

# Koncept razvoja centara za nadzor i upravljanje prometom u gradovima

---

**Vidaković, Filip**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:026628>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-18**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Filip Vidaković

**KONCEPT RAZVOJA CENTRA ZA NADZOR I  
UPRAVLJANJE PROMETOM U GRADOVIMA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**  
**POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT**

**Zagreb, 24. travnja 2017.**

Zavod: **Zavod za inteligentne transportne sustave**

Predmet: **Inteligentni transportni sustavi 1**

## **DIPLOMSKI ZADATAK br.4065**

Pristupnik: **Filip Vidaković (0135226161)**

Studij: **Inteligentni transportni sustavi i logistika**

Smjer: **Inteligentni transportni sustavi**

Zadatak: **Koncept razvoja centra za nadzor i upravljanje prometom u gradovima**

Opis zadatka:

U diplomskom radu potrebno je dati opći pregled inteligentnih transportnih sustava te opisati ITS arhitekturu centara za upravljanje prometom. Diplomski rad treba sadržavati pregled postojećih nadzornih centara za upravljanje prometom te koncept implementacije nadzornog centra u gradu Zagrebu. Kao rezultat istraživanja u ovom diplomskom radu potrebno je provesti analizu i prijedlog prilagodbe postojeće telematičke opreme u Zagrebu kao pripremnu mjeru za implementaciju centra za nadzor i upravljanje prometom.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

---

---

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Fakultet prometnih znanosti**

Diplomski rad

**KONCEPT RAZVOJA CENTRA ZA NADZOR I UPRAVLJANJE**  
**PROMETOM U GRADOVIMA**

**CONCEPT OF DEVELOPMENT CENTER TO MONITOR AND**  
**MANAGE TRAFFIC IN CITIES**

Mentor: dr.sc.Pero Škorput

Student: Filip Vidaković

JMBAG: 0135226161

Zagreb, srpanj 2017.

## **SAŽETAK**

Nadzorni centar za upravljanje prometom je jedno od rješenja inteligentnih transportnih sustava za prometne gužve i bitan faktor u održivom prometnom sustavu kako u gradovima, tako i u širem području. Nadzorni centar objedinjuje mnoge telematičke sustave kao što su semafori, detektori, pametne prometnice, autonomna vozila i slično u jedan sustav iz kojeg se upravlja svim ostalim komponentama. U ovome radu predložen je i detaljno opisan koncept razvoja nadzornog centra u gradovima, dan je osvrt na suvremene tehnologije koje se koriste u ITS okruženju, te je primjerima iz svjetske prakse prikazano na koji se način postepeno implementira takav sustav i na kraju su prikazane pozitivne i negativne činjenice koje ga karakteriziraju. Također je analizirana postojeća telematička oprema u svrhu ukazivanja na potrebne zamjene opreme. Svrha rada je ukazivanje na potrebu za implementacijom nadzornog centra odnosno nadogradnju klasičnog upravljanja prometom na suvremeno upravljanje korištenjem informacijsko-komunikacijskih metoda i načela, gdje takvi sustavi, uz isto ili manje iskorištenje resursa daju značajno efikasnije i učinkovitije rezultate.

## **KLJUČNE RIJEČI:**

Nadzorni centar za upravljanje prometom; inteligentni transportni sustavi; telematički sustavi; autonomno upravljanje.

## **SUMMARY**

The control center for traffic management is one of the solutions of intelligent transport systems for traffic jams and guiding principle towards sustainable transport system in cities, and in the wider area. The control center combines many telematic systems (traffic lights, detectors, smart roads, autonomous vehicles) in a single system from which manages all other components. In this paper is proposed and described in detail the concept of development control center in the cities, there is a comment on any necessary actions before the implementation of such a system, and the examples of world practice shows that the method of gradually implementing

such a system and finally shows positive and negative facts that characterize it. There was also analyzed the existing telematics equipment in order to point to the necessary replacement of equipment. The purpose of the study is the need for the implementation of the monitoring center, which represents a modern approach to traffic management based on intelligent transportation systems, or in layman's terms, an upgrade of the classic traffic management in modern management of the use of information and communication methods and principles, where such systems with the same or less use of resources provided significantly more efficient and more effective results.

**KEYWORDS:**

The control center for traffic management; intelligent transport systems; telematic systems; autonomous management.

## **SADRŽAJ:**

1.	UVOD.....	1
2.	KONCEPT INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA U GRADOVIMA.....	5
2.1.	Inteligentni transportni sustavi.....	5
2.2.	Primjena ITS sustava u prometu .....	7
2.3.	Smjernice razvoja ITS-a u gradovima .....	10
3.	ITS ARHITEKTURA CENTARA ZA UPRAVLJANJE PROMETOM.....	13
4.	KONKPCIJSKA OSNOVA CENTARA ZA NADZOR I UPRAVLJANJE PROMETOM .....	20
4.1.	Ustroj centara za upravljanje prometom u gradovima .....	21
4.2.	Funkcije centara za upravljanje prometom u gradovima .....	23
4.3.	Nadzorni centar Rijeka.....	25
4.4.	Svjetski nadzorni centri za upravljanje prometom u gradovima .....	28
4.4.1.	Nadzorni centar Washington .....	28
4.4.2.	Nadzorni centar Birmingham .....	30
4.4.3.	Nadzorni centar Berlin .....	31
5.	ANALIZA POSTOJEĆE TELEMATIČKE OPREME U GRADU ZAGREBU.....	34
5.1.	Podjele semaforских uređaja.....	34
5.2.	Funkcionalnosti postojeće telematičke opreme u gradu Zagrebu .....	36
6.	KONCEPT IMPLEMENTACIJE NADZORNOG CENTRA U GRADU ZAGREBU .....	44
7.	ZAKLJUČAK .....	51

LITERATURA..... 53

POPIS SLIKA ..... 56

POPIS TABLICA..... 56



# 1. UVOD

Sve većom ekspanzijom osobnih automobila i sve većom potražnjom za cestovnim kapacitetima velik dio gradova diljem svijeta suočava se sa problemima koji se ogledaju kao nerazvijenost prometnog sustava i neadekvatno upravljanje prometnim tokom što za posljedicu ima nisku kvalitetu života, socijalnih i gospodarskih prilika i u krajnjoj liniji negativan utjecaj na zdravlje i samozadovoljstvo čovjeka. Cilj svake države, regije, svakog gospodarstva mora biti osiguravanje učinkovitog i sigurnog prijevoza, iz razloga što je prometni sustav pokretač gospodarstva i razvitka te iste zemlje.

Promet je uređeni sustav koji služi korisnicima i kao takav mora biti dostupan, siguran i pravovremen u svakom vremenskom razdoblju. Prometni sustav je teško optimalno planirati i projektirati, zbog svoje dinamičnosti, zbog mnogo dionika u sustavu i visoke kompleksnosti. Trenutno se u svim važnijim i većim gradovima mogu zapaziti velike gužve u urbanim dijelovima posebno u prije i poslije podnevnim vršnih satima, gdje je iskoristivost prometnog sustava na jako niskoj razini, što za rezultat ima duga vremena čekanja, slabu iskoristivost JGP-a, povećani stres korisnika sustava, smanjenu sigurnost, visoki stupanj onečišćenja i slično.

Takav trend predstavlja neodrživ razvitak prometnog sustava, pa su u tu svrhu razvijeni inteligentni transportni sustavi (engl. *Intelligent Transportation Systems - ITS*), sustavi koji predstavljaju nadogradnju klasičnog sustava upravljanja, na višu razinu, korištenjem informacijsko-komunikacijskih tehnologija, a temelje se na stvarno-vremenskim informacijama i komunikacijama između dionika u cjelokupnom sustavu. ITS kao takvi postižu visoke performanse, sigurnost i protočnost prometnog toka, u povoljnom odnosu dobivenog i uloženog. Sam razvitak ITS-a pojavio se prvenstveno u drugim granama gospodarstva, kao alternativa izgradnji novih infrastrukturnih objekata zbog pomanjkanja prostora za širenje.

Razvitak računalne industrije ubrzao je razvitak ITS-a odnosno informacijsko-komunikacijskih metoda razvojem velikih procesorskih brzina, tako da danas procesori mogu obraditi nezamislivo mnogo informacija u kratkom vremenskom intervalu i iskoristiti ih u različite

svrhe ovisno o potrebi. Jako bitna stavka u razvitku prometnog sustava je informacija, koja je besmislena dok ne postane dostupna u pravo vrijeme, na pravom mjestu i pravom korisniku. U prošlosti, pa čak i danas u nekim segmentima možemo primijetiti jako puno informacija koje su nepotrebne, nemaju filter i tu ITS dolazi do izražaja, doslovno u manipulacijama podacima, informacijama na način na koji to korisnik zahtijeva. Stvarno-vremenski pristup jako je bitan pogotovo u dinamičkom okruženju kakav je prometni sustav gdje je određena informacija od značaja u kratkom vremenskom intervalu, te nakon toga postaje beskorisna. ITS se bazira i teži k razvitku umjetne inteligencije, neuronskih mreža i sličnih termina u svrhu ponašanja računala što sličnije čovjeku. Također jako je bitno spomenuti kooperativno upravljanje na kojima se temelji ITS odnosno na komunikaciji i međusobnom nadopunjavanju različitih entiteta unutar sustava.

ITS predstavlja koncept po kojem su se do danas razvili mnogi sustavi, koje karakteriziraju optimiziranost, visoke performanse, robusnost, sigurnost i pouzdanost, s ekonomski i ekološki prihvatljivog aspekta. Neki od takvih sustava su pametne prometnice, Park&Ride sustavi, autonomna vozila, pametna parkirališta, prioritetne skupine vozila, putna i pred-putna informiranja, zeleni val prometa, aktivni tempomat, sustavi detekcije (vozila, promjene trake) i slični sustavi koji će se detaljnije objasniti u nastavku rada.

Cilj ovog rada je na temelju stečenog iskustva u prometnom sektoru te korištenjem domaće i strane stručne literature, ukazati na potrebu za korištenjem ITS tehnologija i implementacijom nadzornog centra, na primjeru grada Zagreba, ali i u ostalim većim gradovima u Republici Hrvatskoj, u svrhu izgradnje Europske, pa i svjetske prometne suprastrukturalne i infrastrukturne mreže, a sve s ciljem učinkovitog, sigurnog i ekološki prihvatljivog transporta. Glavni fokus u radu je na nadzorni centar u okruženju inteligentnih transportnih sustava te na telematičku opremu koja se koristi u suvremenim sustavima upravljanja prometom.

Nadzorni centar za upravljanje prometom predstavlja suvremeni inteligentni transportni sustav koji objedinjuje mnogo telematičkih sustava u jednu zasebnu cjelinu koja komunicira sa podsustavima unutar istog, a bazira se na pravovremenim informacijama koje se primaju i emitiraju između entiteta unutar okruženja nadzornog centra za upravljanje prometom. U

jednom tako kompleksnom sustavu potrebno je uskladiti različite tehnologije, razviti visoku razinu kooperativnosti, pouzdanosti i sigurnosti.

U radu će se detaljnije objasniti sustavi i podsustavi nadzornog centra za upravljanje prometom, definirati arhitektura po kojoj će se centar implementirati, dati će se prijedlozi za efikasnije implementiranje centra te ukazati na mjere koje su potrebne kako bi takav sustav dobro funkcionirao. U sljedećim cjelinama će se dati osvrt na inteligentne transportne sustave, analizirati će se funkcionalnosti ITS-a, definirati arhitektura po kojoj ITS razvija funkcionalnosti, detaljno će se analizirati trenutno stanje u gradu Zagrebu, ukazati na nedostatke u prometnom sustavu, definirati korake i tendenciju razvitka prometnog sustava, a sve sa fokusom prema nadzornom centru za upravljanje prometom i inteligentnim transportnim sustavima.

Rad je strukturiran u sedam cjelina. U drugoj cjelini rada definirati će se koncept ITS-a kao alata, metoda koje imaju svrhu poboljšati učinkovitost nekog sustava, nadalje terminologija koju je potrebno poznavati, također će se dati osvrt na povijest razvitka ITS-a, kao i razvoj novih tehnologija koje se koriste u aspektu koncepta nadzornog centra za upravljanje prometom. Također će se dotaknuti će se primjena ITS-a u prometnom sustavu i suvremenom razvitku.

U trećem poglavlju obrađuje se osnovni koncept strukture ITS sustava i funkcionalnost upravljanja prometom općenito. Arhitektura koja služi kao temeljni predložak u razvitku sustava, izuzetno je bitna, jer su sustavi kao što je nadzorni centar kompleksni i izuzetno ih je teško projektirati ukoliko predložak nije dobro definiran i strukturiran. Detaljnije će se objasniti funkcionalnosti FRAME ITS arhitekture na kojoj počiva model implementacije nadzornog centra za upravljanje i nadzor prometa.

U četvrtom poglavlju će se opisati koncept nadzornog centra za upravljanje prometom, podijeliti na konceptualne razine upravljanja, definirati troškovi i uštede na svjetskim primjerima, definirati će se potrebni radni kadar i objasniti zadaća svakog od dionika sustava. U ovome radu nije se doticao zakonodavni okvir, što bi zasigurno bilo potrebno učiniti u nekom od sljedećih radova. Također će se prikazati neki od svjetskih i hrvatskih primjera nadzornih centara, te ukazati na pozitivne i negativne utjecaje nadzornog centra na prometni sustav.

U petom poglavlju analizirana je postojeća telematička oprema u gradu Zagrebu, detaljno su ispisane specifikacije telematičkih (semaforskih) uređaja, te dani prijedlozi zamjene dotrajalih uređaja ili uređaja koji nisu otvoreni za integriranje sa ostalim entitetima unutar sustava. Glavni cilj je ukazati na semaforske uređaje koji se koriste i u kakvom su stanju, te određena oprema koja je potrebna za provedbu ovakvog projekta.

U šestom poglavlju će se prikazati koncept implementacije nadzornog centra za upravljanje prometom u gradu Zagrebu, opisati će se grad Zagreb u prometnom smislu, kao i geografske i topološke karakteristike, gustoća stanovnika i slično. Ukazati će se na neke od točaka zagušenja u gradu Zagrebu i prikazati ITS metode kojima se takvi problemi mogu riješiti ili smanjiti. Svaki od prijedloga biti će potkrijepljen činjenicama iz hrvatske i svjetske prakse.

U posljednjem poglavlju će se analizirati predložena rješenja, dati kritički osvrt na postojeće stanje, te na moguće buduće nadogradnje i širenja centra za upravljanje te integracije suvremene opreme u budućnosti. Dotaknuti će se i tema ekspanzije tehnologijskog razvitka te osvrnuti na sigurnosne aspekte nadzornog centra.

U radu je korištena stručna literatura i stečeno znanje autora u prometnom sektoru, kako bi se što točnije opisalo i evaluiralo postojeće stanje telematičke opreme u gradu Zagrebu, ukazalo na potrebne akte kojima se može pospješiti prometni sustav, te je prikazan koncept izgradnje i implementacije nadzornog centra za upravljanje i vođenje prometa u Zagrebu i ukazale činjenice koje su dobivene iz primjera već implementiranih nadzornih centara.

## **2. KONCEPT INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA U GRADOVIMA**

Gradovi diljem svijeta imaju dosta problema glede prometnog sustava iz razloga što su projektirani i dizajnirani za određeni broj vozila i infrastrukturnih objekata pogotovo stare jezgre gradova. Nagla centralizacija i ekspanzija korištenja osobnih vozila kao glavnih prometalaca dovodi do ogromnih gužvi u urbanim dijelovima gradova, tako da je potrebno učinkovitije i efikasnije definirati i uskladiti prometovanje osobnih automobila, pješaka, javnog prijevoza i slično. Visoka razina centralizacije i prometno nekonkurentna ruralna područja, nepovezanost JGP-a i slično još više pogoršavaju probleme i potiču korisnike na korištenje osobnih automobila. Takvom trendu ITS pokušava stati na kraj sa podizanjem razine usluge na višu razinu korištenjem informacija i komunikacija, u svrhu što bolje protočnosti, sigurnosti, efikasnosti i smanjenju negativnog ekološkog učinka.

Inteligentni transportni sustavi u gradovima imaju izuzetno visok faktor djelovanja iz razloga što u relativno malom prostornom obuhvatu moraju ponuditi alternativna rješenja za bolji i učinkovitiji transport, a sve u svrhu smanjenja zagušenja, buke, onečišćenja okoliša i slično. Podizanje ITS sustava u gradovima na visoku razinu, posebno većih gradovima zahtjeva mnogo truda i iskustva, dugoročno planiranje te stručno upravljanje. Neki od svjetskih gradova uvidjeli su benefite ITS-a te su izgradili nadzorne centre za upravljanje prometom, uveli adaptivna upravljanja semaforiziranim raskrižjima, uveli Park&Ride sustave, naplatu vožnje u centrima gradova, podigli cijene parking karata i smanjili cijene JGP-a, uveli poreze na starije automobile, povećali broj biciklističkih staza, povećali broj linija JGP-a i slično kako bi se korisnike poticalo na korištenje efikasnih i ekološki prihvatljivijih vidova transporta.

### **2.1. Inteligentni transportni sustavi**

Inteligentni transportni sustavi su laički rečeno metode i alati koji služe za upravljanja sustavima koji koriste informacije i komunikacije kao glavne entitete u kompleksnim sustavima. Koriste se u raznim sferama i razinama upravljanja kao alternativa širenju infrastrukture, gdje je

dokazano da se inteligentnim upravljanjem može jednostavnije, sigurnije i efikasnije doprinijeti razvitku sustava i povećanju njegove učinkovitosti. U prometnom sektoru ITS je izuzetno bitan zbog pomanjkanja prostora za širenje infrastrukture, a nudi poboljšanja u aspektu boljeg upravljanja i vođenja, čime se mogu postići robusni i učinkoviti rezultati bez daljnjih nadogradnji infrastrukture i sa manje utrošenih resursa i radnika.

Inteligentni transportni sustavi se definiraju kao holistička, upravljačka i informacijsko-komunikacijska (kibernetiska) nadgradnja klasičnog sustava prometa i prijevoza kojim se postiže znatno poboljšanje performansi, odvijanje prometa, učinkovitiji prijevoz putnika i roba, poboljšanje sigurnosti u prometu, udobnost i zaštita putnika, manja onečišćenja okoliša, itd. ITS je upravljačka i informacijsko-komunikacijska nadgradnja klasičnoga prometnog i transportno-logističkog sustava s bitnim poboljšanjima za mrežne operatore, davatelje usluga, korisnike i društvo u cjelini.[1]

ITS u prometnom sektoru temelji se na informacijama i komunikacijama, kao arhitekturom kojom raspolaže i kojom se ostvaruje svrha samog ITS-a. Kao standard u komunikacijskoj arhitekturi ITS-a koristi se predložak transportne sigurnosti (*Transport Layer Security - TLS*) koji omogućuje klijentskim/serverskim aplikacijama komunikaciju preko interneta na način koji je dizajniran kako bi onemogućio prisluškivanje, ulazno kašnjenje i povećao sigurnost i integritet podataka. Primarni cilj je siguran komunikacijski kanal za dva ili više sudionika. U svakoj komunikaciji zahtijeva se autentifikacija, autorizacija, pouzdanost i integritet podataka.[2]

Kroz povijest razvoj inteligentnih transportnih sustava od strane tijela Europske unije postupno se javlja od sredine 90-ih godina 20. stoljeća. Od početka 21. stoljeća Europska komisija sve aktivnije objavljuje dokumente vezane uz pojedine aplikacije i pripadne usluge ITS-a, da bi 2008. godine nastao i Akcijski plan za uvođenje ITS-a u Europi kao ključna smjernica u razvitku ITS-a. U Republici Hrvatskoj je razvoj ITS-a imao blagi rast tijekom 80-ih i 90-ih godina prošlog stoljeća. Dobro je utemeljeno područje cestovne telematike, razvilo se istraživačko središte za ITS odnosno preteča zavoda za ITS i naposljetku sveučilišni studij na Fakultetu Prometnih Znanosti u Zagrebu. Daljnja realizacija strategije razvoja ITS-a u Hrvatskoj, a naročito razvoj ITS-a u

gradovima uvjetovat će realizaciju značajnih projekata iz područja upravljanja transportnim sustavima što bi trebalo omogućiti daljnji razvoj domaćeg malog i srednjeg poduzetništva. Posebno treba ukazati na činjenicu da je ovakav pristup u implementaciji ITS tehnologija imao veoma pozitivne učinke na sadašnji i budući razvoj hrvatskog turizma, kao jednog od najuspješnijih dijelova hrvatskog gospodarstva. U neposrednoj budućnosti potrebno je razviti koncept javno-privatnog partnerstva kroz zajedničko, kooperativno djelovanje javnog sektora s privatnim sektorom u razvoju i implementaciji raznovrsnih sustava, kao i pružanju različitih usluga u području inteligentnih transportnih sustava.[3][35]

## **2.2. Primjena ITS sustava u prometu**

Primjena ITS-a ključna je u razvitku prometnog sustava zbog navedenih razloga visoke učinkovitosti, sigurnosti i efikasnosti, a kao rezultat imaju smanjenje zagušenja, zagađenja okoliša, buke i slično. ITS se koristi u svim razinama prometnog sustava, a izrazito je bitan te ga je izrazito teško dizajnirati u urbanim dijelovima gradova gdje je potrebno u malom prostoru uskladiti mnogo prometnih entiteta i vidova transporta. Inteligentni transportni sustavi u prometnom sektoru su doprinijeli razvitku mnogim suvremenim tehnologijama kao i tehnologijama koje su u fazi pripreme, a sve tehnologije su u okruženju nadzornog centra za upravljanje prometom. Neke od takvih tehnologija su navedene u nastavku rada.[4]

**Prioritetne skupine vozila** su vozila ili grupe vozila kojima se dodjeljuje bezuvjetni prioritet na križanjima, a obuhvaćaju žurne službe (hitna pomoć, policija, vatrogasci) i javni gradski prijevoz (JGP) kako bi uslijed incidentnih situacija ili po drugoj potrebi brže reagirale na nastalu situaciju u svrhu smanjenja smrtnih posljedica isto kao i povećanje razine prometne usluge.

**Putna i pred-putna informiranja** predstavljaju informiranje korisnika pouzdanim, pravovremenim i filtriranim informacijama vezane za rutu kojom prolaze ili kojom će prolaziti, gdje je bitno naglasiti da su te informacije pravovremene i filtrirane kako ne bi dolazilo do nepotrebnih informacija. Izuzetno su bitna u stvarno-vremenskom pristupu gdje su informacije bitne u određenom vremenu i na određenom području.

**Park & Ride** sustav je ITS rješenje koje kombinira infrastrukturne i suprastrukturne dijelove prometa, te različitih metodama potiče korisnike na korištenje istog. Sadrži parkirališne površine u ruralnim dijelovima grada gdje korisnici mogu sigurno parkirati svoja vozila, kupiti integriranu voznu kartu koja pokriva troškove parkinga, prijevoza do i u gradu, a gdje se mogu vidjeti uštede na pogonskom gorivu i vremenu, te smanjenju stresa i gužvi u urbanim dijelovima grada.

**Sustavi detekcije vozila, prisutnosti i promjene trake** kao sustavi koji mjere, očitavaju ili detektiraju promjenu unutar svog područja mjerenja, a za mjerenje se mogu koristiti detektori, senzori, video kamere i slično u svrhu povećanja učinkovitosti, sigurnosti i neometanog prometnog toka. Većinom se koriste u vozilima ili su ugrađeni u prometnice, kako bi što točnije evaluirale stvarno stanje.

**Zeleni val prometa** koji služi kao metoda propuštanja vozila kroz dva ili većinom više povezanih raskrižja bez potrebe za zaustavljanjem dok vozilo vozi brzinom koja je unaprijed definirana. Ukoliko se vozilo kreće iznad dozvoljene brzine, dočekati će ga crveno svjetlo na nekom od sljedećih semafora u svrhu poticanja korisnika na prilagođavanje brzine.

**Tempomat** je ITS rješenje koje omogućuje vožnju po unaprijed definiranoj brzini. Također postoji i aktivni tempomat, koji je korak naprijed ka autonomnim vozilima, gdje se može definirati razmak koji je potrebno držati u odnosu na automobil ispred, tako da vozilo samo ubrzava ili usporava kako bi održalo postavljeni razmak između vozila ispred sebe. Takav sustav je izuzetno siguran i pouzdan, omogućuje vozaču smanjenje stresa i napetosti za vrijeme vožnje.

**Autonomna vozila** su vozila koja se kreću po prometnici uz djelomičnu ili bez pomoći vozača, koristeći brojne senzore, kamere i GPS kao podsustave kojima prikupljaju informacije koje se prosljeđuju u središnju procesorsku jedinicu, gdje se te informacije koriste u svrhu računanja algoritama kretanja vozila. Takva vozila su trenutno u fazi testiranja, i definitivno će kroz sljedeća dva desetljeća biti u svakodnevnoj upotrebi, dok je zasad potrebno definirati tehnološke i sigurnosne zahtjeve.[5]



**Navigacija ili putno navođenje** predstavlja suvremeni sustav koji služi za putno ili pred-putno informiranje korisnika o planiranoj ruti, te daje korisniku informacije za dolazaka do planirane lokacije. Te podatke navigacija prikuplja putem satelita odnosno GPS modula ugrađenog u sam uređaj korisnika. Danas su takvi sustavi daleko napredovali, tako da se pojavljuju na mobilnim uređajima, ugrađeni u vozila, nemaju problema u garažama i slično.

**Induktivna petlja** je sustav koji mjeri, detektira prisutnost vozila u okruženju na način da promjenom induktiviteta petlje odnosno zavojnice detektira promjenu odnosno vozilo. Uglavnom su fizički ugrađene u prometnicu i koriste se većinom za automatizaciju semafora, rampe i barijere, parking sustave i klasifikaciju vozila. Problem kod korištenja induktivne petlje je što se mora fizički ugraditi u prometnicu, te ukoliko se pokvari potrebno je zaustaviti prometni tok dok se šteta ne sanira.

**Adaptivno upravljanje** je metoda upravljanja sustavom koja se temelji na samostalnoj prilagodbi vanjskim promjenama sustava. U prometu se adaptivno upravljanje koristi uglavnom na semaforiziranim raskrižjima na način da računala ovisno o prometnoj potražnji na određenom dijelu prometnice daje viši prioritet i po potrebi produljuje ili skraćuje fazu zelenog svjetla za određene skupine vozila ili pješaka.

**RFID (Radio Frekvencijska Identifikacija)** je tehnologija koja koristi radio frekvenciju kako bi se razmjenjivale informacije između uređaja. Koristi se najviše kod ulazno-izlaznih rampi i za klasifikaciju vozila.

**Promjenjivi svjetlosni znakovi** (*engl. Variable Message Sign - VMS*) su LED paneli na kojima se jednostavno može unositi tekst, upozorenja i obavijesti na određenom dijelu prometnica. Bolji je od konvencionalnih iz razloga što se jednostavno može promijeniti natpis na panelu. Jako je bitan u prometnom sustavu jer je dinamičan, što znači da se u svakom trenutku može staviti drugačija, trenutno potrebna informacija.

**Pametne prometnice** su prometnice budućnosti koje će biti u mogućnosti adaptivno osvjetljivati prometnicu, postavljati obavijesti, upozorenja o vremenskim uvjetima, uvjetima na prometnici, bežično puniti električna vozila, mobilne uređaje i slično.

**Pametna parkirališta** su parkirališta koja su dostupna online, prvenstveno projektirana za kamionski transport, kako bi vozači diljem svijeta mogli unaprijed rezervirati parkiralište u svojoj ili drugoj zemlji, platiti, otkazati ili promijeniti rezervaciju, a sve putem Internet veze. [6][34]

### **2.3. Smjernice razvoja ITS-a u gradovima**

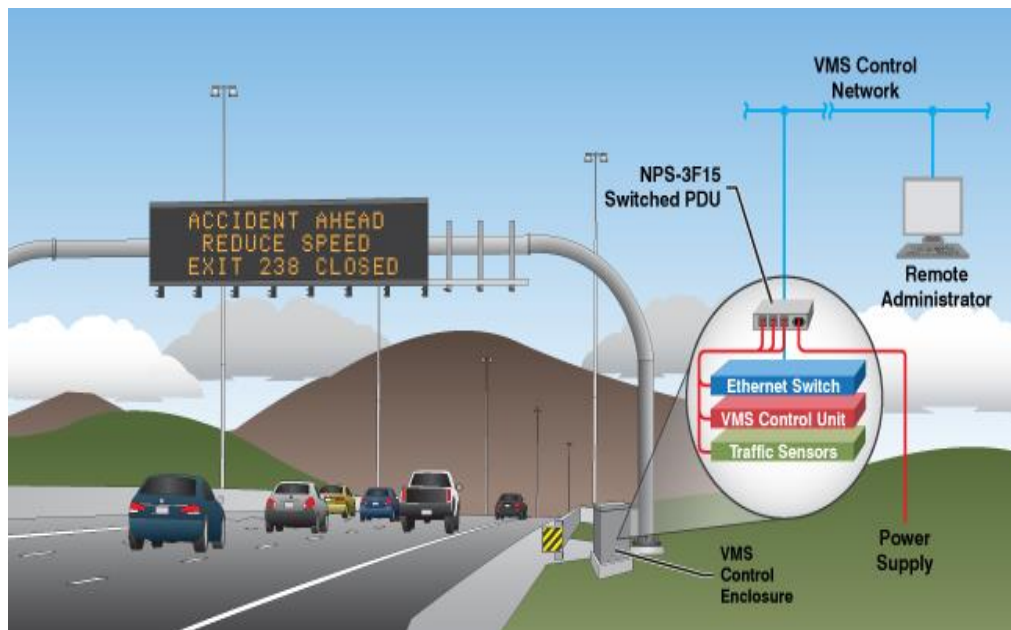
Glavni cilj razvoja ITS-a u gradovima je korištenje JGP, koji mora biti konkurentan u usporedbi sa ostalim vidovima transporta kako bi se maksimizirala protočnost u užim centrima gradova. Tendencija prema ekološki prihvatljivijim vidovima transporta potiču se i od strane EU, te su sufinancirani projekti koji osiguravaju razvitak u tom smjeru.

Razvitak novih tehnologija u okruženju ITS-a temelji se na autonomnosti odnosno učenju računala, kako bi bila sposobna u što je moguće većoj mjeri reagirati na novonastalu situaciju, po uzoru na ljudski mozak. Neuronske mreže, umjetna inteligencija, genetski algoritmi i slično su temelj suvremenog razvitka ITS-a. Kod razvoja novih ITS rješenja potrebno je voditi računa da se ne ometa (otežava) pristup ovim aplikacijama i uslugama osjetljivim sudionicima u cestovnom prometu (djeca, stariji ljudi, invalidi). Veoma je važno voditi računa o dokazivanju pouzdanosti inovativnih sustava ITS-a na temelju zadovoljavajuće razine tehničkog razvoja i njihove operativne uporabe. Od posebnog je interesa provedba ITS aplikacija i usluga gdje su posebno važni prostorno-vremenski podaci. U tom smislu treba poticati uporabu satelitske infrastrukture, ili bilo koje tehnologije koja pruža jednaku razinu preciznosti za potrebe aplikacija i usluga ITS-a za koje su potrebne globalne, kontinuirane, točne i zajamčene usluge podataka vremena i lokacije. Od posebne je važnosti da prilikom razvoja i uvođenja pojedinih ITS aplikacija i usluga treba poticati korištenje multimodalnosti, gdje god je to moguće. Osim navedenih načela, kod implementacije pojedinih ITS rješenja posebno je važno voditi računa o cijelom životnom ciklusu pojedinih ITS rješenja. Tu je od posebnog značenja održavanje ovakvih sustava, jer su dosadašnja iskustva

pokazala da su pojedina rješenja dugoročno neodrživa upravo iz razloga veoma skupog održavanja.[3]

ITS je razvio mnogo suvremenih sustava koji su danas u upotrebi, a koriste navedeni protokol u komunikaciji, gdje je potrebno osigurati korisniku sigurnu, točnu i pravovremenu informaciju, gdje god se korisnik nalazio. Takvi sustavi počivaju na elementarnim informacijsko-komunikacijskim uređajima koji prikupljaju podatke, obrađuju ih u kratkom vremenskom intervalu, filtriraju te podatke i vraćaju ih krajnjem korisniku u obliku kojeg taj korisnik zahtijeva. Neke od značajki ITS sustava su računalni vid, smanjenje utjecaja faktora ljudske pogreške, genetski algoritmi, heuristika, neizrazita logika, umjetna inteligencija i slično. Na slici 1. su prikazani sustavi i povezanost entiteta unutar prometnog sustava. Može se primijetiti međusobna komunikacija između različitih entiteta unutar sustava koja pomaže u predviđanju i djelovanju uslijed promjene smjera, naglog kočenja i slično. Također se može uočiti i nadzorni centar za upravljanje koji putem telekomunikacijskih mreža prima, filtrira, korigira i odašilje informacije ostalim dionicima sustava. Upozorenja o vremenskim uvjetima, prevencija prometnih nezgoda korištenjem komunikacije između vozila i prometnica, prevencija vožnje u suprotnom smjeru, vožnja po ekološkim zahtjevima, upozorenja u školskoj zoni, korištenje GPS-a za pomoć pješacima i biciklistima i slični sustavi tvore kompleksnu cjelinu ITS okruženja. Entiteti unutar sustava komuniciraju putem bežičnih tehnologija kao što su bluetooth, internet povezivost te korištenjem radio frekvencija.

Na slici 1. prikazan je sustav promjenjivog svjetlosnog znaka (*engl. VMS*) na kojoj se može uočiti nekoliko komponenata kao što su napajanje, upravljačka jedinica, sami znak kao dio infrastrukture, te mrežna komponenta koja služi za daljinsko upravljanje. Sustav kao takav izuzetno je pogodan za korištenje u svim vremenskim uvjetima, otporan je na udare vjetra, te ga je potrebno rijetko servisirati ili zamijeniti dotrajale panele. Klasičan primjer jednog ITS sustava kojeg karakteriziraju visoke performanse, mogućnost jednostavne promjene natpisa i slično.



Slika 1: Dijelovi VMS sustava u okruženju ITS-a, Izvor: [7]

ITS sustavi su sadašnjost i budućnost, pojavom automatizacije, robotike i razvojem računalnih tehnologija mogu se jednostavnije projektirati, ispitati i evaluirati budući sustavi u izoliranom okruženju te jako precizno estimirati stvarni utjecaj na građane, na gospodarske i kulturne aspekte. Bitno za shvatiti je da svaki ITS sustav počiva na informacijama i komunikacijama, kao glavnim entitetima svakog sustava, čija je svrha osigurati korisniku pravovremenu, točnu informacija, u trenutku u kojem je korisniku to potrebno.[36]

### 3. ITS ARHITEKTURA CENTARA ZA UPRAVLJANJE PROMETOM

U ovom poglavlju obrađen je osnovni koncept strukture ITS sustava, funkcionalnost upravljanja prometom općenito i analizirane su europska (FRAME) i američka ITS arhitektura. Arhitektura sustava odgovorna je za upravljanje prometom putem cestovne mreže koje je pokrenuto i nadzirano nekim inteligentnim sustavom. Funkcionalnost koju arhitektura sadrži omogućiti će tok prometa u smislu poticanja učinkovitog korištenja kapaciteta prometnica, maksimizirajući protočnost vozila, djelovanja uslijed incidentnih situacija i minimizirajući negativni ekološki učinak vozila na okoliš i čekanje u repovima.

Arhitektura predstavlja temeljnu organizaciju sustava koja sadrži ključne komponente, njihove odnose i veze prema okolini te načela njihovog dizajniranja i razvoja, promatrajući cijeli životni ciklus sustava. Veliki sustavi, od kojih se zahtijeva mogućnost budućeg razvoja i proširenja, trebaju imati sljedeće temeljne karakteristike: kompatibilnost, proširivost, interoperabilnost, integrativnost i normiranost. Bez definiranja arhitekture dolazi do poteškoća pri integraciji komponenata, troškovi nadogradnje su viši, a otežana je i prilagodba novim tehnologijama. ITS arhitektura daje opći predložak (*engl. General Framework*) prema kojemu se planiraju, dizajniraju i postavljaju integrirani sustavi prometa i transporta u određenom prostorno-vremenskom obuhvatu. Na ovaj način omogućeno je planiranje razvoja ITS-a na logičan način.[8]

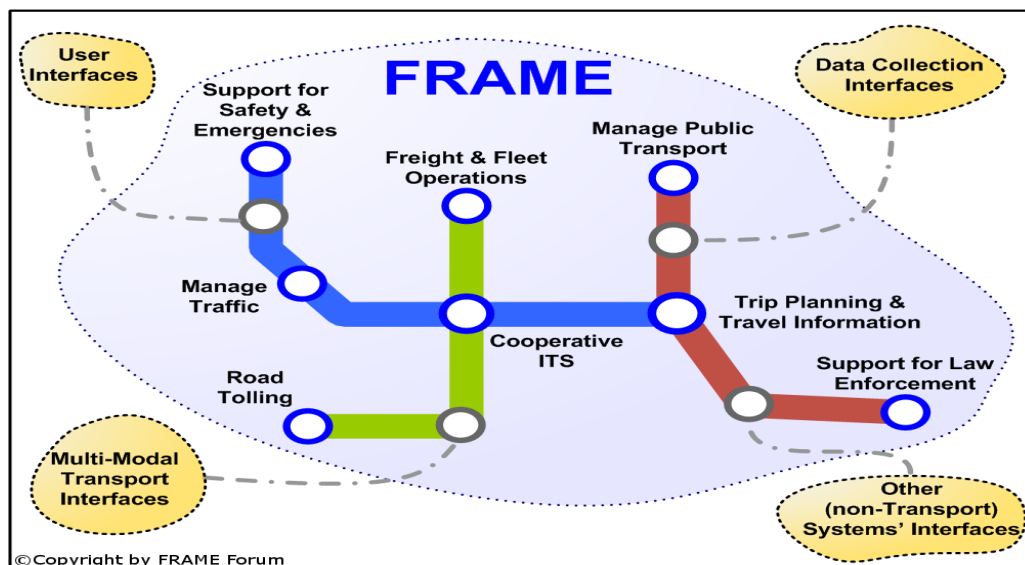
U ovom radu smjer implementacije sustava bazira se na FRAME arhitekturi (*engl. FrameWork Architecture Made For Europe*), arhitekturi koja je stručno i precizno definirana i dokumentirana, a koja je razvijena kao rezultat preporuka vodećih stručnjaka prometnih znanosti diljem svijeta. Glavni zadatak europske arhitekture je promoviranje ITS-a u Europi, pružajući korisnicima temeljnu strukturu, predložak koji omogućuje sustavnu osnovu za planiranje implementacija ITS sustava, integraciju sa kompleksnim sustavima, interoperabilnost bez obzira na granice. FRAME arhitektura pokriva područja elektroničke naplate cestarina, odziv i obavijesti žurnih službi, vođenje i planiranje prometnog toka i incidentnih situacija u prometu, JGP, sustave

unutar vozila, pomoć za vrijeme vožnje (putne i pred-putne informacije), upravljanje voznim parkom, daje podršku za kooperativne sustave, omogućuje i potiče multimodalnost i slično.[9]

FRAME arhitektura u kontekstu ovog rada definira funkcionalnosti nadzornog centra u skladu sa korisničkim zahtjevima i potrebama na način da operater nadzornog centra ima mogućnosti kontrole, nadzora, po potrebi izmjene svjetlosnih signala, snimanja i pohranjivanja svih relevantnih podataka, te slanje određenih informacija korisnicima u vidu putnog informiranja. Nadzorni centar sadrži grafički prikaz cijele prometne mreže kojom upravlja, uključujući svu pripadajuću infrastrukturu. Sustav samostalno može detektirati povećanje ili smanjenje propusne moći i autonomno je mijenjati.

Korisnički zahtjevi u okruženju nadzornog centra za upravljanje prometom su infrastrukturno planiranje i održavanje, financijske transakcije, žurni servisi, putno vođenje i informiranje, odziv na prometne nezgode, zahtjevi korisnika, kooperativnost sustava te upravljanje JGP-om. FRAME arhitektura omogućuje poveznice između linkova ITS-a i vanjskog svijeta, opis potreba ITS-a od strane okruženja te identifikaciju informacija sa okruženjem. FRAME arhitektura omogućuje službeni opis svih ITS aplikacija i servisa uključenih u FRAME, a strukturirani su na način da ih je lako pronaći, te jasno definirati korisničke zahtjeve i funkcionalnosti. Arhitektura pruža funkcionalno gledište iz kojeg se vide funkcionalnosti i tok podataka između istih, fizičko gledište gdje se mogu naći lokacije određenih dijelova i komunikacijski linkovi između njih, komunikacijsko gledište koje opisuje komunikacijske veze, organizacijski aspekt gdje se vide hijerarhijske razine funkcionalnosti.[10]

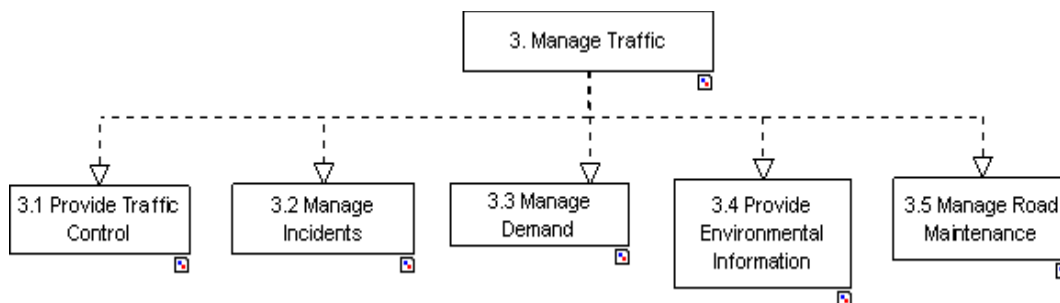
Na slici 2. prikazana je arhitektura nadzornog centra za upravljanje prometom sa podsustavima upravljanja prometom. Neki od tih sustava su upravljanje prometnim tokom, elektronička naplata cestarine, putna podrška za žurne službe, upravljanje flotama vozila, upravljanje voznim redom i informacijama o JGP-u, planiranje ruta putovanja i putničke informacije, funkcioniranje kooperativnih sustava. Takva arhitektura omogućuje jednostavno i transparentno projektiranje i odvijanje prometnog toka, na način da su sve komponente i koraci jasno definirani i transparentni.



Slika 2: Podsustavi nadzornog centra za upravljanje prometom, Izvor: [10]

Arhitektura sustava inteligentnog upravljanja prometom sadrži funkcije visoke razine upravljanja gdje se nalaze različiti dijelovi prometnog sustava kojima se upravlja, a podijeljene su na sljedeće kategorije kao što se vidi na slici 3.:

- Upravljanje prometnim tokom,
- Upravljanje incidentnim situacijama u prometu,
- Upravljanje potražnjom,
- Pružanje informacija o okolišu,
- Upravljanje održavanjem cesta.



Slika 3: Podsustavi upravljanja prometom, Izvor: [11]

Upravljanje prometnim tokom odvija se putem adaptivnih sustava (daljinsko upravljanje), semafora ili ručno. Upravljanje se odvija u konstantnim ciklusima izuzev iznenadnih zagušenja kada je potrebno djelovanje čovjeka ili korištenjem adaptivnih sustava koji automatski mijenjaju ciklus u skladu s prometnom pobudom. Upravljanje prometnim sustavom kompleksna je cjelina koja uključuje puno različitih pod dijelova te je izuzetno teško klasificirati svaki od tih. U nastavku su objašnjeni 5 glavnih podsustava upravljanja prometnim tokom.

Upravljanje incidentnim situacijama u prometu predstavlja aspekt na kojeg je potrebno obratiti veliku pozornost jer su u pitanju ljudski životi. Incidenti se događaju, to je neminovno, ali nakon incidenta nužno je pravilno reagirati na nastalu situaciju kako bi se smanjile sekundarne posljedice incidenta koje prouzrokuju više šteta i smrtnih posljedica nego li primarni incidenti. Boljim preusmjeravanjem, boljim upozorenjima, boljim oznakama i vođenjem može se znatno smanjiti sekundarna šteta prilikom incidenta. Incidentne situacije u prometu predstavljaju prioritetnu funkciju upravljanja u prometu, kada je potreban brz odziv sustava kako bi se sanirala ista. Pritom se koriste različiti sustavi u vozilu ili van njega, a očituju se brzom reakcijom žurnih službi, te davanju prioriteta žurnim službama na raskrižjima.

Upravljanje potražnjom za dijelom cestovne prometnice kombinira različite prometne trakove, izmjenjuje svjetlosne planove za određena vozila u svrhu smanjenja čekanja u repovima na križanjima. Na primjer, ako na traci na kojoj vozila imaju slobodan smjer nema vozila koja čekaju, sustav automatski provjerava prisutnost vozila u drugoj signalnoj grupi, te po potrebi dopušta prolazak toj skupini vozila. Svodi se na zadovoljavanje zahtjeva za dijelom kapaciteta prometnice na način da se osigura optimalna propusna moć prometnica, vožnja bez zagušenja te minimalna vremena čekanja za sve skupine prometnih entiteta također uz visoku razinu sigurnosti.

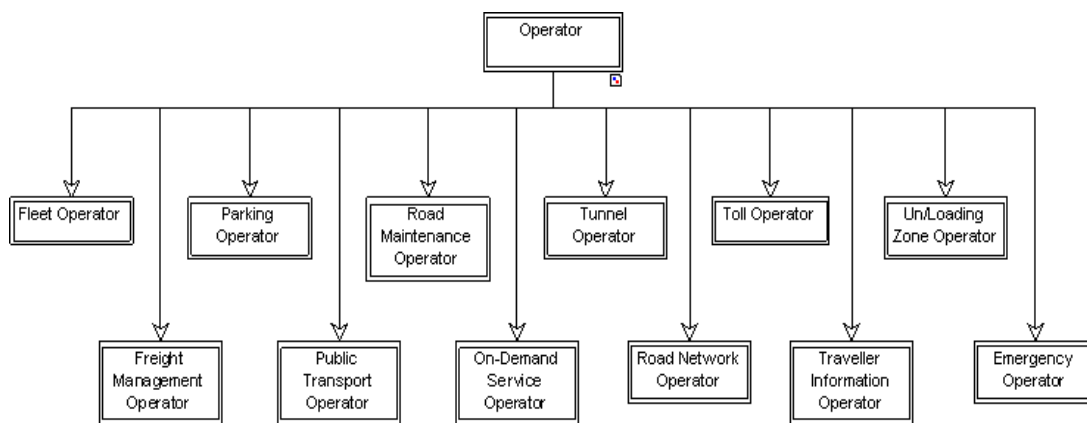
Pružanje informacija o okolišu svodi se na putno ili pred-putno informiranje vozila o stanju prometnica, gužvama na dijelovima prometnice, vremenskim neprilikama, radovima na cesti i slično. U slučaju informacija koje su nepovoljne za putnike sustavi pružaju informacije o



eventualnim alternativnim rutama. Vozila su opremljena GPS modulom i internetom kako bi podaci bili u stvarnom vremenu i pouzdani.

Upravljanje održavanjem cesta je funkcionalno područje odgovorno za održavanje sustava koji se koriste u inteligentnom upravljanju ili održavanje cestovne opreme (prometnih znakova, semafora i slično). Ovo područje je odgovorno za prometne znakove, VMS-ove, razna upozorenja na prometnicama, označavanje radova na prometnici, saniranje šteta i ostalo.

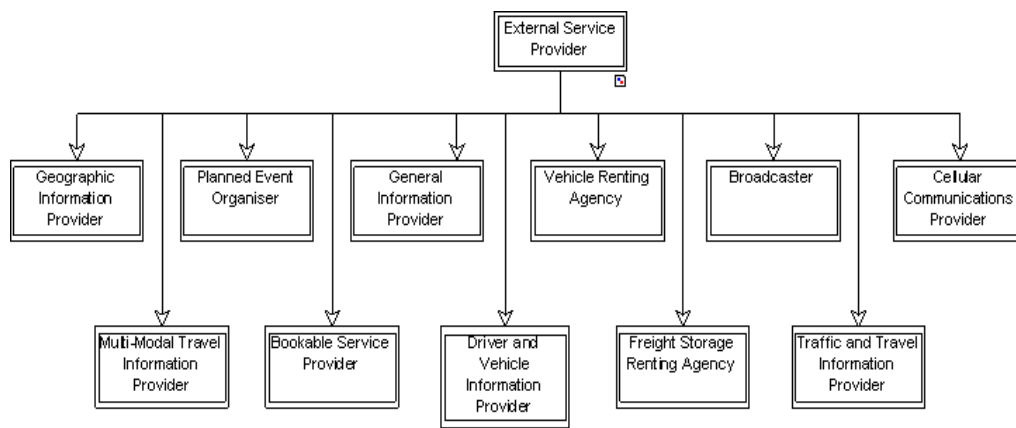
FRAME arhitektura definira i povezanost između operatera nadzornog centra sa ostalim operaterima kao što se vidi na slici 4. Glavni operater u nadzornom centru kao hijerarhijski najviše pozicioniran dionik sustava filtrira i raspućava informacije na ostale dionike kao što su operater za upravljanje voznim parkom, operater parkirališnim površina, operater održavanja prometnica, operater tunela, operater naplate cestarina, operater JGP-a, operater mreža prometnica, operater putničkih informacija, operater žurnih službi i slično. Cilj sustava je dodijeliti potrebne informacije u potrebni „odjel“, kako bi informacija došla što prije do potrebnih službi i kako bi se što prije riješio problem.



Slika 4: Tok informacija između operatera, Izvor: [11]

Usluge treće strane, vanjski servisi, također su definirani u FRAME arhitekturi na način prikazan na slici 5. U takve servise uključeni su pružatelji geografskih informacija koji su zaduženi za GPS lociranje vozila prilikom nesreće ili za putno navođenje i alternativne puteve, organizatori planiranih događanja koji su zaduženi za osiguravanje neometan prometa prije i tijekom

planiranih događanja (utakmica, parade, prosvjedi i slično), pružatelji osnovnih informacija koji informiraju korisnike o stanju na cestama, vremenskim uvjetima, mogućim gužvama i slično, pružatelj telefonskih komunikacijskih usluga koji je zadužen za sigurno, pouzdano i brzo obavljanje telefonskih usluga u svakom vremenskom trenutku, pružatelji multimodalnih informacija koji su odgovorni za osiguravanje efikasnog transporta korisnicima koji koriste dva ili više vidova transporta, pružatelji usluga vozila ili vozača koji definiraju informacije o stanju vozila ili vozača (umor, alkoholizirano stanje, pospanost) i ostali.



Slika 5: Povezanost vanjskog pružatelja usluge sa dionicima sustava, Izvor: [11]

Europski prometni stručnjaci su veoma rano shvatili značenje i mogućnosti primjene inteligentnih transportnih sustava u rješavanju prometnih i transportnih problema. U tom smislu, postoji nekoliko velikih izazova koji moraju biti prevladani da bi europski prometni sustav mogao zadovoljiti potrebe za mobilnošću europske ekonomije i društva u cjelini. Zagušenja predstavljaju jednu od glavnih briga prometnih stručnjaka i direktno utječe na 10% europske cestovne mreže, a godišnji troškovi koji se generiraju zagušenjem iznose od 0.9% do 1.5% BDP-a Europe. Nadalje, cestovni promet zagađuje okoliš sa 72% CO2 emisija posebno u zadnjih 20 godina što je izrazito mnogo i prometni stručnjaci pokušavaju smanjiti takav ekološki učinak na što je moguće manju mjeru. U Europi je već od prije bila veoma razvijena industrija cestovne telematičke opreme. Pristup inteligentnih transportnih sustava samo je otvorio nove mogućnosti, kako za razvoj prometnog i transportnog sektora u Europi, tako i za razvoj pripadne industrije opreme i usluga

u području ITS-a. Europa je ovaj sektor svoje industrije proizvoda visoke dodane vrijednosti posebno naznačila kao veoma produktivni i veoma konkurentan za ostali dio svijeta.

Akcijski plan Europe pokriva šest ključnih područja i aktivnosti:

- Optimalno korištenje cestovnih, prometnih i putnih podataka,
- Neprekinutost ITS usluga za upravljanja prometom i teretom na europskim prometnim koridorima i u gradovima,
- Sigurnost na cestama,
- Povezivanje vozila i prometne infrastrukture,
- Sigurnost i pouzdanost podataka,
- Europska suradnja i koordinacija na području ITS-a.

Navedenih 6 područja akcijskog plana europske arhitekture ITS-a zajedničkim kooperiranjem predstavljaju ključne aktivnosti na kojima se vidi tendencija razvitka održivog prometnog sustava u Europi, samim time i na globalnoj razini.[3][38]

## 4. KONCPICIJSKA OSNOVA CENTARA ZA NADZOR I UPRAVLJANJE PROMETOM

Nadzorni centar za upravljanje prometom (*NCZUP*) predstavlja telematički, komunikacijski i infrastrukturni objekt koji je u potpunosti kooperativan sa prometnim sustavom s kojim je povezan preko brojnih kamera, senzora, detektora i ostalih metoda dvosmjerne komunikacije u stvarno-vremenskom pristupu po unaprijed definiranim protokolima. NCZUP svrstan je u primarni dio ITS-ove domene i kao takav jako je važan za daljnji razvitak ITS-a. Nadzorni centar nadzire gotovo svaki dio prometnog sustava te na taj način upravlja prometom, preusmjerava promet, šalje korisnicima potrebne informacije o prometu, uvjetno otvara/zatvara ulazno-izlazne rampe, a sve u svrhu povećanja protočnosti i sigurnosti prometa. NCZUP informacije prosljeđuje korisnicima putem:

- Radio veze,
- Mobilnih terminalnih uređaja (zahtijeva bluetooth ili internet povezanost),
- Elektronskih znakova (*engl. Variable Message Signs - VMS*).

Jako bitno je da su informacije koje nadzorni centar prima i emitira pouzdane i da se emitiraju u pravu vrijeme i korisnicima kojima je to potrebno, kako ne bi došlo do nepotrebnih informacija ili prevelikog broja informacija. Bitno je da se pokuša predvidjeti koje informacije korisnik u kojem trenutku treba, jer primjerice nema smisla davati korisniku informacije o dijelu rute koju je korisnik već prošao, u tom slučaju se samo zagušuje komunikacijski kanal, a korisnika se zatrpava sa nepotrebnim stvarima.

Trend nadzornih centara u svijetu je trenutno u početnim fazama, tako da su danas sustavi od kojih je sačinjen centar na nižoj razini nego što se to očekuje, a pretpostavka je da će cijeli proces biti znatno više automatiziran, na način da se koliko je god moguće smanji faktor ljudske pogreške. U budućnosti bi centar trebao upravljati sa više gradova, čak i državom, da bi naposljetku cijela regija ili zemlja bila umrežena kako bi prometni tok mogao biti što je više moguće integriran. Na taj način bi se prometni tok harmonizirao, jer nema smisla raditi samo na

lokalnoj razini, pogotovo u prometu, za kojeg se zna da je dinamičan i problemi se samo multipliciraju, odgađaju do sljedećeg semafora, raskrižja ili avenije. Nadalje je jako bitna otvorenost za daljnje nadogradnje, da je oprema interoperabilna, jer je tehnologija u nagloj ekspanziji, tako da se u skoroj budućnosti može očekivati razni pomaci, kako u prometu tako i u cjelokupnom životu. Dosadašnji razvitak nadzornih centara postigao je umreženost na lokalnoj razini, nije uspostavljena komunikacija sa širim područjem, što je svakako težnja prometnih stručnjaka, da prometni sustav bude u interakciji sa što širim područjem kako bi rezultati bili još više efikasni. Također je potrebno u sustav integrirati i mobilne uređaje koji su danas neizostavni dio života, na način da se preko njih primaju i šalju potrebne informacije, locira korisnik u svim vremenskim uvjetima.

Europska iskustva sa nadzornim centrom ukazuju na odlične rezultate i velika povećanja u smislu protočnosti i sigurnosti te jako dobrom odzivu na incidentne situacije ukoliko do njih dođe. Takav sustav se odlikuje odličnom pouzdanošću bez faktora ljudske pogreške i bez utjecaja vremenskih neprilika ili sličnih situacija na djelovanje sustava. Bez obzira da li se radi o upravljanju jednim raskrižjem ili cijelom mrežom, efikasnost se postiže bez obzira na količinu entiteta na prometnoj mreži i bez loših vanjskih utjecaja. Prvotna investicija je nešto skuplja, ali ako se razmišlja dugoročno i ako se u obzir uzmu svi parametri na koje će nadzorni centar pozitivno utjecati, isplativost takvog projekta je višestruko veća od troška.[12]

#### **4.1.      Ustroj centara za upravljanje prometom u gradovima**

Za provedbu izgradnje nadzornog centra potrebno je ugraditi brojnu telematičku opremu, detektore, video kamere, senzore kako bi prometni tok bio pod potpunom kontrolom. Prilikom modeliranja nadzornog centra u gradovima potrebno je evaluirati postojeće stanje opreme koja se koristi u svrhu izmjene dotrajalih dijelova te ugradnje suvremene opreme. Od presudne važnosti je da je sva oprema interoperabilna, da je otvorena za daljnje nadogradnje, kako bi se mogli implementirati i suvremeni sustavi u budućnosti. Također je bitno da centar zapošljava kvalitetne stručnjake na području prometne i informatičke struke, koji su sposobni na sebe staviti toliki teret i odgovornost kao što je upravljanje prometnim tokom u gradu.

Cijeli sustav se sastoji od mjernog dijela (detektori, senzori, induktivne petlje, video kamere), komunikacijskog dijela (*bluetooth*, *wireless* 4G, radio veza, mobilni uređaji) i infrastrukturnog dijela (fizička lokacija nadzornog centra). Naglasak je na kooperativnom upravljanju, gdje korisnici (automobili, tramvaji, metro-i, vlakovi) komuniciraju sa prometnicom (prometni znakovi) i ostalim sudionicima u prometu (automobili, JGP) a sve putem centra koji neprestano prikuplja i filtrira informacije kako bi ih u danom trenutku mogao proslijediti korisnicima kojima su potrebne.

Nadzorni centar u široj podjeli mora sadržavati:

- Serversku sobu gdje su smještena sva računala i procesori i ostalo što je potrebno za održavanje komunikacija, internet povezanosti i slično,
- Bazu podataka kao prostorija u kojoj se čuvaju podaci koji su prikupljeni od strane nadzornog centra, a po potrebi mogu biti zatraženi od mjerodavnih institucija ili građana ili znanstvenika,
- Upravljačku sobu gdje se nalaze računala, monitori i operateri centra u kojoj se nadzire promet putem kamera, senzora i detektora i po potrebi manualno mijenja signalni plan, zatvara/otvara rampa i slično,
- Programersku prostoriju u kojoj rade informatičari zaduženi za razvijanje suvremenih algoritama za upravljanje i razvoj software-a,
- Sobu za napajanja gdje su smješteni svi pogonski strojevi i rezervni generatori,
- Servisersko skladište gdje se skladišti telematička oprema za prometnice,
- Servisna radionica gdje se obavljaju popravci i zamjena dotrajale ili nevaljane opreme,
- Rukovoditeljski uredi u kojima se nalaze knjigovođe, menadžeri i ostalo osoblje zaduženo za pravnu i administrativnu zadaću.



*Slika 6: Okruženje nadzornog centra za upravljanje prometom, Izvor: [14]*

Na slici 6. na primjeru se može uočiti računalna (operaterska) soba nadzornog centra za upravljanje prometom gdje se vidi nekoliko računala u koja se pohranjuju prikupljeni podaci koji se kasnije obrađuju i koriste u svrhu informiranja i usporedbe podataka, zaslone koji prikazuju slike kamera sa prometnica i uređaji koji primaju podatke očitane sa senzora i detektora. Također se vide i prometni stručnjaci (operateri nadzornog centra) koji ukoliko je potrebno ručno djeluju na odvijanje sustava i rješavaju administrativne zadaće. Također se može uočiti telefon za žurne službe, s kojim se automatski uspostavlja poziv sa potrebnim službama ovisno o incidentu.[15]

## **4.2. Funkcije centara za upravljanje prometom u gradovima**

Svrha svakog nadzornog centra je osiguravati neometan (optimalan) prometni tok 24h/dan, 7 dana u tjednu, a kako bi ta svrha zaživjela potrebno je osigurati neprekinuto napajanje, veliku serversku prostoriju, veliko skladište podataka, dovoljan broj kvalificiranih radnika i slično.

Glavne zadaće NCZUP-a su pomoć korisnicima u izboru optimalne rute (algoritmi za računanje optimalnih ruta), stvarno-vremensko praćenje (trenutno stanje na prometnicama), analiza prikupljenih podataka (prikupljeni podaci se detaljno analiziraju), planiranje radnji vezanih za prikupljene podatke (korištenje podataka u svrhu optimizacije cestovnih ruta), eventualno mijenjanje signalnih planova prioritetnih vozila (JGP, žurne službe kao prioritet na

raskrižjima), propuštanje određenih trakova radi optimizacije toka prometa, komuniciranje i vođenje službe za incidentne situacije u prometu (optimalne rute i prioritet žurnim službama), generiraju informacije potrebne korisnicima (putno informiranje), automatska klasifikacija i brojenja vozila (klasifikacija vozila u određene svrhe), davanje meteoroloških podataka (većinom pred putne informacije u svrhu planiranja ruta).

Radni kadar u nadzornom centru svakodnevno brine o:

- Praćenju prometa diljem okruženja,
- Koriste podatke prikupljene preko detektora kako bi dobili stvarno-vremensku sliku prometnih uvjeta,
- Koordiniraju odziv žurnih službi, čiste prometne pravce kako bi žurne službe imale prioritet na križanjima,
- Koordiniraju sa sustavima promjene traka, ulazno-izlaznim rampama kako bi optimizirali prometni tok i minimizirali zagušenja,
- Osigurava minutnu točnost podataka o prometnim uvjetima, uključujući vremenske prognoze, nesreće, radove na cestama koje se prosljeđuju korisnicima putem radija, promjenjivih svjetlosnih znakova, interneta i 511 putničkog informacijskog sustava na mobilnom uređaju,
- Osigurava minutnu točnost podataka svih novinarima, reporterima i televizijskim kućama,
- Predstavljaju kritičku komponentu koordiniranog odziva na svaku incidentnu situaciju ili prirodnu katastrofu.[16]

U nastavku rada su navedeni primjeri nadzornih centara iz hrvatske i svjetske prakse, definirane su funkcionalnosti i ustroj centara te financijski aspekt i uštede na vremenu i novcu.



### **4.3. Nadzorni centar Rijeka**

Grad Rijeka je najveća hrvatska luka, treći po veličini grad u Hrvatskoj te administrativno središte Primorsko-goranske županije. Rijeka sa okolicom ima oko 192.000 stanovnika. U Rijeci započinju dva važna kopnena prometna pravca. Prvi iskorištava činjenicu da se Rijeka nalazi u području u kojem su Dinaridi najuži (pedesetak kilometara), što omogućuje lakše povezivanje obale Jadranskog mora i panonske unutrašnjosti, dok je drugim Rijeka preko Postojanskih vrata povezana s istočno-alpskim prostorom. Kao i većina priobalnih gradova i Rijeka ima problema sa razvitkom prometnog sustava, najviše zbog prometne infrastrukture zbog malog fizičkog prostora, zbog blizine mora i nepravilnog reljefnog oblika te zbog sezonskih zagušenja. Gradsko vijeće je početkom 1998. godine izglasalo odluku od izgradnji i implementaciji suvremenog sustava upravljanja prometom (AUP) koji je detaljno proveden i razvijan u nekoliko faza, a podignuo je promet u Rijeci na višu razinu.

Sustav automatskog upravljanja prometom u Gradu Rijeci svojim tehnološkim mogućnostima ima za cilj optimalno vođenje prometa u zadanim uvjetima. Suvremena tehnologija vođenja prometa omogućuje upravljanje svjetlosnom prometnom signalizacijom u ovisnosti o stvarnim (trenutnim) prometnim opterećenjima na prometnoj mreži. Sustav je modularan i može se lako prilagoditi novim prometnim uvjetima kao što je puštanje u promet ceste D-404 i sl.

Za projektiranje sustava te za nadzor njegove izgradnje odgovoran je stručni tim sastavljen od predstavnika Grada, Hrvatskih cesta, Županijske uprave ceste, Fakulteta prometnih znanosti iz Zagreba, Prometne policije i Rijeka prometa. Po zamisli Stručnog tima, cjelokupno područje Grada Rijeke podijeljeno je u pet prometnih zona u kojima je u funkciji 80 semaforiziranih raskrižja. Od njih je u sustav AUP-a danas uključeno 44 raskrižja na širem području Grada koja su opremljena semaforskim uređajima najsuvremenije ITS tehnologije i povezana su sa Gradskim prometnim centrom. Pojedina područja (prometne zone) izravno su povezana sa Gradskim prometnim centrom, koji je aktivnom vezom spojen sa dežurnom službom prometne policije. Takvo povezivanje omogućava da svi sudionici u nadzoru prometa imaju istu razinu podataka i to u realnom vremenu, što je glavni uvjet za učinkovit nadzor i koordinirano upravljanje.

Prometni sustav komercijalnog naziva «EC Trak» koji je ugrađen u Rijeci, proizvod je poznate Peek korporacije sa sjedištem u Nizozemskoj i ubraja se među najsuvremenija tehnološka dostignuća na području prometne automatizacije. Sustav omogućava najvišu razinu automatskog rada, prometno ovisno upravljanje. Sustav upravljanja sastoji se od glavnog prometnog računala u Gradskom prometnom centru te lokalnih upravljačkih uređaja na raskrižjima. Glavno prometno računalo spojeno je komunikacijskom opremom sa mrežom raskrižja, a svako raskrižje opremljeno je detektorima (induktivnim petljama) ugrađenim u kolnik, koji stalno broje protok vozila na svakom privozu raskrižja. Podaci o broju vozila na svim raskrižjima putem lokalnih upravljačkih uređaja stalno priteču u Prometni centar, gdje računalo u 15-minutnim razmacima analizira prispjele podatke, odabire optimalan signalni plan rada semafora te šalje odgovarajuću naredbu lokalnim uređajima. Prometno računalo osigurava i međusobnu koordinaciju svih raskrižja. U slučaju prekida veze sa Prometnim centrom, lokalni upravljački uređaji nastavljaju samostalan rad, a koordinaciju preuzima jedan od uređaja na terenu. Svaki kvar na semaforskim uređajima, lanternama i mreži automatski se dojavljuje Prometnom centru, a automatska GSM poruka šalje se ekipi servisera koji održavaju sustav.

Kao dopuna sustavu nadzora, osmišljen je i izgrađen poseban video sustav sa kamerama postavljenim na 13 ključnih lokacija, što omogućava izravan nadzor operatera u prometnom centru nad odvijanjem prometa. Sve funkcije sustava su u 24-satnom radu, a do danas nisu zabilježeni značajniji kvarovi ili ispadi sustava iz rada.

Glavni prometni centar smješten je na lokaciji Fiumara 13. a u svojem sastavu ima tri prometna inženjera i stručno je osposobljen za upravljanje sustavom, ali i za obavljanje poslova prometnog planiranja i projektiranja. Operateri pokrivaju dežurstvom razdoblje od 06:30 do 15:30 sati, dok u poslijepodnevnom i noćnim satima AUP radi samostalno. Temeljem obrađenih podataka prikupljenih kroz sustav AUP, vrši se praćenje i analiza prometnih opterećenja na gradskoj mreži, a sektor Prometa priprema i izdaje mjesečno izvješće o prometnim opterećenjima kojega dostavlja zainteresiranim službama i institucijama. U funkciji je i centar informacija o prometu koji vrši prikupljanje i distribuciju podataka vezanih za trenutno stanje prometa u gradu, trenutnu popunjenost parkirališta Rijeka prometa te je u tu svrhu uspostavljen i stalni info

telefon. Na temelju podataka dobivenih brojenjem putem strateških detektora prometa, sustav AUP automatski popunjava bazu podataka o broju i vrstama vozila koja prolaze kroz središte grada.

Puštanjem u rad sustava AUP omogućeno je sljedeće:

- maksimalno iskorištenje postojeće prometne mreže u središtu grada Rijeke,
- bolja protočnost glavnih uzdužnih smjerova - prometnih koridora,
- izravni 24-satni nadzor nad odvijanjem prometa u središtu grada,
- automatsko daljinsko upravljanje semaforiskim sustavom,
- centralno preprogramiranje semafora ili pojedinih prometnih zona,
- trenutna dijagnostika kvarova i brži popravak kvarova,
- automatsko prikupljanje podataka o prometnim opterećenjima,
- uštede u potrošnji električne energije od oko 51 % u odnosu na stare semaforске lanterne.

Uvođenjem distribuiranog upravljačkog sustava AUP, ukupne koristi proračunate su temeljem dva modela: (1) vremenskih ušteda i (2) ušteda u potrošnji goriva. Sustav AUP-RI u potpunosti (u realnom vremenu) iskorištava propusnu moć gradske cestovne mreže. Zbog tog svojstva i kontinuiranog rasta prometa može se izvesti zaključak i o linearnom rastu ušteda – sukladno rastu prometne potražnje. Zato se u odnosu na početnu 1998. godinu rast ušteda ocjenjuje po prosječnoj stopi od 4 % godišnje. Prema analizi koju su izradili stručnjaci Fakulteta prometnih znanosti 2006. godine, ukupne koristi zbog izgradnje sustava AUP-RI od 2003. godine procjenjuju se na razini 51.595.462,96 kn. Drugim riječima, da nije pokrenut i realiziran projekt sustava AUP-RI koncem 2002. godine, promet u centru Grada na početku 2006. godine pretrpio bi gubitke od oko 51,5 milijuna, a na početku 2008. godine gubitak bi iznosio 55,7 milijuna kuna.

Sustav AUP omogućuje nadogradnju prometnih podsustava iz raznih područja prometa, od kojih neki imaju za cilj povećanje protočnosti na širem području gradske mreže. Ostali projekti čije se uvođenje planira u dogledno vrijeme u suradnji sa drugim sudionicima u prometu su:

- Širenje sustava video-nadzora nad prometnom mrežom grada,
- Informacijski sustav putnika na postajama JGP (sa KD Autotrolej).[17]

#### **4.4. Svjetski nadzorni centri za upravljanje prometom u gradovima**

Diljem svijeta je implementirano i prepoznato nekoliko upravljačkih i nadzornih centara za upravljanje prometom u gradovima. Svi nadzorni centri diljem svijeta mogu se okarakterizirati kao povoljan omjer uloženog i dobivenog, što se može zaključiti na primjeru grada Rijeke koji je po stanovništvu i prostoru jedan od manjih gradova sa nadzornim centrom, a ukazuje na izvrsne karakteristike. U nastavku ovog rada su definirani i opisani neki od svjetskih nadzornih centara počevši sa onim u Washingtonu.

##### **4.4.1. Nadzorni centar Washington**

Washington, D.C. je glavni grad Sjedinjenih Američkih Država. Prema popisu stanovništva iz 2003., distrikt ima 563.384 stanovnika. Ako se uzme u obzir "metropolitansko područje" Washingtona, koje osim distrikta uključuje dijelove Marylanda, Virginije i Zapadne Virginije, onda ima više od 4,7 milijuna stanovnika. Kao takav grad ima visok broj vozila, što osobnih, tako i vozila JGP-a, a kako bi se cjelokupni promet uskladio potrebno je uložiti mnogo truda. S takvom pretpostavkom izgrađeni su nadzorni centri diljem zemlje koji upravljaju na lokalnoj razini.

NCZUP u Washingtonu su cijeli „nervni“ sustav nadzora i upravljanja svim prometnim operacijama. Inženjeri, radio operateri i ostali radni kadar brinu o:

- Praćenju prometa diljem okruženja,
- Koriste podatke prikupljene preko detektora kako bi dobili stvarno-vremensku sliku prometnih uvjeta,
- Koordiniraju odziv žurnih službi, čiste prometne pravce kako bi žurne službe imale prioritet na križanjima,
- Koordiniraju sa sustavima promjene traka, ulazno-izlaznim rampama kako bi optimizirali prometni tok i minimizirali zagušenja,

- Osigurava minutnu točnost podataka o prometnim uvjetima, uključujući vremenske prognoze, nesreće, radove na cestama koje se prosljeđuju korisnicima putem radija, promjenjivih svjetlosnih znakova, interneta i 511 putničkog informacijskog sustava na mobilnom uređaju,
- Osigurava minutnu točnost podataka svih novinarima, reporterima i televizijskim kućama,
- Predstavljaju kritičku komponentu koordiniranog odziva na svaku incidentnu situaciju ili prirodnu katastrofu.

Operateri nadzornog centra zaduženi su za vođenje svakodnevnih operacija vezanih za nadzorni centar, kao što su:

- Nadzor prometnog sustava,
- Priprema inženjerskih izvješća,
- Analiza prometnih operacija kako bi smanjili redundanciju i kašnjenje,
- Komunikacija sa softverskim stručnjacima kako bi sugerirali na poboljšanja,
- Analiziraju prometni tok i uvjete putem dostupnih ITS uređaja,
- Komunikacija sa javnim i privatnim korisnicima cestovnih prometnica,
- Spremnost na reagiranje u svako doba dana,
- Spremnost na rad vikendom, prekovremeni rad i slično.

NCZUP su online 24 h/dan, 7 dana u tjednu kako bi pomogli u čišćenju prometnica i osigurali siguran i neometan prometni tok. Također, NCZUP je kritička poveznica sa AMBER (Američka organizacija za pronalazak izgubljenih ljudi) na način da vlasti mogu preko komunikacijskih kanala objaviti korisnicima upute za potragu.[18]



Slika 7: Podsustavi NCZUP u Washingtonu, Izvor: [19]

Na slici 7. mogu se primijetiti neki od podsustava kojima se upravlja putem nadzornog centra. SOS, žurni pozivi emitiraju se u centralu nadzornog centra od strane korisnika putem cestovne opreme ugrađene pokraj prometnica, pozivi od strane korisnika u slučaju informacija ili incidenta, tehničke informacije dobivene putem kamera, detektora i senzora, informacije od službi za održavanje prometnica, informacije od radnika sa terena, vremenske prognoze, informacije dobivene putem radija ili TV-a, navigacijski sustavi, mobilne usluge, VMS-ovi i slični sustavi šalju informacije u glavnu centralu od kuda se prosljeđuju odgovarajućim institucijama.

#### 4.4.2. Nadzorni centar Birmingham

Birmingham je drugi grad po broju stanovnika u Velikoj Britaniji smješten u središnjoj Engleskoj. Zajedno sa predgrađima tvori golemi urbani kompleks u kojem su smještene metalurgijska i strojarska postrojenja. Ima nešto više od milijun stanovnika na površini od 267,77 [km<sup>2</sup>].

Centar za upravljanje prometom u Birminghamu otvoren je 2006. godine koji se sastoji od dvije sobe sa mnoštvom računalne i telematičke opreme koji se temelji na PC i Windows tehnologiji te 150 prometnih (ITS) stručnjaka i softverskih inženjera.

Glavna zadaća centra je osiguravanje pouzdanih, stvarno-vremenskih informacija o prometnoj mreži autocesta i urbanih prometnica diljem grada, omogućujući korisnicima optimalne planove ruta. U ostvarenju cilja pomogli su razni sustavi i tehnologije koje su potpuno kooperativne sa korisničkom opremom (automobili, mobilni uređaji, navigacijski sustavi) kako bi sam centar dijelio informacije potrebne korisnicima. Sam razvitak i implementacija centra trajala je 29 mjeseci, a cijena projekta iznosila je 160 milijuna funti. U projekt je uloženo puno truda i znanja stručnjaka iz više grana (građevinari, geodeti, arhitekti, prometni i računalni stručnjaci). Cijeli sustav se sastoji od mjernog dijela (detektori, senzori, induktivne petlje, video kamere) i komunikacijskog dijela (*bluetooth*, *wireless* 4G, radio veza, mobilni uređaji). Naglasak je na kooperativnom upravljanju, gdje korisnici (automobili, tramvaji, metro-i, vlakovi) komuniciraju sa prometnicom (prometni znakovi) i ostalim sudionicima u prometu (automobili, JGP) a sve putem centra koji neprestano prikuplja i filtrira informacije kako bi ih u danom trenutku mogao proslijediti korisnicima kojima su potrebne.

Moguće buduće nadogradnje teže ka integraciji sustava sa Europskom mrežom. Naime, već navedeni problem sa ne integrativnim telematičkim sučeljima diljem Europe jer svi rade na različitim sustavima pa nastaje problem pri spajanju različitih sustava. Glavna težnja bi bila komponiranje nekoliko, u daljoj budućnosti sve nadzorne centre u jednu cjelinu koja djeluje inteligentno, kooperativno, te sigurno, pouzdano i u stvarnom vremenu daje informacije o stanju u prometu, upućuje korisnike na alternativne rute i slično.[20]

#### **4.4.3. Nadzorni centar Berlin**

Berlin je najveći i glavni grad Njemačke sa 3.392.206 stanovnika i nakon Londona najveći grad Europske Unije. Nadzorni centar u Berlinu upravlja sa preko više od 2000 raskrižja koje nadzire i kada je to potrebno adaptivno aktivira svjetlosne planove ili grupe signalnih planova isto kao i nekolicinu elektronskih znakova posebice na Berlinskim autocestama. Nadzire prometnu situaciju na više od 1500[km] prometnica i odašilje prikupljene podatke regionalnom centru za upravljanje. Berlin glasi za jednu od najvećih arterija prometnih nadzornih centara u Europi. Mjerni dio sustava nadzornog centra sastoji se od velikog broja senzora i detektora, od kojih će se spomenuti sljedeći:

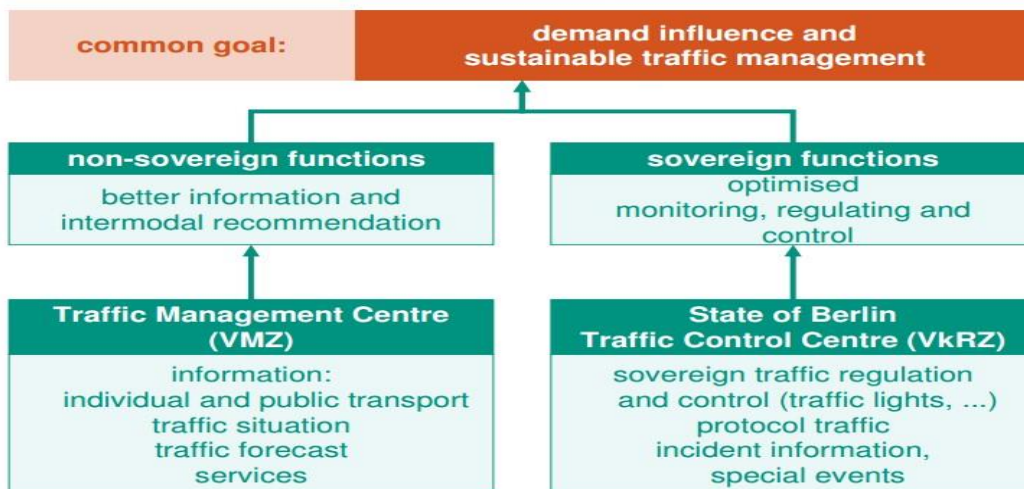
- Detekcija automobila,
- Plutajući auto podatak (temelji se na prikupljanju podataka lokalizacije, brzine, smjera kretanja i vremena informacije iz mobitela u vozilu koje se kreće.),
- Induktivne petlje,
- Video kamere.

Nadzorni centar prikuplja sve podatke na jedno mjesto i ima mogućnost direktnog utjecaja na situaciju u prometu u i okolo Berlina kako bi smanjio ili uklonio eventualne zastoje. Nakon prikupljanja podataka u nadzorni centar, takvi podaci su pristupačni i regionalnom centru kako bi ih u svoje svrhe koristio. Stručnjaci za elektronički opremu danonoćno kontroliraju i eliminiraju sve kvarove koji bi u nekoj mjeri negativno djelovali na sigurno odvijanje prometa. Sustav održavaju u stanju spremnosti i kao takav sustav mora biti pouzdan. Kontrolni centar osigurava nesmetano i sigurno odvijanje prometnog toka, a programski software-i jednostavno prikazuju potpuni i široki spektar zadataka kontrole prometa od upravljanja posebnim trakama za JGP do kompliciranijih usluga.[21]

Na slici 4. jasno je prikazan opći cilj (zahtjevi) projekta upravljačkog centra u Berlinu, a to je održivo upravljanje prometom, uz stalno računanje utjecaja prometne potražnje. U ostalim granama vide se ostali koraci (zahtjevi) na primjer zahtjevi za informacijama o vremenskoj prognozi, o javnom ili osobnom transportu, informacije o incidentima, o specijalnim događajima i slično.

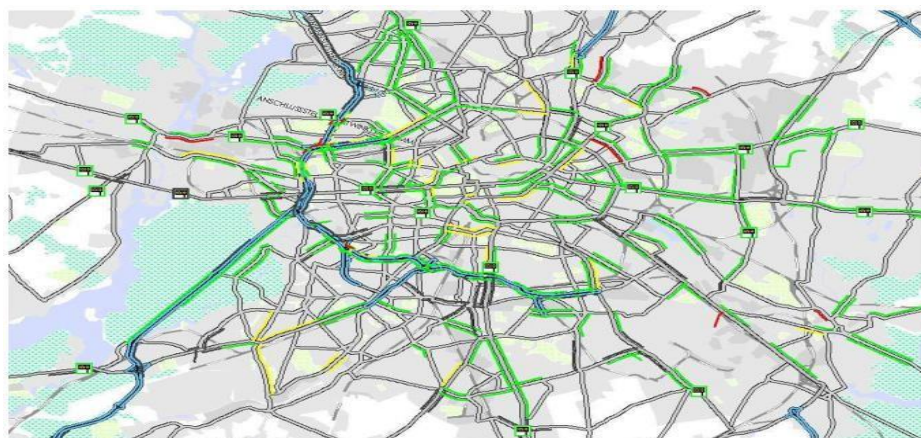


**Division of tasks:  
Traffic management and traffic control**



Slika 8: Projektno stablo TMC u Berlinu, Izvor: [22]

Na slici 5. može se uočiti slika sa prikazom razine usluge prometnog sustava u gradu Berlinu gdje zelena boja predstavlja najvišu ocjenu na ljestvici, a crvena najnižu. Nakon implementacije TMC bilježe se veliki porasti glede protočnosti i sigurnosti. Istraživanja su pokazala znatno manju emisiju štetnih plinova, a sama razina usluge (*engl. Level Of Service - LOS*) povećana je na najvišu razinu osim na malim dijelovima kao što vidimo na slici.



Slika 9: Razina usluge u Berlinu nakon implementacije nadzornog centra, Izvor: [23]

## **5. ANALIZA POSTOJEĆE TELEMATIČKE OPREME U GRADU ZAGREBU**

U ovom poglavlju analizirati će se telematička oprema (semafori) koja se koristi u gradu Zagrebu, te će se definirati funkcionalnosti iste u smislu interoperabilnosti i daljnjih nadogradnji.

Semaforski uređaji predstavljaju osnovu prometnog sustava svakog grada. Semaforski uređaji moraju osiguravati pouzdanost, sigurnost i efektivnost tijekom cijelog životnog vijeka. Postoje različite vrste i proizvođači semafora koji se razlikuju po određenim karakteristikama upravljanja, dok svi imaju istu zadaću osiguravanja pouzdanosti i sigurnosti prometnog sustava.

Prvi mehanički, neelektrični semafor, pogonjen gasnim lampama instaliran je 10.12.1868.godine ispred britanskog Parlamenta u Londonu, radi reguliranja prometa u ulicama Bridge, Great George i Parliament. Takve uređaje promovirao je željeznički inženjer J.P.Knight, a izrađivali su ih signalni inženjeri iz firme Saxby & Farmer. Dizajn prvobitnih semafora kombinirao je tri metalne ručke sa crvenim i zelenim gasnim lampama za korištenje noću na lanterni, a s njima je rukovao policijski službenik. Gasne lanterne je ručno podizao i spuštao saobraćajni policajac, pomoću poluge ispod uređaja, te na taj način pokazivao odgovarajuće svjetlo. Danas su semafori znatno napredovali, ne toliko vanjskim izgledom, koliko samim „mozgom“ semafora, tako da danas postoje semafori kojima se upravlja na daljinu, semafori koji su podešeni da djeluju ovisno o vremenu, ovisno o prometnoj potražnji ili čak semafori koji adaptivno reagiraju na novonastale situacije i uče na prethodnih djelovanjima.[24]

### **5.1. Podjele semafora uređaja**

Semafori se ugrubo mogu podijeliti na dvije skupine:

1. Mikroprocesorski semafori uređaji

Podržavaju suvremene tehnologije kao što su bluetooth, GPS lociranje, wireless tehnologiju, USB priključke. U interakciji sa detektorima i sensorima mogu mjeriti duljinu vozila, brzinu vozila, brojati i klasificirati entitete sa visokom točnošću. Komunikacijskim protokolima se mogu spajati u nadzorne centre, te se s njima može upravljati na daljinu, što je u prijedlogu nadzornog centra iznimno bitno.

## 2. Relejni semafori uređaji

S relejnim uređajima se ne može upravljati na daljinu, nemaju dovoljno zamjenskih dijelova, ne mogu se integrirati u ostale sustave, nisu pouzdani, i nemaju jednostavna korisnička sučelja, te ih je teže popravljati. Takve uređaje potrebno je zamijeniti iz navedenih razloga.

Nadalje, postoji podjela semafora uređaja prema upravljanju:

- Ručno upravljanje gdje se manualno, ručnim pritiskom aktivira pojedina faza. Takav tip semafora više se ne koristi zbog kompleksnosti današnjih sustava i raskrižja.
- Vremenski ustaljeno upravljanje je upravljanje koje se odvija prema unaprijed definiranom i utvrđenom rasporedu, a takvo upravljanje danas nije aktualno jer ne odgovara na trenutnu prometnu potražnju.
- Upravljanje polu ovisno o prometnoj potražnji koje se u prošlosti koristilo na mjestima gdje je sporednim pravcima mala zastupljenost, na način da je na glavnom smjeru vremenski ustaljen raspored, a sporedni tok se aktivira senzorskom pobudom.
- Upravljanje ovisno o prometnoj potražnji gdje svaki od detektora postavljenih na prometnici zahtijeva određeni dio kapaciteta prometnice i po potrebi se mijenjaju signalni planovi.
- Centralizirano upravljanje je upravljanje na daljinu, gdje se cijeli proces odabira faza, računanja ciklusa i mijenjanja s jedne faze na drugu odvija iz centralne prostorije iz koje se utječe na sve uređaje, a takav pristup je bolji jer sve ide iz jednog mjesta pa je rezultat puno precizniji.
- Decentralizirano upravljanje predstavlja upravljanje sa lokalnim uređajima, dok ti isti uređaji komuniciraju sa glavnom centralom.

- Kombinirano (hibridno) upravljanje uzima dobre karakteristike centraliziranog i decentraliziranog upravljanja i koristi ih i samim time postiže visoke performanse.
- Automatizirano upravljanje karakteriziraju online sustavi, koji rade bez pomoći djelatnika, 24 h/dan, koriste računala sa visokom procesorskim snagama i karakteriziraju ih velike brzine obrade podataka. Baziraju se na principu ekspertnih sustava na način da se računala ponašaju kao eksperti u određenom, specifičnom području.
- Adaptivno upravljanje je upravljanje na kojem se u današnje vrijeme najviše radi i koje predstavlja sam vrh trenutne ponude. Takvo upravljanje koristi razne metode kao što su umjetna inteligencija, neuronske mreže, ekspertni sustavi, genetski algoritmi i slično kako bi postiglo nevjerojatne performanse, bez faktora čovjekove pogreške. U takvom upravljanju računalo, procesor sami definiraju cikluse i prilagođavaju se samostalno novonastalim situacijama i uče iz prethodnih situacija na koji je način najbolje djelovati.[25]

## **5.2. Funkcionalnosti postojeće telematičke opreme u gradu Zagrebu**

U gradu Zagrebu trenutno postoje različite vrste semaforских uređaja, a najviše je mikroprocesorskih, dok je relejnih znatno manje i njih je potrebno zamijeniti što zbog nemogućnosti nabave zamjenskih dijelova, tako i zbog dotrajalosti te zbog zatvorenosti za nadogradnje i integracije. Trenutno nema križanja sa adaptivnim upravljanjem, ali se teži ka tome, kako bi se u potpunosti smanjio utjecaj čovjekove pogreške i što više automatizirao i ubrzao cijeli proces prometa.

Velik dio semaforских uređaja relejnog tipa stariji su od 30 godina (neki i do 40 godina), a sastavljeni su od komponenti različitih uređaja, te je takve uređaje potrebno zamijeniti. Grad Zagreb trenutno broji 449 semaforских uređaja, od kojih je 370 mikroprocesorskog tipa, 58 relejnih, 14 treptača i 7 dinamičkih znakova.[26][27]

U tablici 1. prikazana je količina mikroprocesorskih semaforских uređaja u gradu Zagrebu i modeli uređaja koji su u nastavku rada detaljnije opisani.

Tablica 1: Mikroprocesorski semaforški uređaji

<b>MIKROPROCESORSKI SEMAFORSKI UREĐAJI</b>	
<b>SEMAFORSKI UREĐAJ</b>	<b>BROJ UREĐAJA</b>
EC-1	138
EC-2	47
FAN 2000	113
ISKRA MSKE 60	16
JCC 150	2
JCFBA 300	38
LM 8000	3
SIEMENS C 800	13

Izvor: [27] Zagrebački Holding d.o.o.; Podružnica Zagrebačke Ceste

U tablici 2. prikazani su relejni, stari tipovi semaforških uređaja, koji izlaze iz upotrebe i koje je potrebno zamijeniti u svrhu integracije u složene sustave daljinskog upravljanja ili nadzornog centra koji se u ovom radu obrađuje.

Tablica 2: Relejni semaforški uređaji

<b>RELEJNI SEMAFORSKI UREĐAJI</b>	
<b>SEMAFORSKI UREĐAJ</b>	<b>BROJ UREĐAJA</b>
JCF 1203	6
MS	1
PSV	51

Izvor: [27] Zagrebački Holding d.o.o.; Podružnica Zagrebačke Ceste

U nastavku je naveden popis proizvođača, odnosno modela semaforских uređaja:

- PSV;
- FAN 2000;
- MSKE 60;
- SIEMENS PLK S7-300;
- JCF 1203;
- EC-2;
- JCFBA 300;
- EC-1;
- PSV CENTRALA;
- 2\* TREPTAČ 2;
- DINAMIČKI ZNAK;
- ISKRA;
- TREPTAČ 1;
- JCC 150;
- MS;
- LM 8000.

U nastavku su neki od uređaja detaljnije opisani, te su priložene tehničke specifikacije pojedinih mikroprocesorskih semaforских uređaja.

Peek EC-2:

Semaforски uređaj nizozemske kompanije Peek sa svojim modelom Euro Controller 2 posljednja je riječ tehnologije signalnih uređaja, proizašao je iz duge tradicije inovacija na području upravljanja cestovnim prometom. Uz fleksibilnu softversku arhitekturu i široke komunikacijske mogućnosti velika je pažnja posvećena sigurnosnoj arhitekturi koja podržava sve relevantne europske i lokalne standarde. Modularni dizajn hardvera omogućava jednostavnu nadogradnju i održavanje, a svi elektronički dijelovi robusni su i dizajnirani za najzahtjevnije uvjete

rada. Modularna softverska arhitektura omogućava korištenje različitih upravljačkih aplikacija i algoritama za upravljanje lokalnim križanjima, koordiniranim potezom ili prometnom zonom, sve do najsloženijih algoritama za adaptivno upravljanje prometom. IP-komunikacijski modul može se koristiti kao univerzalno komunikacijsko čvorište u žičanim, optičkim ili bežičnim širokopojasnim mrežama. Osim za potrebe upravljanja prometom, komunikacijski kanali mogu se koristiti za komunikacijske potrebe drugih prometnih sustava (video, parking, uputni sustavi, mjerne stanice, itd.). Omogućuje fleksibilno korištenje namjenskih hardverskih i softverskih modula uz široke komunikacijske mogućnosti.

Uređaj se odlikuje:

- o Modularan uređaj, s površinski montiranim elektroničkim komponentama, visoke pouzdanosti i niskih troškova održavanja;
- o Centralna procesorska jedinica (CPU) objedinjuje dva potpuno autonomna procesora, upravljački i nadzorni;
- o Real-time operacijski sustav;
- o Mogućnost IP komunikacije;
- o Integrirana dijagnostika: detaljni dnevnici rada uređaja, signalnih programa, grešaka i sistemskih događaja pohranjuju se u dugotrajnu memoriju (engl. *flash EPROM*);
- o Integrirana jedinica napajanja sa automatskom sigurnosnom logikom;
- o Dijagnostika, upravljanje i izmjena prometnih parametara putem PC računala, radne stanice nadzornog centra ili opsijske upravljačke ploče;
- o Mogućnosti komunikacije: različite žičane (RS485/RS232, MDSL, Ethernet), optičke i bežične (GSM, GPRS, WLAN);
- o Programski podesiva kontrola semaforских signala, podešavanje referenci snage; višestruke softverske i hardverske kontrole sigurnosnih parametara (konflikti, min. i max. vremena,..);
- o Brojanje vozila induktivnim petljama; detekcija smjera te klasifikacija vozila po duljini i brzini korištenjem parova induktivnih petlji;
- o Podrška za ostale tipove detektora;

- o Prikupljanje prometnih podataka;
- o Mogućnost davanja selektivnog prioriteta vozilima javnog prijevoza; jedinstvena identifikacija vozila korištenjem opcijske TAG tehnologije;
- o Opcijske aplikacije i algoritmi za upravljanje lokalnim križanjem ili grupom križanja, na koordiniranom potezu ili prometnoj zoni, adaptivno upravljanje, posebne funkcije (prioritet vozilima JGP, VIP rute, ..);
- o Mogućnost upravljanja promjenjivim znakovima, kontrola ulaza/izlaza;
- o Uređaj zadovoljava sve relevantne europske standarde za semaforški uređaj, uključujući HR EN12675.[28]

### **FAN 2000:**

Cestovni signalni uređaj FAN2000 semaforški je uređaj upravljani na bazi mikroprocesora. Napredne mogućnosti programiranja kao što su više-programski prometno ovisan rad, prometno ovisno biranje programa, adaptivno ponašanje, povezivanje u prometne sustave, rad kao centrala itd., klasificiraju FAN2000 u sam vrh trenutne ponude semaforških uređaja. Modularna arhitektura omogućuje jednostavno nadograđivanje i servisiranje uređaja. Dijagnostika olakšava detekciju greške ( dotrajala žarulja, kvar kabela i slično), te tako smanjuje vrijeme bez automatske regulacije. Također, SMS i GPRS dojava grešaka i statusa uređaja povećava fleksibilnost u održavanju, čak i na udaljenim mjestima. Povezivanjem FAN2000 uređaja u FAN-NET mrežu mogu se stvoriti koordinirani smjerovi (valovi), ali i povezivanjem u nadzorni centar, gdje operater ima pristup svim podacima lokalnih uređaja. Zbog modularnosti i ulazno-izlaznih modula širokog spektra, moguće je FAN2000 povezati sa svim signalnim uređajima, čak i starije generacije. FAN NET mreža omogućuje:

- o mogućnost upravljanja i komunikacije s ostalim semaforškim uređajima
- o napredne mogućnosti programiranja
- o IP kompatibilnost
- o ETH/2000 modul omogućuje komunikaciju sa svim IP baziranim mrežama.
- o fizička prilagodba protokola (bežično, optika, žičano)



- o podržani TCP i UDP protokoli, odnosno svi protokoli bazirani na njima - FAN2000 se odlikuje sa:
  - o 32 signalne grupe (u osnovnoj konfiguraciji);
  - o Signalna logika;
  - o Više-programski rad;
  - o Verifikacija i kontrola ispravnosti ;
  - o Detektorska logika;
  - o Više-programski prometno ovisan rad;
  - o Razni izvori detekcije (induktivne petlje, video, radarski, ultrazvučni, infracrveni, itd.);
  - o Koordinacija i nadzorni centar.[29]

#### **MSKE 60:**

MSKE 60 je prometni signalni uređaj (semafor) koji se svestran i izdržljiv uređaj za kontrolu i nadzor prometnih sustava. Prvi MSKE 60 semafori su ugrađeni prije više od 20 godina, a mnogi su još uvijek u funkciji. Rad regulatora je s ciljem da se osigura maksimalna sigurnost sudionika u prometu. Uređaj ima samostalnim test i dijagnostički program. MSKE 60 semafor u stanju je zadovoljiti sve zahtjeve modernih sustava urbane ili autoput kontrole prometa, sa ili bez centra za kontrolu i upravljanje prometom. Semafori uređaj MSKE 60 certificiran je po ISO standardu obitelji EN-12675 (Prometni signal - Funkcionalni zahtjevi za sigurnost). Neki od glavnih prednosti uređaja su:

- o Fiksno vrijeme signalnih planova odnosno kako se može unaprijed definirati ciklusi za vršne sate, za vikende ili neke druge posebne prilike;
- o Reakcija ovisna o trenutnom prometnom opterećenju sa samostalnom selekcijom faze;
- o Daljinsko upravljanje;
- o Reakcija ovisna o trenutnom prometnom opterećenju sa samostalnom selekcijom signalnog plana;
- o Manualna kontrola i upravljanje;
- o Integriranje prioriteta vozila;

- o Omogućavanje zelenog svjetlosnog signala za žurne službe;
- o Adaptacija zelenog vala.

Tehničke karakteristike semafora su:

- o 32-bitna arhitektura mikroprocesora;
- o Modularna struktura (otvorenost za nadogradnje i integraciju);
- o Signalna lampica za kontrolu izbacivanja osigurača;
- o Monitor za praćenje konfliktnih situacija;
- o Detektor za nadzor izvršavanja operacija;
- o Dostupan sa upravljačkom pločom (opcionarno);
- o Mogućnost spajanja sa PC/laptop;
- o Mogućnost integracije sa nadzornim centrom; - Preuzimanje signalnih planova sa udaljene lokacije;
- o Integriran sat u stvarnom vremenu.[30]

### **SIEMENS PLK S7-300:**

Semafori iz serije S7 odlikuju se modularnim dizajnom sa širokim spektrom modula koji omogućavaju optimalnu adaptaciju različitim zadacima automatizacije. Ova mikroprocesorska jedinica ima 512 KB radne memorije i za njen rad je neophodna memorijska kartica i ulazno napajanje od 24 V. Korištenjem integriranog sistemskog sata PLK omogućeno je vremensko upravljanje sa preciznošću mjerenoj u milisekundama, uvođenje nekoliko režima rada, kao i upravljanje po radnim i neradnim danima. Pored upravljanja u realnom vremenu moguće je upravljanje i na osnovu datuma (npr. upravljanje prometom na raskrsnici po zimskim i ljetnim sezonama) u svrhu što boljeg previđanja prometne potražnje. Napajanje signalnog uređaja na raskrsnici obavlja se iz NN mreže. Signalni uređaj se napaja iz stabilnog izvora napajanja režimom stalnog korištenja 0-24 h koji je priključen na niskonaponsku mrežu napona 220 V, frekvencije 50 Hz. Programibilni logički kontrolori su industrijski uređaji čiji su softver i hardverske komponente posebno prilagođeni radu u industrijskim uvjetima, a koji se mogu lako programirati i ugrađivati u postojeće industrijske sisteme. U sistemima industrijske automatizacije upotrebom PLK se

rješava širok spektar problema kao što su: kontrola, regulacija, proračuni, signalizacija, praćenje rada nekog uređaja, itd. Pouzdanost, jednostavna implementacija upravljača u novim i postojećim sistemima, mrežna komunikacija, kao i obrada podataka u realnom vremenu, doveli su do toga da PLK postane nezaobilazan uređaj u semaforskoj, kao i drugim industrijama.

Prilikom izrade modela nadzornog centra za upravljanje prometom u gradu Zagrebu nakon obavljenog istraživanja i ispitivanja trenutnog stanja na prometnicama može se uočiti potreba za implementacijom brojnih video kamera za nadzor prometnog toka, na križanjima je potrebno ugraditi detektore i senzore koji će komunicirati na relaciji vozilo-prometnica-nadzorni centar, potrebno je izraditi mobilnu aplikaciju koja će biti dostupna besplatno na svim mobilnim platformama (windows, android, IOS) kako bi korisnici mogli putem mobilnog terminalnog uređaja pratiti stanje na cestama, primiti upozorenja i informacije, a sve u svrhu učinkovitijeg transporta. Također je potrebno realizirati predviđenu zamjenu dotrajalih semaforških uređaja, napraviti analize troškova i koristi (*engl. Cost benefit analysis*). Također, jako bitno je raditi modularnu arhitekturu i uređaje izraditi tako da su otvoreni za buduće nadogradnje.[31]

## **6. KONCEPT IMPLEMENTACIJE NADZORNOG CENTRA U GRADU ZAGREBU**

U ovome radu se predlaže implementacija nadzornog centra za upravljanje prometom u hrvatskoj metropoli, gradu Zagrebu koji je ujedno najveći i najrazvijeniji grad u RH.

Transport je jedan od generatora razvoja, kako svjetske, tako i regionalne ekonomije. Relativno razvijena infrastruktura i transportni sustav, te potencijalno povoljan zemljopisni položaj, uvjeti su za razvoj mnogih industrija u ovoj regiji. Stoga je, i neposredni cilj ovoga teorijskog koncepta potaknuti razvoj ITS-a te time pozitivno utjecati na okoliš i razvoj gospodarstva u regiji. Nizom aktivnosti koje koncept predviđa, odnosno multidisciplinarnim pristupom, utječe se na mnoge čimbenike koji zaustavljaju razvoj i negativno utječu na intenzivnije korištenje inteligentnog razvoja u regiji.

Nadzorni centar za upravljanje prometom je središte prometnica, opreme i prometnih i ostalih radnika. Tamo se prikupljaju i obrađuju podaci o prometnicama, u kombinaciji s drugim operativnim i kontrolnim podacima, zaduženim za proizvodnju "informacija". Osoblje TMC-a koristi podatke za praćenje protoka prometnica i kontroliranje strategija koje utječu na odvijanje samog prometa kombiniranjem različitih metoda i alata u svrhu zajedničkog cilja optimizacije performansi prometnog sustava. U nastavku rada su definirani zahtjevi nadzornog centra, troškovi koji se očekuju prilikom implementacije, radni kadar i naposljetku benefiti koje nadzorni centar donosi, a podaci su dobiveni kombinacijom povijesnih podataka, iz svjetske prakse i iskustvom autora rada.

Kako bi se model kvalitetno implementirao potrebno je kombinirati nekoliko različitih metodologija, od kojih su najznačajnije istraživačke metode se koriste u identifikaciji postojećeg stanja telematičke opreme i prometne potražnje, identifikaciji smjernica i dobre prakse iz EU-a i svijeta, prikupljanju povijesnih podataka, analizi prikupljenih podataka, filtriranju, standardiziranju, razvoju koncepata pomoću kojeg se definiraju standardi, koncept tehničkog dijela informatičkog sustava, formiranje stručnih mreža i povjerenstava za formiranje mreže

eksperata i institucija, informatičko programiranje koje se koristi pri razvoju baze podataka, web sučelja, simulacijskog testa, testa s korisnicima, analiza rezultata, koncipiranje strategije za kratko, srednje i dugoročno planiranje po načelima modeliranja, edukacija kroz treninge i radionice, definiranje strategija u dijelu koncipiranja administrativne, financijske i strategije razvoja te modela održavanja koncepta/sustava, promocija kroz direktne i indirektne metode (konferencije, članci u posvećenim publikacijama, TV, internet, tiskani reklamni materijal, itd.).[32]

Navedena metodologija predstavlja način implementiranja teorijskog koncepta. Na temelju rezultata istraživanja koncept je podijeljen u četiri aktivnosti koje je potrebno ostvariti provođenjem niza pod aktivnosti na način da svaka zasebno obrađuje jedan od uzročnika slabije razvijenih i nedovoljno iskorištenih ITS rješenja. Prva aktivnost fokusirana je na sustavno prikupljanje i rješavanje svih uskih grla. Usko grlo je bilo koja prepreka nesmetanom teretnom i putničkom prijevozu bilo da se radi o administrativnom, operativnom, pravnom, lokalnom, nacionalnom, regionalnom ili sl. problemu. Slijedi nedovoljna iskoristivost informatičke tehnologije koja omogućuje sigurnije, brže i pouzdanije manipuliranje podacima. Navedene aktivnosti rješavaju uska grla, uvode inovativnu informatičku nauku kao logistički alat i promoviraju ITS. Kako bi koncept sustavnog razvoja bio cjelovit, ostaje još jedino osiguranje zadovoljavajuće kvalitete usluga, tj. uvođenje mjerenja pokazatelja kvalitete što je cilj četvrte aktivnosti (*engl. quality management*).

Također je potrebno i definirati lokaciju samog nadzornog centra, a u ovom radu je definirana lokacija na križanju Vukovarske i Držićeve ulice iz razloga što je poželjno smjestiti nadzorni centar u samu jezgru problema i prometne potražnje što se može vidjeti i na slici 4. Također je u blizini i autobusni i željeznički kolodvor, znači isprepliće se cestovni, tramvajski, željeznički, pješački i biciklistički prijevoz tako da je lokacija opravdana.



Slika 10: Lokacija nadzornog centra za upravljanje prometom, Izvor: [33]

Za provedbu modela izgradnje nadzornog centra potrebno je ugraditi brojnu suvremenu telematičku opremu, detektore, video kamere, senzore kako bi prometni tok bio pod potpunom kontrolom. Od presudne važnosti je da je sva oprema interoperabilna, da je otvorena za daljnje nadogradnje, kako bi se mogli implementirati i suvremeni sustavi u budućnosti.

Nadzorni centar u Zagrebu sadržavao bi sljedeće infrastrukturne elemente:

- Serversku sobu,
- Bazu podataka,
- Upravljačku sobu,
- Programersku prostoriju,
- Sobu za napajanja,
- Servisersko skladište,
- Servisnu radionicu,
- Rukovoditeljske urede.

Serverska soba je prostor fizički smješten u nadzornom centru gdje je smještena sva oprema koja je potrebna za održavanje komunikacija, internet povezanosti, napajanje i slično.

Baza podataka kao prostorija u kojoj se čuvaju podaci koji su prikupljeni od strane nadzornog centra, a po potrebi mogu biti zatraženi od mjerodavnih institucija ili građana i znanstvenika. Također nadzorni centar mora imati i memoriju u oblaku za dodatnu sigurnosnu pohranu podataka.

Upravljačku sobu gdje se nalaze telefoni, računala, monitori i operateri centra u kojoj se nadzire promet putem kamera, senzora i detektora i po potrebi manualno mijenja signalni plan, zatvara/otvara rampa, obavljaju žurni pozivi i slično. Upravljačka soba predstavlja i poveznicu između vanjskog i unutarnjeg dijela sustava.

Programersku prostoriju u kojoj rade informatičari zaduženi za razvijanje suvremenih algoritama za upravljanje, razvoj software-a, računanje optimalnih ruta, daju prioritete za žurne službe i slično, korištenjem informatičkih znanja.

Servisersko skladište kao prostorija u kojem se skladišti zamjenska oprema, oprema koju treba servisirati, popraviti i slično. U njoj je također i sav potreban alat za potencijalne popravke.

Rukovoditeljske urede u kojima su smješteni administrativni radnici koji se bave papirologijom, plaćanjem radnika, raznim koncesijama, pravnim i sigurnosnim pitanjima i slično.

Telematička oprema koja se koristi mora biti interoperabilna, pouzdana, otvorena za daljnje nadogradnje, kao što je na mobilne aplikacije, u automobilske sustave i slično. Takvim stavom može se dugoročno planirati, a dugoročno planiranje u prometnom sustavu je izuzetno bitno. Nadalje detektori, senzori, video kamere i slični sustavi koji manipuliraju s podacima u stvarnom vremenu moraju biti dostupni za servise, za održavanja, te moraju biti otporni na vremenske neprilike kako bi pružali što je više moguće stvarniju sliku sa prometnica.

U samom konceptualnom dizajnu potrebno je voditi računa o definiranju određenih strategija odnosno određenih tipova podsustava kao što su software, vrsta komunikacijskih

kanala, vrsta komunikacijskih protokola (ethernet, serijski), vrsta kabela (optički, radio kabela, T1 kabela, telefonski kabela), vrsta i snaga računala, veličina i broj zaslona i slično, ovisno o potrebama.

U nadzornom centru zaposlilo bi se ukupno 50 ljudi, od čega 15 eksperata na području prometnih i računalnih znanosti, 10 rukovoditelja i 25 radnika, servisera i vozača. Samim time godišnji izdaci na plaće radnika bili bi po procjeni 5 000 000 kn. Održavanje, zamjena dotrajale opreme, servis, hitni servis i slično bi na godišnjoj razini oštetilo proračun za nekih 7 000 000 kn. Struja, napajanja i ostali redovni troškovi na godišnjoj razini iznosili bi 3 500 000kn. Ovako visoke brojke traže dobre rezultate u vidu poboljšanja, a nadzorni centar osigurava poboljšanja u svim aspektima prometnog sustava i višestruku isplativost dugoročno gledano.

Implementacijom nadzornog centra u gradu Zagrebu prema podacima iz svjetske prakse ITS bi se podigao na višu razinu, znatno bi se smanjile gužve, povećala protočnost, a uštede na godišnjoj razini predviđaju se na nekih 200 000 000 kn. Ujedinjenje različitih informacijskih tehnologija u području cjelokupne prometne infrastrukture značilo bi veću efikasnost samog sustava, podržavajući Grad Zagreb u upravljanju gradskom mobilnošću i stavljajući u korak sa konkurentskim gradovima u EU i svijetu. Kompletni operativni sustav će pružiti informacije o tehničkoj infrastrukturi za sve moguće načine prijevoza na području Zagreba na razini cijelog grada. Štoviše, s bazom podataka kojoj se mogu pristupiti hitne službe i odjeli za održavanje grada, vrijeme potrebno za čišćenje nakon nesreća (prometnih ili ostalih) znatno će se smanjiti. Ključni rezultat je značajno smanjenje vremena uobičajenih i izvanrednih prometnih uvjeta u Zagrebu. Kvaliteta javnih usluga bit će poboljšana skraćivanjem vremena potrebnog za održavanje infrastrukture. Vrijeme prijevoza u redovitim i izvanrednim prometnim uvjetima bit će smanjeno do 25%. Popravci i održavanje infrastrukture javnog prijevoza mogu se obaviti brže, bez negativnih učinaka na druge načine prijevoza. Razvitak grada Zagreba u ovom smjeru doveo bi strane investitore u grad, realizirali bi se EU projekti, te bi grad postao prepoznatljiv u svijetu zbog podizanja svijesti od ITS sustavima kao ekološki prihvatljivim.



Središnje upravljanje prometom bit će kvalitativno unaprijeđeno, a obuhvaća sve elemente potrebne za kvalitetan sustav upravljanja gradskim prometom. Poboljšanje kvalitete informacijskog sustava prema korisnicima postići će se na svim razinama, informacijskim, navigacijskim i regulatornim sustavima mreže, korištenjem medija za širenje prometnih informacija.

#### **SWOT analiza:**

Preduvjet za ispravni odabir strategije je analiza trenutne situacije. Pod tim se podrazumijeva da se trebaju sagledati vanjski i unutarnji čimbenici kako bi se spoznao najbolji način da se ostvari željeni cilj (visoka razina usluge, povećanje sigurnosti, zaštita okoliša). Sve veća dinamičnost koja je prisutna u prometnom toku primorava stručnjake da pažljivo odabiru način na koji će se natjecati sa suvremenim razvojem.

#### **Snage (*engl. strengths*):**

Grad Zagreb ima potencijala postati vodeća prometna sila uz preduvjete pametnih investicija, dugoročnog i znanstveno potkrijepljenog istraživanja. Prometni položaj koji je smješten u srce Srednje Europe jamči sigurnost s aspekta robne trgovine, povoljan turistički položaj također, dok je gospodarstvo u stalnom jačanju, a tu je i činjenica da je Europa zapravo poveznica između Bliskog Istoka i Amerike. Također i prirodno okruženje u cijeloj hrvatskoj je jedno od ljepših, sa mnoštvom parkova prirode i nacionalnih parkova, samim time jako privlačna zemlja za različite gospodarske investicije.

#### **Slabosti (*engl. weaknesses*):**

Dosadašnji trend politike predstavlja jako velik teret u pravilnom razvitku grada Zagreba, kao i ostatka Hrvatske. Zakonodavni okviri stvaraju efekt nepoželjnog tržišta, pa samim time Hrvatska nazaduje. Također i položaj rijeke Save stvara negativan utjecaj na širenje sustava podzemnog metro-a, tako da se rješenja moraju tražiti u alternativama odnosno upravljanju. Također niska razina proizvodnje na razini cijele države, ne garantira konkurentnost na globalnoj

razini, visoke cijene sirovina, uvozni troškovi, skupa radna snaga i regulative od strane države unazaduju RH u tehnološkom razvitku.

**Prilike (*engl. opportunities*):**

Grad Zagreb ima priliku sa ITS rješenjima postići i dostići svjetske trendove, gdje ima i mnogo više automobila i mnogo više stanovništva, pa se na neki način uspijeva održati prihvatljiv prometni tok. Zagreb mora svoje prilike tražiti u ITS rješenjima, koja nude uz jednostavnu implementaciju visoka očekivanja. Svoje prilike Zagreb mora tražiti u povlačenju sredstava EU fondova, privlačenjem stranih investitora, jačanju proizvodnih postrojenja i sličnom.

**Prijetnje (*engl. threats*):**

Najveća prijetnja Zagrebu sa prometnog aspekta predstavljaju prevelika zaduženja koja su se dogodila u prošlosti, a ti dugovi i dan danas čekaju na naplatu. Također i nepravilno vođenje države i nerazmjernost dovodi do poteškoća u razvoju. Takve negativne učinke treba minimizirati jer itekako utječu na globalnu sliku RH.

## 7. ZAKLJUČAK

Promet je posljedica i pratitelj svih aktivnosti, ali i njihov poticatelj. Kao dinamičan sustav izrazito ga je teško „optimalno“ izgrađivati i usavršavati. Prometni sustav se izgrađuje postepeno, korak po korak do boljih rezultata. Trenutno je promet pri kraju liste prioriteta, kako zbog vladajućih, tako i zbog dugotrajnije i manje vidljivije projektne učinkovitosti naspram drugih grana. Pretjeranom inertnosti jedan takav golemi sustav nagomilava probleme, koji se onda multipliciraju te još više otežavaju optimalna rješenja. Dok god se prometni sustav ne bude shvaćao ozbiljno i sa poštovanjem, poboljšanja nisu za očekivati. Rješenja koja se implementiraju moraju biti znanstveno potvrđena, stručna i dugoročno gledana.

U današnje vrijeme kada cestovni modul transporta čini najveći udio svjetskog transporta javljaju se mnogi problemi u izvođenju istog pojavom osobnih automobila i velike centralizacije kretanja vozila, te nepristupačnoj i nepraktičnoj upotrebi javnog gradskog prijevoza. Zbog prije navedenih razloga poznato je da JGP može uz manje korištenje resursa, bilo ekonomskih ili emisija štetnih plinova, pružiti značajno bolje performanse odvijanja prometa u centrima gradova diljem svijeta. Sa takvom tendencijom današnji stručnjaci sagledavaju prijevoz i taj problem predstavlja glavni cilj u razvitku ITS-a. Stručnjaci diljem svijeta moraju naći efikasno, efektivno, ekološki prihvatljivo i cijenom nisko rješenje za cestovni prijevoz u urbanim područjima gradova. Međutim, danas, u vrijeme procvata tehnologije stručnjaci su primorani koristiti sve veće značajke računalnih pojmova umjetne inteligencije, adaptacije i sl. Danas se u bilo kojem segmentu života vidi utjecaj tehnologije i kako god ljudi mislili, to je jednostavno prisutno. Tako i u prometnom sektoru, jednostavno se mora težiti ka nečemu novom, suvremenom, boljem, iako možda na početku čudnom.

Upravljanje prometnim tokom putem računala, putem umjetne inteligencije danas je sasvim uspješna metoda koja ima samo pozitivne utjecaje i na efikasnost prometa, na ekološki učinak i na zdravstveni učinak na čovjeka. Posao za koji bi u povijesti trebalo nekoliko ljudi, danas obavlja jedno računalo koje u svom „mozgu“ sadrži više informacija nego što se može zamisliti. I obavlja taj posao besprijekorno dobro bez faktora ljudske pogreške i bez umora i bez osjećaja, a

opet sa mogućnošću adaptacije na nove ili nepredvidive situacije baš kao čovjek. Jer zapravo računalo je samo onoliko dobro koliko je dobro programirano opet od strane čovjeka.

Nadzorni centar predstavlja jedan takav sustav, sustav koji uči, koji potrebno sprema i koristi, a nepotrebno odbacuje, filtrira od krajnjeg korisnika. Na takvim sustavima treba temeljiti daljnji razvitak i k takvim sustavima treba težiti. Gledajući razvijene prometne sustave diljem svijeta, nadzorni centri su uvelike doprinijeli tome, na način da su postigli visoke razine upravljanja prometnim tokom uz minimalne troškove održavanja opreme i minimalan broj radnika.

## LITERATURA

- [1] Bošnjak, I.: *Inteligentni transportni sustavi - ITS ; Fakultet. prometnih znanosti, Sveučilište. u Zagrebu, 2006 g.*
- [2] <https://tools.ietf.org/html/rfc5246> 14.03.2017.
- [3] *Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu 2014-2018*
- [4] Ćurković, K.: *Primjena inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2013.g.*
- [5] Vidaković, F. : *Pregled postojećih modela autonomnih vozila, Fakultet prometnih znanosti Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2015.g.*
- [6] Mandžuka, S.: *Inteligentni transportni sustavi 2, izabrana poglavlja, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2010.g.*
- [7] Matić, I. : *Inteligentni sustavi upravljanja prometom, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet Rijeka, Rijeka, 2010.g.*
- [6] <http://www.promel.hr/studija-grada-dubrovnika.html>. 14.03.2017.
- [7] <https://www.linkedin.com/pulse/global-intelligent-transportation-system-market-size-18210-henry> 17.05.2017.
- [8] [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014\\_07\\_82\\_1580.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_07_82_1580.html) 19.05.2017.
- [9] Matić, M. : *Europska komunikacijska ITS arhitektura, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.g.*
- [10] <http://frame-online.eu/>
- [11] *European ITS Framework Architecture (FRAME) Browsing Tool*
- [12] Vidaković, F. : *Nadzorni centar za upravljanje prometom- EU iskustva, Fakultet prometnih znanosti Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2016.g.*
- [13] Vidaković, F. : *Arhitektura sustava inteligentnog upravljanja prometom, Fakultet prometnih znanosti Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2015.g.*
- [14] <http://www.extron.com/company/article.aspx?id=trafficismgmt> 12.06.2017.

- [15] Vidaković, F. : *Napredni sustavi upravljanja javnim gradskih prijevozom*, Fakultet prometnih znanosti Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2014.g.
- [16] Mark, K.: *Organization and Structure of Traffic Management Centers: Two Case Studies in Michigan*, University of Michigan, USA.
- [17] Vidaković, F. : *Nadzorni centar za upravljanje prometom- EU iskustva*, Fakultet prometnih znanosti Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2015.g.
- [18] <http://www.wsdot.wa.gov/Operations/Traffic/tmc.htm> 12.05.2017.
- [19] [http://www.trafikstockholm.com/images/nya/Road\\_traffic\\_management\\_800pix.jpg](http://www.trafikstockholm.com/images/nya/Road_traffic_management_800pix.jpg)  
12.05.2017.
- [20] [http://www.roadtraffic-technology.com/projects/traffic\\_control/](http://www.roadtraffic-technology.com/projects/traffic_control/)
- [21] [http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/lenkung/vkrz/index\\_en.shtml](http://www.stadtentwicklung.berlin.de/verkehr/lenkung/vkrz/index_en.shtml)
- [22] <http://www.berlin.de/en/>
- [23] [https://ida.dk/sites/default/files/Fremtidens\\_transport\\_II\\_Ralf%20Kohlen.pdf](https://ida.dk/sites/default/files/Fremtidens_transport_II_Ralf%20Kohlen.pdf)
- [24] <https://bs.wikipedia.org/wiki/Semafor>
- [25] Ezgeta, D.: *Upravljanje pomoću svjetlosnih znakova*, Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Sarajevo, 2013.g.
- [26] Matić, I. : *Inteligentni sustavi upravljanja prometom*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.g.
- [27] *Zagrebački Holding d.o.o.; Podružnica Zagrebačke Ceste*
- [28] <https://peek.hr/> 14.05.2017.
- [29] <http://www.fanos.hr/> 14.05.2017.
- [30] [ftp://ftp.iskra-mis.si/SISTEMI/dpr\\_acp\\_mske60\\_ang.pdf](ftp://ftp.iskra-mis.si/SISTEMI/dpr_acp_mske60_ang.pdf) 18.05.2017.
- [31] <http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/advanced-controller/s7-300/pages/default.aspx> 24.05.2017.
- [32] Vidaković, F. : *Nadzorni centar za upravljanje prometom- EU iskustva*, Fakultet prometnih znanosti Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2015.g.
- [33] <https://www.google.hr/maps> 20.05.2017.
- [34] Škorput, P.; Mandžuka, S.; Jelušić, N.: *Real-time Detection of Road Traffic Incidents*, *PROMET-Traffic&Transportation*, Scientific Journal on Traffic and Transportation Research, University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences

- [35] Škorput, P.; Mandžuka, S.; Schatten, M.: *Ontologies in the area of cooperative intelligent transport system, Proceedings of the 21th Telecommunications Forum - TELFOR 2013, Beograd: Telecommunications Society, School of Electrical Engineering, IEEE Serbia and Montenegro COM Chapter, Belgrade, Serbia, 26.-28.11.2013.*
- [36] Mandžuka, S.; Bošnjak, I.; Škorput, P.: *Uloga i značaj ITS-a u novoj strategiji prometa Republike Hrvatske, Zbornik radova sa znanstvenog skupa Ocjena dosadašnjeg prometnog razvitka hrvatske i osnovne smjernice daljnjeg razvoja, Zagreb: Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, Hrvatska, 11.04.2012*
- [37] Bošnjak, I.; Mandžuka, S.; Šimunović, Lj.; Škorput, P.; Ratković, G.: *Učinci uvođenja ITS-a i inteligentnih vozila na zaštitu okoliša, Zbornik radova Tehnički pregledi motornih vozila i zaštita okoliša, Znanstveno-stručna konferencija sa međunarodnim sudjelovanjem, Sarajevo: Institut za saobraćaj i komunikacije, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 10.6.2010.,*
- [38] Škorput, P.; Binički, M.; Vukadin, D.: *Influence of road infrastructure on functioning of postal traffic in the Republic of Croatia, Proceedings of the 1st International Conference on Road and Rail Infrastructure - CETRA 2010, Zagreb: Department of Transportation, Faculty of Civil Engineering, Opatija, Croatia, 17.-18.5.2010*

## POPIS SLIKA

Slika 1: Dijelovi VMS sustava u okruženju ITS-a, Izvor: [7].....	12
Slika 2: Podsustavi nadzornog centra za upravljanje prometom, Izvor: [10] .....	15
Slika 3: Podsustavi upravljanja prometom, Izvor: [11] .....	15
Slika 4: Tok informacija između operatera, Izvor: [11] .....	17
Slika 5: Povezanost vanjskog pružatelja usluge sa dionicima sustava, Izvor: [11].....	18
Slika 6: Okruženje nadzornog centra za upravljanje prometom, Izvor: [14] .....	23
Slika 7: Podsustavi NCZUP u Washingtonu, Izvor: [19].....	30
Slika 8: Projektno stablo TMC u Berlinu, Izvor: [22] .....	33
Slika 9: Razina usluge u Berlinu nakon implementacije nadzornog centra, Izvor: [23] .....	33
Slika 10: Lokacija nadzornog centra za upravljanje prometom, Izvor: [33].....	46

## POPIS TABLICA

Tablica 1: Mikroprocesorski semaforški uređaji .....	37
Tablica 2: Relejni semaforški uređaji .....	37



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi. Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom „Koncept razvoja centra za nadzor i upravljanje prometom u gradovima“, na mrežnim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 04.07.2017.

Student:

---

(potpis)