

# Zastupljenost ITS-a u odlukama o uređenju prometa u gradovima

---

**Bohnec, Marko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:737333>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-22**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





Diplomski rad br. 138/OMIL/2022

## **Zastupljenost ITS-a u odlukama o uređenju prometa u gradovima**

Marko Bohneć 2314/336

**Koprivnica, rujna 2022. godine**



**Sveučilište  
Sjever**

**Odjel za Održivu mobilnost i logistiku**

**Diplomski rad br. 138/OMIL/2022**

## **Zastupljenost ITS-a u odlukama o uređenju prometa u gradovima**

**Student**

Marko Bohnec, 2314/336

**Mentor**

Prof. dr. sc. Goran Kos, dipl. ing.

**Koprivnica, rujan 2022. godine**

# Prijava diplomskog rada


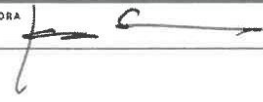
## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za logistiku i održivu mobilnost		
STUDIJ	diplomski sveu ilišni studij Održiva mobilnost i logistika		
PRISTUPNIK	Marko Bohnc	MATIČNI BROJ	2314/336
DATUM	14.9.2022	KOLEGIJ	Inteligentna mobilnost
NASLOV RADA	Zastupljenost ITS-a u odlukama o ure enju prometa u gradovima		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Representation of ITS in decisions regarding traffic regulation in cities		

MENTOR	prof. dr.sc. Goran Kos	ZVANJE	prof.
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc.dr.sc. Predrag Brlek, predsjednik povjerenstva		
	2. prof.dr.sc. Goran Kos, mentor		
	3. doc.dr.sc. Robert Maršani , lan		
	4. _____		
	5. _____		

## Zadatak diplomskog rada

BROJ	138/OMIL/2022
OPIS	<p>Korištenje ITS-a u gradovima postaje sve popularnije. Temeljni cilj njihova postojanja je poboljšati sigurnost i proto nost prometa te sprije iti gužve u gradskim središtima. U Hrvatskoj se razvoj i uvo enje ITS-a kre e sporo, a trenutno se sustavi najviše koriste na autocestama.</p> <p>Svrha i cilj ovog istraživanja bila je utvrditi do koje se razine ITS u gradovima u Hrvatskoj razvio, kako glede zastupljenoti u službenim dokumentima, tako i glede konkretnih primjera, u estalosti ITS i brojnih prednosti koje pruža graanima.</p> <p>PRema trenutno dostupnim informacijama, ITS se ne spominju u s užbenim odlukama o ure enju prometa u gradovima. Ipak, postoje pozitivni primjeri kao što je Rijeka, no valja istaknuti i Split koji je detaljno razradio planove uvo enja ITS-a. Op enito, sljede ih nekoliko godina o ekuje se da jedinice lokalne samouprave u RH dodatno intenziviraju svoje aktivnosti kada je u pitanju uvo enje naprednih ITS rješenja u svrhu pove anja sigurnosti gradskih prometnog sustava.</p>

ZADATAK URUČEN		POTPIS MENTORA	
SVEUČILIŠTE SIEVER			

## **Predgovor**

Zahvaljujem se mentoru, prof. dr. sc. Goranu Kosu na izdvojenom vremenu, pruženim savjetima i pomoći tijekom pisanja rada.

Zahvaljujem se svim profesorima, asistentima i ostalim zaposlenicima Sveučilišta Sjever koji su me podučavali i prenosili mi svoja znanja i iskustva tijekom ove dvije godine studiranja.

Najveću zahvalu dugujem djevojci Ani Čolić koja mi je pružala najveću podršku i motivaciju tijekom studiranja.

Također se zahvaljujem obitelji, prijateljima te kolegama i kolegicama studentima na savjetima i podršci tijekom studiranja.

## Sažetak

Korištenje inteligentnih transportnih sustava u gradovima postaje sve popularnije. Temeljni cilj njihova postojanja je poboljšati sigurnost i protočnost prometa te spriječiti gužve u gradskim središtima. U Hrvatskoj se razvoj i uvođenje ITS-a kreće usporeno, a trenutno se sustavi najviše koriste na autocestama. Svrha i cilj ovog istraživanja bila je utvrditi do koje se razine ITS u gradovima u Hrvatskoj razvio, kako glede njihovih zastupljenosti u službenim dokumentima, tako i glede konkretnih primjera, učestalosti ITS-a u Hrvatskoj i brojnih prednosti koje pružaju građanima. Prema trenutno dostupnim informacijama, IT ne spominju u službenim odlukama o uređenju prometa u gradovima. Ipak, postoje pozitivni primjeri kao što je Rijeka, no valja istaknuti i Split koji je detaljno razradio planove uvođenja ITS-a. Općenito, sljedećih nekoliko godina očekuje se da jedinice lokalne samouprave u Republici Hrvatskoj dodatno intenziviraju svoje aktivnosti kada je u pitanju uvođenje naprednih ITS rješenja u svrhu povećanja sigurnosti i protočnosti gradskog prometnog sustava.

**Ključne riječi:** Inteligentni transportni sustavi (ITS), ITS arhitektura, urbana mobilnost, promet, razvoj, pametna rješenja.

## Summary

The use of intelligent transport systems in cities is becoming increasingly popular. The fundamental goal of their existence is to improve safety and traffic flow and prevent congestion in city centers. In Croatia, the development and introduction of ITS is moving slow, and currently the systems are mostly used on highways. The purpose and goal of this research was to determine to what level ITS has developed in cities in Croatia, both in terms of their representation in official documents, as well as in terms of concrete examples, the frequency of ITS in Croatia and the numerous advantages they provide to citizens. According to the currently available information, ITS are not mentioned in official decisions on the regulation of traffic in cities. Nevertheless, there are positive examples such as Rijeka, but it is also worth highlighting Split, which elaborated in detail the plans for the introduction of ITS. In general, in the next few years, local self-government units in the Republic of Croatia are expected to further intensify their activities when it comes to the introduction of advanced ITS solutions in order to increase the safety and flow of the city's transport system.

**Key words:** Intelligent transport systems (ITS), ITS architecture, urban mobility, traffic, development, smart solutions

## **Popis korištenih kratica**

ITS - Inteligentni transportni sustavi

ICT - Informacijske i komunikacijske tehnologije

NN - Narodne novine

ERGS - elektronički sustav za navođenje rutom (Electronic Route Guidance System)

IVHS - Integrirani sustav autocesta (Integrated Vehicle Highway System)

EU - Europska unija

BDP - Bruto društveni proizvod

FPZ - Fakultet prometnih znanosti

ISO - Međunarodnu organizaciju za standardizaciju (International Standardization Organization)

RH - Republika Hrvatska

FRAME - Okvirna arhitektura napravljena za Europu (Framework Architecture Made for Europe)

KAREN- Ključna arhitektura potrebna za europske mreže (Keystone Architecture Required for European Networks)

GSM - Globalni sustav za mobilne komunikacije (Global System for Mobile communication)

SAD - Sjedinjene Američke države

HAK - Hrvatski autoklub

PPD - Promjenjivi prometni znakovi

RSIM - Spašavanje stradalih u prometnim nesrećama (Rescue Service Incident Management)

GIS - Globalni informacijski sustav

CARE - Baza podataka zajednice o prometnim nesrećama (Community database on road accidents)

AUP- Automatsko upravljanje prometom

VMS – Promjenjiva znakovna signalizacija

OIV - Odašiljači i veze d.o.o.

GSM - Tehnička realizacija usluge kratkih poruka (Eng. Short Message Service technical realisation)

CVIS - Co-operative Vehicle Infrastructure Systems - Kooperativni infrastrukturni sustavi vozila

UTMC - Univerzalne kontrole upravljanja prometom

V2V – Komunikacija vozila prema vozilu

V2I – Komunikacija vozilo prema infrastrukturi

V2P – Komunikacija vozilo prema pješaku

I2P – Komunikacija infrastruktura prema pješaku

V2N – Komunikacija između vozila i mreže

V2C – Komunikacija između vozila i „oblaka“

DSRC – Namjenska komunikacija kratkog dometa

OBU – Uređaji unutar vozila (On Board Units)

RSU – Uređaji sa strane ceste (Road Side Units)

IMS – Sustav upravljanja incidentima

GLOSA – Sustav za optimalnu brzinu



# Sadržaj

1. Uvod .....	1
1.1. Predmet i problem istraživanja .....	1
1.2. Svrha i cilj istraživanja .....	2
1.3. Izvori podataka .....	2
1.4. Metode istraživanja .....	2
1.5. Struktura rada .....	2
2. Inteligentni transportni sustavi .....	3
2.1. ITS arhitektura.....	5
2.1.1. FRAME: Europska ITS okvirna arhitektura.....	7
2.1.2. Europska politika i standardizacijski okvir .....	11
2.2. Razvoj ITS-a u Republici Hrvatskoj .....	14
2.2.1. Zakonodavni okvir.....	15
2.2.2. Interesi hrvatskog gospodarstva .....	16
2.2.3. Istraživačko-razvojne aktivnosti i normizacija.....	17
2.2.4. Ključni dionici razvoja i uvođenje ITS-a u Republici Hrvatskoj .....	18
2.2.5. Temeljne smjernice kod uvođenja ITS-a.....	19
2.2.6. Strateški ciljevi uvođenja ITS-a u Republici Hrvatskoj.....	20
2.2.7. Strategija prometnog razvoja Republike Hrvatske (2017. - 2030.).....	23
2.3. ITS u urbanom okruženju.....	24
2.3.1. Upravljanje prometom i urbana logistika .....	25
2.3.2. Ključni čimbenici uspjeha ITS-a u urbanom okruženju.....	33
2.3.3. Korištenje kooperativnih ITS-a u upravljanju gradskim prometom.....	36
2.3.4. Upravljanje incidentima u urbanim područjima.....	41
2.3.5. Pametne kamere za ITS u urbanom okruženju.....	45

2.4. Inteligentna vozila i infrastruktura .....	47
2.4.1. Inteligentna vozila .....	47
2.4.2. Inteligentna infrastruktura .....	48
3. Primjeri dobre prakse ITS-a u Europi i svijetu.....	50
3.1. Dinamički sustavi za navođenje pri parkiranju u Leuvenu, Belgija.....	50
3.2. Prilagodljivi sustav prometne signalizacije u stvarnom vremenu optimizira protok prometa u Hong Kongu.....	50
3.3. Čist zrak za Birmingham sa „zonama čistog zraka“ .....	51
3.4. Prvi semafor s umjetnom inteligencijom (awareAI) u funkciji u Linzu .....	53
3.5. London - Citymapper .....	54
3.6. M1Fully Managed Motorway (Melbourne, Australia, 2010.).....	55
3.7. MyTransport.SG and Data Mall (Singapore, 2011.) .....	56
3.8. ITMC Beijing Intelligent Traffic Management Center (Kina, 2008.).....	56
3.9. Najmoderniji sustav kontrole prometa u Poljskoj (2022.).....	57
3.10. Inteligentni sustav upravljanja prometom u Grčkoj: ITS Thessaloniki (2022.) .....	58
.....	
3.11. Adaptivna kontrola mreže u Beogradu.....	59
4. Zastupljenost ITS-a u odlukama o uređenju prometa u gradovima .....	61
4.1. Rijeka – sustav automatskog upravljanja prometom.....	61
4.2. Zadar – projekt prometnog sustava: ITS .....	63
4.3. Split – uvođenje ITS-a.....	64
4.4. Sisak – plan održive urbane mobilnosti.....	66
4.5. Kutina - ITS rješenje brojanja i kategorizacije teretnih vozila.....	67
4.6. Varaždin – primjena ITS-a .....	67
4.7. Pula – pilot projekt Pula Spark Sense.....	70
4.8. Zagreb – sustav automatskog upravljanja prometom (AUP) .....	71

5. Zaključak.....	72
Literatura .....	73
Popis slika.....	77
Popis tablica.....	78

# 1. Uvod

Računala, elektronika, sateliti i senzori igraju sve važniju ulogu u našim prometnim sustavima, kao instrumenti koji se koriste u različite svrhe pod različitim uvjetima. Inteligentni transportni sustavi (ITS) primjenjuju informacijske i komunikacijske tehnologije na svaki način prijevoza i pružaju usluge koje se mogu koristiti i u putničkom i u teretnom prometu. U današnje vrijeme glavni izazov leži u integraciji postojećih tehnologija s ciljem da se promet učini održivijim, što uključuje kompromis između učinkovitosti, eko-sustava i sigurnosti. Ljudski svijet prolazi kroz zapanjujuću transformaciju; brzo se razvijaju jer otkrivanje novih kognitivnih okruženja stvara inovativne modele neophodne za procvat kreativnog suživota u svim aspektima društva; u svim javnim, privatnim i međunarodnim sektorima; te u regionalnom, nacionalnom i međunarodnom kontekstu. Ta će kognitivna okruženja nadilaziti ona koja poznajemo. Konkretno, ponudit će nove odgovore na ključne izazove, ne samo u domeni inteligentnih transportnih sustava (ITS). Izazovi za implementaciju ITS-a su ozbiljni, ali ne moraju biti prepreka. Ne tehnološkim izazovima mogu se baviti istraživači planiranja i politike, društveni znanstvenici te pravni i poslovni stručnjaci čije bi znanje i iskustvo nadopunilo znanje inženjera i znanstvenika koji stvaraju nove tehnologije. Problemi prijevoza koje nove tehnologije nastoje riješiti imaju jake pravne, institucionalne, društvene, ekološke i ekonomske dimenzije; istraživanje bi također trebalo pokriti širi kontekst planiranja i politike kao dopunu tehnološkom razvoju.

U ovome radu autor će dati pregled trenutno dostupnih informacija o ITS-u i njegovom razvoju u Europi i Hrvatskoj. Nadalje, bit će istaknuti primjeri dobre primjene ITS-a te će se dati osvrt na trenutnu zastupljenost ITS-a u odlukama o prometnom uređenju, kao i u drugim dokumentima gradova u RH.

## 1.1. Predmet i problem istraživanja

Predmet ovog istraživanja, ujedno i tema diplomskog rada, je istražiti prisutnost ITS-a u gradovima u Hrvatskoj s posebnim naglaskom na zastupljenost ITS-a u službenim dokumentima o prometnom uređenju u gradovima. Problem istraživanja je trenutna zastupljenost ITS-a u odlukama o uređenju prometa u gradovima te postoji li prostora za dodatan napredak u ovom području kada su u pitanju gradovi u Hrvatskoj.

## **1.2. Svrha i cilj istraživanja**

Svrha i cilj ovog istraživanja je utvrditi do koje se razine razvio ITS u gradovima, kako glede njihovih zastupljenosti u službenim dokumentima, tako i glede konkretnih primjera, učestalosti u Hrvatskoj i brojnih prednosti koje pružaju građanima.

## **1.3. Izvori podataka**

Izvori podataka, za pisanje ovog diplomskog rada bile su knjige, članci, stručni radovi te internetske stranice.

## **1.4. Metode istraživanja**

Za izradu rada korištene su klasične metode istraživanja koje uključuju prikupljanje i proučavanje stručne literature, bilo da se radi o fizičkim ili elektronskim izvorima, a korištene su, između ostalog, knjige, stručni članci i druge publikacije.

## **1.5. Struktura rada**

Rad se sastoji od pet glavnih poglavlja.

Prvo se poglavlje odnosi na uvod u tematiku, opisane su osnovne informacije o temi, opisani su problem i predmet te svrha i cilj istraživanja, navedene su korištene metode te je opisana struktura rada.

U drugom se poglavlju daju osnovne informacije o ITS-u, s detaljnijim opisom ITS arhitekture, razvoja ITS-a u EU i RH. Nadalje opisane su i ključne karakteristike ITS-a u urbanom okruženju te su objašnjena inteligentna vozila i infrastruktura.

Treće se poglavlje odnosi na primjere dobre prakse ITS-a, kako u Europi, tako i u ostatku svijeta.

U četvrtom poglavlju autor se dotiče ITS-a u Hrvatskoj, s posebnim naglaskom na njegov razvoj u urbanim sredinama.

U posljednjem, petom poglavlju izlažu se završna razmišljanja, kao i mišljenje autora o obrađenoj tematici.

## 2. Inteligentni transportni sustavi

Pojam inteligentni transportni sustavi (ITS) uveden je u transportno i prometno inženjerstvo tijekom 1990-ih, a može se definirati kao holistička, upravljačka, informacijska i komunikacijska nadogradnja klasičnih transportnih i prometnih sustava koja omogućuje značajno poboljšanje performansi, protoka prometa, učinkovitost prijevoza putnika i robe, sigurnost prometa, smanjenje onečišćenja i dr. Kvaliteta implementacije Inteligentnog transportnog sustava prvenstveno se temelji na usklađivanju i mogućoj integraciji pojedinačnih rješenja u integrirane sustave. Postizanje toga povezano je s projektiranjem osnovne organizacije sustava, tzv. ITS arhitekture i definiranjem potrebnih standarda od strane službenih organizacija. Pozadina za razvoj arhitekture i standardizacije u modernom društvu obično se može pronaći u pravnim dokumentima pojedinih zemalja ili međunarodnih organizacija. Vizija ITS-a je "inteligentna mobilnost prema potpuno informiranim ljudima, bez nezgoda, bez kašnjenja, sa smanjenim utjecajem na okoliš, gdje su usluge pristupačne i besprijekorne, uz poštivanje privatnosti i osiguranjem sigurnosti". (Giannopoulos, Mitsakis i Salanova, 2012)

ITS se identificira kao domena visokog potencijala za rješavanje brojnih izazova s kojima se prometni sektor suočava unutar svake grane prometa (što je najvažnije) u stvaranju sučelja i integracije između njih. Inteligentni prometni sustavi (ITS) ključni su za povećanje sigurnosti i rješavanje rastućih problema s emisijama i zagušenjem u Europi. Oni mogu promet učiniti sigurnijim, učinkovitijim i održivijim primjenom različitih informacijskih i komunikacijskih tehnologija na sve načine prijevoza putnika i tereta. Štoviše, integracija postojećih tehnologija može stvoriti nove usluge. ITS-u su ključni za podršku zapošljavanju i rastu u prometnom sektoru. Ali kako bi bilo učinkovito, uvođenje ITS-a mora biti koherentno i pravilno koordinirano diljem EU-a. (Giannopoulos, Mitsakis i Salanova, 2012)

Europska unija stvorila je pravni okvir za razvoj ITS-a na temelju prepoznavanja prednosti ITS-a i potrebe za usklađenim razvojem na razini cijele EU. Prvi pravni dokumenti odnosili su se na konkretna rješenja, ali u prvim godinama 21. stoljeća pripremaju se opći pravni akti za svaki vid prometa. Donošenje pravnog dokumenta je, međutim, tek prvi korak nakon kojeg slijedi usvajanje standarda i realizacija aktivnosti u rokovima koje je potrebno poštovati. Pravni dokument često prate planovi rada ili priopćenja koja se bave njegovom provedbom. Prema zakonodavstvu EU, glavni razlozi za uvođenje ITS-a su: poboljšanje sigurnosti, poboljšanje učinkovitosti, smanjenje zagađenja i omogućavanje interoperabilnosti između različitih sustava. Nedavno je Europska unija poduzela značajne napore u području

implementacije ITS-a pokušavajući pronaći rješenja za sve veće prometne probleme. Različita europska tijela odredila su velik broj aktivnosti s jednim ciljem – provedbu praktične primjene ITS-a u cijeloj Uniji. (Giannopoulos, Mitsakis i Salanova, 2012)

Prema Sarkar i Jain (2017) ITS je važan za rješavanje problema u urbanim sredinama. Primjena informacijske tehnologije na prometnu mrežu donosi pet ključnih klasa prednosti putem:

1. Povećanja sigurnosti vozača i pješaka.
2. Poboljšanja fluidnosti prometne mreže, posebice smanjenjem zagušenja.
3. Povećanja osobne mobilnosti i pogodnosti.
4. Ostvarivanja koristi za okoliš.
5. Poticanje produktivnosti i širenje gospodarstva i rasta zaposlenosti.



Slika 1. Konceptualni model inteligentnih transportnih sustava

Izvor: Prilagodio autor prema Perillos, A., Hernandez-Jayo, U., Onieva, E., & Zuazola, I. J. G. (Eds.). (2015). Intelligent transport systems: technologies and applications. John Wiley & Sons.

ITS osiguravaju brojne prednosti koje proizlaze iz poboljšanja operativne učinkovitosti i pouzdanosti ponuđenih usluga, poboljšanja proizvodnje u upravljanju prometnom infrastrukturom, kao i povećane sigurnosti, smanjenja utjecaja na okoliš i niza informacijskih usluga koje se pružaju korisnicima prijevoza. Stoga ITS uključuje različite alate i usluge proizašle iz primjene telematičkih koncepata u području prometa; između mnogih drugih, može se spomenuti sljedeće:

- sustavi za automatsko upravljanje prometom;
- informacijske usluge javnog prijevoza;
- putnički informacijski sustavi;
- sustavi za upravljanje voznim parkom i lokacijski sustavi;
- upravljanje u izvanrednim situacijama;
- elektronički sustavi plaćanja;
- sustavi kooperativnih vozila.

Vrste aplikacija i usluga vrlo su raznolike, uglavnom zato što se ITS neprestano razvijaju, te se sve više truda i resursa ulaže u njihov razvoj i implementaciju. S druge strane, javne (i privatne) institucije igraju ključnu ulogu u poticanju politika koje pomažu i potiču razvoj i primjenu aplikacija koje poboljšavaju trenutni ITS. Primjer je Europska unija; trenutni program pomoći (nazvan Horizon 2020.) uključuje rad usmjeren prema „Pametnom, zelenom i integriranom prometu”, koji potiče projekte i ideje povezane s „Mobilnošću za rast” ili „Zelenim vozilima”.

## **2.1. ITS arhitektura**

Inteligentni transportni sustavi (ITS) složeni su sustavi koji zahtijevaju sustavnu osnovu za svoje procese planiranja i implementacije. S obzirom na tu potrebu, uspostavljena je europska okvirna arhitektura ITS-a (FRAME) kako bi podržala razvoj ITS-a i potaknula njihovo uvođenje u državama članicama olakšavanjem integracije sustava, poticanjem interoperabilnosti, izbjegavanjem situacija vezanih uz dobavljače i promicanjem standardizacije funkcionalnosti, sučelja i podatkovnih modela. Brza tehnološka evolucija i sve veće zanimanje za kooperativne sustave temeljene na V2X komunikacijama otkrili su nove zahtjeve koje postojeće arhitekture ne pokrivaju, što dovodi do alternativnih pristupa određenim istraživačkim projektima, te dovodi do proširene verzije FRAME arhitekture i



komplementarnim procesima standardizacije kako bi se ispunile potrebe povezanih vozila i cestovne infrastrukture. (Molinet et al., 2016)

Temeljna organizacija sustava koja sadrži ključne komponente, odnose među njima i veze prema okolini, kao i načela njihovog dizajniranja i razvoja, promatrajući cijeli životni ciklus sustava naziva se arhitektura. Kompatibilnost, interoperabilnost, proširivost, integrativnost i normiranost temeljne su karakteristike koje veliki sustavi moraju imati. Ukoliko se arhitektura ne definira, može doći do poteškoća pri integraciji komponentat, otežana je prilagodba novim tehnologijama, a i sami troškovi nadogradnje su viši.

Planiranje razvoja ITS-a na logičan način temelji se na ITS arhitekturi budući da ona daje opći predložak prema kojemu se planiraju, dizajniraju i postavljaju integrirani sustavi prometa i transporta u određenom prostorno-vremenskom obuhvatu. (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014)

Pružanje cjelovite informacije o načinu funkcioniranja ITS-a, osiguravanje neophodne interoperabilnosti različitih dijelova ITS-a, osiguravanje dosljednosti informacija prema krajnjim korisnicima, osiguravanje uvjeta neovisnosti primijenjenih tehnologija te osiguravanje relativno lake integracije novih tehnologija, osiguravanje uvjeta "slobodnog tržišta" za usluge i opremu, jer su sučelja dobro normirana, postojanje uvjeta »slobodnog tržišta« za usluge i opremu koji osiguravaju uvjete povećane proizvodnje (ekonomija opsega), što ima za posljedicu smanjenje cijena za usluge i opremu i poticanje investicija u ITS, jer su osigurani uvjeti »slobodnog tržišta« samo su neki od razloga zbog kojih je ITS arhitektura izuzetno važna. (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014)

Kada govorimo o osnovnim tipovima ITS arhitekture, razlikujemo:

1. okvirnu ITS arhitekturu (Framework Architecture) koja je usmjerena na iskazivanje potreba korisnika i šire funkcionalno gledište pri čemu je primjerena za nacionalnu razinu, a može se koristiti kao osnova za razvoj preostala dva tipa ITS arhitekture;
2. obveznu ITS arhitekturu (Mandated Architecture) čiji je sadržaj strogo utvrđen i ograničava mogućnosti opcija u pojedinim izvedbama, a uključuje fizičko, logičko i komunikacijsko gledište, kao i neke dodatne analize (analizu rizika, analizu troškova i koristi, itd.) i

3. servisnu ITS arhitekturu (Service Architecture) koja je slična obveznoj arhitekturi, ali je isključivo vezana za pojedine usluge.

Nadalje, treba razlikovati logičku arhitekturu, koja obuhvaća procese i tijekove podataka među procesima, i fizičku arhitekturu, koja obuhvaća fizičke entitete (elemente opreme) i tijekove podataka među njima. Ako je logička arhitektura nastala na temelju stvarnih korisničkih zahtjeva, vizije i ukupnog koncepta primjene te ako se fizička arhitektura razvija na temelju logičke, radi se o uspješnoj ITS arhitekturi. Valja naglasiti kako fizička arhitektura uključuje i komunikacijsku arhitekturu, a pri definiranju fizičke arhitekture posebno treba voditi računa o strategiji implementacije, kao i normizacijskim zahtjevima. (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014)

### **2.1.1. FRAME: Europska ITS okvirna arhitektura**

ITS arhitektura postavlja okvir za planiranje, analizu, definiranje, implementaciju i integraciju inteligentnih transportnih sustava, omogućujući u isto vrijeme razumijevanje njihovih poslovnih, organizacijskih i tehničkih implikacija. Obično se opisuje kao dizajn visoke razine koji prikazuje strukturu i rad određenog sustava u danom kontekstu, koji se može koristiti kao osnova za daljnje faze dizajna niske razine. Arhitektura FRAME stvorena je projektom KAREN (Keystone Architecture Required for European Networks), financiranim od strane Europske komisije u okviru Četvrtog okvirnog programa u području transportne telematike i prvi put objavljenom u listopadu 2000. Potreba da se arhitektura održava ažuriranom ubrzo je prepoznata, a to je zahtijevalo veliki napor u održavanju. Sljedećih godina (2001.-2004.) projekti FRAME-NET i FRAME-S, financirani od strane Europske komisije u okviru Petog okvirnog programa, uspješno su izvršili ovaj zadatak. Kao rezultat toga, ne samo da se razvila arhitektura, već su ažurirane i potrebe korisnika, definirana je metodologija podržana računalnim alatima, stvoren centar znanja i uspostavljen FRAME Forum kako bi korisnici i dionici mogli razmjenjivati savjete i iskustva. Od 2006., zbog rastućih očekivanja stvorenih od strane takozvanih kooperativnih sustava temeljenih na V2X komunikacijama i snažno podržanih od strane Europske komisije, FRAME arhitektura je ušla u proces prilagodbe kako bi pružila podršku novom skupu korisničkih potreba i zahtjeva koje nameću povezanih vozila i cestovne infrastrukture, koji nisu bili obuhvaćeni izvornom verzijom. (Molinet et al., 2016)

Projekt E-FRAME (proširena FRAMEwork arhitektura za kooperativne sustave), financiran od strane Europske komisije u okviru Sedmog okvirnog programa, bavio se tom potrebom između 2008. i 2011. Kao rezultat toga, FRAME Architecture verzija 4 koja podržava kooperativne sustave objavljena je 2010. godine. Od vremena projekta KAREN, arhitektura FRAME prihvaćena je i uspješno korištena na različite načine u mnogim nacijama, regijama, gradovima i projektima diljem Europe. Mogu se spomenuti najbolje referentne prakse kao što su francuska nacionalna ITS arhitektura (ACTIF), talijanska nacionalna ITS arhitektura (ARTIST) i druge adaptirajuće države kao što su Austrija (TTS-A), Češka (TEAM), Mađarska (HITS) i Rumunjska (NARITS). Osim toga, specifične ITS arhitekture stvorene su u Ujedinjenom Kraljevstvu, uključujući jednu za Transport za Škotsku i drugu za okrug Kent, dok je Transport za London namjeravao koristiti FRAME arhitekturu za planiranje svojih budućih implementacija ITS-a. U nekim slučajevima također su ga koristili R&D projekti kao što su VIKING, EASYWAY, COOPERS i MoveUs među ostalima, pa čak i u pred komercijalnim programima nabave kao što je CHARM-PCP, u kojima su sudjelovali Agencija za ceste (UK) i Rijkswaterstaat (Nizozemska). (Molinet et al., 2016)

FRAME se ne smatra uvijek arhitekturom, već više okvirom namijenjenim pomoći europskim zemljama i regijama u planiranju vlastite ITS arhitekture prilagođene njihovim posebnim potrebama. U tom smislu, iskustvo je dosta slično onome u SAD-u, gdje je glavni cilj Nacionalne ITS arhitekture bio usmjeravanje razvoja i implementacije ITS-a u cijeloj zemlji na saveznoj, državnoj i lokalnoj razini. (Molinet et al., 2016)

Najnovije izdanje FRAME arhitekture (verzija 4), objavljeno 2010. s ažuriranjima iz E-FRAME projekta, prema Molinet et al. (2016) pokriva sljedeća ITS područja:

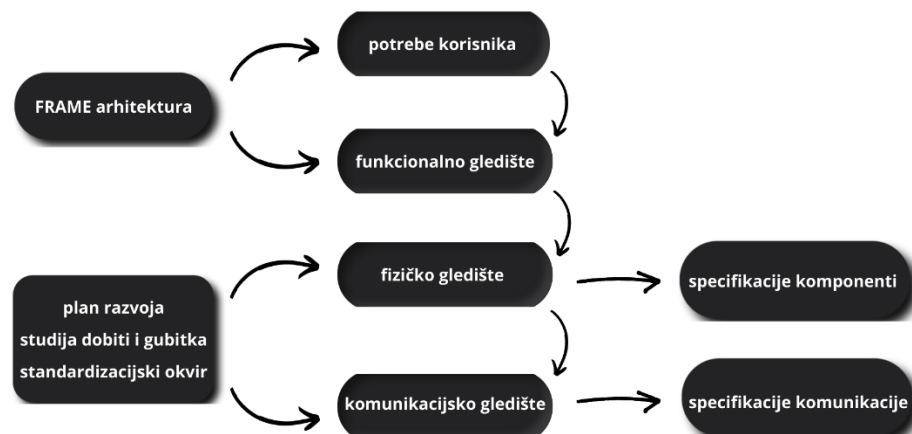
- Elektronička naplata naknada;
- Obavještanje i odgovor u hitnim slučajevima – Obavijesti uz cestu i u vozilu;
- Upravljanje prometom – urbano, međugradsko, simulacija, parkiranje, tuneli i mostovi, održavanje, zajedno s upravljanjem incidentima, onečišćenjem uzrokovanim cestovnim vozilima i potražnjom za korištenjem cesta;
- Upravljanje javnim prijevozom – raspoređi, cijene karata, usluge na zahtjev, upravljanje voznim parkom i vozačima;
- Sustavi u vozilima – uključujući kooperativne sustave;

- Pomoć putnicima – planiranje prije i tijekom putovanja, informacije o putovanju;
- Podrška za provedbu zakona;
- Upravljanje teretom i flotom;
- Podrška za kooperativne sustave – specifične usluge koje nisu uključene drugdje, kao što je korištenje autobusne trake, parkiranje teretnih vozila;
- Multimodalna sučelja – poveznice s drugim načinima rada kada je potrebno, npr. putne informacije, upravljanje multimodalnim prijelazima.

Kada se radi o ITS arhitekturi, kao i o FRAME-u, može se prema Molinete et al. (2016) uzeti u obzir nekoliko različitih pogleda:

- Potrebe korisnika, koje su uvijek početna točka i prikupljaju očekivanja koja treba pokriti implementacijom ITS-a i pripadajućim skupom usluga. Identifikacija ovih potreba može uključivati različite dionike kao što su operateri javnog prijevoza ili tereta, integratori sustava, nacionalne/regionalne vlade i sve vrste putnika.
- Funkcionalno gledište, koje definira funkcionalnost koju ITS treba pružiti kako bi se zadovoljile potrebe korisnika, obično strukturirano u funkcionalna područja i dalje podijeljeno u specifične funkcije. Ovo je predstavljeno kao dijagrami toka podataka koji sadrže funkcije i pokazuju kako se one odnose jedna na drugu, na pohranu podataka i terminatore, kao i podatke koji teku između njih.
- Fizičko gledište, koje opisuje kako se funkcije mogu grupirati u fizičke komponente dodijeljene modulima ili podsustavima. Stoga se mogu izraditi detaljne specifikacije za svaku komponentu.
- Komunikacijsko gledište, koje opisuje komunikacijske veze potrebne za podršku fizičkim tokovima podataka. Nakon što su funkcionalnosti dodijeljene fizičkim modulima, može se zaključiti o lokaciji funkcionalnih tokova podataka, kao i o protoku informacija između modula, što predstavlja komunikacijske kanale. Na ovoj razini mogu se izraditi komunikacijske specifikacije i dogovoriti korištenje postojećeg standarda ili čak potreba za definiranjem novog.

Uz glavne arhitektonske poglede, korištenje FRAME arhitekture omogućuje druge vrste aktivnosti kao što je Studija implementacije, koja pokazuje kako implementirati sustave i komunikacije izvedene iz ITS arhitekture i način migracije postojećih sustava kako bi bili usklađeni s FRAME-om; Studija troškova i koristi, koja pomaže u predviđanju mogućih troškova i očekivanih koristi od implementacije ITS-a; i Standardizacijska studija, identificiranje postojećih primjenjivih standarda povezanih s europskom ITS okvirnom arhitekturom i budućim potrebama standardizacije. (Molinete et al., 2016)



Slika 2. Opća metodologija za stvaranje ITS arhitekture i opseg FRAME arhitekture

Izvor: prilagodio autor prema Perillos, A., Hernandez-Jayo, U., Onieva, E., & Zuazola, I. J. G. (Eds.). (2015). Intelligent transport systems: technologies and applications. John Wiley & Sons.

Opći dijagram visoke razine koji prikazuje metodologiju i različite poglede koje treba uzeti u obzir pri stvaranju ITS arhitekture ilustriran je na slici 2., gdje je naglašen specifični opseg FRAME arhitekture. Arhitektura FRAME namijenjena je za korištenje u Europskoj uniji, ne nameće nikakvu strukturu državi članici i sastoji se samo od skupa korisničkih potreba koje opisuju što ITS može pružiti i funkcionalnog stajališta koje pokazuje kako se to može učiniti. Metodologiju podržavaju računalni alati (alat za pregledavanje i alat za odabir), koji omogućuju definiranje logički dosljednih podskupova funkcionalne točke gledišta arhitekture FRAME i stvaranje sljedećih fizičkih točaka gledišta. Vrijedno je napomenuti da je FRAME arhitektura neovisna o tehnologiji i ne podrazumijeva upotrebu bilo koje specifične tehnologije ili

proizvoda kako bi se osiguralo da ITS arhitekture i zahtjevi na visokoj razini planirani korištenjem metodologije neće zastarjeti unatoč evoluciji tehnologije i razvoja proizvoda. Projekt KAREN generirao je oko 550 korisničkih potreba za pokrivanje ITS aplikacija i usluga koje su razmatrane za implementaciju krajem 1990-ih. Od tada su projekti povezani s FRAME-om kontinuirano ažurirali ovaj skup korisničkih potreba s najnovijim E-FRAME projektom, dodajući oko 230 korisničkih potreba povezanih s korištenjem kooperativnih sustava. Arhitektura FRAME može se koristiti u brojnim scenarijima, budući da je jedna od najambicioznijih za planiranje velike integrirane implementacije ITS-a u zemlji ili regiji tijekom nekoliko godina. Prikupljanjem vizije različitih uključenih dionika, odgovarajući podskup FRAME arhitekture može se koristiti za pružanje modela visoke razine na putu da se to postigne. Prilikom stvaranja podskupa ITS arhitekture mora se odabrati najprikladniji skup funkcionalnosti za isporuku potrebnih usluga. Struktura sustava dobivena kao rezultat trebala bi pružiti dovoljno informacija za razvoj usluga i postavljanje potrebne opreme, a sve u skladu s cjelokupnim konceptom arhitekture. Može se reći da FRAME arhitektura u svojoj trenutnoj verziji pokriva većinu ITS aplikacija koje postoje ili se razmatraju za implementaciju u Europi, bez nametanja bilo kakvih tehničkih zahtjeva u fazi razvoja i stoga ostaje neovisna o tehnologiji. Sveobuhvatna dokumentacija i alati za podršku njezinoj uporabi, koji se snažno preporučuju, dostupni su besplatno. (Molinet et al., 2016)

### **2.1.2. Europska politika i standardizacijski okvir**

Razvijanjem istraživačke aktivnosti i objavljivanjem rezultata različitih projekata, Europska komisija je utvrdila potrebu za postavljanjem okvira politike za razvoj ITS-a u Europi. U tom smislu poduzete su dvije glavne akcije:

- Akcijski plan za uvođenje inteligentnih transportnih sustava (ITS) u Europi, COM(2008) 88), (prosinac 2008.). Predlaže niz ciljanih mjera strukturiranih u šest prioriternih područja kako bi se ubrao tržišni prodor prilično zrelih ITS aplikacija i usluga u Europi.
- Direktiva 2010/40/EU: okvir za koordiniranu i učinkovitu implementaciju i korištenje inteligentnih prometnih sustava. Ključni je instrument za koordiniranu implementaciju ITS-a u Europi, čiji je cilj uspostaviti interoperabilne i besprijekorne ITS usluge, ostavljajući državama članicama slobodu odlučivanja u koje će sustave ulagati.

Akcijski plan za uvođenje ITS-a u Europi (Action Plan for the Deployment of Intelligent Transport Systems in Europe, (COM(2008)886)) dokument je kojim započinje usmjereni i snažniji razvoj ITS-a u cestovnom prometu na području Europske unije. Izradi navedenog plana prethodili su razgovori s ključnim dionicima, anketiranje, radionice te diskusijske grupe. Kao što je u ovom radu ranije navedeno, Akcijski plan navodi tri ključna problema cestovnog prometa u Europskoj uniji, a to su zagušenje i troškovi zagušenja, emisija CO<sub>2</sub> u cestovnom prometu te prometne nesreće sa smrtnim posljedicama. Sukladno tome, opći ciljevi koji su postavljeni su učinkovit, čistiji te sigurniji promet. ITS je prepoznat kao moguće rješenje postavljenih problema, a svrha je Akcijskog plana koordinirati i ubrzati aktivnosti vezane za uvođenje ITS-a u cestovnom prometu, kao i u multi-modalnim čvorovima s drugim vidovima prometa. Ukoliko se umjesto ograničene i prostorno disperzirane uporabe ITS-a krene prema zajedničkoj uporabi na razini Europe potencijali ITS-a mogu se u potpunosti iskoristiti. Europska unija ima ulogu stvoriti okvir koji će sadržavati prioritetne politike, odabir generičkih komponenti ITS-a te dogovor o rokovima za pojedine aktivnosti (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

Akcijskim planom predviđena su sljedeća područja aktivnosti:

1. optimalno korištenje cestovnih, prometnih i putnih podataka,
2. neprekinutost ITS usluga za upravljanja prometom i teretom na europskim prometnim koridorima i u gradovima,
3. sigurnost na cestama,
4. povezivanje vozila i prometne infrastrukture,
5. sigurnost i pouzdanost podataka,
6. europska suradnja i koordinacija na području ITS-a (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

Usvajanje specifikacija za propisana prioritetna područja predstavlja prvi korak prema usklađenom razvoju. Specifikacije se donose postupno, a mogu uključivati funkcionalne značajke (opis uloge dionika i tijek informiranja među njima), tehničke značajke (tehnologija ostvarivanja funkcionalnih karakteristika), organizacijske značajke (opis procedura odnosno obveza za pojedine dionike) i značajke pružanja usluga (opis razina usluga za ITS aplikacije). Posebna pažnja posvetila se zaštiti informacija zbog čega se države članice obvezuju pri

donošenju nacionalne legislative voditi računa o temeljnim pravima i slobodama pojedinca pri čemu ITS legislativa mora osigurati i zaštititi od zlouporabe osobne podatke, uključujući nedopušteni pristup, gubitak i promjenu podataka (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

Direktiva 2010/40/EU sveobuhvatni je dokument kojim se usmjerava razvoj inteligentnih transportnih sustava na području cijele EU, a sve zemlje članice trebaju uskladiti svoje nacionalno zakonodavstvo kako bi se postigli ciljevi zadani Direktivom. Ključan dio dokumenta su prioritetna područja i aktivnosti te planovi sa zadanim rokovima. Samo postojanje ove Direktive dokaz je europske koordinacije u području ITS-a. Unutar prioritetnih područja preuzetih iz Akcijskog plana za uvođenje ITS-a u Europi definirano je šest prioritetnih aktivnosti:

1. pružanje multi modalnih prometnih informacija na području cijele Europske unije;
2. pružanje prometnih informacija u stvarnom vremenu na području cijele Europske unije;
3. dostupnost osnovnih podataka i postupaka u svezi sa sigurnošću na cestama, bez naplate, gdje god je to moguće;
4. usklađeno osiguravanje usluge e-poziv (eCall) na području cijele Europske unije;
5. pružanje usluga informiranja o sigurnim i zaštićenim parkirališnim mjestima za teretna vozila i gospodarska vozila;
6. pružanje usluga rezervacije sigurnih i zaštićenih parkirališnih mjesta za teretna vozila i gospodarska vozila (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

Na temelju rokova iz Direktive 2010/40/EU u veljači 2011. godine donesen je Plan rada u kojem je za svaku prioritetnu aktivnost detaljno razrađen vremenski slijed provedbe pojedinačnih postupaka. Za svaku aktivnost potrebno je pripremiti, odnosno provesti analizu – uključujući vanjsku studiju, konzultacije s dionicima te konzultacije sa stručnjacima u državama članicama, izradu studije utjecaja, izradu nacrtu specifikacije (uključujući mišljenje ITS savjetodavne grupe i konzultacije sa stručnjacima u zemljama članicama), izradu konačnog nacrtu te njegovo usklađivanje s drugim uslugama te usvajanje. Vremenski okviri za pojedine prioritetne aktivnosti razlikuju se ovisno o prethodnim pripremama i kompleksnosti procesa, a



najviše je vremena predviđeno za razvoj usluge, pružanje multi modalnih prometnih informacija na području cijele Europske unije. Unutar aktivnosti za uvođenje ITS-a u Europskoj uniji izdvajaju se dva glavna potencijalna ograničenja pri uvođenju sustava. Unatoč činjenici da se u većini dokumenata obveza zaštite osobnih podataka ne navodi izravno, ona se podrazumijeva jer postoje drugi zakonodavni akti koji se odnose na to područje. Nadalje, uvođenje ITS-a ne dovodi u pitanje nacionalnu sigurnost neophodnu u interesu obrane pojedine članice (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

Što se tiče standardizacije, Europska komisija izdala je Mandat M/453 prema Direktivi 2010/40/EU, pozivajući europske organizacije za standardizaciju da pripreme koherentan skup standarda, specifikacija i smjernica za podršku implementaciji i razvoju kooperativnih ITS-a u cijeloj Europskoj zajednici. U proces normizacije uključeni su rezultati europskih istraživačkih i razvojnih projekata kao i terenska operativna ispitivanja. U koordinaciji inicijative COMeSafety, ovi su projekti razvili usklađenu komunikacijsku arhitekturu ITS-a, koja je dostavljena ETSI-ju i ISO-u i rezultirala objavljenim standardima. Prvi paket standarda, tzv. 'Release 1 specifications', koji su izradili ETSI i CEN, usvojen je i izdan 2014. Osim toga, međunarodna suradnja na aktivnostima normizacije bavi se od 2010. sa SAD-om i Japanom, tražeći globalnu harmonizaciju standarda za kooperativne sustave. Zajednička tehnička radna skupina za ITS uspostavljena je između ETSI-ja i američkog Ministarstva prometa, dok je Memorandum o suradnji potpisan s japanskim Ministarstvom zemljišta, infrastrukture, prometa i turizma. (Molinet et al., 2016)

## **2.2. Razvoj ITS-a u Republici Hrvatskoj**

Područje cestovne telematike dobro je utemeljeno tijekom 80-ih i 90-ih godina prošlog stoljeća. Značenje ITS-a prepoznaje grupa znanstvenika iz područja prometnih znanosti te u okviru Fakulteta prometnih znanosti uspostavljaju Istraživačko središte za ITS, preteču Zavoda za ITS na istom fakultetu, pokrećući niz znanstveno-stručnih projekata iz ovog područja. Za razvoj ITS-a u RH izuzetno je važna 2005. godina. Te godine inteligentni transportni sustavi i logistika kao posebna znanstvena grana ulaze u nacionalnu klasifikaciju znanstvenih područja, u znanstvenom polju Tehnologija prometa i transporta. Nadalje, 2005. godine osniva se i znanstveno-stručna udruga ITS Hrvatska, a akreditaciju dobiva i posebni sveučilišni studij: Inteligentni transportni sustavi i logistika. Kao rezultat ovih aktivnosti, posljednjih nekoliko godina Republika Hrvatska sudjeluje i u europskim istraživačko-razvojnim projektima

(Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

Hrvatske autoceste, čija je izgradnja bila od posebnog značenja za razvoj i uvođenje ITS-a u Republici Hrvatskoj, su među najmodernijim i najsigurnijim u Europi, što je posljedica i primijenjenih ITS tehnologija. Poseban se naglasak stavlja na upravljanje prometom te sustave upravljanja incidentima u tunelima. Za navedene sustave dobiveno je više priznanja, kao npr. od EUROTAP-a (European Tunnel Assessment Programme). Autoceste su opremljene suvremenim informacijsko-komunikacijskim sustavima za razmjenu informacija koje mogu biti podatkovne, slikovne i govorne. U Centrima za održavanje i kontrolu prometa ugrađeni su sustavi za središnje upravljanje prometom koji se sastoje od nekoliko podsustava: prometne radne stanice, prometne centrale, informacijskog sustava vremenskih uvjeta na prometnicama, podsustava za video nadzor i sl. Kada postoje i tuneli na nadziranoj dionici, dodaju se i slijedeći podsustavi: podsustava upravljanja ventilacijom, podsustav za daljinsko upravljanje i kontrolu energetskih postrojenja kao i nadzor i upravljanje ostalih sustava koji se ugrađuju u tunel. Situacija je puno lošija na državnim i ostalim cestama te se u skoroj budućnosti očekuje značajnije ulaganje i u ovaj dio cestovne mreže (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

Pristupanje Republike Hrvatske Europskoj uniji rezultiralo je značajnim promjenama vezanim za razvoj ITS-a kao posljedica obveza proisteklih iz harmonizacije hrvatskog zakonodavstva s europskim. ITS je uveden u Zakon o cestama, a osnovan je i Nacionalni savjet za razvoj i uvođenje ITS-a u Republici Hrvatskoj čime je po prvi put uspostavljena stvarna »infrastrukturna organizacijska osnova« za učinkovit razvoj svih aspekata ITS-a. Valja naglasiti da je od posebne važnosti prepoznavanje interesa hrvatskoga gospodarstva, a sam razvoj ITS-a jako se dobro uklapa u sintagmu koja se u posljednje vrijeme često spominje, tkz. »reindustrijalizacija Hrvatske« (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

### **2.2.1. Zakonodavni okvir**

Implementacija pojedinih rješenja u prometu u pravilu traži velika financijska ulaganja, a brzo korištenje europskih sredstava otežano je strogim pravilima i procedurama, kojih se pri predlaganju i provedbi projekata moramo pridržavati. Jedan od najznačajnijih iskoraka u području zakonodavstva vezano za ITS napravljen je u inačici Zakona o izmjenama i dopunama

Zakona o cestama iz 2013. godine. Tu valja naglasiti uvođenje Direktive 2010/40/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 7. srpnja 2010. o okviru za uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu i za veze s ostalim vrstama. Na prijedlog Ministarstva pomorstva, prometa i infrastrukture Vlada Republike Hrvatske donosi nacionalni program za razvoj i uvođenje ITS-a u cestovnom prometu na prioritetnim područjima za razdoblje od pet godina, kojim se planiraju aktivnosti i projekti, a određuju se i mjere za provedbu programa (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

### **2.2.2. Interesi hrvatskog gospodarstva**

Republika Hrvatska nalazi se pri samom vrhu u regiji što se tiče opremljenosti sustavima za upravljanje prometom na brzim autocestama i cestama, sustavima sigurnosti i zaštite na cestama i cestovnim građevinama (posebno u tunelima) i dr. zahvaljujući posljednjim iskoracima u gradnji i modernizaciji autocesta, kao i ostale prometne infrastrukture. Daljnje pomake ka integraciji cestovne infrastrukture kao jednom od značajnih koraka u razvoju harmoniziranog upravljanja prometom u državi, regiji i šire omogućuju suvremene informacijsko-komunikacijske tehnologije koje su implementirane na svim hrvatskim autocestama i nekim brzim cestama od većeg značaja (Riječka i Splitska regija). Implementirana tehnologija u velikoj je mjeri proizvod domaće industrije, izgradnja i modernizacija autocesta i ostale prometne infrastrukture na neki je način dovela do respektabilnog rasta malog i srednjeg poduzetništva u području opremanja cestovnom telematičkom opremom putem istraživanja i razvoja, projektiranja, proizvodnje, ugradnje te održavanja telematičkih sustava različitih funkcija. Ovdje se ističe tehnologija promjenljive prometne signalizacije (VMS – Variable Message Sign), ali i programski sustav za centralizirano nadgledanje te upravljanje prometom. Navedene tehnologije i sustavi verificirani su i priznati kao vrhunski proizvod, ne samo u regiji, nego i šire na svjetskom tržištu. Određeni hrvatski proizvođači, specijalizirali su se u isporuci kompletnih integriranih tehnoloških rješenja za napredno upravljanje prometom na autocestama, kako u tunelima, tako i u gradovima. Brojni su projekti uspješno su realizirani u Hrvatskoj, ali i u preko 30-ak zemalja u regiji i u svijetu. (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

Od izuzetno je velike važnosti razvoj ITS-a u gradovima (adaptivna kontrola prometa, upravljanje parkiralištima, upravljanje javnim gradskim prijevozom, intermodalni transport u

velikim gradovima i trajektnim lukama, upravljanje flotama vozila). Upravo bi on mogao uvjetovati realizaciju značajnih projekata iz područja upravljanja transportnim sustavima što bi trebalo omogućiti daljnji razvoj domaćeg malog i srednjeg poduzetništva. Ovakav pristup u implementaciji ITS tehnologija ima i pozitivne učinke na sadašnji i budući razvoj hrvatskog turizma, koji igra jako bitnu ulogu u hrvatskom gospodarstvu. Prema svim dosadašnjim analizama utjecaja razvoja autocesta (uključujući i pripadnu ITS infrastrukturu) u Republici Hrvatskoj, radi se o ulaganju i u gospodarski sektor turizma zbog povećane razine prometnih usluga i sigurnosti (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

### **2.2.3. Istraživačko-razvojne aktivnosti i normizacija**

Znanstveno-istraživačke aktivnosti od izuzetne su važnosti, a neki od projekata su:

1. Opći modeli ITS-a i njihovo modalno preslikavanje (MZT, 1998. – 2002.).
2. Metode razvitka integriranih inteligentnih transportnih sustava (MZT, 2002. – 2005.).
3. Metodologija razvoja integriranih adaptivnih transportno-logističkih sustava (MZOS, 2006. – 2013.).

Osim navedenog, Republika Hrvatska sudjelovala je i u više europskih istraživačko-razvojnih programa, projekata i akcija, a neki od tih projekata su:

1. Intelligent Cooperative Sensing for Improved traffic efficiency – ICSI (FP7 – Framework Programme 7; 2012 – 2015).
2. Intelligent Transport Systems in South East Europe – SEE-ITS (South East Europe Transnational Cooperation Programme – SEE TCP; 2012 – 2014).
3. Computer Vision Innovations for Safe Traffic – VISTA (European Regional Development Fund, IPA- ERDF; 2012 – 2014).
4. TU1102 Towards Autonomic Road Transport Support Systems, (COST Programme actions, 2011 – 2015).

Nažalost, još uvijek postoji nedovoljna povezanost znanstveno-istraživačkih kapaciteta i gospodarskih subjekata. Navedeni problem pokušava se riješiti kroz više programa na institucionalnoj i projektnoj osnovi. Osnovana je i Hrvatska agencija za malo gospodarstvo, inovacije i investicije – HAMAG-BICRO, Vladina agencija za provedbu Vladinih programa

potpore tehnolojskom razvoju, čija je temeljna zadaća djelotvorna i uspješna podrška tehnolojskom razvoju i komercijalizaciji rezultata istraživanja (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

Odbor Hrvatskog zavoda za norme HZN/TO 524 (Cestovni prijevoz i prometna telematika) zadužen je za normizaciju u području cestovne telematike, informacija, komunikacija i nadzora u urbanom i ruralnom cestovnom prijevozu u Republici Hrvatskoj. Navedeni odbor donosi norme u području inteligentnih transportnih sustava te prati djelatnosti međunarodnog odbora ISO TC 204 (Intelligent transport systems) i europskog odbora CEN/TC 278 (Intelligent transport systems), a djeluje pod okriljem Hrvatskog zavoda za norme. Rad Odbora uključuje intermodalne i multimodalne aspekte, obavijesti putnika, javni prijevoz, komercijalni prijevoz, upravljanje prometom, hitne službe i komercijalne službe u području obavješćivanja o prometu i sustava nadzora (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

#### **2.2.4. Ključni dionici razvoja i uvođenje ITS-a u Republici Hrvatskoj**

Prema Nacionalnom programu za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine ključni sudionici za razvoj i uvođenje ITS-a u RH su Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture, Ministarstvo regionalnoga razvoja i fondova Europske unije, Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta, Ministarstvo unutarnjih poslova, Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja i Ministarstvo poduzetništva i obrta, Državna uprava za zaštitu i spašavanje te Županijske uprave za ceste. Važnu ulogu ima i znanstveno-stručna udruga ITS Hrvatska koja je osnovana radi promicanja i ostvarivanja harmoniziranog razvoja inteligentnih transportnih sustava. Nadalje, valja spomenuti i Hrvatsku agenciju za malo gospodarstvo, inovacije i investicije – HAMAG-BICRO, Hrvatsku udrugu koncesionara za autoceste s naplatom cestarine – HUKA, Koncesionare autocesta u Republici Hrvatskoj, Hrvatske ceste d.o.o., Hrvatski zavod za norme, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska komora inženjera tehnologije prometa i transporta, Hrvatski autoklub i Udruge hrvatskih cestovnih prijevoznika.

U zadnjih nekoliko godina očekuje se da jedinice lokalne samouprave u Republici Hrvatskoj intenziviraju svoje aktivnost u svezi s uvođenjem naprednih ITS rješenja u svrhu povećanja sigurnosti i protočnosti gradskog prometnog sustava, no pomaci se u ovom pogledu

doista sporo odvijaju. Predlaže se pojačana suradnja s renomiranim domaćim, ali i međunarodnim ITS institucijama i tvrtkama, s posebnim naglaskom na Grad Zagreb, Grad Split, Grad Rijeku i Grad Osijek (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

### **2.2.5. Temeljne smjernice kod uvođenja ITS-a**

Temeljna načela kod uvođenja ITS-a definirana su sukladno ITS direktivi, a ukazuju na potrebna opća svojstva uvedenih sustava, aplikacija i usluga ITS-a. Inteligentni transportni sustavi široko su područje primjene naprednih informacijsko-komunikacijskih tehnologija u područje tehnologije prometa i transporta. Uvođenje ITS-a provodi se kroz različite sustave, usluge i aplikacije i usluge, a navedeno ugrađeno je u odgovarajuće mjere čije temeljne značajke moraju:

- biti učinkovite,
- biti troškovno učinkovite,
- biti razmjerne,
- podupirati neprekinutost usluga,
- postići interoperabilnost,
- podupirati usklađenost s prethodnim sustavima,
- poštovati postojeću nacionalnu infrastrukturu i karakteristike mreže,
- promicati jednakost pristupa,
- podupirati tehničku zrelost,
- postići odgovarajuću kvalitetu prostorno-vremenskih podataka,
- omogućiti multimodalnost i
- poštovati koherentnost (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

## **2.2.6. Strateški ciljevi uvođenja ITS-a u Republici Hrvatskoj**

Tijekom definiranja strateških ciljeva uvođenja ITS-a u Republici Hrvatskoj za vremensko razdoblje od 2014. do 2018. godine, vodilo se računa o dvije bitne stavke. Prva se odnosi na potrebe Republike Hrvatske za sustavnim uvođenjem inteligentnih transportnih sustava na temelju značajki njenog cestovnog prometnog sustava kao i na potrebe hrvatskog gospodarstva i jačanja industrijskog sektora u području tehnologija koje se koriste u inteligentnim transportnim sustavima. Druga se odnosi na obveze prema Europskoj uniji, a prije svega u dijelu prekogranične raspoloživosti usluga cestovnih, putnih i prometnih podataka prema Europskoj uniji. Nadalje, vodilo se računa i o olakšavanju prekogranične elektroničke razmjene podataka između mjerodavnih državnih tijela i dionika i odgovarajućih pružatelja usluga ITS-a (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

U okviru Nacionalnog programa za razvoj i uvođenje ITS-a u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine predviđena su četiri strateška cilja, koja će u daljnjem tekstu biti detaljnije objašnjena.

### **1. Sigurnost i zaštita cestovnog prometa**

Prema Nacionalnom programu sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske od 2011. do 2020. godine definirana je vizija sigurnosti cestovnog prometa koja uključuje smanjenje smrtnog stradavanja i teškog ozljeđivanja u prometu, poboljšanje zdravlja i kvalitete života, smanjenje visokih troškova prometnih nesreća, ali i sigurnu i održivu mobilnost. Tomu sukladno, podizanje razine cestovne sigurnosti jedan od strateških ciljeva Nacionalnog programa za razvoj i uvođenje ITS-a u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine. Područje zaštite sudionika u cestovnom prometu u zadnje je vrijeme napokon dobilo zasluženu pozornost. Uz klasične zaštitne funkcije korisnika u cestovnom prometu i zaštite kritične cestovne infrastrukture, jedna od prioritarnih mjera ITS direktive odnosi se na pružanje usluga informiranja o sigurnim i zaštićenim parkirališnim mjestima za teretna i gospodarska vozila, kao i mogućnosti odgovarajućih rezervacija (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

### **2. Podizanje učinkovitosti cestovnog prometnog sustava**

Sustavna istraživanja u području procjene učinkovitosti njezinog cestovnog prometnog sustava u Republici Hrvatskoj nisu vođena, ali je za pretpostaviti da je isti puno manje učinkovit nego u ostalom dijelu Europske unije. Prema nekim stručnjacima, značajni se dio nacionalnog gospodarstva gubi u neučinkovitom ukupnom prometnom sustavu. Dosadašnja iskustva ukazuju na to da korištenje dobro poznatih ITS mjera u ovom području daje značajne rezultate za podizanje ukupne učinkovitosti cestovnog prometnog sustava. Kod uvođenja novih ITS rješenja kroz pojedine konkretne sustave, aplikacije i usluge, treba težiti njihovoj djelotvornosti i učinkovitosti (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

### 3. Održiva mobilnost u gradovima

Ovaj strateški cilj namijenjen je prije svega za rješavanje nagomilanih problema u gradskom prometu većih gradova te specifičnim problemima prometa u turističkim mjestima, a predviđene su mjere za unaprjeđenje sustava javnog prijevoza kojim se postižu sljedeći pozitivni učinci:

- povećanje atraktivnosti javnog prijevoza (npr. davanje prioriteta vozilima javnog prijevoza u prometnoj mreži gradova, napredni sustavi naplate prijevoza i sl.),
- upravljanje prometnom potražnjom (npr. naplata prolaska kroz određena gradska područja u određenom vremenu, sustavi naplate zagušenja i sl.),
- smanjenje emisije stakleničkih plinova (npr. korištenjem učinkovitijeg sustava upravljanja prometom u gradovima) (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

### 4. Razvoj ITS industrije

Poticanje odgovarajućeg industrijskog sektora (cestovni telematički sustavi, softverska industrija, elektronika i sl.) jedna je od značajnih mogućnosti razvoja i uvođenja ITS-a u Republici Hrvatskoj. Ono omogućuje stvaranje novih poslova s visokom dodanom vrijednošću. Za ovu aktivnost neophodno je bolje povezivanje ove industrije s istraživačko-razvojnim mogućnostima Republike Hrvatske (instituti, visoka učilišta, R&D tvrtke i sl.). U okviru Nacionalnog programa za razvoj i uvođenje ITS-a u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine predviđeno je pet nacionalnih prioritarnih područja:



- upravljanje sigurnošću u cestovnom prometu,
- upravljanje prometnom potražnjom i multimodalnost,
- upravljanje prometom u gradovima,
- podizanje razine prometnih usluga za podršku hrvatskom turizmu i
- unaprjeđenje održavanja cestovnih prometnica podržano ITS aplikacijama (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

Tablica 1. Nacionalno prioritetno područje 3. – Upravljanje prometom u gradovima

<i>Naziv projekta</i>	<i>Obuhvat</i>	<i>Nositelj projekta</i>	<i>Način financiranja</i>	<i>Vrijeme realizacije</i>
Informiranje i nadzor prometa u Gradu Sisku	Grad Sisak	Grad Sisak	Vlastita sredstva, EU fondovi	3,5 godina, 2015.
Adaptivno upravljanje prometom i infomobilnost	Grad Osijek	Gradski prijevoz putnika d.o.o., Osijek	EU fondovi	6 godina, 2014.
Adaptivno upravljanje prometom u središtu grada Rijeke	Grad Rijeka	Rijeka promet d.d.	Grad Rijeka, EU fondovi	4 godine, 2015.
Sustav nadzora i upravljanja prometom u gradu Zadru	Grad Zadar	Grad Zadar	Vlastita sredstva, EU fondovi	7 godina, 2014.
Sustav automatskog upravljanja prometom Grada Zagreba	Grad Zagreb	Grad Zagreb	EU fondovi, EBRD	6 godina, 2014.

Izvor: Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014

Odgovarajuće mjere osiguravaju učinkovitiju provedbu prioritetnih aktivnosti i pojedinih planiranih projekata, a postavljaju se na osnovi definiranih nacionalnih strateških ciljeva te nacionalnih i europskih prioritetnih područja. Predložene mjere u okviru prioritetnih područja su optimalno korištenje cestovnih, prometnih i putnih podataka; neprekinutost usluga inteligentnih transportnih sustava u prometu i upravljanju teretom; ITS usluge za sigurnost i zaštitu na cestama; povezivanje vozila s prometnom infrastrukturom te nacionalna prioritetna područja (Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, NN 82/2014).

### **2.2.7. Strategija prometnog razvoja Republike Hrvatske (2017. - 2030.)**

Iako su inteligentni transportni sustavi na mreži autocesta kvalitetno su razvijeni, zaostaje njihovo objedinjavanje sa sustavima na regionalnoj i lokalnoj razini. Daljnja provedba strategija za razvoj inteligentnih transportnih sustava potaknut će pokretanje i provedbu važnih projekata u području prometnih sustava, s posebnim naglaskom na urbana područja. Neki od primjera su prilagodljivo upravljanje prometom, upravljanje javnim prijevozom, parkiralištima i parkiranjem, upravljanje voznim parkom te intermodalni prijevoz u većim gradovima i trajektnim lukama. Razvoj inteligentnih transportnih sustava u Republici Hrvatskoj može se sagledati kao izravno ulaganje u gospodarski i turistički sektor, budući da se njime podiže razina i sigurnost usluge prijevoza (Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, 2017). Neke od najbitnijih mjera ovog dokumenta koje se odnose na ITS detaljnije su opisane u nastavku rada.

#### Upravljanje prometom i logistikom i informiranje

Prikupljanje podataka u realnom vremenu, kontrola prometnih uvjeta i korištenje javnog prijevoza neke su od mogućnosti koje pružaju nove tehnologije. Kako bi se iskoristile prednosti novih tehnologija, izgradit će se centri za centralizirano upravljanje javnim prijevozom koji će biti opskrbljeni najnovijim ITS uređajima. Nova sredstva javnog prijevoza bit će adekvatno opremljena, koristit će se ITS platforme za planiranje putovanja, a modernizirati će se i signalizacija prometa koja će se potom integrirati u središnji sustav upravljanja (npr. „Pametni semafori“ ili određivanje mjera prioritizacije javnog prometa). Navedene mjere dovest će do kvalitativnog poboljšanja planiranja i nadzora javnog prijevoza, korištenja informacija, prometne kontrole i prikupljanja podataka u vezi sa povećanom gustoćom prometa i vremenom dolaska javnih sredstava prijevoza (Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, 2017).

#### Upravljanje i nadzor prometa, brojanje prometa i informacijski sustav

Nove tehnologije za poboljšanje metoda i načina prikupljanja informacija neophodne su kako bi se osiguralo da informacije koje se prikupe o upravljanju prometom sadržajno i po kvaliteti zadovoljavaju međunarodnu razinu. One omogućuju prikupljanje podataka u stvarnom vremenu, kao i kontrolu prometnih uvjeta. Analizirat će se potreba za novim centrima za centralizirano upravljanje prometom koji bi bili opremljeni najnovijim rješenjima ITS-a kako bi se iskoristile prednosti novih tehnologija. U ovome trenutku najveći problem u većim gradovima je upravljanje i nadzor prometa, no kroz koncept funkcionalnih regija utvrdit će se daljnje mogućnosti uvođenja ove mjere. Upravljanje i nadzor prometa ima veliku važnost pri

upravljanju prometnim gužvama i incidentnim situacijama na vrhuncu turističke sezone. Navedeno će omogućiti kvalitativno poboljšanje planiranja i nadzora alternativnih trasa, informacija za putnike, kontrole prometa i prikupljanje podataka o gustoći prometa u stvarnom vremenu (Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, 2017).

### **2.3. ITS u urbanom okruženju**

Mjesta i gradovi diljem svijeta rastu velikom brzinom, dok se proces globalne urbanizacije nastavlja, naizgled, neprekidnim tempom. Ovaj proces bilježi širenje gradova kako u društvima u razvoju tako i u razvijenim društvima; fenomen se razlikuje jer su mnogi gradovi u zemljama u razvoju iskusili i nastavljaju iskusiti uglavnom linearne obrasce rasta, na primjer latinoamerički, azijski i afrički gradovi, dok su veliki gradovi u Europi i Sjevernoj Americi, koji su prethodno iskusili pad stanovništva nakon rasta suburbanizacije, sada vidimo da se taj trend preokreće s stanovništvom u središnjim i unutarnjim urbanim područjima ponovno počinje rasti. Proces urbanizacije rezultirao je sve većom potražnjom za kretanjem u urbanim područjima, često korištenjem načina prijevoza koji su podložni visokim razinama zagušenja, prenapučenosti i nedostatka kapaciteta. Inteligentni prometni sustav (ITS) ima ključnu ulogu u olakšavanju urbanih putovanja za one koji koriste privatni i javni prijevoz. Može pomoći u planiranju putovanja; pružiti kvalitetnije informacije, često usmjerene na pojedinog putnika; osigurati osnovu komunikacije vozilo-infrastruktura (V2I) i vozilo-vozilo (V2V); te osigurati brz i učinkovit sustav naplate karata za javni prijevoz. Urbana mobilnost može se promatrati kao mješavina potreba i ograničenja uz niz okidača koji mogu odrediti prirodu i karakter bilo koje ITS intervencije. Urbana mobilnost tradicionalno je usko povezana s gospodarskim razvojem. Kako raste grad i urbano područje tako raste i potražnja za kretanjem. Nedavno su pokrenute određene inicijative kojima se pokušava prekinuti ta poveznica, primjerice rad od kuće, a određeni tehnološki napredak također ukazuje na to da ne mora postojati neopoziva veza između gospodarskog razvoja i potrebe/želje za putovanjem, primjerice online kupnjom. (Fiorini i Lin 2015)



Slika 3. Kontekst urbane mobilnosti – dijagram međudnosa

Izvor: prilagodio autor prema Fiorini, M., i Lin, J. C. (Eds.). (2015). Clean mobility and intelligent transport systems (Vol. 1). IET.

Slika 3. sažima međudnos potreba, ograničenja i okidača, od kojih svaki djeluje kao ulaz ili potencijalni unos u koncept urbane mobilnosti. Gornja kategorizacija naglašava niz inputa i potencijalnih inputa koji definiraju koncept urbane mobilnosti. Potrebe su uravnotežene ograničenjima i reagiraju na određene identificirane okidače. Slika 1. pokazuje sve veću važnost pitanja okoliša u urbanom kontekstu. Mnoge gradske vlasti diljem svijeta daju prioritet javnom području kao ključnom problemu i od ključne je važnosti da ITS aplikacije budu u skladu s tim prioritetom, odnosno da budu što je moguće nenametljivije i ni na koji način ne smiju imati štetan učinak na urbanu područje. Često se obećavajući projekti upravljanja prometom temeljeni na ITS-u ne ostvare jer su ekološki neprihvatljivi lokalnim ili regionalnim vlastima ili stanovništvu u određenom gradskom području. Kako se tehnologija razvija, ovo bi pitanje, nadamo se, trebalo gubiti na važnosti jer senzori, kamere i drugi uređaji smanjuju veličinu i postaju diskretniji. (Fiorini i Lin 2015)

### 2.3.1. Upravljanje prometom i urbana logistika

Važno je uspostaviti okvir političkih ciljeva u odnosu na upravljanje prometom, koji bi dao osnovu i obrazloženje za implementaciju ITS projekata. Tipičan skup ciljeva politike gradskog prometa su:

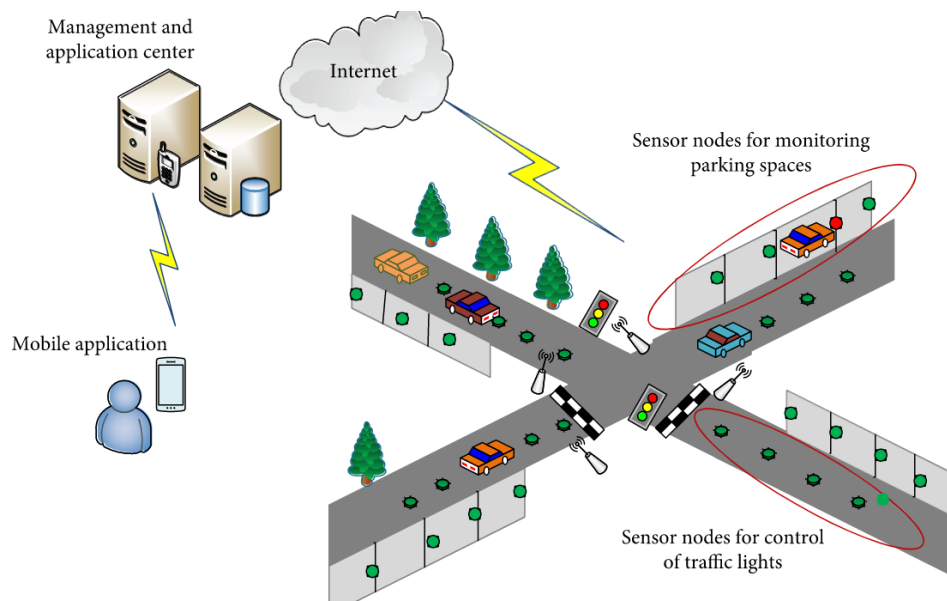
- smanjiti zagušenje
- smanjiti potrošnju energije i emisije iz prometa
- poboljšati kvalitetu života u gradskim središtima
- povećati tržišni udio čistih vozila u privatnim i javnim voznim parkovima
- povećati učinkovitost transportnih sustava
- povećati atraktivnost javnog prijevoza i potaknuti promjenu načina prijevoza
- olakšati dostavu tereta i usluge
- povećati sigurnost na cestama

ITS ima središnju ulogu u pružanju operativnih sustava usmjerenih na postizanje svakog od navedenih ciljeva politike. Prometni sustav mogao bi se definirati kao pametan ako bi se mogao učinkovito nositi s novim situacijama (npr. zagušenje, modalna integracija, sigurnost), povezivanjem podataka u svrhu proizvodnje vrijednih informacija za korisnike prijevoza i operatere. Biti u stanju stvoriti ili razviti prometnu i transportnu mrežu koja će se ponašati na način koji djeluje inteligentno ključni je izazov i ključna primjena za ITS.

Postoje različiti primjeri dugotrajne uporabe ITS-a u upravljanju gradskim prometom, a samo neki objašnjeni su u daljnjem tekstu:

#### 1. Prometna signalizacija

Izvorno prometni signali nisu zahtijevali nikakvu inteligenciju; napredak u računalnim tehnologijama kontrola spojeva postala je sofisticiranija od 1980-ih. Umjesto da budu samo alat koji obično razdvaja sukobljene pokrete na pojedinačnom spoju, mikroprocesorski moduli omogućuju modalnu, umjetno inteligentnu, sveprisutnu kontrolu korištenjem podataka iz induktivnih petlji i drugih detektorskih sustava. To je omogućilo razvoj značajki kao što je davanje prioriteta javnom prijevozu (npr. putem sustava koji prepoznaju autobuse, tramvaje) i optimizacija propusnosti prometa na pojedinim krakovima čvorišta.

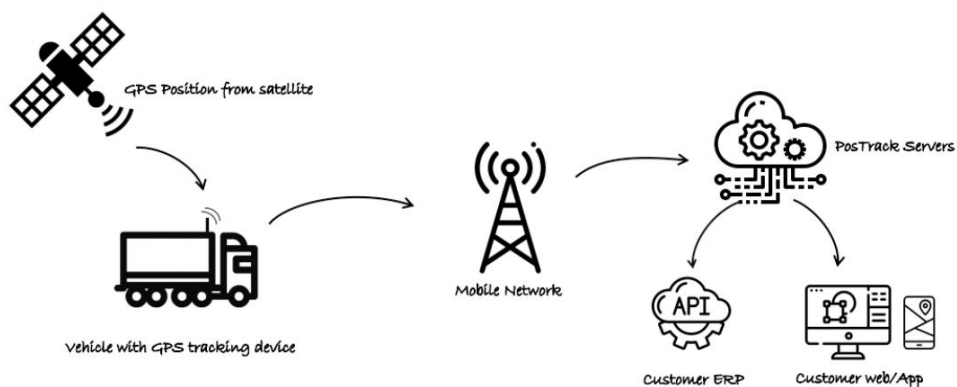


Slika 4. Inteligentni sustav kontrole prometa

Izvor: Adil Hilmani, Abderrahim Maizate, Larbi Hassouni, "Automated Real-Time Intelligent Traffic Control System for Smart Cities Using Wireless Sensor Networks", *Wireless Communications and Mobile Computing*, vol. 2020, Article ID 8841893, 28 pages, 2020.

## 2. Satelitsko praćenje

Satelitsko praćenje vozila postoji već neko vrijeme, ali ga uglavnom koriste operateri teretnog prijevoza i javnog prijevoza za vlastite potrebe upravljanja voznim parkom. Veliki izazov za prometne i transportne vlasti je korištenje goleme količine podataka koji se generiraju iz sustava za praćenje vozila i podataka koje emitiraju mobilni telefoni i drugi elektronički uređaji na koherentan i inteligentan način. Izvor podataka o vozilima koji bi mogao biti dostupniji vlastima za autoceste su sustavi javnog prijevoza kao što su Informacije o putnicima u stvarnom vremenu (RTPI) i sustavi dizajnirani da privatnim vozačima daju informacije na temelju satelitskog praćenja njihove rute i lokacije. RTPI sustavi temeljno su dizajnirani da obavijeste korisnike kada njihov sljedeći autobus/tramvaj/vlak treba stići. RTPI i sustavi namijenjeni privatnim vozačima obično koriste neki oblik praćenja putem Global Positioning System, GPS (satelitski) ili namjenske komunikacije kratkog dometa (DSRC), Bluetooth ili GSM (V2I) za identificiranje pozicioniranja koje se može koristiti za mjerenje kašnjenja i zagušenja u područjima cestovne mreže koja se inače ne nadziru. (Fiorini i Lin 2015)



Slika 5. Online praćenje

Izvor: <https://www.postrackeurope.com/en/smart-city/> (Pristupljeno 15.8.2022.)

### 3. Mobilni podaci

Mobilni podaci (praćenje mobilnih telefona i drugih elektroničkih uređaja) mogu se uvelike razlikovati od države do države, a neke države to dopuštaju, dok druge imaju zakonska ograničenja. Mobilni podaci prethodno su zahtijevali suradnju s tvrtkama mobilne telefonije i tamo gdje su dostupni nije potrebna dodatna oprema uz cestu. Međutim, neobrađene podatke često je potrebno pretvoriti kako bi ih mogla koristiti uprava za autoceste. Bluetooth čitači mogu se lako pretvoriti za korištenje uz cestu, a podaci se prikupljaju na takav način da ih mogu koristiti gradske službe za ceste. Ova se tehnologija ubrzano razvija dolaskom 3G i 4G što omogućuje bržu i precizniju identifikaciju lokacije pojedinaca na temelju njihovih elektroničkih uređaja.

### 4. Automatsko prepoznavanje registarskih tablica

Sustavi automatskog prepoznavanja registarskih pločica (ANPR) za praćenje vremena putovanja naširoko se koriste u nekim europskim urbanim područjima, dok lokalno zakonodavstvo u nekim područjima ne dopušta takve sustave. ANPR je koristan u prepoznavanju prometne lokacije i kretanja na temelju registracijskih pločica vozila i produktivno se koristi diljem Europe i Sjeverne Amerike. Međutim, obično je dosta radno intenzivan sa značajnom ručnom intervencijom potrebnom za provjeru 'sumnjivih' očitavanja vozila.



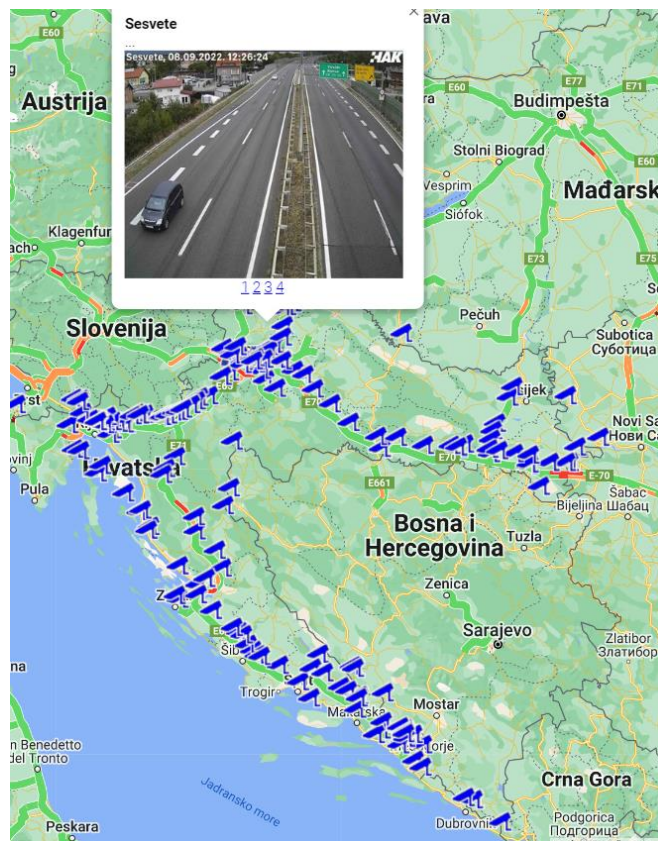
Slika 6. Automatsko prepoznavanje registarskih tablica

Izvor: <https://www.allgovision.com/license-plate-recognition.php> (pristupljeno 15.8.2022.)

#### 5. CCTV (pametne kamere)

CCTV postoji već dugu niz godina i tipično je pronaći kamere koje nadziru mrežu autocesta, osobito na kritičnim križanjima, povezane s centrom za nadzor prometa autocesta. Povijesno gledano, CCTV je omogućio vlastima autocesta da vide što se događa i interveniraju putem sustava kontrole urbanog prometa (UTC) na temelju onoga što je vidljivo. Poželjno je prikupiti širi raspon izvora podataka (detektori, ANPR, CCTV, podaci o vozilima, uključujući autobuse, tramvaje i teretna vozila) i unijeti ih u UTC sustav kako bi se omogućilo upravljanje mrežom na cijelom području. Sa širokim rasponom izvora podataka, središnjim sustavima kontrole i upravljanja te strategijama, nadležnima za autoceste je mnogo lakše rješavati incidente čim se dogode. Takav razvoj događaja također je pomaknuo granice u pristupu i mogućnostima kontrole tamo gdje problemi sa zagušenjem i kvalitetom zraka i dalje postoje.



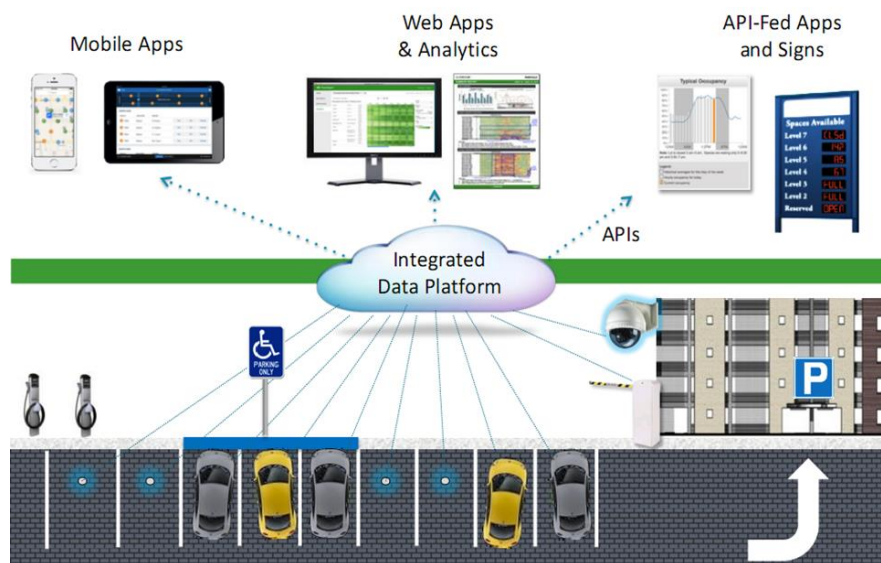


Slika 7. HAK kamere na autocestama

Izvor: <https://m.hak.hr/map.asp?t=8987&g=0> (pristupljeno 15.8.2022.)

## 6. Sustavi detekcije vozila

Sustavi za otkrivanje vozila mogu se koristiti u razne svrhe od upravljanja parkiralištima do namjenskog parkiranja za pravovremenu dostavu tereta uz rub kolnika prikazano na slici 8. Ne treba podcijeniti potencijal sustava za detekciju vozila, koji često koriste infracrvenu ili sličnu tehnologiju, za omogućavanje učinkovitijeg kretanja prometa u urbanim područjima. Glavni primjer takve funkcionalnosti je parkiranje na ulici i izvan ulice u urbanim područjima. Pojavljuje se sve više dokaza da promet koji cirkulira u potrazi za parkirnim mjestom značajno pridonosi zagušenju u urbanim područjima. ITS u budućnosti može imati ključnu ulogu u smanjenju negativnog utjecaja takvog prometa informiranjem vozača o lokaciji najbližeg slobodnog parkirnog mjesta.



Slika 8. Struktura pametnog parkinga

Izvor: <https://www.zunchlabsmarketplace.com/product/iot-systems> (pristupljeno 15.8.2022.)

## 7. Tehnologije u razvoju

ITS se, po svojoj prirodi, neprestano razvija. U kontekstu upravljanja gradskim prometom, trenutno se razvijaju sustavi od vozila do infrastrukture (V2I). Pilot projekti kao što je njemački simTD, s voznim parkom od 120 vozila, testiraju i demonstriraju prikladnost različitih V2I sustava, među kojima su informacijski sustavi za radove na cestama, kontrole signala prilagođene lokalnom prometu, pomoćnici za prometne znakove i pomoćnici za semafore. Neki V2I podaci također se prikupljaju putem proširenih podataka o „floating“ vozilima kako bi se pružile ažurirane vremenske prilike ili dostupnost parkirnih mjesta. Drugi primjeri istraživačkog rada pilot projekata koje su poduzeli njemački proizvođači vozila koji su doveli do ispitivanja na ulici u Londonu, dajući vozačima informacije o statusu prometne signalizacije; projekt 'Spitsmeiden' u Nizozemskoj i Co-operative Vehicle Infrastructure Systems (CVIS) i povezani projekti koji su se odvijali diljem Europe gdje je komunikacija između vozila i infrastrukture ključna značajka vozačima koji primaju informacije o parkirnim mjestima, prekidima u prometu, usluge javnog prijevoza itd. Tehnologija od vozila do vozila (V2V) možda je još u fazi istraživanja, ali jasno pokazuje potencijal da igra značajnu ulogu u upravljanju gradskim prometom. Sposobnost vozila da međusobno komuniciraju, djelujući kao sonde ili mobilni senzori, uzbudljiv je koncept. Postoji značajan prostor za V2V i V2I da igraju sve istaknutiju ulogu u upravljanju gradskim prometom pružanjem informacija u stvarnom vremenu o lokaciji i brzini pojedinačnih vozila, pri čemu se te informacije prenose drugim

vozilima, prometnoj signalizaciji, centrima za upravljanje prometom i uključuju se u planove upravljanja prometom. Dobivene informacije mogu se koristiti u svakodnevnom donošenju odluka koje pomažu u održavanju protoka prometa. U tom smislu važno je preusmjeravanje prometa u slučaju incidenata. Mogućnost izravnog slanja poruka navigacijskim sustavima teretnih vozila također će pomoći u olakšavanju protoka komercijalnog prijevoza. Ključno je da dionici uključeni u inicijative kao što su V2V i V2I uspostave i razviju produktivne radne odnose s drugim relevantnim akterima, poput proizvođača vozila i akademskih institucija, koji su na čelu ovog istraživanja. To će biti neophodno kako bi se osiguralo da se aplikacije za upravljanje prometom koje proizlaze iz ovih tehnologija u potpunosti realiziraju. Lokalne uprave za ceste često nisu u bliskom kontaktu s akademskim institucijama, a posebno s proizvođačima vozila. Međutim, suradnja njemačke regionalne uprave za ceste Hessen Mobil s automobilskom industrijom i raznim akademskim institucijama može se navesti kao jedan praktični primjer takve suradnje na području V2V tehnologije. Vrlo je poželjno da se poboljšaju veze između lokalnih cesta, industrije i akademske zajednice. Jedan potencijalni kanal mogao bi biti uključenost nadležnih za ceste u regionalne i nacionalne ITS organizacije, koje imaju izravne veze sa sektorom proizvodnje vozila. Zastupljenost lokalnih vlasti u tijelima ITS-a važna je u kreiranju i definiranju dnevnog reda. Lokalne uprave za ceste također mogu utjecati na razvoj V2V i V2I na druge načine. Ceste koje kontroliraju mogu biti idealan poligon za testiranje novih tehnologija u stvarnom životu. Reprezentiranje probnih verzija može utjecati na razvoj ovih tehnologija. Laboratorijska i terenska ispitivanja važna su, ali u određenoj fazi sve tehnologije povezane s prometom moraju se testirati u stvarnoj situaciji, a urbane cestovne mreže općenito nude najizazovnije okruženje. Ugošćavanjem tehnoloških ispitivanja urbane vlasti povećavaju svoju priliku da utječu na njihov razvoj. Cestovna i telekomunikacijska infrastruktura čine ključni dio V2I tehnologije. Njegovu lokaciju i način korištenja općenito treba dogovoriti lokalna vlast, što zauzvrat toj vlasti daje utjecaj na razvojni proces. Međutim, infrastrukturu također mogu osigurati dobavljači komunikacija, čime se smanjuje financijski doprinos lokalnih vlasti – ne postoji nužno potreba da cjelokupnu infrastrukturu osigura sama uprava za ceste. Lokalne cestovne vlasti trebaju biti u mogućnosti dobiti pristup informacijama koje proizlaze iz V2I i V2V kako bi osigurale da su podaci koji proizlaze iz ovih tehnologija u potpunosti dostupni lokalnom sustavu kontrole upravljanja gradskim prometom i posljedično osigurali da se te tehnologije koriste na njihov najbolji učinak (Fiorini i Lin 2015).

### **2.3.2. Ključni čimbenici uspjeha ITS-a u urbanom okruženju**

#### **1. Suradnja, partnerstvo i interoperabilnost**

Ovi se atributi mogu činiti očiglednima pri projektiranju bilo kojeg ITS projekta, ali su posebno primjenjivi na ITS u urbanom okruženju.

Lokalne vlasti često imaju ograničen kapacitet za određivanje i nabavu ITS objekata koje traže kako bi optimizirale prometne performanse u svojim područjima. Ovo je posebno važno na spoju gradsko/prigradsko/regionalno gdje se mijenja nadležnost cesta. Tipično gradsko putovanje automobilom često može uključivati vozača korištenjem cesta kojima upravljaju dva ili više tijela. Neophodno je da ova tijela rade međusobno kako bi postigla maksimalnu jednakost razmjera i optimizirala razinu usluge koja se pruža pojedinačnom vozaču. Zajednička nabava i upravljanje ugovorima pomoći će u tom pogledu.

#### **2. Ciljanje pojedinca – optimizacija performansi mreže**

Kako se komunikacijska tehnologija i ITS razvijaju, postaje sve jasnije da pojedinačni putnici posebno imaju koristi od individualno ciljanih informacija. S obzirom na upravljanje prometom u urbanim područjima, prevalencija cestovne mreže koja je puna ili blizu kapaciteta tijekom dugih razdoblja dana predstavlja poseban izazov. Kamere uz cestu, uređaji za satelitsko praćenje i informacije iz elektroničkih uređaja mogu dati vrijedne informacije o položaju pojedinca i njihovom relativnom položaju u odnosu na bilo koju smetnju na autocesti, primjerice pokvareno vozilo, mjesto prometne nesreće itd. Izazov je upotrijebiti ove informacije što je moguće inteligentnije, na primjer, u situaciji kada postoji prepreka na autocesti, ako bi sva vozila dobila savjet ili upute da krenu određenim skretničkim putem, to bi moglo dovesti do zagušenja samog skretničkog puta budući da na ovoj ruti često postoji samo ograničen granični kapacitet. ITS se može primijeniti na inteligentan način tako da se određenim vozačima savjetuje da krenu jednom alternativnom rutom, drugima da krenu drugom alternativnom rutom, a trećima da ostanu gdje se trenutno nalaze i nastave svoje putovanje izvornom rutom. Individualno ciljane informacije ne samo da su učinkovitije za osobu kojoj su usmjerene, već imaju i blagotvoran učinak na mrežu u cjelini jer rezultiraju učinkovitijim radom mreže.

### 3. Maksimiziranje ITS potencijala/minimiziranje ljudske intervencije na operativnoj razini

Uspješna politika ili projekt ITS upravljanja prometom trebao bi imati za cilj ograničavanje količine ljudske intervencije na osnovnoj operativnoj razini jer je to obično skupo i često dugotrajno. Uloga ljudi trebala bi biti usmjerena na stratešku razinu određivanja politike i procesa upravljanja. Na primjer, pokrivenost kamerama prometa i mreže autocesta u urbanim područjima često je sveobuhvatna, a mnoge gradske vlasti imaju mnoštvo kamera uz cestu koje se koriste za olakšavanje upravljanja cestovnom mrežom. Izazov za operatere kamera i upravitelje prometa je identificirati koju od često brojnih kamera trebaju gledati i koju radnju trebaju poduzeti kako bi optimizirali performanse mreže. ITS tehnike kao što je videoanalitika korisne su u otkrivanju neobičnih obrazaca kretanja snimljenih kamerama uz cestu, sensorima, petljama itd. One se mogu koristiti za privlačenje pozornosti operatera kamere na određene lokacije na kojima bi intervencija bila korisna u ubrzavanju kretanja prometa. Trenutno još uvijek postoji element ljudske intervencije svojstven ovom procesu, ali ITS ima potencijal ponuditi potpuno automatiziran operativni sustav, koji bi, na primjer, uveo određeni prometni plan kada se otkriju određeni obrasci kretanja vozila. Budući razvoj V2I i V2V sustava također bi trebao rezultirati uvođenjem automatiziranih procesa od kojih će se mnogi odvijati u stvarnom vremenu ili blizu stvarnog vremena. Njihova će pojava povećati ulogu i važnost ITS-a na operativnoj razini u upravljanju gradskim prometom.

Standardi i usklađivanje važni su u pružanju učinkovitih ITS projekata upravljanja prometom. Oni služe poboljšanju kvalitete projekta i poboljšanju koncepta interoperabilnosti. Međutim, važno je da se standardi koriste na odgovarajući način u urbanom projektu, budući da bi pretjerana zabrana mogla ograničiti tehničke inovacije i potkopati načelo supsidijarnosti EU-a, koje je važno u urbanom kontekstu. Konkretno u području upravljanja prometom razlozi za uspostavu i korištenje standarda su prilično različiti.

Obrazloženje za regionalne „standarde”: Smanjenje troškova nabave terenskih uređaja i poticanje inovacija:

Neki su proizvođači uspostavili de facto monopolsku situaciju pružajući silosne sustave za upravljanje prometom. Zbog nepostojanja standardiziranih sučelja središnjih sustava, terenski uređaji moraju se nabaviti od istog dobavljača kako bi se mogli spojiti na centar (‘vendor lock-in’). Posljedični nedostatak konkurencije i nedostatak izloženosti tržišnim silama

ne samo da dovodi do visoke razine cijena, ali i koči inovacije budući da je novim, inovativnim tvrtkama onemogućen pristup tržištu.

Obrazloženje za nadregionalne 'standarde': umreženi centri i omogućavanje razmjene podataka:

Umrežavanje postojećih sustava upravljanja prometom i stvaranje novih usluga upravljanja prometom zahtijevaju interoperabilnost i razmjenu podataka od centra do centra. Na nadregionalnoj i međunarodnoj razini razmjena podataka između središta obavezni je preduvjet za kontinuitet usluga. Glavna prednost komunikacijskih standarda između središta stoga leži u mogućnostima umrežavanja i interoperabilnosti podsustava različitih operatera i proizvođača. Smanjenje troškova ovdje je manje važno budući da su troškovi središnjih objekata kao što su troškovi smještaja, računalni troškovi, oprema za nadzor, softver obično samo dio ukupnih troškova sustava upravljanja prometom, koji bi se sastojao od upravljanja prometom i sustava kontrole prometa ( npr. petlje, kontroleri signala, kabliranje, VMS znakovi).

Stvaranje interoperabilnosti ne poništava važnost specifikacije ili čak standardizacije komponenti ITS usluga. Ovo je ključno budući da se svaka izmjena (proširenje, modifikacija, nova nabava, itd.) IT infrastrukture treba temeljiti na postojećim (lokalnim, nacionalnim) ili tržišno dostupnim proizvodima (zaštita ulaganja). Nadalje, pristup koji predviđa poštivanje krutih standarda i protokola usklađivanja mogao bi biti skup i dugotrajan. Ključni element produktivnog pristupa standardima i harmonizaciji je stvaranje otvorene platforme za ITS usluge. To omogućuje hvatanje i primjenu prednosti tehnološke interoperabilnosti, istovremeno dopuštajući pojedinačnim tijelima da zadrže autonomiju u odlučivanju o točnoj platformi(ama), obliku tehnologije i usluga koje žele koristiti, čime se izbjegava potencijalna vezanost dobavljača.

Inicijative poput univerzalne kontrole upravljanja prometom (UTMC) stvorile su otvorene standarde i specifikacije za razmjenu podataka između sustava. To je dovelo do stvaranja integriranog mrežnog strateškog alata koji omogućuje bolje upravljanje mrežom autocesta te otkrivanje i odgovor na incidente. Gradsko udruženje otvorenih prometnih sustava (OCA) stvorilo je otvorenu specifikaciju za razmjenu podataka o prometnim signalima i detektorima s UTC sustavom koji nudi slične prednosti kao UTMC. Ključna značajka UTMC-a, koji široko djeluje u gradovima u zemljama engleskog govornog područja i OCA-e, koji široko djeluje u gradovima njemačkog govornog područja, jest da oba pružaju otvorenu

platformu za progresivnu kontrolu prometne signalizacije. Ne samo da svaki od njih može pružiti platformu za UTC sam po sebi, nego gradske uprave za ceste i promet također imaju priliku međusobnog rada dvaju sustava odabirom značajki svakog za ispunjavanje vlastitih zahtjeva, dok zadržavaju zajedničku otvorenu operativnu platformu.

### **2.3.3. Korištenje kooperativnih ITS-a u upravljanju gradskim prometom**

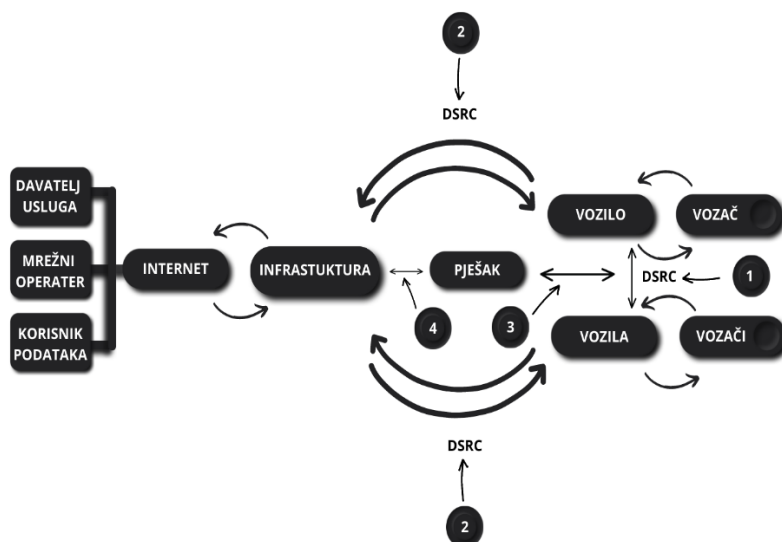
Prometno i transportno inženjerstvo 21. stoljeća zahtijeva novi pristup kako bi promet bio sigurniji, učinkovitiji i pouzdaniji, s minimalnim utjecajem na okoliš i društvo. Osnovne karakteristike ovog novog pristupa su sve veći zahtjevi praćeni imperativom nižih troškova. Posebno je važna sigurnost u prometu. Izazov je povećati sigurnost prometa za 50% do 2020. kako bi se postigao glavni cilj od nula smrtnih slučajeva 2050. Cilj za učinkovitiji prometni sustav postavljen je za smanjenje zagušenja – 2% bruto domaćeg proizvoda (BDP) – i 60% energetske učinkovitost i emisije do 2050. Očekivanja za gradski promet posebno su visoka sa zahtjevima za integracijom različitih načina prijevoza i značajnim smanjenjem buke i onečišćenja zraka. Europska unija prepoznala je inteligentne transportne sustave (ITS) kao tehnološku osnovu za postizanje ovih ciljeva. ITS je holistička, upravljačka i informacijsko komunikacijska tehnologija (ICT) nadogradnja klasičnih prometnih i transportnih sustava koja značajno poboljšava performanse sustava, sigurnost prometa, učinkovitost u prijevozu robe i putnika, povećava zaštitu i udobnost putnika, smanjuje zagađenje itd. (Mandžuka et al., 2016)

Mogućnosti primjena suvremenih ITS-a u poboljšanju sigurnosti prometa može se podijeliti na sljedeće:

1. sustavi vezani uz infrastrukturu (ceste, mostovi, tuneli...);
2. sustavi koji se odnose na vozila;
3. sustavi koji se temelje na suradnji.

Posebno moćan pristup prepoznat je u mogućnosti primjene kooperativnih sustava u prometu. Suradnja se može promatrati kao osnovni oblik organizacije, u širem smislu, te kao problem komunikacije pokretnog subjekta (vozila) s cestovnom infrastrukturom i/ili drugim pokretnim subjektima, u užem smislu. U širem smislu definiran je kao kooperativni sustav kao kombinacija tehnologija, ljudi i organizacija koja omogućava komunikaciju i koordinaciju potrebnu za postizanje zajedničkog cilja određene grupe koja obavlja različite aktivnosti, a na dobrobit svih sudionika.

U užem smislu definicije suradnje prepoznate su sljedeće komunikacije: V2V – vozilo prema vozilu (link 1), V2I – vozilo prema infrastrukturi (link 2), V2P – vozilo prema pješaku (link 3), I2P – infrastruktura prema pješaku (link 4), vidi sliku 2. Namjenska komunikacija kratkog dometa (DSRC) jedna je od osnovnih komunikacijskih tehnologija vozila koja se koristi za ove aplikacije.



Slika 9. Osnovna topologija kooperativnog sustava u prometu i transportu

Izvor: prilagodio autor prema Mandžuka, S., Ivanjko, E., Vujić, M., Škorput, P., i Gregurić, M. (2015) The use of cooperative ITS in urban traffic management. *Intell. Transp. Syst. Technol. Appl*, 272-288

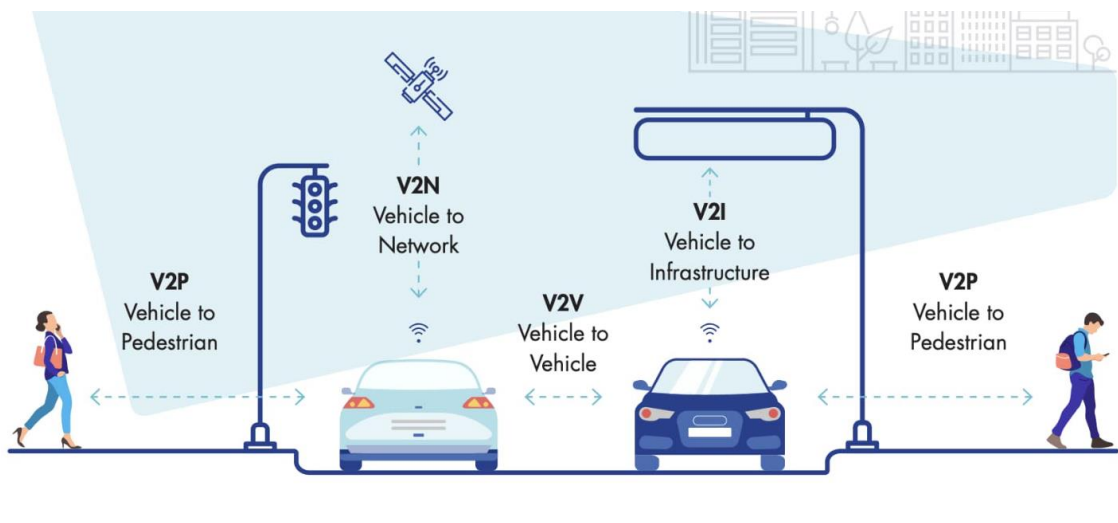
Glavne karakteristike kooperativnog pristupa prema (Mandžuka et al., 2016) su:

1. promatrati vozača, vozilo, infrastrukturu i druge sudionike u prometu kao jedinstveni sustav;
2. razmotriti operativne i upravljačke potrebe cjelokupnog sustava;
3. integrirani pristup sigurnosti prometa i svih sudionika;
4. primjenjivati tehnologiju na koherentan način kako bi se podržala ukupna integracija dijelova sustava.



Trenutno prepoznajemo sljedeće sustave na kojima se kooperativni pristup može uspješno primijeniti: navigacijski sustavi i sustavi putnih informacija, sustavi upozorenja, upravljanje vozilima hitnih službi, upravljanje prioritetima u gradskom javnom prijevozu, inteligentni sustavi za upravljanje brzinom, sustavi podrške za ugroženi promet korisnika i dr. (Mandžuka et al., 2016)

Bežične mreže za vozila za kooperativne inteligentne transportne sustave (ITS) prikazane na slici 10. i objašnjene u daljnjem tekstu izazvale su veliki interes u posljednjih nekoliko godina, zbog svojih potencijalnih aplikacija i usluga. Kooperativne aplikacije sa senzorom, prikupljanjem, obradom i komunikacijom podataka pružaju neviđen potencijal za poboljšanje sigurnosti vozila i ceste, udobnosti putnika i učinkovitosti upravljanja prometom. Kako bi podržali takve vizionarske scenarije, aplikacije koje se pokreću u vozilima moraju komunicirati s drugim aplikacijama u drugim vozilima ili s aplikacijama raspoređenim u pozadinskim uredima hitnih službi, cestovnih operatera ili javnih službi. Te aplikacije rade bez nadzora, prijavljuju informacije i preuzimaju naredbe od sličnih aplikacija u vozilu ili mreži. Mobilne jedinice mreže vozila ekvivalentne su čvorovima u tradicionalnoj bežičnoj mreži i mogu djelovati kao izvor, odredište ili usmjerivač informacija. Komunikacija između mobilnih čvorova može biti točka-točka, točka-više točaka ili emitiranje, ovisno o zahtjevima svake aplikacije. Osim ad-hoc implementacije mreže koja se sastoji od susjednih vozila koja se spajaju i uspostavljaju komunikaciju vozilo-vozilo (V2V), postoji i mogućnost postavljanja tradicionalnije bežične mreže, s baznim stanicama duž cesta u vozilu-vozilu. Infrastrukturne (V2I) komunikacije koje rade kao pristupne točke i upravljaju protokom informacija, kao i portali za vanjske WAN mreže. Uređaji koji rade unutar vozila nazivaju se On Board Units (OBU), dok su uređaji koji rade sa strane ceste Road Side Units (RSU) i imaju različite zahtjeve i načine rada. Glavni izazov dizajnera i tehničara komunikacija u vozilima (također poznatih kao "V2X komunikacije") je razviti sustave koji omogućuju komunikaciju unutar i između vozila, kao i komunikaciju s cestovnom mrežom ili infrastrukturom električne mreže, s putnicima, pješacima i sve ostale uključene dionike u lancu vrijednosti komunikacije vozila. Ideja koja stoji iza toga je, naravno, koristiti ovu komunikaciju za poboljšanje ukupne učinkovitosti prijevoza i eliminaciju nesreća i, u tu svrhu, danas se provode važna istraživanja komunikacija vozila u Sjedinjenim Državama, Europi, Japanu i Kini. Slika 10. prikazuje na visokoj razini neka rješenja koja se pružaju putem komunikacija vozilima.



Slika 10. Prikaz vrsta komunikacija vozila

Izvor: <https://www.thalesgroup.com/en/markets/> (pristupljeno 15.8.2022.)

Komunikacija unutar vozila opisuje interakciju među raznovrsnim entitetima u vozilu (senzor, ECU, moduli za podršku odlučivanju, itd.), kao i prijenos podataka i informacija od jednog entiteta do drugog, tako da zajedno (ili u distribuirani način) odlučuju o ponašanju vozila, bilo a priori (kognitivni sustavi) ili aposteriori (adaptivni sustavi). Poznat je i kao inteligencija vozila jer je osnova za inteligentni pokretni čvor IoV mreže.

Komunikacija između vozila (V2V) odnosi se na interakciju senzora i drugih uređaja (obično susjednih) vozila s ECU-ovima vozila i modulima za podršku odlučivanju. Cilj ove komunikacije je pružiti vozilu značajne informacije u gotovo stvarnom vremenu o koordinatama, smjeru, brzinama, kao i drugim hitnim situacijama koje je potrebno uzeti u obzir prije bilo kakvog rješavanja situacije.

Komunikacija između vozila i infrastrukture (V2I) odnosi se na interakciju između vozila u pokretu i okolne (obično statične) prometne infrastrukture. Indikativni primjeri entiteta koji pripadaju infrastrukturi su semafori, prometni znakovi, popratni uredi na cesti, podatkovni centri, antene itd. Vozilo razmjenjuje informacije s prethodno navedenim entitetima, kako bi se dobio adekvatno dobar opis njegovog konteksta te tako omogućiti trenutnu prilagodbu vanjskim zahtjevima.

Komunikacija između vozila i mreže (V2N) ima za cilj pružanje zabavnih i informacijskih usluga putnicima koji koriste prednosti dostupnih usluga u oblaku, pa je poznata i kao komunikacija između vozila i oblaka (V2C). Također pruža sigurnosna ažuriranja i

ažuriranja firmvera za softver automobila, dijeli informacije o motoru s ovlaštenim servisima kako bi se osiguralo preventivno održavanje, pomaže u lociranju parkirnog mjesta i za planiranje multimodalnog putovanja dok ste u automobilu, čineći vožnju ugodnijom.

Komunikacija između vozila i pješaka (V2P) odnosi se na razmjenu informacija između vozila i pješaka u blizini, kako bi se ublažila nadolazeća opasnost. Ideja je da V2P može rano upozoriti na ranjive sudionike u prometu (pješaci, biciklisti), koji nisu opremljeni visokoučinkovitim sensorima za obradu prometa, ali mogu nositi svjetlosne signale ili pametne satove koji obavještavaju okolna vozila o njihovoj prisutnosti. Upozorenja mogu biti vrijedna za vozilo, posebno u mrtvim kutovima, kao što su križanja cesta ili oštri zavoji.

Komunikacija između vozila i uređaja (V2D) opisuje interakciju između vozila i prijenosnih elektroničkih uređaja koje putnici mogu nositi. Na primjer, V2C se odnosi na vozačev pametni telefon koji je povezan s automobilom putem Bluetootha i omogućuje komunikaciju bez ruku, ali također može proširiti usluge u vozilu putem aplikacija trećih strana koje komuniciraju s automobilom. Drugi primjer su uređaji za nadzor koje proizvođači automobila ugrađuju u automobile, koji prikupljaju podatke o motoru i omogućuju službenim aplikacijama za pametne telefone proizvođača automobila da prikazuju izvješća o ispravnosti motora ili daju upozorenja o preventivnom održavanju.

Vehicle-to-grid (V2G) uglavnom se odnosi na sve vrste električnih vozila od pogona samo na baterije (BEV), do plug-in hibrida (PHEV) i električnih vozila na vodikove gorive ćelije (FCEV), koja se često spajaju na napajanje rešetka za ponovno punjenje. Tijekom ovog procesa, vozila također mogu komunicirati s uslugama koje pruža električna mreža i mogu ili prodavati električnu energiju natrag u mrežu (kada imaju dovoljno kapaciteta) ili ubrzati brzinu punjenja.

Sve gore navedene vrste komunikacije danas se uobičajeno koriste za opisivanje bilo koje vrste interakcije između kontrolnih jedinica vozila, senzora i okoline, a nazivaju se širim pojmom Vehicle-toeverything (V2X) komunikacije. Dok se može istražiti nekoliko načina komunikacije, ako se vozilo povezuje s bilo kojim mogućim entitetom, sljedeći odjeljak istražuje najčešće korištenu standardnu komunikacijsku tehnologiju za realizaciju V2X komunikacije

#### **2.3.4. Upravljanje incidentima u urbanim područjima**

Prometna nezgoda je nepredvidivi događaj koji utječe na sigurnost i kapacitet gradske i druge cestovne mreže te uzrokuje dodatna kašnjenja sudionika u prometu. Prometne nezgode koje se događaju u gradskoj cestovnoj mreži imaju veće posljedice na redovno odvijanje prometa u odnosu na one koje se događaju u ostalim dijelovima prometne mreže. Proces upravljanja incidentima podijeljen je u različite faze gdje svaka grupa ima svoju strategiju i definicije za postupanje u prometnim incidentima. Općenito, proces upravljanja incidentom podijeljen je na otkrivanje i provjeru incidenta, odgovor na incident, uklanjanje incidenta i oporavak normalnog protoka prometa. Jedan od glavnih izazova u prometu postaje kako poboljšati mobilnost uz istovremeno smanjenje zagušenja, incidenata i zagađenja. Diljem Europe, incidenti na gradskim cestama čine 10-25% zagušenja.

Postoji nekoliko različitih događaja koji utječu na normalan ili željeni tijek prometa u gradskoj cestovnoj mreži. Identificirani su sljedeći događaji koji mogu dovesti do privremenog smanjenja kapaciteta cestovne mreže:

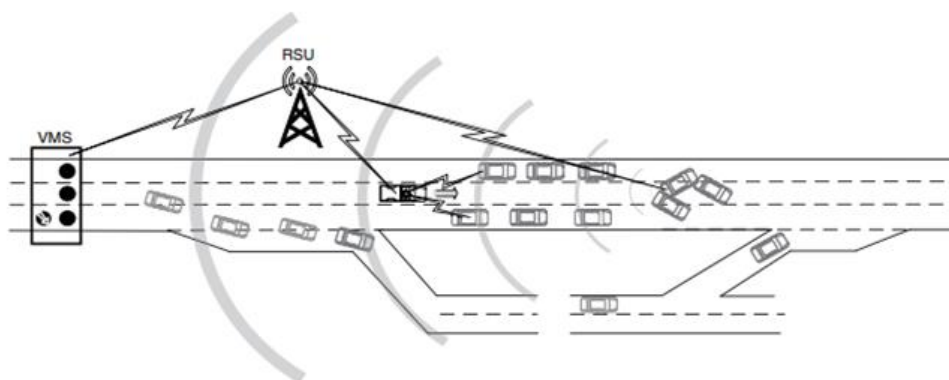
- nezgode povezane s vozilom, u rasponu od manjih oštećenja vozila do višestrukih nesreća s ozlijeđenima i smrtno stradalima;
- krhotine/prepreke na cesti;
- aktivnosti održavanja;
- nepredviđena zagušenja;
- bilo koja njihova kombinacija.

Upravljanje incidentima moglo bi uključivati korištenje kooperativnih sustava temeljenih na komunikaciji V2V i V2I za poboljšanje sigurnosti na cestama u urbanim područjima. Kooperativna vozila i infrastruktura opremljeni su značajnom količinom senzorne i komunikacijske opreme. Takvi sustavi omogućuju vozilima da 'osjete' (npr. radar, ultrazvučni senzori), vide (npr. kamera, infracrvena kamera) i komuniciraju međusobno i s infrastrukturom.

Kooperativni ITS temelji se na principu da svi sudionici međusobno razmjenjuju informacije. Svaki sudionik procjenjuje primljene podatke i uzima u obzir informacije za svoju analizu podataka i informacija koje se dostavljaju vozaču. Sustav upravljanja incidentima (IMS), centri za upravljanje voznim parkom i drugi dionici, kao i centralizirana ili decentralizirana kontrola prometa mogu biti dio mreže kooperativnih sustava. Razvoj takvih sustava uključuje platformu za detekciju vozila i aplikacije, platformu za detekciju

infrastrukture i aplikacije te inovativne tehnologije. Na temelju primljenih kooperativnih podataka, kooperativni sustav upravljanja incidentima moći će generirati ažurirani status prometnih situacija i svoju prognozu za kontrolu prometa i upravljanje prometom u urbanim područjima. Bit će moguće određivanje prioriteta hitnih vozila na semaforima, kao i prilagodljivi 'zeleni valovi', ujednačavanje prometnih tokova i smanjenje napora za pronalaženje mjesta incidenta, itd. Također, moguće je spriječiti prometne nezgode razvojem kooperativnih aplikacija za upravljanje incidentima koje otkrivaju i predviđaju potencijalno opasne situacije te proširuju, prostorno i vremenski, svijest vozača o okolini. Suradnja je moguća s ranjivim sudionicima u prometu poput pješaka i biciklista i može podržati mobilnost slijepih i slabovidnih osoba. Kooperativni sustavi nude potencijal za smanjenje ovih utjecaja stvaranjem dodatnog učinkovitog kapaciteta cestovne mreže i učinkovitijeg korištenja od strane vozila. Nadalje, uključuje razvoj i implementaciju temeljne arhitekture, poslovnog modela i pravnih aspekata. (Mandžuka et al., 2016)

Kooperativni scenariji u upravljanju incidentima u urbanim područjima mogu se prikazati jednim primjerom prometnog incidenta (vidi sliku 11.). U tom slučaju vozilo hitne pomoći koje se približava mjestu incidenta šalje V2I skup podataka jedinici uz cestu (RSU). Nakon toga, infrastrukturni dio sustava prilagođava različite semafore, znakove s promjenjivim porukama (VMS) itd. Također, I2V set podataka šalje se drugim vozilima u blizini incidenta. Shodno tome, vozačev zaslon prikazuje preporučenu brzinu vozila i alternativnu rutu, pri čemu vozač prilagođava brzinu i prolazi bez zaustavljanja.



Slika 11. Kooperativni sustavi i hitna vozila

Izvor: Mandžuka, S., Ivanjko, E., Vujić, M., Škorput, P., i Gregurić, M. (2015) The use of cooperative ITS in urban traffic management. *Intell. Transp. Syst. Technol. Appl*, 272-288

Detekcija incidenta je proces identifikacije mjesta i vremena incidentnog događaja. Također, vrlo je važna moguća priroda incidenta. U kooperativnom ITS okruženju, suradnja među vozilima može otkriti prometne incidente ili zastoje na cestama. Također, kooperativno vozilo koje putuje u grupi zasebno procjenjuje prometne uvjete. Ove se procjene spajaju kako bi se zajednički odlučilo jesu li ceste zakrčene. Slično tome, susjedna vozila u V2V mreži mogu izbjeći prometne nesreće razmjennom upozorenja o sudaru na kooperativan način. Na temelju V2V i V2I kooperativne komunikacije moguće je razviti razne aplikacije kao što su:

- Upozorenje na opasnost za sprječavanje frontalnog sudara, prepoznavanje vozača i prepreka;
- upozorenje na opasne zavoje;
- otkrivanje ranjivih sudionika u prometu;
- upozorenje o smanjenoj vidljivosti;
- sprječavanje sudara na raskrižju;
- stanje na cestama;
- status radova na cesti.

Europska ITS arhitektura definira korisničke potrebe i funkcionalnost kao kooperativne ITS usluge i aplikacije. To je skup gledišta visoke razine koji omogućuju izradu planova za integraciju ITS aplikacija i usluga. Obično pokriva tehničke aspekte, plus povezana organizacijska, pravna i poslovna pitanja. ITS arhitektura podržava usklađenu implementaciju ITS-a u Europi i omogućuje okvir za sustavno planiranje implementacije ITS-a, olakšava integraciju za više sustava i osigurava široku interoperabilnost. ITS arhitektura je konceptualni dizajn koji definira strukturu i ponašanje integriranog ITS-a. Opis arhitekture je formalni opis sustava, organiziran na način koji podržava rasuđivanje o strukturnim svojstvima sustava. Definira komponente sustava i daje plan iz kojeg se mogu nabaviti proizvodi i razviti sustavi koji će zajedno raditi na implementaciji cjelokupnog sustava. To može omogućiti upravljanje ulaganjima na način koji zadovoljava poslovne potrebe. U ITS okruženju upravljanje incidentima je dio upravljanja prometom koji pruža funkcionalnost koja omogućuje upravljanje prometom u urbanim i međuurbanim sredinama. U širem smislu, upravljanje incidentima također uključuje kontrolu prometa, upravljanje potražnjom, upravljanje održavanjem cesta i pružanje raznih informacija za druge organizacije. (Mandžuka et al., 2016)

Sustav upravljanja incidentima u urbanim područjima mora osigurati objekte za upravljanje incidentima koji se događaju unutar mreže gradskih cesta. Također će integrirati i

uključiti druge ITS aplikacije u procese upravljanja incidentima. Sustav upravljanja incidentima treba obavljati sljedeće interne funkcije ili sposobnosti u kooperativnom ITS okruženju:

- Osigurati operatersko sučelje za upravljanje incidentima;
- otkriti incidente na temelju podataka;
- klasificirati i identificirati incidente;
- poslati pojedinosti o incidentu vozilima;
- poslati pojedinosti o incidentu pružateljima informacija ili drugima;
- upravljanje i pohranjivanje podataka o incidentima.

Detekcija incidenata iz podataka je sposobnost sustava za upravljanje incidentima da analizira dobivene podatke o stanju prometa na cestovnoj mreži kako bi detektirao mogućnost da je došlo do incidenata. Također može predstavljati sposobnost analize svih vrsta podataka za obrasce koji sugeriraju pojavu nezgode i sposobnost da se takvi obrasci povežu s istom nezgodom ako se dogode u susjednim dijelovima cestovne mreže. Klasificiranje i identificiranje incidenata je sposobnost obrade podataka kako bi se identificirala i klasificirala određena vrsta incidenta koji je otkriven, prema izvoru, i korištenjem vlastitih internih 'pravila' koja se mogu odnositi na neki oblik odobrenog standarda. Slanje pojedinosti o incidentu vozilima sposobnost je sustava da upravlja izlazom uputa sadržanih u strategiji incidenta drugim funkcijama u vozilu kao odgovor na incidente koje su otkrile druge funkcionalnosti. Pružanje ublažavanja incidenata upravljanju prometom je mogućnost da upute uključene u strategije upravljanja incidentima budu izlazne kako bi se zahtijevala zamjena ili promjena bilo koje strategije upravljanja prometom koja je trenutno u funkciji.

Procjena incidenata i osmišljavanje odgovora omogućuju funkcije upravljanja procjenom podataka o incidentima i stvaranje strategija kao odgovor na incidente koje su otkrile druge funkcionalnosti. Oni također mogu povremeno pregledati podatke koji su prikupljeni o incidentima i odlučiti jesu li potrebne bilo kakve radnje za ublažavanje bilo korištenjem postojeće strategije upravljanja incidentima ili osmišljavanjem nove. Slanje pojedinosti o incidentu pružateljima informacija ili drugima omogućit će mogućnost upravljanja izlazom informacija vanjskim pružateljima usluga kao dio strategije incidenta. To se radi kao odgovor na incidente koje su otkrile druge funkcije i poslale da zahtijevaju izlaz informacija drugim funkcijama kao što je hitna podrška, upravljanje javnim prijevozom i pomoć putnicima. Upravljanje pohranom podataka o incidentima odnosi se na preuzimanje odgovornosti za upravljanje podacima o incidentima i izradu statističkih izvješća. Učinkovito upravljanje

dostupnim informacijama, razmjena podataka kao i inteligentno donošenje odluka u stvarnom vremenu mogu smanjiti posljedice prometnih nezgoda, posebice sprječavajući sekundarne nezgode. Napredne inventivne tehnologije i pristup temeljen na ITS paradigmi značajno poboljšavaju performanse sustava. (Mandžuka et al., 2016)

### **2.3.5. Pametne kamere za ITS u urbanom okruženju**

Potpuno automatizirana analiza videa i slike s kamera za nadzor prometa je polje koje se brzo razvija i temelji se na tehnikama računalnog vida sa sve većim utjecajem na inteligentne transportne sustave (ITS). Doista, smanjenje troškova hardvera i, stoga, sve veća primjena kamera i ugrađenih sustava otvorili su široko polje primjene za video analitiku kako u urbanim tako i u scenarijima autocesta. Može se predvidjeti da se nekoliko ciljeva praćenja kao što su zagušenja, kršenje prometnih pravila i interakcija vozila mogu ciljati pomoću kamera koje su obično izvorno instalirane za ljudske operatere. Na autocestama sustavi za detekciju i klasifikaciju vozila već neko vrijeme uspješno koriste klasične tehnike vizualnog nadzora kao što su procjena pozadine i praćenje kretanja. Danas postojeće metodologije imaju dobre performanse i u slučaju lošeg vremena rade i 24/7. S druge strane, urbana je domena manje istražena i izazovnija s obzirom na gustoću prometa, niže kutove kamere koji dovode veće raznolikosti korisnika ulice. Metode kategorizacije objekata i 3-D modeliranja inspirirale su naprednije tehnike za rješavanje ovih izazova. Osim toga, zbog problema skalabilnosti i isplativosti, nadzor gradskog prometa ne može se stalno temeljiti na vrhunskim platformama za prikupljanje podataka i računalnim platformama; pojava ugrađenih tehnologija i sveprisutno računalstvo može ublažiti ovaj problem: doista je izazovno, ali definitivno važno implementirati sveprisutne i nevezane tehnologije kao što su bežične senzorske mreže (WSN) za rješavanje nadzora gradskog prometa. Na temelju ovih razmatranja, cilj ovog poglavlja je uvesti skalabilne tehnologije za podršku ITS problemima u urbanim scenarijima; posebice istražujemo ugrađena rješenja za realizaciju pametnih kamera koje se mogu koristiti za otkrivanje, razumijevanje i analizu situacije i događaja povezanih s prometom zahvaljujući ugrađenoj logici vizije. Doista, kako bismo se na odgovarajući način uhvatili u koštac s problemima skalabilnosti u urbanom okruženju, predlažemo upotrebu distribuiranog, prožimajućeg sustava koji se sastoji od mreže pametnih kamera (SCN), posebne vrste WSN-a u kojoj je svaki čvor opremljen uređajem za očitavanje slike. Iz tog razloga, SCN su također poznate kao mreže vizualnih senzora (VSN). Jasno je da je prikupljanje informacija s mreže raštrkanih kamera, koje možda pokrivaju veliko područje, uobičajena značajka mnogih sustava



videonadzora i ambijentalnih obavještajnih sustava. Međutim, većina klasičnih rješenja temelji se na centraliziranom pristupu: distribuirana se samo očitavanje dok se stvarna obrada videa ostvaruje u jednoj jedinici. U tim konfiguracijama, video streamovi s više kamera se kodiraju i prenose do središnje procesorske jedinice koja dekodira streamove i vrši obradu na svakom od njih. S obzirom na te konfiguracije, potreba za uvođenjem distribuiranog inteligentnog sustava motivirana je s nekoliko zahtjeva:

- Brzina: distribuirana obrada unutar mreže inherentno je paralelna; osim toga, specijalizacija modula dopušta smanjenje računalnog opterećenja na višoj razini mreže: na taj se način oslobađa uloga središnjeg poslužitelja i može biti izostavljena u potpuno distribuiranoj arhitekturi
- Propusnost: obrada unutar čvora dopušta smanjenje količine prenesenih podataka, prijenosom samo parametara bogatih informacijama o promatranj sceni, a ne redundantnog toka videopodataka.
- Redundancija: distribuirani sustav može se ponovno konfigurirati u slučaju kvara neke od njegovih komponenti, zadržavajući sveukupne funkcionalnosti.
- Autonomija: svaki od čvorova može obrađivati slike asinkrono i može samostalno reagirati na percipirane promjene u sceni.

Konkretno, ovi problemi sugeriraju premještanje dijela inteligencije prema čvorovima kamere. U tim čvorovima, algoritmi umjetne inteligencije i računalnog vida mogu osigurati autonomiju i prilagodbu unutarnjim uvjetima (npr. kvar hardvera i softvera), kao i vanjskim uvjetima (npr. promjene vremena i svjetlosnih uvjeta). Može se reći da u VSN-u čvorovi nisu samo sakupljači informacija sa senzora, već moraju spojiti značajne i kompaktne deskriptore scene iz glomaznih neobrađenih podataka sadržanih u videostreamu. To naravno zahtijeva rješenje problema računalnog vida kao što je otkrivanje promjena u sekvencama slika, otkrivanje objekata, prepoznavanje objekata, praćenje i spajanje slika za analizu više pogleda. Doista, nikakvo razumijevanje scene ne može se postići bez rješavanja nekih od gore navedenih zadataka. Kao što je poznato, za svaki od takvih problema postoji opsežan korpus već implementiranih metoda koje pružaju zajednice računalnog vida i videonadzora. Međutim, većina trenutno dostupnih tehnika nije prikladna za korištenje u VSN-u zbog visoke računske složenosti algoritama ili pretjerano zahtjevnih memorijskih zahtjeva. Stoga bi ad hoc algoritme trebalo dizajnirati za VSN. (Perallos et al., 2015)

## **2.4. Inteligentna vozila i infrastruktura**

Rješenja i područja primjene ITS-a prilično su široki i raznoliki, ali najčešća podjela odnosi se na primjenu ITS-a na automobilima (inteligentna vozila) i primjenu ITS-a na infrastrukturi (inteligentna infrastruktura), a jedna od najčešćih primjena ITS-a u vozilima je zračni jastuk koji se napuhuje prije sudara (Williams, 2008).

### **2.4.1. Inteligentna vozila**

U posljednjih nekoliko desetljeća proveden je niz istraživanja čiji je cilj bio povećanje i poboljšanje svjesnosti, ali i reakcija vozača. Naglasak se stavlja na mogućnosti tehnologije u vozilu da komunicira s drugim vozilima, kao i svojim okruženjem, što omogućuje vozaču bolju i točniju procjenu okoline za vrijeme putovanja. Zadatak Advanced Driver Assistance Systems je da stvori poboljšanu integraciju tehnologija koristeći senzore i komunikaciju što omogućuje vozaču da lakše izbjegne sudare, bolje savlada teže uvjete na cesti, slijedeći druga vozila na sigurniji način (McDonald, 2006.)

#### **A. Prilagodljivi tempomat (ACC)**

Adaptivni tempomat je prilagodba Advanced Driver Assistance Systems (ADAS), a uključuje niz tehnoloških primjena koje koriste tehničko znanje radara, zadržavajući longitudinalno kretanje i brzinu između vozila (Nkoro i Vershinin, 2014). ACC tehnologija može prilagođavati brzinu vozila (Williams, 2008). Automatska kontrola prometa autoceste i vozila u pokretu postoji od 1960ih, no od tada se značajno razvila. Neki od praktičnih primjera uključuju sisteme koji upozoravaju o razmaku između kamiona u Japanu, inteligentne tempomate za osobne automobile u Japanu te drive-by-wire kontrolere u osobnim automobilima u Švedskoj (Vlacic, Parent i Harashima, 2001).

#### **B. Upozorenje na prepreke**

Ovo je tehnologija koja koristi radar, ultrazvuk, infracrveno i lasersko znanje za otkrivanje mogućeg sudara dok je vozilo u pokretu, tako da je vozač vozila unaprijed upozoren kada se osjeti bilo kakva prepreka (Nkoro i Vershinin, 2014). Tehnologija upozorenja na prepreke može biti primijenjena na dva načina: upozorenje na prepreke naprijed i nazad koje osjeća i detektira prepreke kada se vozilo kreće naprijed ili nazad i sukladno tome oglašava se alarm prema tome (Williams, 2008).

### C. Prepoznavanje trake

Prepoznavanje trake uključuje procjenu smjera ceste i položaj vozila u pokretu unutar svoje trake. Ova mogućnost upozorit će vozača kada vozilo izađe iz svoje trake te će dalje navoditi vozilo natrag u početnu poziciju (Williams, 2008). Sustav upozorenja o napuštanju trake oglasit će se alarmom kako bi upozorio vozilo kada pređe bijele linije, koristeći se senzorom. (Williams, 2008.)

### D. Obavijest o sudaru i izbjegavanje

Obavijest o sudaru i izbjegavanje je primjena inteligentne tehnologije vozila koja se razvija kako bi otkrila i prijavila ozbiljnost kao i točnu mjesto nastanka nesreće agencijama i službama odgovornima za koordinaciju hitnih službi kako bi one u najkraćem mogućem vremenu mogle doći do mjesta nesreće (McDonald, 2006).

Frekvencije uključuju 10Hz za obavijest o vozilu žurnih službi, obavijest za nesreći na raskrižju i upozorenje rizika za nesreću. 2Hz za indikaciju sporog vozila, indikaciju prilazećeg motocikla i obavijest i optimalnoj brzini, 1Hz do 10Hz za obavijest o ograničenju brzine (Kosch, Strassberger i Schroth, 2012). Ova mogućnost koristi senzore radara, audio upozorenja i prikaz na video ekranu (Williams, 2008).

#### **2.4.2. Inteligentna infrastruktura**

Uspješna primjena ITS-a ne može biti u potpunosti postignuta ukoliko se ne koristi i strukturalna infrastruktura koja dodatno pridonosi ranije spomenutim sistemima. Kako bi se povećala korist od ITS-a, pametna vozila moraju slati i primati informacije kroz važne tehnološke strukture. Prema McDonald (2006), razmjena informacija događa se na tri razine:

1. vozilo prima informacije od infrastrukture kroz senzore, detektore i sisteme kontrole
2. infrastruktura prima informacije iz vozila
3. razmijenjene informacije se interpretiraju kako bi se mogle maksimalno iskoristiti

Nadalje, sustav se u proteklih nekoliko godina razvio i uključuje detekciju na osnovu videa te mobilnih uređaja koristeći bežične komunikacijske tehnologije (Williams, 2008).

### A. Administracija gospodarskih vozila

Ova mogućnost uključuje sistematično korištenje senzora i ICT tehnologije pri obavljanju pregleda i dokumentacije gospodarskih vozila. Navedena tehnologija omogućuje

gospodarskim vozilima kao što su autobusi i kamioni da se zbog njih ne remeti promet ni njihovo putovanje, već da se sve potrebne provjere obavljaju pri normalnoj brzini kretanja cestom (Nkoro i Vershinin, 2014).

Neki primjeri uključuju praćenje podataka o sigurnosti vozila i provjere u postupku carine bez zaustavljanja (Williams, 2008). Nadalje, još jedna uporaba ove tehnologije je olakšavanje kupnje godišnjih i ad hoc vjerodajnica vezanih uz automatizirano prelaženje graničnih prijelaza, kao i automatizirane administracije dokumenata gospodarskih vozila (Williams, 2008).

## B. Upravljanje tranzitom

U ovom slučaju tehnologija omogućuje nadzor i komunikaciju, primjerice sisteme automatizacije lokacije vozila, računalno potpomognuti dispečerske sustave (CAD) i udaljene kamere za nadzor vozila i objekata. Navedena tehnologija omogućuje prijevozničkim agencijama da poboljšaju operativnu učinkovitost, sigurnosne operacije, kao i sigurnost sustava javnog prijevoza (National Highway Traffic Safety Administration, United States, 2014) Valja navesti i upravljanje prometom na koridorima koje se odnosi na vrstu upravljanja cestovnim prijevozom koja će potaknuti ili obeshrabriti vozača vozila pri donošenju odluka o vožnji tijekom situacija prometne gužve (Williams, 2008).

## C. Upravljanje podacima

Upravljanje podacima omogućuje automatizirano pronalaženje, skladištenje i dijeljenje informacija koje omogućuju informirano planiranje i upravljanje transportom, a uključuje:

1. arhiviranje relevantnih ITS podataka o prijevozu i prometu koji se mogu pohraniti radi poboljšanog planiranja, sigurnosnih operacija i širenja (Williams, 2008).

Skladište podataka odnosi se na inteligentnu tehnologija koja spaja individualnu informaciju vezanu za planiranje, sigurnost, operacije i istraživanja u regionalnu domenu ITS-a te omogućuje pronalaženje izvora, komuniciranje i organiziranje svih ITS podataka (Nkoro i Vershinin, 2014).

### **3. Primjeri dobre prakse ITS-a u Europi i svijetu**

U daljnjem tekstu navedeni su konkretni primjeri u Europi, a i u svijetu kako implementacija ITS-a pozitivno utječe ne samo na gospodarstvo, već i na život građana u urbanim sredinama.

#### **3.1. Dinamički sustavi za navođenje pri parkiranju u Leuvenu, Belgija**

Yunex Traffic će zamijeniti trenutni sustav za navođenje pri parkiranju u Leuvenu modernim i korisniku jednostavnim sustavom za navođenje u prometu. Obavještavat će korisnike cesta u stvarnom vremenu o mogućnostima parkiranja, intermodalnim opcijama i vremenu putovanja u i oko grada Leuvena. Rezultati: manje automobila u gradu i veća kvaliteta života posjetitelja i stanovnika. (YunexTraffic, 2022, Url)

Novi sustav parkiranja važan je korak za Leuven na putu prema održivoj politici parkiranja: usmjeravanjem automobilskeg prometa na obilaznicu oko Leuvena, ostvarit će se selektivna dostupnost automobilom. Istovremeno će se poticati alternativni načini prijevoza.

Nova politika parkiranja (za posjetitelje) rezultira strukturom parkiranja u četiri željene razine:

1. Prigradska parkirališta nalaze se na dobroj udaljenosti od grada. Ova parkirališta smanjuju automobilski promet na granicama zona sklone zagušenjima. Dugotrajno parkiranje ima prednost na tim parkiralištima, koja su dostupna javnim prijevozom iz centra grada.
2. Periferna parkirališta nalaze se na gradskoj obilaznici. Osigurana su parkirališta za bicikle od kojih neka nude i mogućnost najma zajedničkih bicikala. Prednosti ovih garaža su jeftinije dugotrajno parkiranje i P+Bus ponuda, gdje je vožnja autobusom gratis uključena u cijenu parkiranja.
3. Centralna parkirališta omogućuju parkiranje "izvan ulice" unutar gradskog prstena. Ovaj oblik parkiranja preferira se od parkiranja na ulici.

#### **3.2. Prilagodljivi sustav prometne signalizacije u stvarnom vremenu optimizira protok prometa u Hong Kongu**

Sustav kontrole prometne signalizacije neizostavan je objekt cestovne mreže, koji regulira veliku količinu prometa u Hong Kongu, a istovremeno osigurava sigurnost sudionika

u prometu. Konvencionalni sustavi upravljanja prometnom signalizacijom općenito koriste unaprijed određenu dodjelu zelenog vremena i stoga ne mogu fleksibilno prilagoditi zelena vremena kako bi odgovarali tokovima pješaka i vozila u stvarnom vremenu. To uzrokuje nepotrebna kašnjenja sudionika u prometu.

Kako bi se riješio ovaj problem u Hong Kongu, Ministarstvo prometa (TD) pokrenulo je pilot projekt prilagodljivog sustava prometnih signala u stvarnom vremenu. Koristeći tehnologije senzora i analize, podaci o protoku prometa u stvarnom vremenu će se prikupljati na raskrižjima kako bi se automatski postavilo optimalno zeleno vrijeme.

Ugradnjom senzora na semaforske stupove mogu se u realnom vremenu prikupljati podaci o odvijanju prometa na raskrižju. To uključuje, primjerice, duljinu reda i broj pješaka koji čekaju. Na temelju tih podataka može se odrediti optimalna raspodjela zelenih vremena. Sustavom se upravlja 24/7. To omogućuje prilagodbu upravljanja prometnom signalizacijom naglim promjenama količine prometa u različito doba dana i tijekom nesreća. Različite tehnologije kao što su radar, toplinska detekcija i video analiza koriste se širom svijeta za prikupljanje podataka o prometu u stvarnom vremenu. Sustav će uhvatiti samo količinu vozila i pješaka unutar područja detekcije raskrižja. Neće snimati osobne podatke kao što su identitet ili izgled pješaka i vozila. Ovisno o dizajnu raskrižja i načinu upravljanja prometnom signalizacijom, kao i stvarnim varijacijama prometnih tokova, inozemna iskustva pokazuju da prilagodljiva prometna signalizacija u stvarnom vremenu može smanjiti zastoje u prometu do 10% - 50%. Općenito, tamo gdje raskrižje pokazuje velike i nepravilne varijacije prometnih tokova, npr. u blizini škola ili velikih društvenih objekata/mjesta, možemo optimalno iskoristiti Sustav za smanjenje kašnjenja i izbjegavanje zagušenja/gužve na raskrižju. (YunexTraffic, 2022, Url)

### **3.3. Čist zrak za Birmingham sa „zonama čistog zraka“**

Godine 2015. vlada Ujedinjenog Kraljevstva putem Ministarstva za okoliš, hranu i ruralna pitanja objavila je dokument o politici pod nazivom „Kvaliteta zraka u Ujedinjenom Kraljevstvu: Plan za smanjenje emisija dušikovog dioksida“. Ovo je postavilo plan za provedbu zona čistog zraka (CAZ) u pet velikih gradova Ujedinjenog Kraljevstva: Birmingham, Leeds, Southampton, Nottingham i Derby. Ovaj je plan dodatno revidiran 2017., utvrđujući pristup Ujedinjenog Kraljevstva ispunjavanju zakonskih ograničenja za dušikov dioksid i uključivao je više od 2,7 milijardi funti za ulaganja u kvalitetu zraka i čišći prijevoz.

Istraživanja su pokazala da samo u Birminghamu zagađenje zraka uzrokuje do 900 ranih smrti svake godine. To je, zajedno s planom za kvalitetu zraka, navelo Birminghamsko vijeće da planira, izgradi i upravlja tipom D CAZ koji je pušten u rad u lipnju 2021. Ova CAZ kategorija pokriva autobuse, taksije, privatna vozila za najam, teška teretna vozila, kombije, minibusove, automobile, i motocikle. Zona od 7,66 km nalazi se u središtu grada unutar A4540 Middlewaya (ne uključujući Middleway) i radi 24 sata dnevno, 365 dana u godini. Naplaćujući vozačima vozila koja zagađuju okoliš dnevnu naknadu za ulazak u zonu, CAZ ima za cilj promovirati čišće izbore putovanja kao što su hodanje, vožnja biciklom ili korištenje javnog prijevoza i u konačnici potiče vlasnike vozila da nadgrade ili zamijene svoja vozila novijim, čistijim modelima.

Projektirao i instalirao Yunex Traffic, Zona čistog zraka koristi 67 Sicore II kamera za automatsko prepoznavanje registarskih tablica (ANPR) smještenih na križanjima i ulaznim točkama u gradu. 300 znakova po gradu savjetuje sudionike u prometu o CAZ-u i osigurava da su vozači u potpunosti informirani i da mogu razmotriti i prilagoditi svoje odluke o putovanju u skladu s tim. U godinu dana broj vozila koja najviše zagađuju smanjio se gotovo za polovicu, s 18,7% na 9,2% od ukupnih vozila na tom području. To je pridonijelo ukupnom smanjenju dušikovog dioksida za 13% u prvim mjesecima rada sheme. Prihodi ostvareni od CAZ sheme ponovno se ulažu u Birmingham, dajući lokalni i gospodarski poticaj, uključujući nadogradnju sveučilišne željezničke stanice, proširenje programa Car Free School Streets, kao i opskrbu bicikala ljudima diljem grada. (YunexTraffic, 2022, Url)



Slika 12. Program za čišći zrak

Izvor: <https://www.yunextraffic.com/media/processed/a/3/csm> (pristupljeno 28.8.2022.)

### **3.4. Prvi semafor s umjetnom inteligencijom (awareAI) u funkciji u Linzu**

Yunex Traffic je modernizirao jedan od najstarijih sustava signalizacije u gradu Linzu, Gornja Austrija. U blizini područnog školskog centra za osobe oštećena sluha i vida proradio je prvi semafor kojim dodatno upravlja umjetna inteligencija. Novi sustav zamjenjuje stare komponente sustava iz 1985. godine, a nova visokotehnološka, niskoenergetska tehnologija nastaviti će osiguravati siguran put do škole u narednim desetljećima.

Yunex Traffic awareAI sustav je kamera s umjetnom inteligencijom za otkrivanje, klasificiranje i praćenje sudionika u prometu. Na ovom semaforu pješaci dobivaju zeleno svjetlo bez dodirivanja semafora kao prije, a zeleno vrijeme se po potrebi automatski produljuje. To je moguće zahvaljujući tehnologiji digitalnog senzora. Sustav awareAI tvrtke Yunex Traffic prepoznaje sudionike u prometu nakon faze obuke s integriranim algoritmima dubokog učenja i klasificira ih. Na primjer, otkriva je li osoba dijete, korisnik invalidskih kolica ili grupa ljudi. Sustav također može detektirati žele li pješaci prijeći stazu ili samo prolaze pored raskrižja. Virtualnim praćenjem brzine detektiraju se veće grupe ili sporiji pješaci, a trajanje zelenih faza prilagođava se po potrebi. Time se osigurava veća sigurnost i udobnost građanima s posebnim potrebama. Povezivanje novog visokotehnološkog sustava ostvaruje se putem središnje prometne podatkovne mreže grada Linza. U zaštićenoj podatkovnoj mreži podaci o prometu, uključujući podatke o radu i statusu, prenose se putem modema širokog raspona (optičkih vlakana i podatkovnih linija) brzinom do 1 GB/s radi optimiziranja prometnih procesa. (YunexTraffic, 2022, Url)





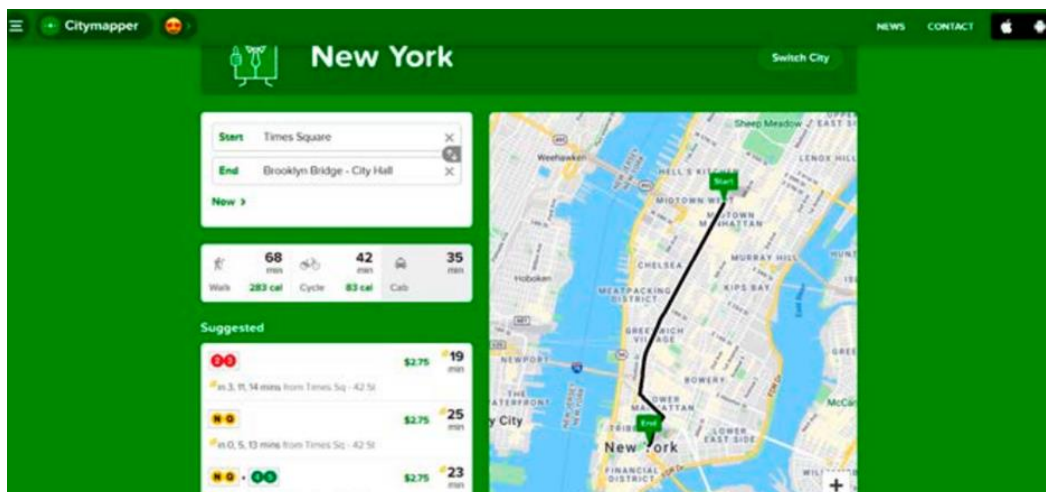
Slika 13. Prikaz rada sustava awareAI

Izvor: <https://www.yunextraffic.com/media> (pristupljeno 28.8.2022.)

### 3.5. London - Citymapper

Citymapper je aplikacija za sastavljanje gradskih ruta uzimajući u obzir javni prijevoz – metro, autobuse, tramvaje, aeroexpresse i vlakove, kao i pješice, taksijem i iznajmljivanje bicikala. Djeluje u 30 gradova diljem svijeta. Ova aplikacija gradi rute prema zadanim parametrima i prikazuje najpovoljnije i najkraće rute, koje se mogu izgraditi ovisno o tome ide li turist pješaćenjem, vožnjom bicikla, taksijem ili javnim prijevozom, kao i cijenu putovanja.

Aplikacija također uključuje opciju kupnje jedinstvene karte za sve vrste prijevoza (iako je ova usluga trenutno dostupna samo u Londonu, planira se uvesti u svim dostupnim gradovima).



Slika 14. Sučelje aplikacije Citymapper

Izvor: Balandina, I., Pysareva, I., Obolentseva, L. i Vlashchenko, N. (2021)  
 Optimization of excursion routes using the mobile application “Citymapper”. *Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie* 66 (138), 49–57.

Autori predlažu dodavanje filtra za izradu ruta za razgledavanje koje uključuju atrakcije. To će omogućiti samostalnim turistima koji putuju da organiziraju izletničke rute bez korištenja izletničkih usluga ili biroa. To će znatno pojeftiniti izlet i omogućiti turistima da samostalno odaberu atrakcije koje su im zanimljive i vrijeme posjeta. Uz pomoć audio vodiča izi.TRAVEL (izi.TRAVEL, 2020) i TravelMe (TravelMe, 2020) turisti mogu pronaći detaljnije informacije o odabranim izletničkim objektima. (Baladina et al., 2021)

### **3.6. M1Fully Managed Motorway (Melbourne, Australia, 2010.)**

Kao dio nadogradnje autoceste M1 u Melbourneu, Australija, vrijedne 1,39 milijardi AUS dolara, implementirano je koordinirano mjerenje rampe na cijelom koridoru od 75 km; koji uključuje 62 on-rampe. Upravljana autocesta uključuje integriranu kontrolu brzine i voznog traka ili Upravljanje korištenjem traka, naprednu informativnu signalizaciju autoceste, VMS piktograme i režim upravljanja prometom i incidentima "temeljen na pravilima" (zamjenjujući 3000 planova s 23 pravila). Ovaj je projekt globalno prepoznat zbog izvrsnog dizajna te kao inovativno i pametno transportno rješenje. (ITSpacific, 2022, Url)

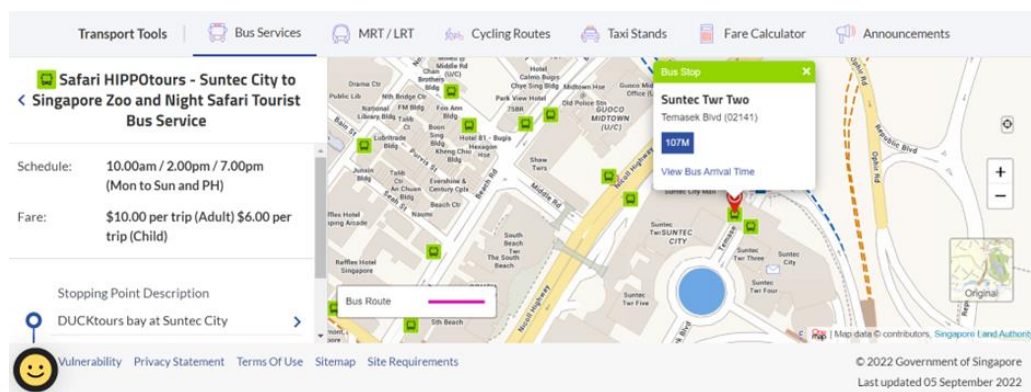


Slika 15. Autocesta pod potpunom kontrolom, Melbourne, Australia

Izvor: <https://www.sageautomation.com/our-work-smart> (pristupljeno 28.8.2022.)

### 3.7. MyTransport.SG and Data Mall (Singapore, 2011.)

MyTransport.SG je portal koji na jednom mjestu pruža sve informacije i usluge povezane s prijevozom za sve korisnike kopnenog prijevoza. Uz pružanje informacija za korisnike koji putuju na posao i korisnike automobila, LTA objavljuje razne podatke vezane uz prijevoz kroz Data Mall za javno korištenje. Ti se podaci mogu slobodno skinuti i koristiti za kreiranje, razvoj i testiranje novih aplikacija od trećih strana. Tako se podaci mogu iskoristiti za dobrobit svih građana i korisnika automobila. Portal MyTransport.SG i mobilna verzija pomažu putnicima i vozačima da bolje upravljaju svojim vremenom putovanja, transferima i sposobnošću da donose informiranije odluke o putovanju. (ITSpacific, 2022, Url)



Slika 16. Prikaz MyTransport.SG stranice

Izvor: <https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/map/bus> (Pristupljeno 28.8.2022.)

### 3.8. ITMC Beijing Intelligent Traffic Management Center (Kina, 2008.)

Kako bi se ostvario cilj da upravljanje prometom u Pekingu postane jedno od najnaprednijih u svijetu i prvoklasno u Kini, Pekinški ured za upravljanje prometom, pod općim okvirom inteligentne kontrole prometa, drži se koncepta "s potražnjom kao orijentacijom, s primjenom kao srž, s upravljanjem kao jamstvom, s inovacijom kao preduvjetom, s kvalitetom

kao temeljem,” te je na sveobuhvatan način proveo programiranje i izgradnju inteligentnog sustava upravljanja prometom. Sada je inicijalno dovršen inteligentni sustav upravljanja prometom čija se jezgra temelji na podatkovnom centru, a podržavaju ga tri platforme upravljanja prometom, upravljanja informacijama i objave informacija. Time je postignuta modernizacija u upravljanju prometom, digitalizacija u upravljanju, umrežavanje u informacijama i automatizacija u uredskom poslovanju. (ITSpacific, 2022, Url)



Slika 17. Ured za upravljanje prometom u Peking

Izvor: <https://www.clearspace.media/blog/beijing> (pristupljeno 28.8.2022.)

### **3.9. Najmoderniji sustav kontrole prometa u Poljskoj (2022.)**

U velikim poljskim gradovima kao što su Varšava, Poznań, Białystok, Rzeszów i Kraków komunikacija je sve više regulirana i poboljšana zahvaljujući ITS-u. U lipnju 2022. u Tychyju je lansiran novi ITS. Zadatak sustava je određivanje prioriteta autobusima, trolejbusima i hitnim vozilima; postoje znakovi s promjenjivim porukama s jasnim informacijama za vozače i putnike, odašiljači tehnologije V2X za autonomna vozila te mjerenja brzine i postaje za vaganje vozila. (YunexTraffic, 2022, Url)

Temelj cijelog sustava je moderni Centar za upravljanje prometom koji se nalazi u prostorijama stadiona Tychy koji je jedan od najvećih stadiona u Poljskoj (gotovo 400 m<sup>2</sup>). Prikupljaju se aktualne informacije o prometu, a ujedno se prati i promet s gotovo 600 nadzornih kamera, zajedno sa sustavom za prepoznavanje registarskih oznaka. U slučaju nesreće, sustav će odmah izdati obavijest i omogućiti ispis poruke na 72 ploče na odabranim točkama grada. Vozači će, među ostalim, naučiti kako izbjeći zapreke na cesti povezane s radovima na cesti, masovnim događanjima ili nastalim prometnim gužvama.

Kao dio sustava, izgrađeno je ili modernizirano više od 40 raskrižja u gradu, uključujući ona duž ulica, zajedno s instaliranjem potpunog sustava kontrole i nadzora prometa. Važan element sustava je i prioritet na raskrižjima za više od 170 autobusa i trolejbusa, kao i 15 interventnih vozila. Štoviše, gotovo 20 stanica za praćenje vremena postavljeno je na ulicama Tychyja, a uvedeno je i mjerenje razine zagađenja i buke. Postavljeno je i 20 ploča s informacijama o raspoloživosti parkirnih mjesta te 6 postolja za punjenje električnih vozila. Konačno, valja spomenuti i korištenje podataka iz šest dionica za mjerenje brzine i pet stanica za dinamičko vaganje za kamione u pokretu poboljšat će sigurnost putovanja na cestama Tychyja. (YunexTraffic, 2022, Url)



Slika 18. Znakovi s promjenjivim porukama s jasnim informacijama za vozače

Izvor: <https://www.yunextraffic.com/global/en/newsroom> (Pristupljeno 28.8.2022.)

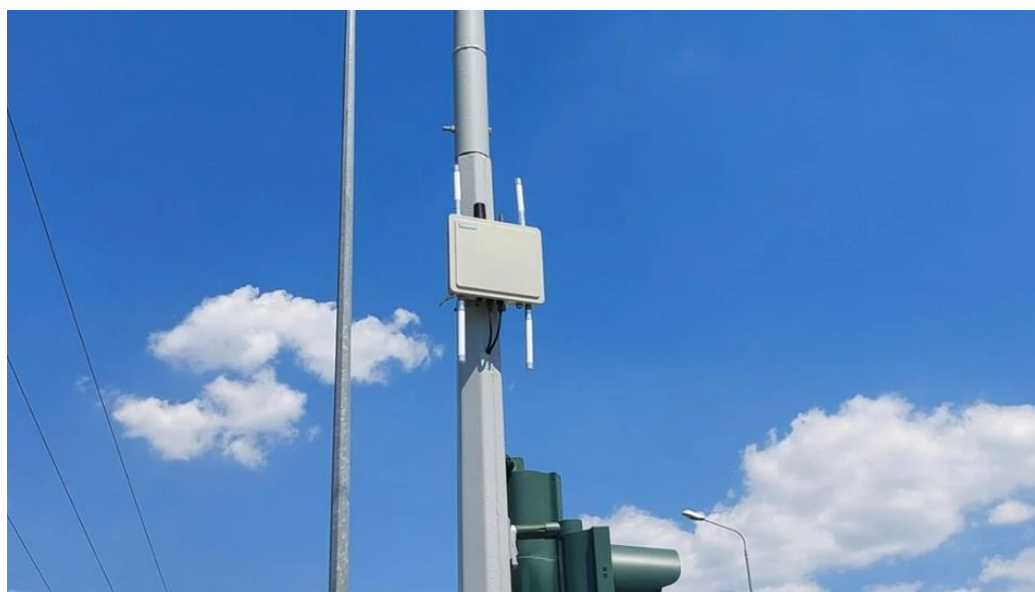
### **3.10. Inteligentni sustav upravljanja prometom u Grčkoj: ITS Thessaloniki (2022.)**

Početak 2022. u Solunu je dovršen rad na novom inteligentnom jedinstvenom sustavu upravljanja prometom. Sustav pruža skup alata i mogućnosti za provođenje mjerenja, prometnih analiza i simulacija. Nadograđena je i oprema za kontrolu prometa, bežični detekcijski senzori za mjerenje prometnih podataka i jedinice uz cestu za C-ITS aplikaciju sastavni su dijelovi mreže sustava.

Više od 400 bežičnih detektorskih senzora (WiMag) prikuplja podatke o prometu, daje točne podatke, a sami senzori ne zahtijevaju održavanje. Više od 50 kritičnih raskrižja dobilo je nove, najsuvremenijim kontrolere, a C-ITS infrastruktura u obliku jedinica uz cestu nalazi se na sedam raskrižja i pruža informacije o topologiji i fazi signala. Aplikacija Green Light

Optimized Speed Advisory (GLOSA) vozačima daje preporuke za brzinu kada se približavaju raskrižju koje kontroliraju semafori. (YunexTraffic, 2022, Url)

Brojne su prednosti novog sustava. Promet se sada odvija neometano usprkos prometnim problemima uzrokovanim COVID-19. Aplikacija GLOSA može smanjiti i emisiju CO2 i potrošnju goriva pružajući vozačima preporuke za brzinu pri približavanju semaforu. Nadalje, pouzdane informacije o prometu izgrađuju povjerenje građana u gradski prometni sustav, a poboljšava se i kvaliteta života kroz održivu mobilnost.



Slika 19. Oprema novog sustava na ulicama Grčke

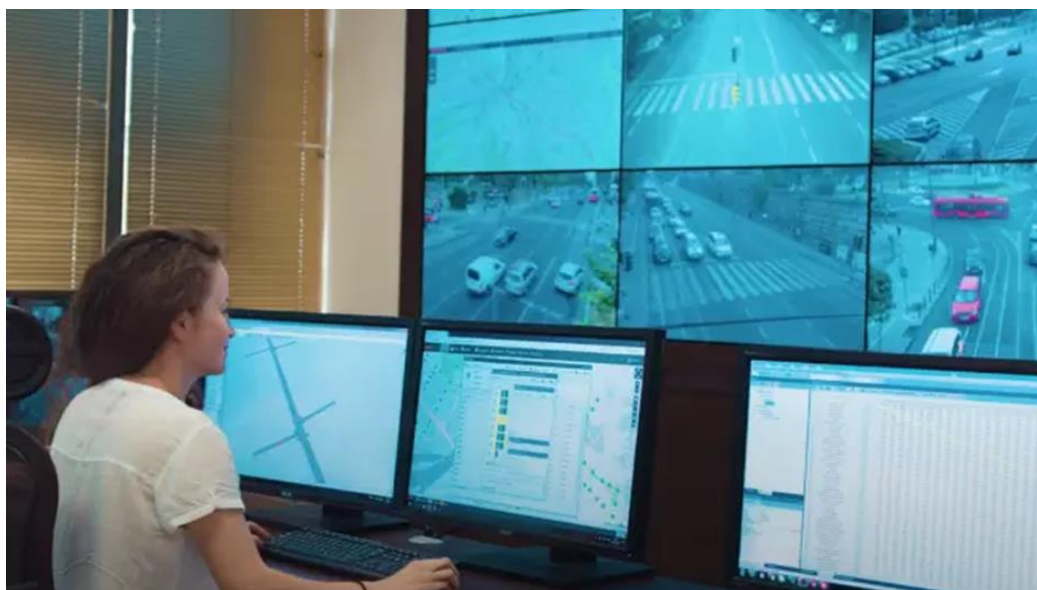
Izvor: <https://www.yunextraffic.com/global/en/newsroom> (Pristupljeno 28.8.2022.)

### **3.11. Adaptivna kontrola mreže u Beogradu**

Projekt adaptivnog upravljanja prometom u Beogradu uključuje modernizaciju 322 raskrižja s pametnim sX kontrolerima, 1W signalnim uređajima, opremom za detekciju i implementaciju 22 adaptivna područja upravljanja prometom.

Sitraffic Motion, adaptivni sustav upravljanja prometom koji je instaliran na svaki semafor u Motion mreži u Beogradu, izračunava nove signalne programe na temelju trenutne prometne situacije. Novi signalni programi izračunavaju se svake tri minute na temelju prikupljenih i obrađenih podataka o prometu u stvarnom vremenu dobivenih putem detektora. Ključne prednosti sustava su kraće vrijeme putovanja po području, smanjenje broja zaustavljanja, ali i veća energetska učinkovitosti zahvaljujući ugradnji najnovije generacije signalnih uređaja uz minimalnu potrošnju energije. Centralni sustav upravljanja prometom

postavljen je u prostorijama Uprave za promet Grada Beograda i omogućuje operaterima da s jedne lokacije aktivno prate i kontroliraju semafore na 322 raskrižja. (YunexTraffic, 2022, Url)



Slika 20. Centralni sustav upravljanja prometom u Beogradu

Izvor: <https://www.yunextraffic.com/global/en/newsroom> (Pristupljeno 28.8.2022.)

Prednosti sustava su mogućnost proširenja dodatnim modulima (npr. prioritet za autobuse, bicikliste ili interventna vozila), mogućnost integracije neovisnih podsustava, ali i kompletne cestovne mreže (gradske i državne ceste poput autocesta i obilaznica). Veliki dio beogradskog projekta je uvođenje tramvajskog prvenstva na raskrižjima. Određivanje prioriteta tramvaja vrši se pomoću Sitraffic Streama. Informacije se prenose od javnog prijevoza do kontrolera preko kontrolnog centra bez dodatnih instalacija na terenu. U 160 tramvaja ugrađeni su uređaji koji lociraju tramvaje putem satelitskog pozicioniranja. Čim se postigne centralno konfigurirana točka okidanja, informacija se šalje središnjem Stream poslužitelju. Centar za upravljanje prometom javlja kontroloru raskrižja približavanje tramvaja i njegov lokalni sustav upravljanja prometom daje naredbu da se signal prebaci na zeleno na određeno vrijeme ili da se u skladu s tim produži postojeća zelena faza. Odmah nakon što tramvaj prođe raskrižje, upravljački sustav se vraća u normalan rad. Uvođenjem prioriteta tramvaja želi se povećati atraktivnost javnog prijevoza kako bi korisnici tramvaja brže stigli na odredište i kraće boravili u prometu. (YunexTraffic, 2022, Url)

## **4. Zastupljenost ITS-a u odlukama o uređenju prometa u gradovima**

U trenutnim odlukama o uređenju prometa u gradovima u Republici Hrvatskoj, inteligentni transportni sustavi se ne spominju. Ipak, određeni pomaci u smjeru uvođenja ITS-a u urbana područja vidljivi su u planovima i projektima. Neki od najznačajnijih primjera obradit će se u daljnjem tekstu.

### **4.1. Rijeka – sustav automatskog upravljanja prometom**

Stručni tim sastavljen od predstavnika Grada, Hrvatskih cesta, Županijske uprave za ceste, Fakulteta prometnih znanosti iz Zagreba, Prometne policije i Rijeka prometa odgovoran je za projektiranje sustava te za nadzor njegove izgradnje. Cjelokupno područje Grada Rijeke podijeljeno je, po zamisli Stručnog tima, u pet prometnih zona u kojima je u funkciji 80 semaforiziranih raskrižja. Od navedenih raskrižja, u sustav AUP-a danas je uključeno 44 raskrižja na širem području Grada koja su opremljena semaforskim uređajima najsuvremenije ITS tehnologije (ITS-tehnologija inteligentnih transportnih sustava), a povezana su s Gradskim prometnim centrom (Rijeka plus, 2022, url).

Cilj sustava automatskog upravljanja prometom (u daljnjem tekstu AUP) je svojim tehnološkim mogućnostima optimalno voditi promet u zadanim uvjetima. Suvremena tehnologija vođenja prometa pruža mogućnost upravljati svjetlosnom prometnom signalizacijom u ovisnosti o stvarnim odnosno trenutnim prometnim opterećenjima na prometnoj mreži. Prometni sustav komercijalnog naziva «EC Trak» omogućava najvišu razinu automatskog rada – «prometno ovisno» upravljanje. Sustav upravljanja sastoji se od glavnog prometnog računala koji se nalazi u Gradskom prometnom centru te lokalnih upravljačkih uređaja koji se nalaze na raskrižjima. Glavno prometno računalo spojeno je komunikacijskom opremom sa cijelom mrežom raskrižja, a svako raskrižje opremljeno je detektorima (induktivnim petljama) ugrađenim u kolnik koji imaju za zadatak stalno brojati protok vozila na svakom privozu raskrižja. Podaci o broju vozila na svim raskrižjima putem lokalnih upravljačkih uređaja stalno dolaze u prometni centar, a ondje računalo u 15-minutnim razmacima analizira prispjele podatke, odabire optimalan signalni plan rada semafora, nakon čega šalje odgovarajuću naredbu lokalnim uređajima. Nadalje, prometno računalo osigurava i međusobnu koordinaciju svih raskrižja, a u slučaju da dođe do prekida veze sa prometnim centrom, lokalni upravljački uređaji nastavljaju samostalan rad, dok koordinaciju preuzima



jedan od uređaja na terenu. Kada dođe do kvara na semaforским uređajima, lanternama i mreži, dolazi do automatske dojave prometnom centru, a automatska GSM poruka šalje se serviserima koji održavaju sustav (Rijeka plus, 2022, url).

Sustav nadzora dopunjuje poseban video sustav sa kamerama postavljenim na 14 ključnih lokacija, što omogućava izravan nadzor operatera nad odvijanjem prometa u prometnom centru. Sve funkcije sustava su u 24-satnom radu, a do danas značajniji kvarovi ili ispadi sustava iz rada nisu zabilježeni (Rijeka plus, 2022, url).

**Prednost vozilima javnog gradskog prijevoza (JGP) na semaforiziranim raskrižjima**

Pilot projekt vođenja autobusnog JGP koji je imao za cilj davanje prednosti JGP-u na semaforima, i time povećati njegovu brzinu i točnost proveden je tijekom 2007. godine. Projekt je obuhvatio dva raskrižja na prometnoj mreži koja su odabrane po kriteriju prioriteta. Funkcionalnost opreme je ispunila očekivanja, a sama realizacija projekta uslijedila je 2017. godine na lokaciji gdje se uz pomoć Prometnog redarstva održava konstantni nadzor nad nepropisnim parkiranjem i zaustavljanjem. U skoroj budućnosti planira se davanje prednosti autobusima na još nekoliko lokacija u središtu grada (Rijeka plus, 2022, url).

**SPECTRA – Sustav informacija o prometu**

Na web stranicama Grada Rijeke i Rijeka prometa u travnju 2008. g. pušten je u probni rad softverski paket Spectra koji na digitaliziranoj karti središta grada prikazuje informacije o prometnim opterećenjima. Nadalje, preko stranica Grada Rijeke iste su godine prometne kamere na 13 pozicija uključene na Internet. Glavni prometni pravci ovisno o opterećenju kroz grad mijenjaju boje, što omogućava da se na brz i pregledan način dobije slika o trenutnom stanju prometa u gradu. Grafička karta je interaktivna te je pogodna i za prikaz drugih korisnih informacija (npr. stanje popunjenosti pojedinih parkirališta i garaža, izravan prijenos slike sa web kamera i sl.) U probni je rad polovicom 2010. g. pušten paket informiranja vozača o trenutnom stanju popunjenosti parkirališta. Budući da u gradu postoji «bežični» Internet, pristup ovim podacima moguć je i izravno iz vozila, a očekuje se da bi u budućnosti mogla biti dostupna i mogućnost informiranja vozača preko putnog računala (Rijeka plus, 2022, url).

Projekti u pripremi:

- Širenje sustava video-nadzora nad prometnom mrežom grada.
- Projekt Connected Traffic – ispitivanje inovativnog sustava automatskog upravljanja prometom (s Ericsson Nikola Tesla i partnerima).
- Informacijski sustav putnika na postajama JGP (a KD Autotrolej).
- Projekt SURINMO – ispitivanje novih promjenjivih prometnih znakova i podsustava prometa (s Hrvatskim Telekomom i partnerima) (Rijeka plus, 2022, url).

## **4.2. Zadar – projekt prometnog sustava: ITS**

Projekt je izrađen kako bi služio kao suvremeni osnovni dokument temeljem kojeg će se projektirati i graditi prometni sustav grada Zadra koji je u interesu je svih građana grada Zadra, a njegova izrada uključuje suradnju niza subjekata. Izrada ovog i projekata baziranih na ITS-u povezuju svi vidovi prometa, poboljšava cjelokupni transportni sustav i štiti okoliš, osnova su za sufinanciranje projekata iz strukturnih fondova Europske unije (Grad Zadar, 2013, url).

ITS Županijska lučka uprava Zadar

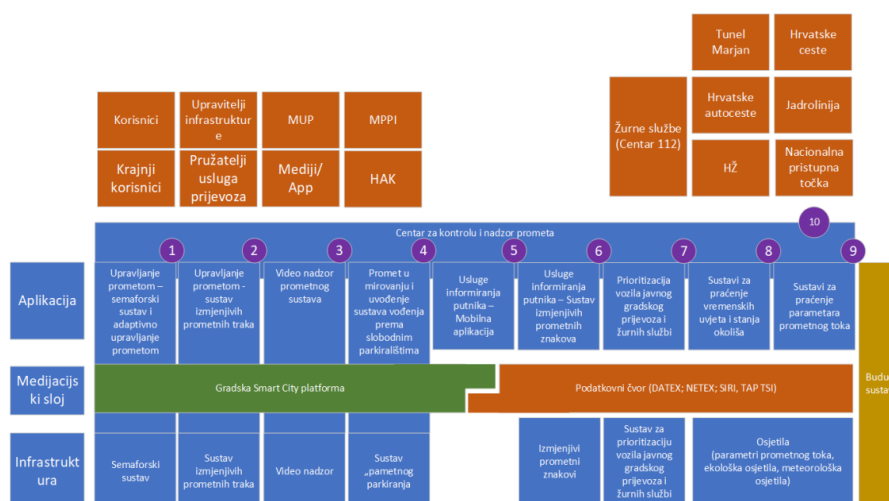
Županijske lučke uprave zadužene su za upravljanje kopnenim dijelom pomorskog dobra koja koristimo prilikom ukrcaja na trajekte i brodove u hrvatskim lukama. OIV je sa ŽLU Zadar u sklopu projekta povećanja sigurnosti i efikasnosti upravljanja prometom, u morskim lukama pokrenuo ITS projekt brojanja i kategorizacije vozila kako bi se prikupili podaci o broju svih vozila koja koriste kopneni dio pomorskog dobra kojim upravlja ŽLU Zadar. U ovaj pilot projekt uključeni su OIV i Županijska lučka uprava Zadar u Luci Preko na otoku Ugljanu. Kako bi u svakom trenutku zaposlenici ŽLU Zadar imali informaciju o tome koliko vozila koristi kopneni dio pomorskog dobra u Luci Preko, na temelju čega mogu planirati organizaciju svojih dnevnih, tjednih, mjesečnih i sezonskih aktivnosti, predviđati poslove i troškove održavanja luke, izrađena je posebna ITS aplikacija za ŽLU Zadar (Lider Media, 2021, url).

ŽLU Zadar koristeći OIV ITS aplikaciju ima točne informacije o tome koliko i kakvih vozila prolaze Lukom Preko, dnevno, tjedno, mjesečno, kvartalno i godišnje, kada su najveća opterećenja tijekom dana, tjedna, sezone i slično, u stvarnom vremenu, kao i iz povijesnih podataka (Lider Media, 2021, url).

### 4.3. Split – uvođenje ITS-a

Uvođenje ITS-a u Splitu odvija se u nekoliko faza. Prije planiranja svih potrebnih aktivnosti, napravljena je analiza postojećeg stanja kako bi se na najbolji način iskoristili i modernizirali trenutni sustavi, ali i kako bi se uveli noviteti koji su prijeko potrebni. Kada je u pitanju semaforški sustav, analiza je pokazala da se prilikom instalacije koristila tada aktualna, ali sada već zastarjela tehnologiju. Sustav je potrebno modernizirati kako bi Grad Split imao na raspolaganju sustav koji će mu omogućiti željene funkcionalnosti. Grad Split će na taj način dobiti novi, suvremeni integrirani sustav upravljanja prometom, kojeg će prvenstveno karakterizirati mogućnost adaptivnog upravljanja prometom tj. upravljanja prometom u ovisnosti o prometnoj potražnji. Za ostale postojeće podsustave, kao što su implementirani sustav za naplatu karata i informiranje putnika u tvrtki Promet Split (koji je u nabavci), kao i sustav „pametnog parkiranja“, analiza je pokazala da će predmetno rješenje, po svojim funkcionalnim i tehničkim specifikacijama, u potpunosti biti kompatibilno sa smjericama uvođenja ITS-a (Šoštarić et al., 2020).

Predloženo je 10 mjera prikazano na slici 21, a one će u strateškom smislu znatno unaprijediti prometni sustav u Gradu Splitu i dijelu urbane aglomeracije. Identificirani su strateški ciljevi koji su prije svega namijenjeni za rješavanje nagomilanih problema u gradskom prometu većih gradova, kao i specifičnim problemima prometa u turističkim mjestima. Iskustva su pokazala da korištenje dobro poznatih ITS mjera u ovom području daje željene rezultate za podizanje ukupne učinkovitosti cestovnog prometnog sustava. Kod uvođenja novih ITS rješenja kroz pojedine konkretne sustave, aplikacije i usluge, naglasak treba biti na činjenici da oni budu i djelotvorni i učinkoviti (Šoštarić et al., 2020).



Slika 21. Arhitektura ITS-a u Gradu Splitu

Izvor: Šoštarić et al. (2020) Idejna studija uvođenja inteligentnih transportnih sustava u gradu Splitu. Zagreb.

Arhitektura koja uključuje infrastrukturne elemente, medijacijski i aplikativni sloj odnosno troslojna je. Trenutno u Gradu Splitu, u infrastrukturnom smislu, postoji instaliran semafori sustav, sustav pametnog parkiranja, djelomično sustav video nadzora, sustav naplate karata u javnom gradskom prijevozu putnika. U infrastrukturnom smislu, potrebno je planirati i elemente za implementaciju sustava promjenjivih prometnih traka, sustav za prioritizaciju vozila javnog gradskog prijevoza i žurnih službi, sustav za promjenjive prometne znakove te korištenje osjetila za praćenje parametara prometnog toka, ekološka i meteorološka osjetila (Šoštarić et al., 2020).

Preporuča se ugradnja devet predviđenih sustava:

1. Upravljanje prometom – Adaptivno upravljanje prometom i semafori sustav,
2. Upravljanje prometom - Sustav promjenjivih prometnih traka,
3. Video nadzor prometnog sustava,
4. Sustav parkiranja i uvođenje sustava vođenja prema slobodnim parkiralištima,
5. Usluge informiranja putnika – mobilna aplikacija,
6. Sustav za informiranje putnika - promjenjivi prometni znakovi,
7. Prioritizacija vozila javnog gradskog prijevoza i žurnih službi,

8. Sustavi za praćenje vremenskih uvjeta i stanja okoliša (6 lokacija),
9. Sustavi za praćenje parametara prometnog toka na raskrižjima (ukoliko se uvede sustav prometne analitike korištenjem video kamera i uspostava centra za kontrolu i nadzor prometa) (Šoštarić et al., 2020).

#### **4.4. Sisak – plan održive urbane mobilnosti**

Kada je u pitanju razvoj ITS-a u Sisku, nekoliko ključnih informacija nalazi se u planu održive mobilnosti. Kada je u pitanju prijevoz gradom, razvoj (nadogradnja) multimodalne putne aplikacije predlaže se u dvije faze. U prvoj bi se fazi razvila aplikacija koja bi nudila stvarnovremenske informacije o JGP-u (autobus+vlak), te informacije o pješačkim i biciklističkim rutama, dok bi se u drugoj fazi integrirale Carpooling informacije/naplata za uslugu Carpooling-a, informacije vezane za sustav javnog bicikla, kao i opcija kupnje karata za JGP. Nadalje, carsgaring moguće je poticati kroz izgradnju carsharing terminala na kojima s mogućnošću besplatnog parkiranja, kroz razvoj internetskih i mobilnih aplikacija za razmjenu informacija o mogućnosti carsharinga, načinu spajanja korisnika i sl. Kada je u pitanju individualna razina, carsharing može dovesti do smanjenja vremena putovanja i potrebe za vlasništvom vozila pri čemu dolazi do uštede u putnim troškovima i održavanju odnosno omogućava se očuvanje vlastitih osobnih vozila, što može dovesti do manje osobnog stresa u vozača prilikom vožnje, ali je moguća i veća društvena interakcija građana. Kako bi sustav bio što privlačniji korisnicima, njegovo uvođenje je potrebno planirati i izvesti u skladu s najnovijim svjetskim trendovima i iskustvima. Prije pokretanja sustava carsharinga uz klasičnu carsharing uslugu („rezerviraj, kreni i vrati na istu lokaciju“) trebalo bi razmotriti različite razvojne modele usluga: Open end, One-way, Instant access, Cashcar i druge (Ćosić et al., 2017).

Jedan carsharing terminal bio bi postavljen u središtu grada u zoni autobusnog i željezničkog kolodvora, drugi kod željezničkog kolodvora u gradskom naselju Caprag, a treći u blizini Zagrebačke i Odranske ulice. Provedba metode anketiranja građana te analiza dobivenih podataka prethodi definiranju broja ponuđenih osobnih vozila sustava carsharing u Gradu Sisku. Na temelju analize dobivenih podataka utvrdit će se broj osobnih vozila koje bi trebalo nabaviti i koristiti za potrebe navedenog sustava. Za učinkovitiju primjenu carsharinga potrebno je objaviti važne informacije o načinu korištenja, lokacijama terminala i potencijalnim

korisnicima te ih učiniti dostupnima na vidljivom planu usluge (npr. putem mobilne aplikacije ili internetskog portala) (Ćosić et al., 2017).

#### **4.5. Kutina - ITS rješenje brojanja i kategorizacije teretnih vozila**

Početak 2021. godine OIV je za grad Kutinu u okviru strategije pametnog grada realizirao ITS rješenje brojanja i kategorizacije teretnih vozila kako bi prikupljali podatke o broju teretnih vozila koja prometuju državnom cestom kroz središte grada. Za grad Kutinu je izrađena posebna ITS aplikacija koja omogućuje da u svakom trenutku zaposlenici gradskog odjela za komunalnu infrastrukturu imaju informacije o tome koliko teretnih vozila prometuje centrom grada, te prema tome mogu planirati svoje gospodarske i druge aktivnosti (npr. inicirati završetak gradnje gradske zaobilaznice i parkirališta za teretna vozila). Grad Kutina na temelju navedene aplikacije ima točne informacije o tome koliko dnevno, tjedno, mjesečno, kvartalno i godišnje teretnih vozila prometuje centrom grada, kada su najveća opterećenja tijekom dana, tjedna, sezone i slično. Na osnovu informacija kojima je grad do sada raspolagao, uočeno je da su do sada korištene starije tehnologije brojanja vozila (bez sposobnosti kategoriziranja vozila) griješile i do 50% u odnosu na primjenu umjetne inteligencije te pritom nisu bile realizirane u stvarnom vremenu (Lider Media, 2021, url).

#### **4.6. Varaždin – primjena ITS-a**

Primjena ITS tehnologije na području grada Varaždina trenutno se temelji na jednostavnim pojedinačnim rješenjima. Može se zaključiti da zasad ne postoji sveobuhvatan sustav upravljanja prometom uz pomoć ITS-a. Kamere za nadzor brzine jedan su od primjera primjene ITS-a na području grada Varaždina, a prikazane su na slici 22. Osim za nadzor brzine, kamere se koriste za detekciju vozača i suvozača koji nisu vezani sigurnosnim pojasom te korištenje mobitela na nedopušteni način za vrijeme vožnje. Fotografije se u realnom vremenu šalju nadležnim tijelima budući sa kamere automatski čitaju registarske pločice i putem mobilne mreže šalju fotografije (Pavličević, 2019).



Slika 22. Pametna kamera za nadzor brzine

Izvor: <https://novosti.hr/wp-content/uploads/2021/09/kamere-promet12.jpg>

Osim kamera, području grada Varaždina u primjeni su i UPGS ili uputno parkirno garažno sustavi čiji je cilj obavijestiti vozače putem promjenjivih znakova o slobodnim mjestima u najbližim parkirnim lokacijama. Jedan od takvih sustava vidljiv je na slici 23. (Pavličević, 2019).



Slika 23. UPGS sustav

Izvor: Autor

Promjenjivi prometni znakovi opremljeni sensorima i napajani solarnom energijom sve se više koriste na području grada, a prvenstveno u svrhu poboljšanja sigurnosti pješaka i biciklista (Pavličević, 2019).



Slika 24. Promjenjivi prometni znakovi

Izvor: Pavličević, N. (2019) Primjena ITS-a na primjeru grada Varaždina. Diplomski rad. Koprivnica: Sveučilište Sjever.

Prometna signalizacija sa slike 24 opremljena je senzorom koji prepoznaje dolazak vozila pri čemu mu mjeri brzinu te istu prikazuje na ekranu. Osnovna svrha ovog sustava je obavijestiti vozača da prevelikom brzinom dolazi prema mjestu na kojem je obilježen pješački prijelaz (Pavličević, 2019).

LED diode koje u uvjetima smanjenje vidljivosti i u noćnim satima dodatno ističu pješački prijelaz počele su se primjenjivati na frekventnijim pješačkim prijelazima na području grada koji nisu opremljeni semaforima, a primjer je vidljiv na slici 25. (Pavličević, 2019).





Slika 25. Ugrađene LED diode

Izvor: Autor

#### **4.7. Pula – pilot projekt Pula Spark Sense**

Pilot projekt Pula SPARK Sense započeo je na dva parkirališta krajem 2015. godine, a njegov glavni cilj je oprema parkirališta sensorima za prikupljanje podataka o zauzetosti parkiranih mjesta. Svaki senzor prenosi podatke o statusu pojedinog parkirnog mjesta u središnji sustav u stvarnom vremenu i nadgleda druge važne parametre kao što su temperatura tla, status baterije, itd. (Marcan, 2020).

#### **4.8. Zagreb – sustav automatskog upravljanja prometom (AUP)**

Skupština Grada Zagreba u ljeto 2008. godine usvaja Program uspostavljanja sustava automatskog upravljanja prometom, a u studenom 2013. godine u Gradskoj upravi održana je prezentacija na kojoj je najavljen velebni projekt težak 38,5 milijuna eura, čija je realizacija bila predviđena za šest godina, odnosno za 2019. godinu. Sam sustav u cijelosti je trebao profunkcionirati 2020. godine. Na poziv za pripremu projekata iz područja integriranog prometa i održive regionalne/urbane mobilnosti - Operativni program Promet 2007. – 2013. Grad Zagreb je krajem 2014. podnio prijavu nadležnom ministarstvu za sufinanciranje projekta "Izrada dokumentacije za uvođenje sustava AUP-a u svrhu povećanja mobilnosti", ali aplikacija nije realizirana (Brkulj, 2019).

Zagreb ima nekoliko semaforских sustava po načelu (autonomnih) distribuiranih sustava upravljanja, m-parking, m-prijevoz, m-garage, videopauk, fleet management zimske službe i sustav videonadzora javnih površina. Nadalje, Zagreb posjeduje i 426 semaforских uređaja, 7 promjenjivih svjetlosnih znakova i 14 treptača (nadzor 17 % uređaja u realnom vremenu), 16 meteostanica s dojavom leda, web kartu radova na cestama, videonadzor na 137 lokacija, ZET-ov sustav za nadzor i upravljanje prometom, nadzor nad 7 javnih garaža s uputnim sustavom na nekoliko lokacija, kao i male i samostalne sektorske prometne centre na nekoliko lokacija (Brkulj, 2019).

## 5. Zaključak

ITS osiguravaju brojne prednosti koje proizlaze iz poboljšanja operativne učinkovitosti i pouzdanosti ponuđenih usluga, poboljšanja proizvodnje u upravljanju prometnom infrastrukturom, kao i povećane sigurnosti, smanjenja utjecaja na okoliš i niza informacijskih usluga koje se pružaju korisnicima prijevoza. Kvaliteta implementacije Inteligentnog transportnog sustava prvenstveno se temelji na usklađivanju i mogućoj integraciji pojedinačnih rješenja u integrirane sustave. Postizanje toga povezano je s projektiranjem osnovne organizacije sustava, tzv. ITS arhitekture i definiranjem potrebnih standarda od strane službenih organizacija. Planiranje razvoja ITS-a na logičan način temelji se na ITS arhitekturi budući da ona daje opći predložak prema kojemu se planiraju, dizajniraju i postavljaju integrirani sustavi prometa i transporta u određenom prostorno-vremenskom obuhvatu. Postoje brojni dobri primjeri primjene ITS-a u praksi, kako na svjetskoj razini, tako i u EU. Kada je u pitanju Hrvatska, najznačajniji pomaci prema uvođenju ITS-a napravljeni su na autocestama, no na razini gradova do sada nisu postignuti očekivani ciljevi. Dapače, postoje i projekti koji nažalost nisu realizirani. Ipak, u posljednjih nekoliko godina vidljivi su mali, ali značajni koraci. Prvenstveno se to odnosi na gradove kao što je Rijeka, no valja istaknuti i grad Split koji je detaljno razradio planove uvođenja ITS-a te se očekuje da će predložene mjere imati značajan utjecaj na rješavanje brojnih prometnih problema s kojima se taj grad nosi, pogotovo za vrijeme turističke sezone. Općenito, sljedećih nekoliko godina očekuje se da jedinice lokalne samouprave u Republici Hrvatskoj intenziviraju svoje aktivnosti u svezi s uvođenjem naprednih ITS rješenja u svrhu povećanja sigurnosti i protočnosti gradskog prometnog sustava. Predlaže se pojačana suradnja s renomiranim domaćim, ali i međunarodnim ITS institucijama i tvrtkama, s posebnim naglaskom na veće sredine kao što su Zagreb, Split, Rijeka i Osijek.

## Literatura

1. Adil Hilmani, Abderrahim Maizate, Larbi Hassouni, "Automated Real-Time Intelligent Traffic Control System for Smart Cities Using Wireless Sensor Networks", *Wireless Communications and Mobile Computing*, vol. 2020, Article ID 8841893, 28 pages, 2020.
2. AllGoVision (2022) Dostupno na <https://www.allgovision.com/license-plate-recognition.php> (Pristupljeno 15.8.2022.)
3. Balandina, I., Pysareva, I., Obolentseva, L. i Vlashchenko, N. (2021) Optimization of excursion routes using the mobile application "Citymapper". *Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie* 66 (138), 49–57.
4. Brkulj, V. (2019) Zagreb još nema upravljanje prometom 'na gumb' iako je sve trebalo biti gotovo već ove godine. Tportal. URL: <https://www.tportal.hr/vijesti/clanak/zagreb-jos-nema-upravljanje-prometom-na-gumb-iako-je-sve-trebalo-biti-gotovo-vec-ove-godine-foto-20190328> (pristupljeno 28.8.2022)
5. Ćosić et al. (2017) Projekt izrade plana održive urbane mobilnosti Grada Siska (SUMP Sisak). Zagreb.
6. Fiorini, M., i Lin, J. C. (Eds.). (2015) *Clean mobility and intelligent transport systems* (Vol. 1). IET.
7. Giannopoulos, G., Mitsakis, E., Salanova, J. M., Dilara, P., Bonnel, P., i Punzo, V. (2012) Overview of Intelligent Transport Systems (ITS) developments in and across transport modes. *JRC Scientific and policy reports, 1*
8. Government of Singapore (2022) Dostupno na <https://www.lta.gov.sg/content/ltagov/en/map/bus.html> (Pristupljeno 28.8.2022.)
9. Grad Zadar (2013) Projekt prometnog sustava grada Zadra: ITS (inteligentni transportni sustav) s revizijom i dopunom prometne studije grada Zadra. URL: <https://www.grad-zadar.hr/projekt-prometnog-sustava-grada-zadra-its-inteligentni-transportni-sustav-s-revizijom-i-dopunom-prometne-studije-grada-zadra-702/> (pristupljeno 28.8.2022.)

10. HAK (2022) Dostupno na <https://m.hak.hr/map.asp?t=8987&g=0> (Pristupljeno 15.8.2022.)
11. ITSasia-pacific (2022) Dostupno na <http://itsasia-pacific.com/about-its-asia-pacific/examples-of-its-deployment-by-countryarea/2010-m1fully-managed-motorway-melbourne-australia/> (Pristupljeno 28.8.2022.)
12. ITSasia-pacific (2022) Dostupno na <http://itsasia-pacific.com/about-its-asia-pacific/examples-of-its-deployment-by-countryarea/2011-mytransport-sg-and-data-mall-singapore/> (Pristupljeno 28.8.2022.)
13. ITSpacific (2022) Dostupno na <http://itsasia-pacific.com/about-its-asia-pacific/examples-of-its-deployment-by-countryarea/2008-itmc-beijing-intelligent-traffic-management-centerchina/> (Pristupljeno 28.8.2022.)
14. Lider Media (2021) OIV uvodi pametna prometna rješenja. URL: <https://lidermedia.hr/poslovna-scena/hrvatska/oiv-uvodi-pametna-prometna-rjesenja-139142> (pristupljeno 28.8.2022.)
15. Mandžuka, S., Ivanjko, E., Vujić, M., Škorput, P., i Gregurić, M. (2015) The use of cooperative ITS in urban traffic management. *Intell. Transp. Syst. Technol. Appl*, 272-288.
16. Marcan, M. (2020). Obilježja pametnih gradova i prilike za grad Pula. Završni rad. Pula: Sveučilište Jurja Dobrile.
17. McDonald, M. (2006) *Intelligent Transport Systems in Europe: Opportunities for Future Research*. Hackensack, N.J.; London: World Scientific.
18. Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture (2017) *Strategija prometnog razvoja Republike Hrvatske (2017. - 2030.)*
19. Molinete, B., Campos, S., Olabarrieta, I., Torre, A. I., Perallos, A., Hernandez-Jayo, U., i Onieva, E. (2015) Reference ITS architectures in Europe. *Intelligent Transportation Systems: Technologies and Applications*, 3-17.

20. Nkoro, A. B. i Vershinin, Y. A. (2014, October) Current and future trends in applications of Intelligent Transport Systems on cars and infrastructure. In 17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) (pp. 514-519). IEEE.
21. Novosti.hr (2022) Dostupno na <https://novosti.hr/wp-content/uploads/2021/09/kamere-promet12.jpg> (Pristupljeno 28.8.2022.)
22. Pavličević, N. (2019) Primjena ITS-a na primjeru grada Varaždina. Diplomski rad. Koprivnica: Sveučilište Sjever.
23. Perallos, A., Hernandez-Jayo, U., Onieva, E., & Zuazola, I. J. G. (Eds.). (2015) *Intelligent transport systems: technologies and applications*. John Wiley i Sons.
24. Postrackeurope (2022) Dostupno na <https://www.postrackeurope.com/en/smart-city/> (Pristupljeno 15.8.2022.)
25. Rijeka plus (2022). Automatsko upravljanje prometom. URL: <https://www.rijeka-plus.hr/promet/automatsko-upravljanje-prometom/> (pristupljeno 28.8.2022.)
26. Sageautomation (2022) Dostupno na <https://www.sageautomation.com/our-work-smart> (Pristupljeno 28.8.2022.)
27. Sarkar, P. K., i Jain, A. K. (2017) *Intelligent transport systems*. PHI Learning Pvt. Ltd..
28. Šošćarić et al. (2020) Idejna studija uvođenja inteligentnih transportnih sustava u gradu Splitu. Zagreb.
29. Thales (2022) Dostupno na <https://www.thalesgroup.com/en> (Pristupljeno 15.8.2022.)
30. Vlacic, L., Parent, M. i Harashima, F. (2001) *Intelligent Vehicle Technologies: Theory and Applications*. 1st edn. London: Taylor & Francis
31. Vlada, R. H. (2014) Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava (ITS) u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine. *Narodne novine*, 82.
32. Williams, B. (2008) *Intelligent transport systems standards*. Artech House.
33. Yunextraffic (2022) Dostupno na <https://www.yunextraffic.com/global/en/> (Pristupljeno 28.8.2022.)

34. Yunextraffic (2022) Dostupno na <https://www.yunextraffic.com/global/en/newsroom/news/around-the-world-poland-1> (Pristupljeno 28.8.2022.)
35. Yunextraffic (2022) Dostupno na <https://www.yunextraffic.com/global/en/newsroom/news/around-the-world-greece> (Pristupljeno 28.8.2022.)
36. Yunextraffic (2022) Dostupno na <https://www.yunextraffic.com/global/en/newsroom/news/around-the-world-serbia> (Pristupljeno 28.8.2022.)
37. Yunextraffic (2022) Dostupno na [https://www.yunextraffic.com/media/\\_processed\\_/a/3/csm](https://www.yunextraffic.com/media/_processed_/a/3/csm) (Pristupljeno 28.8.2022.)
38. Yunextraffic (2022) Dostupno na <https://www.yunextraffic.com/media> (Pristupljeno 28.8.2022.)
39. Zunchlabsmarketplace (2022) Dostupno na <https://www.zunchlabsmarketplace.com/product/iot-systems/smart-parking-system/> (Pristupljeno 15.8.2022.)

## Popis slika

Slika 1. Konceptualni model inteligentnih transportnih sustava .....	4
Slika 2. Opća metodologija za stvaranje ITS arhitekture i opseg FRAME arhitekture	10
Slika 3. Kontekst urbane mobilnosti – dijagram međuodnosa .....	25
Slika 4. Inteligentni sustav kontrole prometa .....	27
Slika 5. Online praćenje .....	28
Slika 6. Automatsko prepoznavanje registarskih tablica.....	29
Slika 7. HAK kamere na autocestama .....	30
Slika 8. Struktura pametnog parkinga .....	31
Slika 9. Osnovna topologija kooperativnog sustava u prometu i transportu .....	37
Slika 10. Prikaz vrsta komunikacija vozila .....	39
Slika 11. Kooperativni sustavi i hitna vozila.....	42
Slika 12. Program za čišći zrak .....	52
Slika 13. Prikaz rada sustava awareAI .....	54
Slika 14. Sučelje aplikacije Citymapper.....	55
Slika 15. Autocesta pod potpunom kontrolom, Melbourne, Australia.....	56
Slika 16. Prikaz MyTransport.SG stranice .....	56
Slika 17. Ured za upravljanje prometom u Pekingu.....	57
Slika 18. Znakovi s promjenjivim porukama s jasnim informacijama za vozače .....	58
Slika 19. Oprema novog sustava na ulicama Grčke .....	59
Slika 20. Centralni sustav upravljanja prometom u Beogradu .....	60
Slika 21. Arhitektura ITS-a u Gradu Splitu.....	65
Slika 22. Pametna kamera za nadzor brzine .....	68
Slika 23. UPGS sustav.....	68
Slika 24. Promjenjivi prometni znakovi.....	69



Slika 25. Ugrađene LED diode..... 70

## **Popis tablica**

Tablica 1. Nacionalno prioritetno područje 3. - Upravljanje prometom u gradovima..... 22



Sveučilište  
Sjever



SVEUČILIŠTE  
SJEVER

**IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Marko Bohnec (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica ~~završnog~~/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Zastupljenost ITS-a u odlukama o uređenju prometa u gradovima (*upisati naslov*) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(*upisati ime i prezime*)

Bohnec Marko  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Marko Bohnec (*ime i prezime*) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom ~~završnog~~/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom Zastupljenost ITS-a u odlukama o uređenju prometa u gradovima (*upisati naslov*) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(*upisati ime i prezime*)

Bohnec Marko  
(vlastoručni potpis)