTOJEĆE STANJE U ZONI OBUHVATA ZUK BORONGAJ			
AUTORI: Katarina Krišto Petra Turkalj		SASTAVNICA SVEUČILIŠTA: SVEUČILIŠTE U ZAGREBU FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI	
MJERILO: 1: 6000	BROJ PRILOGA: 1	AKADEMSKA GODINA: 2023./2024.	MJESTO I DATUM: Zagreb, kolovoz 2024.



NAZIV PROJEKTA:
 KONCEPT ODRŽIVIH PROMETNIH RJEŠENJA ZA POVEĆANJE MOBILNOSTI I
 SUVREMENI RAZVOJ ZNANSTVENO-UČILIŠNOG KAMPUSA BORONGAJ

NAZIV PRILOGA:
 PREDLOŽENO RJEŠENJE U ZONI OBUHVATA ZUK BORONGAJ

AUTORI: Katarina Krišto Petra Turkalj	SASTAVNICA SVEUČILIŠTA: SVEUČILIŠTE U ZAGREBU FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
---------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------

MJERILO: 1: 6000	BROJ PRILOGA: 1	AKADEMSKA GODINA: 2023./2024.	MJESTO I DATUM: Zagreb, kolovoz 2024.
------------------	-----------------	----------------------------------	------------------------------------------