

Kooperativni sustavi u urbanom prometu

Tadić, Ivica

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:644483>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-02**



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

Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

IVICA TADIĆ

KOOPERATIVNI SUSTAVI U URBANOM PROMETU

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2023. godina

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**KOOPERATIVNI SUSTAVI U URBANOM PROMETU
COOPERATIVE URBAN TRAFFIC SYSTEMS**

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Urbani promet i okoliš

Mentor: izv. prof. dr. sc. Siniša Vilke

Student: Ivica Tadić

Studijski smjer: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112073740

Rijeka, prosinac 2023.

Student/studentica: Ivica Tadić

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112073740

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom

Kooperativni sustavi u urbanom prometu

(naslov diplomskog rada)

izradio/la _____ samostalno _____ pod _____ mentorstvom
izv. prof. dr. sc. Siniša Vilke

(prof. dr. sc. / izv. prof. dr. sc. / doc dr. sc Ime i Prezime)

te komentorstvom _____

stručnjaka/stručnjakinje iz tvrtke _____
(naziv tvrtke).

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

Student/studentica

Ivica Tadić

(potpis)

Ime i prezime studenta/studentice

Student/studentica: Ivica Tadić

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112073740

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

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

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

Student/studentica - autor

Ivica Tadić

(potpis)

SAŽETAK

Kooperativni sustavi u urbanom prometu predstavljaju napredne tehnološke pristupe koji povezuju vozila, prometnu infrastrukturu i informacijske tehnologije radi poboljšanja mobilnosti, sigurnosti i učinkovitosti u urbanim sredinama kako bi se unaprijedila protočnost prometa, smanjile gužve, poboljšala sigurnost i potaknula održivost u gradskim okruženjima. Kooperativni sustavi također podržavaju održive opcije prijevoza, kao što su dijeljenje vožnji i javni prijevoz, smanjujući emisije i potrebu za osobnim automobilima. Integracija autonomnih vozila i tehnologije interneta stvari (IoT) otvara put prema prometnoj revoluciji, pružajući priliku za stvaranje pametnih i učinkovitih gradova budućnosti. Ključni elementi uključuju razmjenu informacija o brzinama, gužvama, prometnim signalima i drugim prometnim uvjetima. Kooperativni sustavi predstavljaju ključni korak prema pametnim i održivim urbanim prometnim rješenjima, poboljšavajući mobilnost, smanjujući zagađenje i potičući razvoj inovativnih tehnologija.

Ključne riječi: autonomnih vozila, gradovi budućnosti, Internet stvari (IoT), javni prijevoz, kooperativni sustavi

SUMMARY

Cooperative systems in urban transport represent advanced technological approaches that connect vehicles, transport infrastructure and information technologies to improve mobility, safety and efficiency in urban environments to improve traffic flow, reduce traffic jams, improve safety and promote sustainability in urban environments. Cooperative systems also support sustainable transportation options, such as ride-sharing and public transportation, reducing emissions and the need for personal cars. The integration of autonomous vehicles and Internet of Things (IoT) technology is paving the way for a transportation revolution, providing an opportunity to create smart and efficient cities of the future. Key elements include sharing information about speeds, jams, traffic signals and other traffic conditions. Cooperative systems represent a key step towards smart and sustainable urban transport solutions, improving mobility, reducing pollution and encouraging the development of innovative technologies.

Keywords: autonomous vehicles, cities of the future, cooperative systems, Internet of Things, public transportation

SADRŽAJ

SAŽETAK.....	III
SUMMARY.....	III
1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKT ISTRAŽIVANJA	1
1.2. RADNA HIPOTEZA	1
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....	1
1.4. ZNANSTVENE METODE	2
1.5. STRUKTURA RADA.....	2
2. INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI.....	3
2.1. OPĆENITO O URBANOM PROMETU	3
2.2. KOOPERATIVNI SUSTAVI U URBANOM PROMETU.....	4
2.3. ARHITEKTURA KOOPERATIVNOG SUSTAVA	7
2.3.1. Aplikacijska jedinica (Application Unit).....	8
2.3.2. Jedinica u vozilu (On-Board Unit).....	9
2.3.3. Jedinica u cestovnoj infrastrukturi (Roadside Unit)	9
2.3.4. Fizički prikaz	10
2.3.5. Funkcionalni prikaz	12
2.3.6. Komunikacijski prikaz	13
2.4. KOOPERATIVNA KOMUNIKACIJA IZMEĐU VOZILA – V2V (VEHICLE TO VEHICLE).....	15
2.5. KOOPERATIVNA KOMUNIKACIJA IZMEĐU VOZILA I INFRASTRUKTURE – V2I (VEHICLE TO INFRASTRUCTURE)	16
2.6. KOOPERATIVNA KOMUNIKACIJA IZMEĐU VOZILA I KORISNIKA – V2U (VEHICLE TO USER)	17
2.7. KOOPERATIVNA KOMUNIKACIJA IZMEĐU INFRASTRUKTURE I KORISNIKA – I2U (INFRASTRUCTURE TO USER)	18
3. RAZVOJNI PROJEKTI KOOPERATIVNIH SUSTAVA U URBANOM PROMETU.....	19
3.1. CVIS (COOPERATIVE VEHICLE-INFRASTRUCTURE SYSTEMS).....	19
3.2. SAFESPOT.....	21

3.3 C-THE-DIFFERENCE	22
3.4. COMESAFETY	24
3.5. COOPERS (COOPERATIVE SYSTEMS FOR INTELLIGENT ROAD SAFETY)	25
3.6. PROJEKT DESERVE (DEVELOPMENT PLATFORM FOR SAFE AND EFFICIENT DRIVE)	26
3.6.1. Faze razvoja i ograničenja projekta Deserve	29
3.6.2. Struktura ADAS-a	30
4. PRIMJERI KOOPERATIVNIH SUSTAVA U POJEDINIM SVJETSKIM GRADOVIMA	32
4.1.1. Centar za upravljanje prometom u Sao Paulu (CET - Centro de Operações de São Paulo)	32
4.1.2. Služba za prometne informacije u Seoulu (Seoul's TPEG-based Traffic Information Service)	34
4.1.3. Seoul TOPIS (Transport Operation & Information Service)	35
4.1.4. Pametne autoceste (SMART Highways)	37
4.1.5. Integracija javnog prijevoza u Beču (Vienna's Public Transport Integration)	40
4.1.6. Midtown in Motion u New Yorku	41
4.1.7. Zona naplate zagušenja u Londonu (London's Congestion Charge Zone) . 44	
4.2. TENDENCIJE BUDUĆEG RAZVITKA KOOPERATIVNIH SUSTAVA URBANOG PROMETA	46
4.3. SWOT ANALIZA	50
5. ZAKLJUČAK	56
LITERATURA	58
POPIS SLIKA I TABLICA	61

1. UVOD

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKT ISTRAŽIVANJA

U modernom društvu brza mobilnost jedna je od najosnovnijih potreba. Moderni transport postaje sve složeniji, te zbog toga zahtjeva bolju organizaciju, konkurentniju logističku potporu, duže vremenske periode izvršenja te veće ekonomske rashode. Kako bi proces prijevoza ostao efikasan, nužna je implementacija kooperativnih sustava koje za sobom potežu koristi komunikacijsko-informacijske tehnologije. Fokusirajući se na sprječavanje prometnih zagušenja i poboljšanje ukupne prometne učinkovitosti, veliki gradovi se oslanjaju na kooperativne sustave prometa koji imaju za cilj obavještavati vozača o trenutnim uvjetima na cesti, minimalizirati prometna zagušenja, pridonijeti smanjenju broja prometnih nesreća te postizanju maksimalne učinkovitosti i protočnosti prometa na siguran i održiv način. Važna prednost kooperativnih sustava očituje se u velikoj razini umreženosti odnosno komunikaciji između drukčijih prometno upravljačkih sustava što u velikoj mjeri može biti značajno prilikom nepredviđenih (incidentnih) situacija.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Kako ovaj rad istražuje utjecaj kooperativnih sustava na prometne tokove, rasterećenje cesta i prometnu sigurnost te analizira ključne faktore koji doprinose njihovom uspješnom implementiranju u urbanim područjima, postavljena je radna hipoteza: „Implementacija kooperativnih sustava u urbanom prometu može značajno poboljšati protočnost prometa, smanjiti gužve i doprinijeti većoj sigurnosti na cestama.“

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Svrha ovog diplomskog rada je istražiti princip i način funkcioniranja kooperativnih sustava u urbanom prometu, analizirati različite primjere i projekte takvih sustava te definirati primjenu kooperativnih sustava u cestovnom prometu, njihovog razvoja te

tehnologijama potrebnim za uspješno funkcioniranje cjelokupnog sustava te su tako postavljena slijedeća pitanja:

- Što su kooperativni sustavi u urbanom prometu?
- Na čemu se temelje kooperativni sustavi?
- Kako se ostvaruje komunikacija kod kooperativnih sustava?
- Koje tehnologije i programi se koriste kod kooperativnih sustava?
- Kako kooperativni sustavi doprinose sigurnosti prometa?
- Koji su prednosti i nedostaci kooperativnih sustava?
- Koje su tendencije budućeg razvitka kooperativnih sustava?

1.4. ZNANSTVENE METODE

Prilikom istraživanja, formuliranja i izrade ovog diplomskog rada, korištene su slijedeće znanstvene metode: metoda analize i sinteze, metoda kompilacije, komparativna metoda te metoda deskripcije.

1.5. STRUKTURA RADA

Ovaj diplomski rad je strukturiran u 5 poglavlja. Prvo poglavlje je „Uvod“ u kojem su definirani problem, predmet i objekt istraživanja, radna hipoteza, svrha i ciljevi istraživanja, znanstvene metode koje su korištene u izradi te struktura rada. Iduće poglavlje pod nazivom „Inteligentni transportni sustavi“ bavi se ukratko o inteligentnim transportnim sustavima, općenito o urbanom prometu te arhitekturom kooperativnih transportnih sustava, zatim fizičkim, funkcionalnim i komunikacijskim prikazima sustava arhitekture te kooperativnoj komunikaciji između pojedinih entiteta u prometu. Treće poglavlje diplomskog rada odnosi se na razvojne projekte kooperativnih sustava podijeljenih na 6 potpoglavlja. Četvrti dio se bavi primjerima kooperativnih sustava u pojedinim svjetskim gradovima gdje su navedeni te ukratko opisani nekolicina stvarnih primjera kooperativnih sustava u svijetu, zatim su navedena 2 potpoglavlja o tendencijama budućeg razvitka kooperativnih sustava urbanog prometa te SWOT analiza. U posljednjem dijelu ovog rada, zaključka, donesena je sveobuhvatna sinteza rezultata ovog diplomskog rada.

2. INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI

Obzirom da kooperativni sustavi u prometu proizlaze iz sveopćih inteligentnih transportnih sustava te su ujedno i podskup istih, u nastavku slijedi definicija te korištenje ITS-a. Inteligentni transportni sustavi mogu se definirati kao holistička, upravljačka i informacijsko-komunikacijska (kibernetika) nadogradnja klasičnog prometnog i transportnog sustava čiji se ciljevi očituju u drastičnom poboljšanju performansi, odvijanja prometa, učinkovitijem transportu putnika i roba, povećanju sigurnosti prometa, udobnosti i zaštiti putnika, manjem onečišćenju okoliša, itd. Inteligentnim transportnim sustavima se omogućuje informacijska transparentnost, upravljivost i napredniji odaziv prometnog sustava čime on zaslužuje atribut inteligentnoga. Atribut inteligentni generalno označava mogućnost adaptivnog djelovanja kod promjenjivih uvjeta i situacija gdje je nužno sakupiti dovoljne količine podataka te ih obraditi u stvarnom vremenu.¹

2.1. OPĆENITO O URBANOM PROMETU

Promet unutar gradova u današnje vrijeme označava temeljnu odrednicu istraživanja u prometnoj geografiji. Unutar te kategorije mogu se ubrajati mnogi pojmovi koji imaju popriličan utjecaj na obavljanje prometa u gradovima te su nabrojani slijedeći pojmovi:

- urbanizacija
- problemi organizacije i nadzora prometa
- sučeljavanje prometa u mirovanju i pokretu
- upotreba osobnih automobila i javnog prijevoza
- moguće vrste prometa

Razvoj urbanog prometa rezultirao je širokim spektrom pitanja, nerazriješenih problema i trendova koje je potrebno srediti da bi se zagarantirao viši stupanj kvalitete života u gradovima. Povišena koncentracija prometa predstavlja izazov za kvalitetu života kod urbanih područja radi drastičnih negativnih utjecaja na okoliš, poput emisija štetnih ispušnih plinova i buke te sve većih smanjenja prostora namijenjenih slobodnom kretanju koja nestaju zbog povećanja prometne infrastrukture.

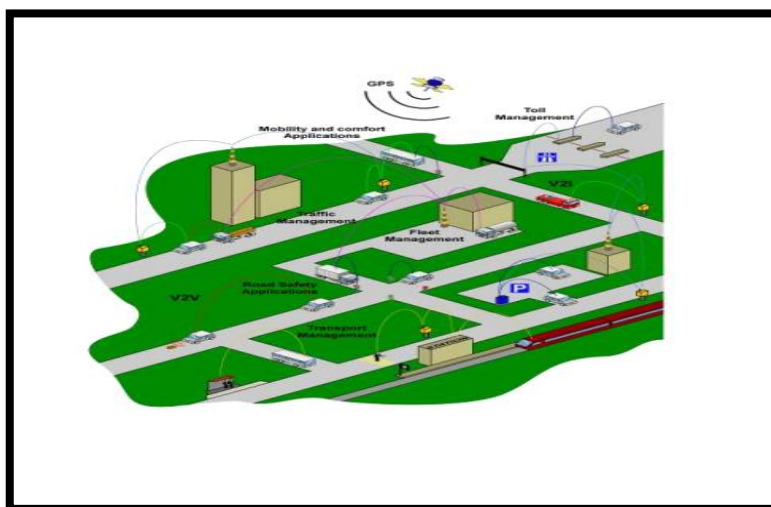
¹ Bošnjak, Ivan: Inteligentni transportni sustavi 1, Zagreb, 2006., str. 2.

2.2. KOOPERATIVNI SISTAVI U URBANOM PROMETU

Kooperativnim sustavima prometa nazivaju se oni sustavi kod kojih vozilo vrši bežičnu komunikaciju s drugim vozilima, infrastrukturom (prometnicama i pratećom opremom) te ostalim korisnicima (pješacima, VRU i dr.). Tehnologijom kooperativnih sustava omogućava se dvosmjerna komunikacija: V2V - vozila s vozilom, V2I – vozilo s infrastrukturom, V2U- vozilo s ostalim korisnicima (npr. Vulnerable Road User - VRU), I2U – infrastrukture s ostalim korisnicima i sl. Implementacijom modernih ICT tehnologija nastoje se stvoriti integrirana rješenja na području sigurnosti cestovnog prometa, energetski efikasnijeg transporta, ekološki prihvatljivijih rješenja i dr.

Svojstva kooperativnih sustava u prometu se ogledaju na način da se vozači, vozila, infrastruktura te ostali sudionici smatraju jedinstvenim sustavima, a u obzir se mogu uzeti operativni i upravljački zahtjevi kompletnog sustava s integriranim pristupom prometa i svih njegovih korisnika. Kooperativni sustavi osiguravaju kvalitetniji protok informacija o nadziranju prometa, ostalim automobilima i korisnicima usluge tako što omogućuju znatno bolju pouzdanost i učinkovitost. Te informacije se referiraju na vozila, pozicije vozila te smjera orijentacije što doprinosi smanjenju brojnih prepreka i nezgoda. Prednosti se manifestiraju prema činjenici da je veća pristupačnost informacija vezanih uz korisnike prijevoza i njihove okoline te se tako omogućuje značajna kontrola i učinkovitije upravljanje prometom. Nadalje, za prednosti ovih sustava ubrajamo i veći kapacitet cestovne mreže, reduciranje zagušenosti i zagađenja, efektivniju logistiku, kraća putovanja te smanjenje opasnosti i prometnih nezgoda.²

Slika 1: Primjer kooperativnih sustava



Izvor: <https://www.etsi.org/technologies/automotive-intelligent-transport> (pristup: 22.10.2023.)

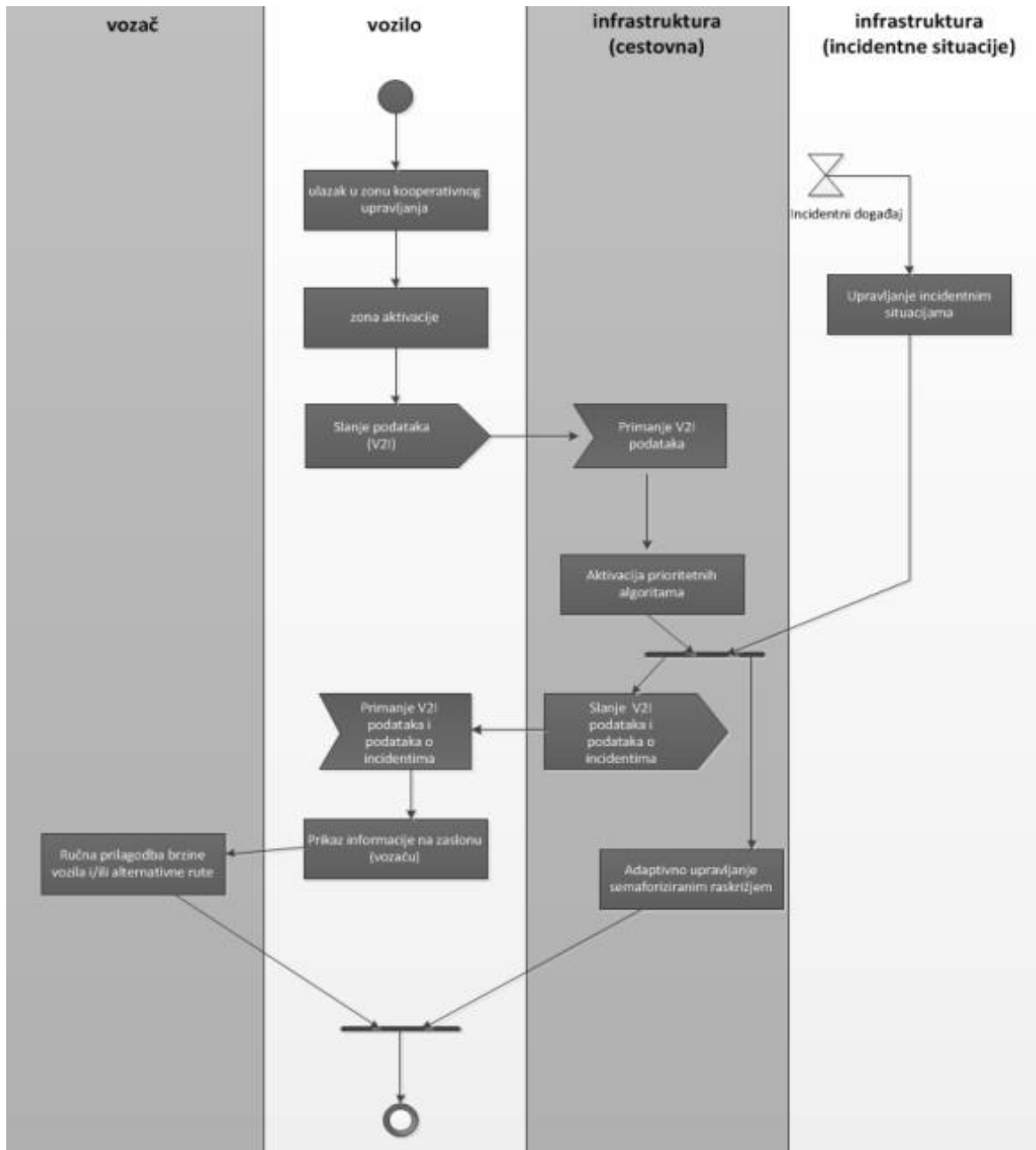
² Šemanjski I., Mandžuka S., Gautama S.: Smart Mobility (International Symposium ELMAR, 2018)

Slika 1 prikazuje komunikaciju između vozila i cestovne infrastrukture koja iziskuje konstantnu razmjenu podataka i dobivanje informacija vezanih za stanje vozila i njegovu okolinu. Kod takvih informiranja podaci se razmjenjuju putem stanica unutar vozila ili infrastrukture, čime se postiže obrada velikih količina podataka u kraćem vremenskom periodu. Kooperativni sustavi primjenjuju se na vozila, infrastrukturu i korisnike iz razloga što značajno povećavaju sigurnost na cestama, reduciraju negativne efekte na okolinu te osiguravaju efikasnije rukovođenje prometom.

Analizirajući rad kooperativnih sustava prvenstveno je vidljivo da vrlo bitan segment tvori komunikacija unutar sustava. Među vodećim problemima koji su donedavno sačinjavali probleme značajnijih proporcija možemo ubrojiti prometnu zagušenost, upitnu sigurnost prometnih sudionika te zagađenje eko-sustava. Sklop sofisticiranih informacijskih i komunikacijskih sposobnosti u današnjem vremenu pruža odgovarajuća rješenja pomoću kojih se ove probleme može riješiti u prihvatljivom vremenskom roku. Važnost komunikacija ključni je aspekt kod inteligentnih transportnih sustava. Razmatrajući znanstveni progres na otisku od zadnjih nekoliko godina, uočljivo je da je najveći naglasak stavljen na razvitak komunikacije između vozila koja sudjeluju u prometu te ostalih komunikacijskih korelacija između pojedinih entiteta. Također, treba spomenuti da je kod pojedinih kooperativnih sustava važno aplicirati vjerodostojne informacijsko-komunikacijske čimbenike kako bi sustav mogao u krajnjoj liniji obavljati zadatke što efikasnije i preciznije.

Kod upravljanja gradskim prometnim sustavom postoji mogućnost nadogradnje trenutnog sustava kooperativnim konceptom s ciljem poboljšanja sustava javnog gradskog prijevoza (dodjela prioriteta vozilima javnog gradskog prijevoza). Kooperacija među vozilima javnog gradskog prijevoza i upravljačkog sustava ima ključnu ulogu kod razvoja novih sustava upravljanja prometom obzirom da takvi podsustavi više ne rade samostalno, nego "suraduju" s ciljem unaprjeđenja kvalitete gradskih prometnih sustava u cjelini.

Slika 2: Dijagram toka osnovnih procedura rada kooperativnog upravljanja s dodjelom prioriteta vozilima JGP-a



Izvor: Primjena kooperativnog pristupa u upravljanju prometom – iskustva projekta ICSI (2015.)

Koncept kooperativnog upravljanja s dodjelom prioriteta vozilima JGP-a vidljiv je na slici 2. Vozilo JGP-a ulazi unutar zone kooperativnog upravljanja, zatim se vrši aktivacija načina kooperativnog upravljanja i vozilo prosljeđuje glavnom prometnom centru sveobuhvatan skup informacija vezanih uz lokaciju vozila, broj putnika u vozilu, vrijednosti kašnjenja za definiranim voznim redom, itd. Na taj način se postiže V2I komunikacija između glavnog prometnog centra i samog vozila.

Temeljem zaprimljenih podataka glavni prometni centar kreira odluku o potrebi za aktivacijom prioriteta strategija te se odabire najpovoljnija tehnika dodjele prioriteta u odnosu na realnu prometnu situaciju. Kod slučajeva incidentnih situacija na dionicama kooperativnog upravljanja (zagušenje, prometna nezgoda, itd.) vozač prima podatke o incidentu, eventualni alternativni smjer vožnje, očekivana vremena kašnjenja do sljedećih stajališta, itd. Vozač na osnovu primljenih podataka odlučuje o alternativnim pravcima vožnje, odnosno adaptira brzinu vozila kako bi se realizirao prioritetni prolazak semaforiziranim raskrižjem. Tako se mogućnosti adaptivnog upravljanja mogu proširiti dopunskim informacijama koje do sada razmatrani sustavi ne podržavaju - uz temeljne informacije o brojevima linije JGP-a, kašnjenja prema utvrđenom voznom redu moguće je upravljačkom sustavu pružati informacije o učestalosti prolaza linije javnoga gradskoga prijevoza, dolasku idućeg vozila, sadašnjem broju putnika u vozilu, parametrima cestovnog prometa (rep čekanja po privozima, zauzeće pojedinog privoza, itd.).³

2.3. ARHITEKTURA KOOPERATIVNOG SUSTAVA

Arhitektura kooperativnog sustava uglavnom je koncipirana od tri različite domene: domene unutar vozila, ad hoc domene te infrastrukturne domene. Domena unutar vozila sastavljena je od mreže koja sadržava jedinicu u vozilu (On-board unit, OBU) te jednu ili više aplikacijskih jedinica (Application unit, AU). Aplikacijska jedinica (AU) je najčešće uređaj koji otvara jednu ili više aplikacija te koristi jedinicu u vozilu (OBU) u komunikacijske namjene. Aplikacijska jedinica može biti integrirani dio vozila koji je neprestano spojen na OBU ili prijenosni uređaj kao što je prijenosno računalo, dlanovnik ili igrača konzola koji imaju mogućnost dinamičkog spajanja ili odspajanja od jedinice u vozilu (OBU). Također, AU i OBU mogu biti spojeni žično ili bežično putem Bluetooth tehnologije, bežične univerzalne serijske sabirnice (Wireless Universal Serial Bus, WUSB) i sl. Te dvije jedinice odvojene su samo logički, no ukoliko je potrebno mogu biti fizički smještene unutar jednog uređaja.

Ad hoc domena zapravo označava VANET te je sastavljena od vozila opremljenih sa jedinicom u vozilu (OBU) i stacionarnih jedinica duž prometnice (RSU). Jedinica u vozilu (OBU) je opremljena s minimalno jednim uređajem kratkog dometa namijenjenim bežičnoj komunikaciji čija se temeljna svrha očituje u cestovnoj sigurnoću te opcionalno s drugim

³ Mandžuka S., Ivanjko E., Škorput P., Vujić M., Gregurić M., Ćelić J.: Primjena kooperativnog pristupa u upravljanju prometom – iskustva projekta ICSI, 2015.

komunikacijskim uređajima. Više takvih jedinica formira MANET koji omogućava komunikaciju između čvorova na potpuno distribuiran način bez potrebe za centralnom jedinicom za upravljanje. Zbog komunikacije s određivim uređajima jedinica u vozilu (OBU) upotrebljava mogućnost izravne komunikacije putem bežične veze ili namjenske protokole za usmjeravanje koji omogućuju multihop komunikaciju ukoliko nema mogućnosti izravnog povezivanja gdje podaci bivaju proslijeđeni od jedinice do jedinice sve do odredišta. Temeljna svrha RSU-a očitovana je u unaprjeđenju cestovne sigurnosti na način da šalje, prima te prosljeđuje podatke u ad hoc domenu s ciljem proširenja pokrivenosti ad hoc mrežom. Ad hoc mreža se tvori od čvorova koji predstavljaju mobilne jedinice u vozilu (OBU) te statičke jedinice u cestovnoj infrastrukturi (RSU). Komunikacija među tim čvorovima se radi sigurnosti postiže uz korištenje sigurnosnih vjerodajnica i digitalnih certifikata odgovarajućih tijela ovlaštenih za certifikaciju. Jedinica u cestovnoj infrastrukturi (RSU) može biti spojena na mrežnu infrastrukturu koja pak može biti spojena s internetom. RSU ima mogućnost dozvoliti pristup infrastrukturi bilo kojem OBU koji se nalazi u dometu što omogućava da svaki AU koji je registriran na OBU komunicira s bilo kojim uređajem spojenim na internet, ukoliko to već nije omogućeno izravno putem komunikacijskih mogućnosti u vozilu.

2.3.1. Aplikacijska jedinica (Application Unit)

Aplikacijska jedinica (AU) označava uređaj unutar vozila koji pokreće aplikacije te koristi komunikacijske sposobnosti jedinice u vozilu (OBU). Ove sklopovsko-programske jedinice mogu biti sigurnosne aplikacije čija je zadaća upozoravati korisnike na opasnost, navigacijski sustavi s komunikacijskim svojstvima ili izdvojeni uređaji kao što su dlanovnici, mobilni telefoni i sl. koji pokreću internetske aplikacije. Aplikacijska jedinica (AU) može biti implementirana unutar vozila i permanentno spojena s jedinicom u vozilu što omogućava konstantno izvođenje minimalnog osnovnog skupa aplikacija unutar vozila. Nadalje, drugi tip aplikacijske jedinice se može dinamično spajati na mrežu u vozilu poput putničkih dlanovnika i mobilnih uređaja. Prilikom spajanja na jedinicu u vozilu (OBU) takvi bi se uređaji morali automatizmom konfigurirati te poslije uporabe ukloniti (poslije izlaska putnika iz vozila). Pretpostavlja se da će nova aplikacijska jedinica koristiti IPv6 uz zadržavanje podrške za IPv4 radi starijih prijenosnih aplikacijskih jedinica. Također, radi šanse da identičnu dostupnu informaciju, pribavljenu preko osjetila u vozilu ili drugih

čvorova, zatraže više aplikacija istodobno, sustav to mora omogućiti preko pojedinog upravljačkog programa u vozilu.

2.3.2. Jedinica u vozilu (On-Board Unit)

Jedinica u vozilu (OBU) zadužena je za C2C i C2I komunikaciju te omogućuje komunikacijske usluge aplikacijskoj jedinici (AU) i šalje informacije drugih jedinica u vozilu u ad hoc domeni. Svaka jedinica u vozilu je opremljena minimalno jednim mrežnim uređajem za bežičnu komunikaciju kratkog dometa. Osnovna zadaća mu se očituje u slanju, primanju i prosljeđivanju podataka vezanih uz sigurnost u ad hoc domeni. Funkcije i procedure jedinice u vozilu obuhvaćaju bežični radio pristup, geografsko ad hoc usmjerivanje, upravljanje mrežnim zagušenjima, pouzdan prijenos poruka, sigurnost podataka, podršku za IP mobilnost, itd.⁴

2.3.3. Jedinica u cestovnoj infrastrukturi (Roadside Unit)

Jedinica u cestovnoj infrastrukturi (RSU) je fizički uređaj postavljen na fiksnoj lokaciji duž ceste ili autoceste, odnosno na poziciji specijalne namjene kao što je benzinska postaja, parkirališno mjesto ili restoran. Jedinica u cestovnoj infrastrukturi je nužno opskrbljena s mrežnim uređajem za bežičnu komunikaciju kratkog dometa. S ciljem da se može povezati i komunicirati s infrastrukturnom mrežom, jedinica u cestovnoj infrastrukturi je često opskrbljena i s drugim mrežnim uređajima. Osnovne funkcije jedinice u cestovnoj infrastrukturi očituju se u proširenju komunikacijskog opsega ad hoc mreže tako što šalje informacije neke jedinice u vozilu (OBU) uoči njegovog ulaza u zonu komunikacijskog dosega jedinice u cestovnoj infrastrukturi (RSU), pokretanju sigurnosnih aplikacija kao što su C2I upozorenja (npr. radovi na prometnici), upravljanje raskrižjima, virtualnih prometnih znakova i sl. Jedinica u cestovnoj infrastrukturi označava istodobno izvor informacija i sustav za prijenos, odnosno primanje i emitiranje informacija te osiguravanje mogućnosti povezivanja na internet za jedinicu u vozilu koja se nalazi unutar komunikacijskog dosega.

⁴ Sambeek, van, M., Ophelders, F. E. B., Bijlsma, T., Kluit, van der, B., Tureken, O., Eshuis, H., Traganos, K., & Grefen, P. W. P. J.: Towards an architecture for cooperative-intelligent transport system (C-ITS) applications in the Netherlands, 2015. str 16.-30.

Osnovna konfiguracija jedinice u cestovnoj infrastrukturi posjeduje mogućnost samoprosljeđivanja informacija, dok proširena konfiguracija posjeduje i ostale funkcionalnosti.

2.3.4. Fizički prikaz

Unutar fizičkog prikaza sustav arhitekture je prikazan kao sustav sastavljen od više podsustava koji su uzajamno spojeni i razmjenjuju informacije. Podsustavi su utvrđeni kao ključne fizičke komponente spojene sa vozilom i njegovim okruženjem. One obuhvaćaju funkcionalne komponente te povezuju i podupiru specifične aplikacije neophodne za funkcioniranje sustava. Protok informacija definiran je kao protok podataka između podsustava i funkcionalnih komponenti. Sama promjena podataka se vrši putem glavnog sustava koji opisuje izvor i prosljeđuje ga podsustavu. U ovom sustavu ljudi se smatraju vanjskim korisnicima u komunikaciji sa sustavom.

Fizički prikaz sustava prilikom provedbe u realnom svijetu može se razvrstati na pet skupina:

1. Podrška – podsustav koji podržava cjelokupni sustav, npr. sigurnost, menadžment, testiranje, certificiranje, itd.
2. Centrala – podsustav koji podržava povezana vozila na terenu, mobilne uređaje te obavlja administrativne i upravljačke funkcije. Podsustavi unutar ovog dijela su virtualni, koji mogu biti pridruženi jedan drugome ili odvojeni.
3. Vozilo – obuhvaća kooperativni inteligentni sustav unutar vozila koji može biti sastavljen od određenih sistema poput nadzora aktivnosti, servisa za putnike, itd.
4. Okolina – pokriva ITS infrastrukturu na ili pokraj ceste, nadzorne sisteme poput kamera, rampi, sistema koji vrše obavještanje povezanih vozila, itd.
5. Pješaci, putnici – sustav pokriva osobne uređaje (mobilne uređaje, navigacijske uređaje) i specifične sisteme koji su postavljeni na vozilu.

Unutar vozila utvrđeni su sljedeći podsustavi:

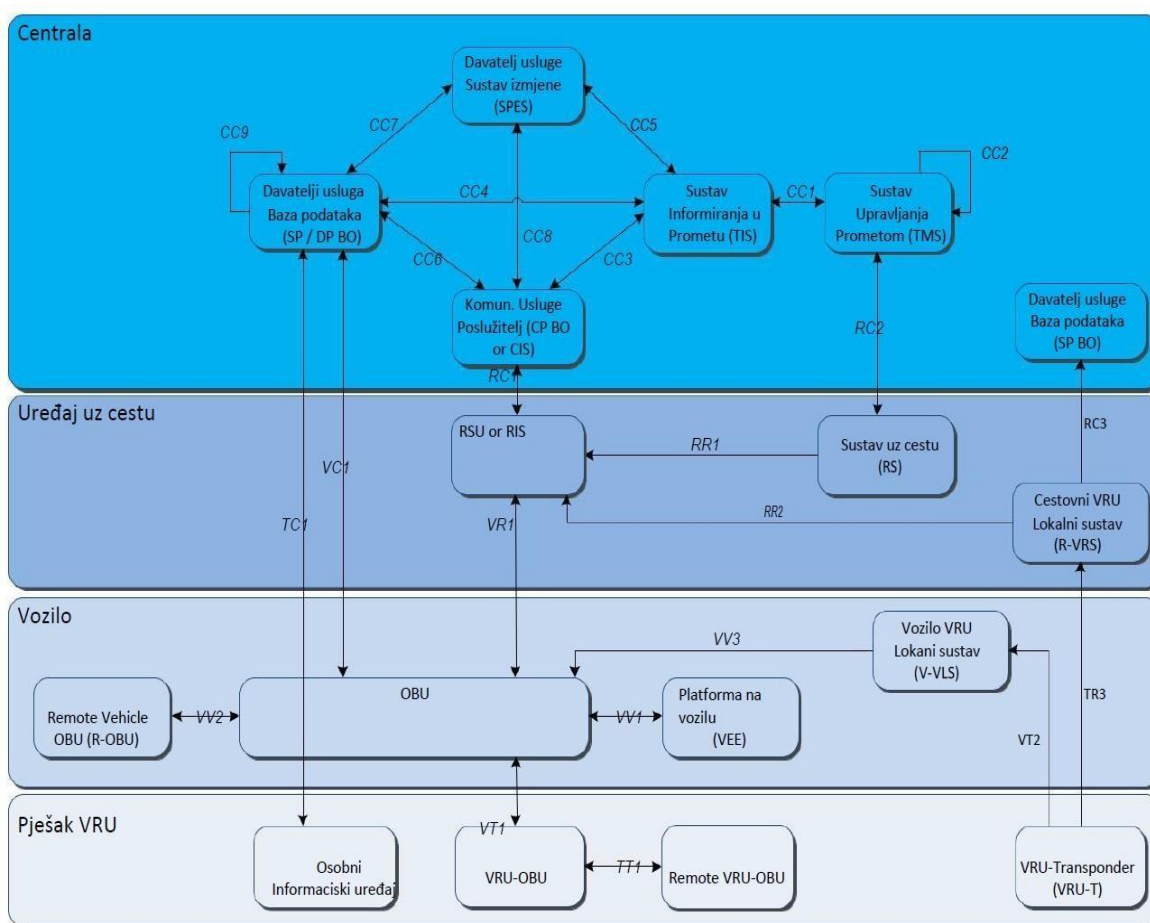
- VEE (The vehicle electrical and Electronic system) – elektronski sistem vozila je platforma koja je dodana u svaki senzor unutar vozila (brzina, svjetla, itd.) te samim pogonskim sustavima vozila (kočnice, motor, itd.). VEE sustav prosljeđuje podatke iz vozila do vanjskog kooperativnog sustava i omogućava kontrolu nad vozilom vanjskom sustavu (kontrola brzine). VEE mora uključivati sigurnosne mjere za sigurno upravljanje vozilom, a te sigurnosne mjere trebaju biti razdvojene od komunikacije između VEE-a i vanjskog podsustava,

- ITS stanica na vozilu (VIS-Vehicle ITS Station) – podsustav neophodan aplikacijama za informiranje vozača. VIS omogućava vozilu da procesira, spremi i dijeli podatke s vanjskim čimbenicima. Radio uređaj koji omogućava komunikaciju između vozila (V2V) i okoline (V2I) je sastavni dio VIS-a.

Ugrađena su četiri tipa VIS-a:

1. VAD (Vehicle Awareness Device) – uređaj koji je implementiran u vozilo, a nije spojen s glavnim sustavima u vozilu. Njegova zadaća je prosljeđivanje temeljne sigurnosne poruke putem kratkih radio valova te ne generiranje poruke upozorenja,
2. Ispitivanja uređaja – elektronički uređaj unutar kojeg je integriran GPS sustav i komunikacijski bežični sustav, a ima mogućnost slanja i primanja poruka. Preko aplikacije izdaje zvučni ili vizualni signal, obavijest ili upozorenje samom vozaču,
3. Postavljanje uređaja – ugradnju svih uređaja u vozilu vrši ovlaštenu servisera prilikom završetka proizvodnje. Sustav je povezan i sakuplja informacije od samog vozila te posjeduje mogućnost spojiti se sa ostalim sustavima unutar vozila. Uređaj se može tvoriti od integriranog grafičkog sučelja i GPS-a ili se može integrirati s modulima drugih sučelja,
4. Integrirani sustav – sastavljen od nekoliko elektroničkih uređaja izvedenih u vozilu koji su spojeni preko sabirnice podataka koja dijeli podatke s drugim sustavima.

Slika 3: Odnosi unutar fizičkog prikaza



Izvor: Towards an arhitecture for cooperative-intelligent transport system (C-ITS) applications in the Netherlands, 2015.

2.3.5. Funkcionalni prikaz

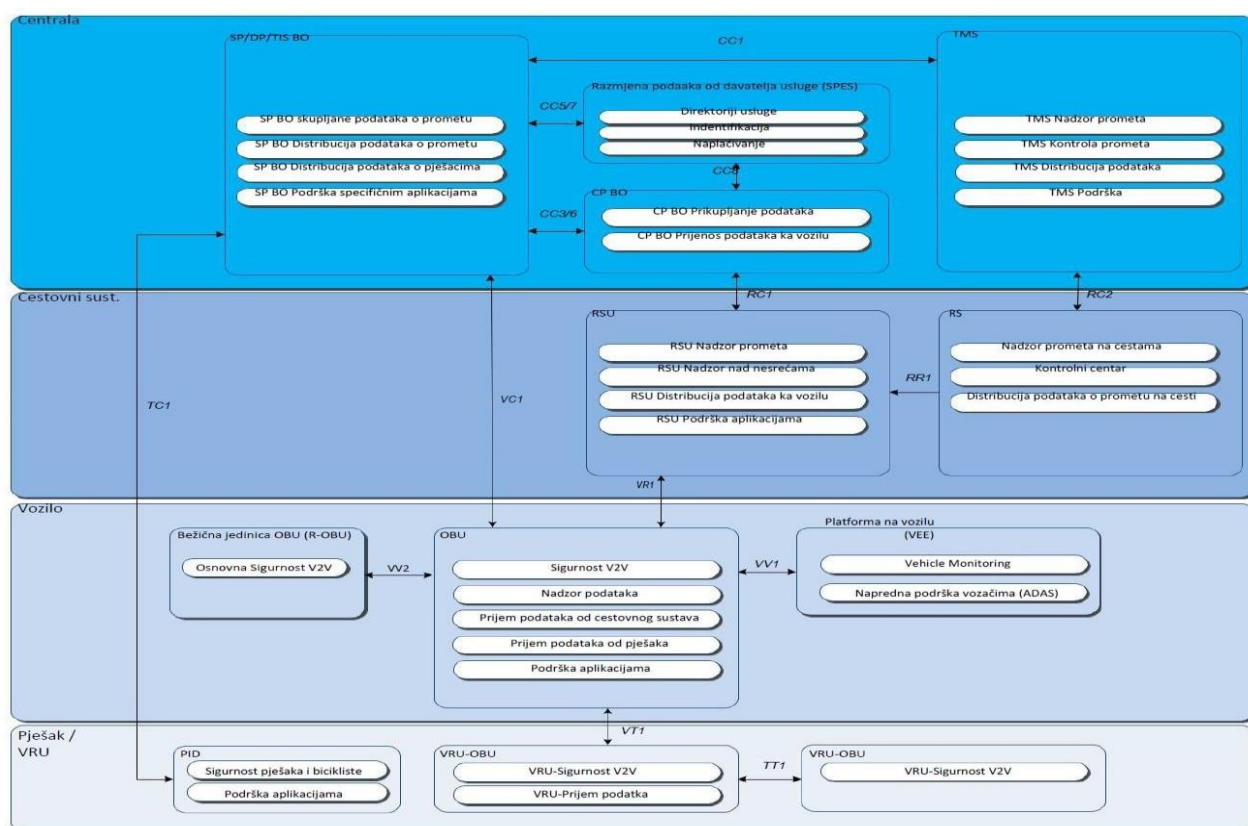
Primarne uloge sustava očituju se u istraživanju, komunikaciji, praćenju stanja te procjeni situacije. Konstrukcija ovakvog sustava utemeljena je na geometrijskim i vremenskim, kao i općenitim informacijama. Sustav je prihvaćen i ovisi o fizičkim ograničenjima senzora. Podsustavi su sadržani od jedne ili više funkcionalnih komponenti:

- Podrške sakupljanja podataka iz vozila ili cestovnih senzora involviranih u fizičkim objektima,
- Komunikacijske podrške koja omogućava sigurnu pouzdanu komunikaciju te daje komunikacijske funkcije za vremensku oznaku, porijeklo poruka te digitalne potpise kod poslanih poruka kao i procese provjere i autorizacije primljenih poruka. Osigurava

mogućnost šifriranja i dešifriranja senzibilnih podataka. Obuhvaća prijam formatiranih informacija kao npr. prometnih upozorenja, stanja na cestama, itd.,

- Praćenja stanja i procjene situacije koje obuhvaćaju analizu prispjelih podataka s ciljem utvrđenja rizika,
- Podrške djelovanja koja ima sposobnost predodžbe podataka krajnjim korisnicima preko različitih aplikacija poput kontrole brzine, stanja u prometu, pješaka. Izuzev tih generičkih komponenti za određene programe, neophodna je potpora kako bi nivo upotrebljivosti bio na najvećem mogućem nivou prilikom obavljanja pojedinih zadaća.

Slika 4: Odnosi unutar funkcionalnog prikaza



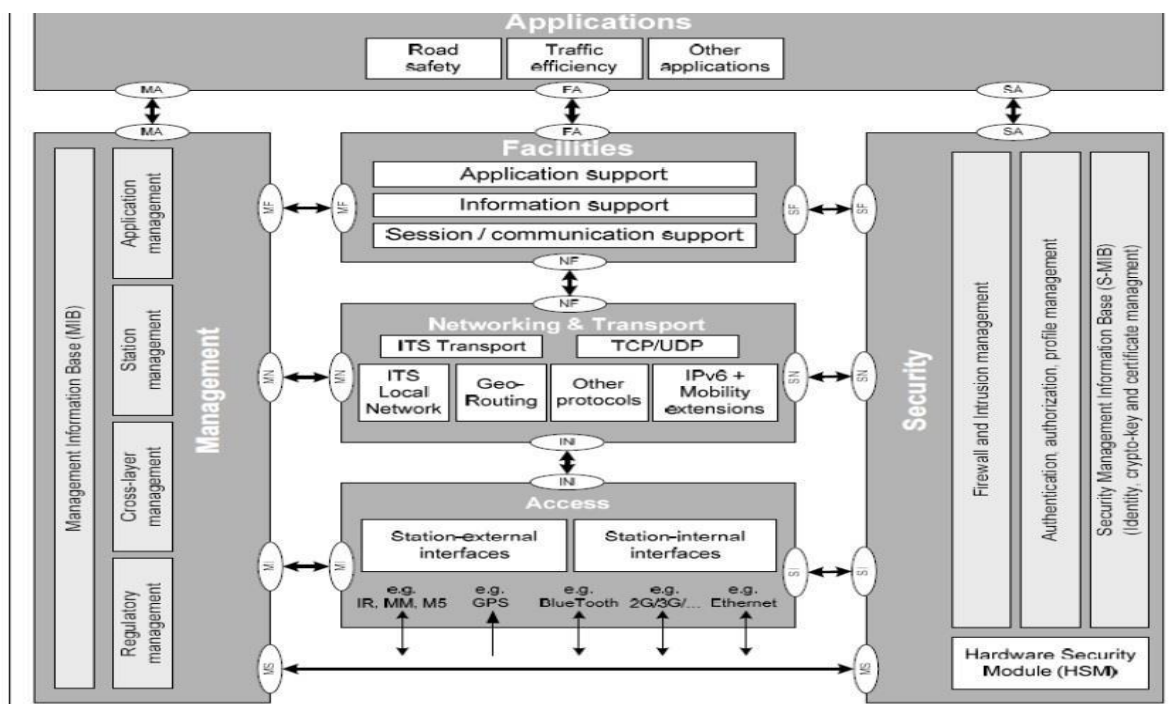
Izvor: Towards an architecture for cooperative-intelligent transport system (C-ITS) applications in the Netherlands, 2015.

2.3.6. Komunikacijski prikaz

Komunikacijskim prikazom pokazana je veza među podsustavom te protoka informacija između postupaka u funkcionalnim komponentama. Generalne komunikacije kod arhitekture ITS sustava mogu biti opisane kroz ETSI (The European Telecommunication Standards Institute) EN 302 665 (europskog standarda za ITS komunikaciju). ETSI standard za komunikacije određuje šest generičkih subjekata:

- Primjena – značajka koja označuje ITS-S aplikaciju koja upotrebljava ITS-S usluge za priključivanje na jednu ili više ITS-S aplikacija. Dvije ili više komplementarnih ITS-S aplikacija prikazuju inteligentne aplikacije koje osiguravaju svoje usluge korisnicima ITS-a,
- Sadržaj – označava ITS-C komunikaciju,
- Umrežavanje i prijenos – odnosi se na komunikaciju putem određenih prijenosnika tj. sustava, npr. GEO Networking, putem IPv6 mrežnog sustava za povezivanje sa sustavima preko drugih protokola, npr. IPv4,
- Pristup – značajka koja označava ITS-C specifikacije primjenom drugačijih raspona za komunikaciju te monitoring mogućih preopterećenja njihovih usluga,
- Upravljanje – ova značajka je odgovorna za gospodarenje komunikacijama unutar ITS stanice i omogućava pristup podacima bazi za upravljanje,
- Sigurnost – omogućava usluge sigurnosti za komunikacije unutar protokola u sigurnosti entiteta za upravljanje te se može nazivati specifičnim dijelom sustava upravljanja.⁵

Slika 5: Arhitektura unutar komunikacijskog sustava



Izvor: Towards an architecture for cooperative-intelligent transport system (C-ITS) applications in the Netherlands, 2015.

⁵ Ibidem, str. 49.-74.

2.4. KOOPERATIVNA KOMUNIKACIJA IZMEĐU VOZILA – V2V (VEHICLE TO VEHICLE)

Kod dvaju vozila, njihove ITS stanice vrše međusobnu komunikaciju preko različitih aplikacija, poruka i drugih sustava (GEO Networking, Bluetooth, Wireless...). Izravna V2V – vozilo prema vozilu komunikaciju vidljiva je na slici dolje.

Slika 6: Prikaz komunikacije između vozila



Izvor: <http://www.kapsch.net/ktc/its-solutions/V2X-Cooperative-Systems> (pristup: 27.10.2023.)

Kod ovakve komunikacije ITS stanica na vozilu montirana je kao jedna fizička cjelina koja vrši komunikaciju s drugom ITS stanicom. ITS stanicu je moguće podijeliti između dvaju fizičkih jedinica (komunikacijske jedinice i jedinice za zahtjeve). Prijenos informacija između komunikacijskih jedinica i jedinica za zahtjeve ne ulazi u standarde ETSI-a.

Kategorije V2V aplikacije:

- Upozorenja na opasne lokacije,
- Upozorenja na spora vozila,
- Svjetlo prilikom kočenja u nuždi,
- Adaptivna kontrola brzine.

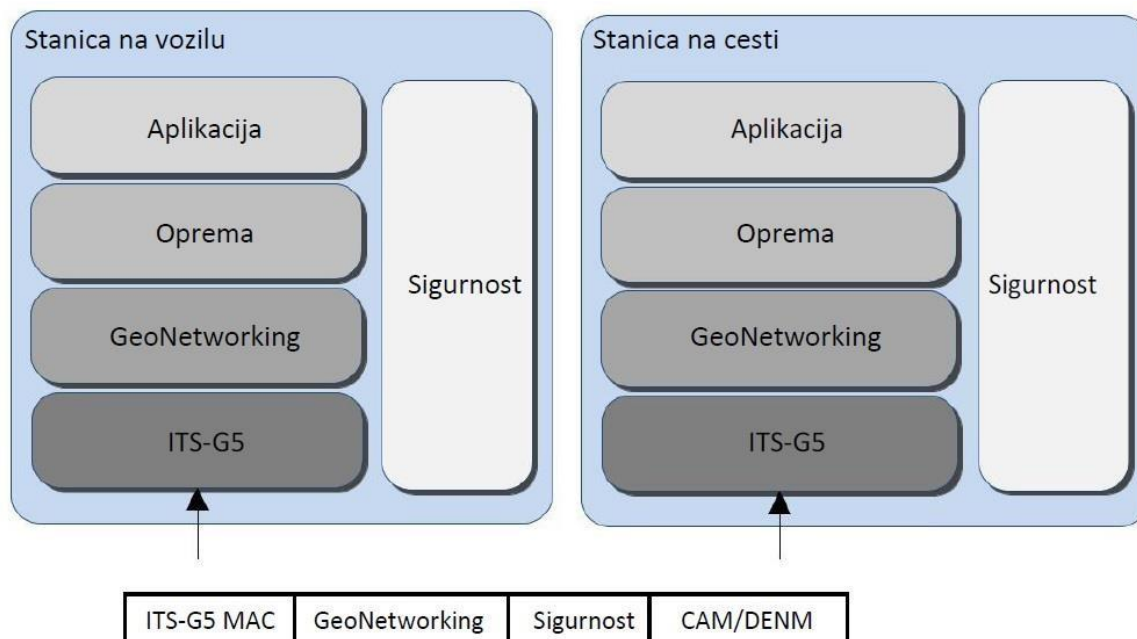
2.5. KOOPERATIVNA KOMUNIKACIJA IZMEĐU VOZILA I INFRASTRUKTURE – V2I (VEHICLE TO INFRASTRUCTURE)

Ova vrsta komunikacije se vrši između cestovnih postaja i vozila te nalikuje V2V komunikaciji. U odnosu na upotrebu sustava, različitosti u zadaćama postaja između V2V i V2I očituju se u slanju različitih paketa poruka. Cestovne jedinice mogu biti samostalne, odnosno funkcionirati bez komunikacije s centralnim elementom. Ovi sustavi mogu biti fiksni ili mobilni. Fiksni sustavi imaju mogućnost međusobnog povezivanja putem centralnih sustava prema mobilnoj ili fiksnoj jedinici upotrebljavajući mobilnu ili fiksnu komunikaciju. Odabir tipa mreže ovisi o zahtjevima specifičnih aplikacija na protok informacija, vremenskih ograničenja te informacije vezane uz dostupnost i troškove komunikacijske infrastrukture. Mobilna jedinica se može povezati sa centralnim sustavom isključivo pomoću mobilnih mreža.

Elementi V2I aplikacije:

- Sonda unutar vozila namijenjena prijemu podataka od kooperativnih automobila,
- Sonda unutar vozila namijenjena prikupljanju podataka iz povezanih automobila,
- Prioritetni zahtjevi.

Slika 7: Prikaz V2I arhitekture

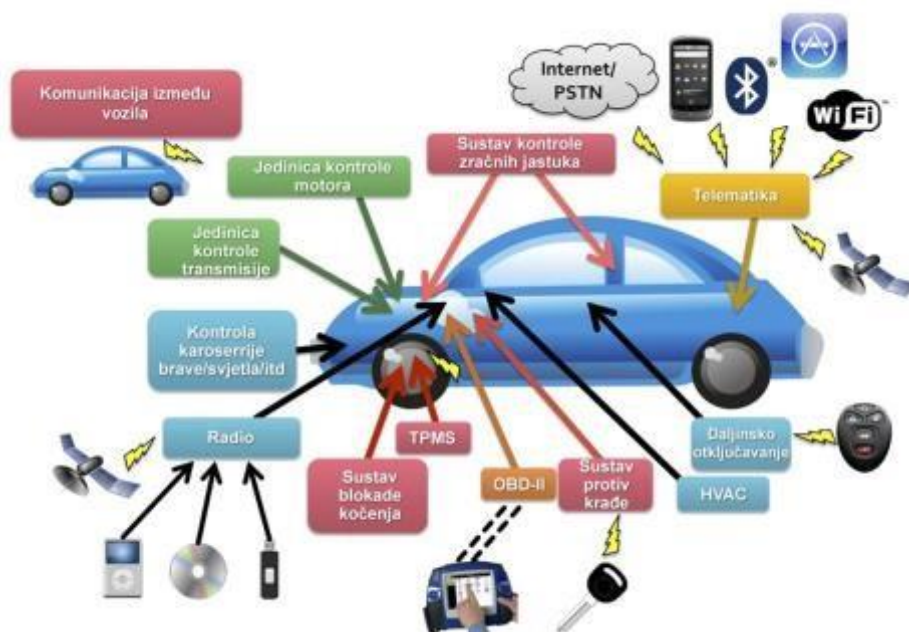


Izvor: Towards an architecture for cooperative-intelligent transport system (C-ITS) applications in the Netherlands, 2015.

2.6. KOOPERATIVNA KOMUNIKACIJA IZMEĐU VOZILA I KORISNIKA – V2U (VEHICLE TO USER)

Unutar ovog poglavlja definirati će se kooperativne komunikacije između vozila i korisnika, a kao primjer takve tehnologije mogu se navesti niz telekomunikacijskih usluga poput „hands free“ mobitela, FM i radiodifuznih digitalnih prijemnika (Radio Data System – RDS), različitih audio sustava koji posjeduju mogućnost reprodukcije, navigacijskih sustava itd. Kombiniranjem takvih uređaja korisniku se osiguravaju prednosti koje za rezultat imaju manje troškove, mogućnosti primanja informacija u bilo koje vrijeme i na bilo kojem mjestu. Navigacijski sustavi osiguravaju korisniku stjecanje podataka vezanih uz vremenske prilike, stanju prometa na cestama, alternativnim pravcima i ostalo. Kod sustava prometnih znakova i prometnih poruka u auto-radijske prijemnike se implementira RDS koji prilikom važnih vijesti zaustavlja trenutno emitiranje i prenosi relevantne prometne informacije.

Slika 8: Shema digitalnih ulazno-izlaznih kanala u modernom automobilu



Izvor:

https://books.google.hr/books?id=93JXCQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=hr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (pristup: 29.10.2023.)

Slika 8 prezentira određene dijelove informacijskih i komunikacijskih tehnologija koje se koriste sa svrhom komunikacije između vozača i vozila. Istovremeno, prikazane su karakteristike telematike unutar vozila putem interneta, GPS-a, Wi-Fi-a i sl. Također, vidljivi

su uređaji koji se montiraju u radio prijemnike - RDS, TMC kao i elektroničke brave, zaštita od provale i brojne ostale sposobnosti.

2.7. KOOPERATIVNA KOMUNIKACIJA IZMEĐU INFRASTRUKTURE I KORISNIKA – I2U (INFRASTRUCTURE TO USER)

Komunikacija između infrastrukture i korisnika svedena je na pružanje informacija o infrastrukturi prema vozačima, biciklistima i pješacima. Značajan problem se pojavljuje unutar gradova čiji je obujam pješačkog prometa iznimno velik, pa zbog toga nekolicina pješaka ne koristi isključivo nogostupe već i biciklističke staze. Ukoliko se sagledavaju područja van naseljenih mjesta, pješaka je relativno malo, a nogostupa gotovo i nema, dok je u naseljenim mjestima gustoća značajno veća. Identičan problem se javlja i kod vozača motornih vozila, pri čemu nastaju zagušenja na najzastupljenijim prometnicama. U skladu s time, potrebno je omogućiti infrastrukturu koja će olakšati svakom korisniku sigurno i efikasno putovanje. Zone bez automobila (zone ograničenog pristupa vozilima), pokazale su se kao izvrsna solucija za bicikliste i pješake, gdje su dostatni isključivo prometni znakovi putem kojih se biciklisti izuzimaju od zabrane vozila. U savršenim uvjetima nužno je postojanje infrastrukture koja odvaja biciklističku stazu od pješačke zone.⁶

⁶ Mandžuka S., Škorput P., Vujić M.: Architecture of cooperative systems in traffic and transportation, IEEE, 2015.

3. RAZVOJNI PROJEKTI KOOPERATIVNIH SUSTAVA U URBANOM PROMETU

Razvojni projekti kooperativnih sustava u urbanom prometu odnose se na inicijative usmjerene na implementaciju tehnologija i sustava koji omogućuju suradnju između različitih elemenata prometnog sustava kako bi se poboljšala učinkovitost, sigurnost i održivost urbanog prometa. Unutar ovog poglavlja navedeni su neki od značajnijih razvojnih projekata kooperativnih sustava u urbanom prometu.

3.1. CVIS (COOPERATIVE VEHICLE-INFRASTRUCTURE SYSTEMS)

CVIS je veliki europski istraživački i razvojni projekt s ciljem osmišljavanja, razvijanja i testiranja tehnologije kooperativnih sustava. Podržan je od strane Europske komisije u sklopu 6. okvirnog programa za istraživanje i razvoj. Ambicija projekta očituje se u stvaranju revolucije mobilnosti kako putnika tako i roba, potpuni reinženjering kako vozači, vozila, roba i prometna infrastruktura međusobno djeluju. Projekt ima preko 60 partnera koji okupljaju mješavinu javnih vlasti, programera softvera, integratora sustava, cestovnih operatera, javnih prijevoznika, sustav dobavljača, proizvođača vozila, istraživačkih institucija i organizacija korisnika. Projekt je započeo u veljači 2006., s velikim proračunom i širokim izborom uključenih sudionika. To je važan projekt u razvoju i uvođenju tehnologije kooperativnih sustava u EU. Slijedeći primjeri CVIS aplikacija uključuju one u urbanim područjima, među-urbanim područjima i aplikacije za teret i flotu.

Četiri primjera aplikacija u projektu uključuju:

- **Prioritetna prijava:** prednost se može dati određenim vozilima (kao što su vozila hitne medicinske pomoći ili javni gradski prijevoz) u mreži, na primjer na raskrižjima ili duž unaprijed definiranih dijelova ceste. Prioritet aplikacija nalikuje postojećim prioritetnim aplikacijama (primjerice za tramvaje i autobuse), ali se razlikuje po stupnju sofisticiranosti i opsegu primjene.
- **Prijevoz opasnih stvari:** prijevoz robe se može pratiti u svakom trenutku prijevoza te može imati prednost na unaprijed odabranoj sigurnoj ruti. U slučaju prometne nezgode,

vozilo može biti preusmjereno te lokalne vlasti imaju mogućnost reagiranja na odgovoran i adekvatan način.

- **Poboljšana svijest vozača:** sigurnosna aplikacija koja obavještava vozače vozila u roku od 5 sekundi o relevantnim aspektima dinamičke prometne situacije: trenutna ograničenja brzine, cestovni i vremenski uvjeti, itd.
- **Strateško usmjeravanje za vozila:** (teretna vozila, taxi vozila i privatna vozila): urbani sustav usmjeravanja prima strategiju koju je definirao centar za upravljanje prometom (što ovisi o vremenskim uvjetima ili specijalnim događanjima unutar gradova kao što je npr. nogometna utakmica) i koristi ovu strategiju za izradu optimalnog individualiziranog izračuna rute uzimajući u obzir ostala vozila unutar mreže te povijesne podatke o prometu.

Opći ciljevi CVIS-a su:

- Stvoriti jedinstveno tehnološko rješenje koje omogućuje svim vozilima i elementima infrastrukture međusobno komuniciranje s cestovnom infrastrukturom na kontinuiran i transparentan način korištenjem raznih medija
- Omogućiti rad širokog raspona potencijalnih kooperativnih usluga na otvorenom aplikacijskom okviru u vozilu i opremi uz cestu (kao kod iPhone-a: dakle svatko (tko razumije kod dovoljno dobro) može oblikovati aplikacije)
- Definirati arhitekturu i koncept sustava za niz aplikacija kooperativnih sustava i razviti osnovne alate potrebne za implementaciju kooperativnih sustava za javna tijela, operatere, pružatelje usluga, industrije i drugih ključnih sudionika
- Za rješavanje pitanja kao što su prihvaćanje korisnika, privatnost i sigurnost podataka, otvorenost sustava i interoperabilnost, rizik i odgovornost, potrebe javne politike, isplativosti i poslovnim modelima te planovima za implementaciju.

CVIS namjerava proizvesti slijedeće ključne rezultate:

- Ruter koji može održavati kontinuiranu internetsku vezu preko širokog spektra medija (npr. mobilni telefon, mobilna Wi-Fi mreža, infracrvenih ili kratko dometnih mikrovalova), kako bi se osigurala puna interoperabilnost u komunikaciji između različitih marki vozila i prometnih upravljačkih sustava

- Otvorenu arhitekturu kooperativnih sustava koja se može lako ažurirati ili nadograditi kako bi se omogućile promjene u tehnologijama
- Tehnike za poboljšano pozicioniranje vozila i stvaranje lokalnih dinamičkih karata
- Poboljšana razmjena podataka između vozila, cestovne infrastrukture i servisnih centara za podatke o prometu, vremenu i okolišu
- Dizajn i aplikacija i razvoj softvera za slijedeće:
 - Kooperativno upravljanje urbanom mrežom
 - Kooperativno područje odredišne kontrole
 - Kooperativno ubrzavanje/usporavanje
 - Dinamične autobusne trake
 - Povećana svijest vozača
 - Kooperativna pomoć putnicima na međugradskim autocestama
 - Parkiranje gospodarskih vozila
 - Rezervacija i upravljanje zonama utovara
 - Praćenje i vođenje opasnih roba
 - Kontrolu pristupa teretnih vozila osjetljivim područjima
- Komplet alata koji omogućuje implementaciju u obliku modela, smjernica i preporuka u područjima: otvorenosti i interoperabilnosti, sigurnog dizajna otpornog na pogreške, korisnosti, upotrebljivosti i prihvaćanja korisnika, troškova, koristi i poslovnih modela, rizika i odgovornosti, kooperativne sustave kao politički alat i planove razvoja.⁷

3.2. SAFESPOT

SAFESPOT je integrirani projekt sufinanciran od strane Europske komisije, u okviru strateškog cilja „eSigurnosni kooperativni sustavi za cestovni promet“. Ovaj projekt radi na dizajniranju kooperativnih sustava za sigurnost na cestama koji se temelje na komunikaciji vozilo – vozilo (V2V) te vozilo – infrastruktura (V2I). SAFESPOT ima za cilj spriječiti prometne nesreće razvojem Safety Margin Assistant-a koji bi unaprijed otkrio potencijalno opasnu situaciju i proširio, u prostoru i vremenu, svijest vozača o okolnom okruženju, koristeći bežičnu komunikaciju. Glavna zadaća SAFESPOT projekta je razumjeti i procijeniti, pomoću testova u stvarnim uvjetima, potencijal kooperativnog pristupa u smislu poboljšanja sigurnosti cestovnog prometa. Ovaj projekt je usmjeren na otkrivanje

⁷ CVIS - Cooperative urban mobility, 2010.

potencijalno opasnih situacija te davanje upozorenja vozačima s komunikacijom u stvarnom vremenu. Komplementaran COOPERS-u i CVIS-u, posljednji je program za zadržati vozača unutar sigurnog područja, gdje još uvijek ima vremena reagirati na potencijalnu opasnost. SAFESPOT je podijeljen na osam pod-projekata, s dva podprojekta odgovorna za definicije kooperativnih aplikacija sustava:, pod-projekt SCOVA, za kooperativne sustave aplikacija baziranih na vozilima, koji se bave aplikacijama koji se obrađuju unutar vozila i pod-projekt COSSIB, za kooperativni sigurnosni sustav temeljen na infrastrukturi, gdje se aplikacije obrađuju na cesti.

Ograničen zahtjevima u stvarnom vremenu, sustav SAFESPOT odabrao je relevantnu opremu koja se ne može rasporediti na cijeloj cestovnoj mreži. Ovo je ograničenje uvelike ublaženo identifikacijom crnih točaka na cesti, dizajnom prilagođenih funkcionalnosti poput aplikacije „sigurnosna margina za pomoć i vozila za hitne slučajeve“ i upotrebom aplikacija temeljenih na vozilima. Također, integracija i kompatibilnost SAFESPOT-a s drugim europskim projektima kao što su COOPERS ili CVIS gotovo potiskuje ovo ograničenje. Sve veći interes i uključenost svih dionika u cestovnom prometu za inteligentne prometne sustave motivirani ekonomskim, ekološkim i sigurnosnim interesima omogućavaju da se smatra kako će se veliki napredak postignuti u cestovnim tehnologijama. Svojim rigoroznim razmatranjem problema sigurnosti na cestama, projekt SAFESPOT dokazuje da je dio ovog motivirajućeg napretka.⁸

3.3 C-THE-DIFFERENCE

Pilot projekt C-THE-DIFFERENCE razvijen je na osnovu zajedničke vizije koju su razvili i usvojili partneri konzorcija koji predstavljaju strane ponude i potražnje koji su posljednjih deset godina bili predani uvođenju C-ITS-a (kooperativnih inteligentnih transportnih sustava) na tržište kroz intenzivne napore i dugotrajna ulaganja u razvoj i implementaciju C-ITS usluga. Ta skupina pionira čvrsto vjeruju u mogućnosti C-ITS usluga

⁸ Bonnefoi F., Bellotti F., Schendzielorz T., Visintainer F.: Safespot applications for infrastructure-based cooperative road-safety, 2007.

za donošenje učinkovite i troškovno efektivne solucije za rješavanje problema urbane mobilnosti s obzirom na prometnu učinkovitost, sigurnost i utjecaj na okoliš.

Napredak u implementaciji i dugoročno obavljanje C-ITS usluga oslanjaju se na pet zlatnih pravila kojima se treba pozabaviti na koordiniran i integriran način:

Interoperabilnost – zahvaljujući usvajanju međunarodnih standarda, usluge C-ITS-a su u potpunosti interoperabilne i može se zagarantirati kontinuitet usluga bez obzira o geografskoj lokaciji, pružatelju usluga C-ITS-a te dobavljačima sustava C-ITS-a.

Održivost – ključni akteri iz javnog i privatnog sektora uključeni u lanac usluga C-ITS-a involvirani su u dugoročnoj suradnji s ciljem stvaranja dodane vrijednosti svakom korisniku u njegovoj svakodnevnoj mobilnosti, razvijanju održivih poslovnih modela, podizanju svijesti vezanih uz prednosti C-ITS-a, izgradnji europskog C-ITS tržišta te doprinosu gospodarskog rasta.

Skalabilnost – scenariji implementacije mogu se prilagoditi korisničkim potrebama, politikama gradskog prijevoza i mobilnosti, aktualnoj infrastrukturi i financijskim mogućnostima. Zbog skalabilne arhitekture, implementacija može započeti s prvim paketom C-ITS usluga koje donose brze prednosti s obzirom na prioritete urbane mobilnosti i mogu se dalje razvijati u modularnom pristupu pomoću dodatnih usluga i/ili proširene geografske pokrivenosti i/ili sve veći broj korisnika uz minimalne dodatne troškove. Kombinirana uporaba G5 i 3G/4G komunikacijskih tehnologija doprinosi ubrzanju stope penetracije nekoliko C-ITS usluga.

Replikabilnost – usluge C-ITS-a nisu limitirane na manji broj vodećih gradova. Svi gradovi mogu imati koristi od iskustva onih koji su prvi usvojili tehnologiju putem učinkovite razmjene znanja s ciljem olakšanja donošenja odluka vezanih uz početna ulaganja u C-ITS i ubrzanja implementacije prilagođenih C-ITS solucija.

Pouzdanost – gradovi mogu imati oslonac na čvrstim dokazima o prednostima C-ITS-a za donošenje odluka o implementaciji C-ITS usluga koje imaju mogućnost integracije na trenutnu infrastrukturu prometa i mobilnosti. Gradovi mogu ulagati u povjerenje u portfelj C-ITS usluga utemeljenih na kvalitetnim i troškovno učinkovitim tehnologijama te otvorenoj i standardiziranoj arhitekturi koja omogućuje visokokvalitetno pružanje usluga i kapacitet za integraciju novih značajki.

Ciljevi C-THE-DIFFERENCE projekta su:

- Isporučivanje sveobuhvatne i integrirane procjene učinka uz pomoć poboljšanih metodologija evaluacije i do osamnaest mjeseci rada paketa C-ITS usluga
- Premošćivanje jaza između najnaprednijih implementacija C-ITS-a u urbanim okruženjima i implementacije velikih razmjera i operacija ciljanjem na stručnjake odgovorne za planiranje i operacije gradskog prometa, kreatore politika i donositelje odluka
- Uvjeravanje europskih gradova na ulaganja u zrela i dokazana C-ITS rješenja poticanjem i replikacijom kroz City Twinning Program (Program bratimljenja gradova)⁹

3.4. COMESAFETY

COMeSafety projekt je podržan od strane eSafety foruma u pogledu svih pitanja vezanih uz komunikaciju između vozila i vozila s infrastrukturom kao osnovu za kooperativne inteligentne cestovne prometne sustave. COMeSafety obuhvaća pet glavnih aktivnosti posvećenih na kooperativne sigurnosne sustave:

- Koordinacija i objedinjavanje rezultata istraživanja i njihovih implementacija
- Podrška eSafety forumu
- Podrška svjetskoj standardizaciji
- Podrška harmonizaciji frekvencija i dodjeli spektra
- Širenje

COMeSafety podržava pripremu kooperativnih sigurnosnih sustava vozila temeljenih na bežičnim komunikacijama za implementaciju. COMeSafety pruža otvorenu integrirajuću platformu za razmjenu informacija i prezentaciju rezultata, s ciljem zastupanja interesa svih javnih i privatnih dionika. S ciljem usklađivanja europskog i svjetskog sustava, uspostavljaju se veze s relevantnim projektima kao i organizacijama. Organiziraju se međunarodne radionice kako bi okupile eSafety forum i sve dionike. Redoviti elektronički bilteni i

⁹ https://c-thedifference.eu/?page_id=2 (pristup: 06.11.2023.)

publikacije na velikim konferencijama i tiskovnim događanjima podržavaju širenje informacija.

Pet glavnih ciljeva projekta su:

- Koordinacija i konsolidacija rezultata koji proizlaze iz europskih i nacionalnih projekata kao i ishoda inicijativa poput konzorcija za komunikaciju između automobila (C2C-CC) za pripremu procesa standardizacije s obzirom na sve tehnologije za komunikaciju vozilo – vozilo (V2V) i vozilo – infrastruktura (V2I)
- Podrška Forumu, posebno radnoj skupini za komunikacije, promicanjem razmjene informacija, sažimanjem glavnih rezultata istraživanja, davanjem povratnih informacija o napretku provedbe, širenjem preporuka Forumu i davanjem doprinosa u vezi sa strategijama implementacije
- Usklađivanje i koordinacija s aktivnostima i inicijativama drugdje u svijetu, posebice s konzorcijima VSC i VII u SAD-u i programe poput AHSRA i ASV3 u Japanu
- Podrška za dodjelu namjenskog frekvencijskog pojasa s učinkovitom zaštitom za komunikaciju između automobila/infrastrukture koja se odnosi na sigurnost kroz suradnju s europskim regulatornim tijelima i tehničkim radnim skupinama organizacija za normizaciju
- Širenje rezultata prema svim dionicima, npr. široj javnosti, industrijskim igračima, cestovnim operaterima, europskim i nacionalnim tijelima itd. za pripremu uvođenja sustava

3.5. COOPERS (COOPERATIVE SYSTEMS FOR INTELLIGENT ROAD SAFETY)

Glavne komponente konvencionalnog upravljanja prometom su TCC (Traffic Control Center) i sustavi uz cestu, koji se sastoje od petlji, kamera i drugih senzora te izlaznih stanica za prikupljanje podataka i znakova s promjenjivim porukama za pružanje informacija. U modelu upravljanja prometom koji se temelji na usluzi COOPERS, veza između TCC-a i sustava u automobilu uspostavlja se putem CSC-a, koji je inicijalno postavljen kao entitet koji je odvojen od TCC-a. Podaci o upravljanju prometom zatim se dvosmjerno razmjenjuju između TCC-a, COOPERS servisnog centra i vozila. Ova metodologija pruža vozačima

personalizirane informacije o upravljanju prometom, povećavajući učinkovitost i sigurnost na cestama smanjujući troškove za operatere cesta kao i za industriju.

COOPERS projekt je sustav koji povezuje vozila s cestovnom infrastrukturom korištenjem kontinuirane bežične komunikacije. Ova komunikacija omogućuje razmjenu sigurnosnih informacija za određeni segment ceste s vozilima u blizini. Svrha je povećati ukupnu sigurnost i omogućiti kooperativno upravljanje prometom. Očekuje se da će usluge COOPERS-a poboljšati sigurnost u prometu pružanjem ranog upozorenja na rizične prometne uvjete kao što su: nesreće, incidenti, nepovoljni vremenski uvjeti, radovi na cesti, iskorištenost traka i prometne gužve. Obzirom kako je većina prethodnih projekata istraživanja i razvoja u ovom području usmjerena na autonomne sustave u automobilu ili komunikaciju između vozila, COOPERS se bavi poboljšanjem „inteligencije“ cestovne telematičke infrastrukture, tako da infrastruktura na kraju projekta može komunicirati/surađivati s vozilima i obrnuto.¹⁰

3.6. PROJEKT DESERVE (DEVELOPMENT PLATFORM FOR SAFE AND EFFICIENT DRIVE)

Deserve je razvojni istraživački projekt za sigurnu i učinkovitu vožnju koji je započeo u rujnu 2012. godine te je sufinanciran od strane Europske komisije u okviru programa Artemis Joint Undertaking. Projekt je zajednički napor velikih proizvođača vozila (Volvo, Daimler), centara za istraživanje automobila (CRF), dobavljača komponenti (Continental, AVL, Bosch, NXP, Infineon, TTS, Technolution...), istraživačkim institutima (VTT, ICOOR, ReLab, INRIA, CTAG) te sveučilištima (VisLab, IRSEM, ARMENIS, IKA, INTEMPORA, Sveučilišta u Hannoveru) namijenjen uspostavljanju novog dizajna i učinkovitijeg procesa razvoja kako bi se postiglo smanjenje troškova komponenti i vremena razvoja budućih ADAS funkcija (Advanced Driver Assistant System) za moderna vozila.

Projekt Deserve trebao bi omogućiti proizvođačima vozila i njihovim dobavljačima upravljanje očekivanim porastom složenosti funkcija zajedno s potrebnim smanjenjem troškova (fiksni i varijabilni). Projekt Deserve se temelji na slijedećim principima: standardizacija sučelja, ponovna uporaba softvera (SW), razvoj zajedničkih nekonkurentnih

¹⁰ Frotscher A., Scheider T.: COOPERS Project: Development of an ITS architecture for co-operative systems on motorways, 2008.

SW modula te jednostavne i sigurnosne integracije standardiziranog hardvera (HW) ili softvera od različitih dobavljača. Proces dizajna Deserve projekta koristi inovativnu metodologiju istraživanja prostora dizajna (DSE). Predviđeno je da se korištenjem DSE koncepta mogu smanjiti troškovi projektiranja sustava i vrijeme potrebno za projektiranje sustava za više od 15%.

Projekt Deserve će izgraditi inovacijski ekosustav za europske tvrtke u ADAS ugrađenim sustavima, temeljen na akterima istraživanja i razvoja u automobilske industriji, s mogućim primjenama u drugim industrijskim domenama. Uz ugrađeni Deserve proces dizajna, platforma usvaja naprednu strategiju dizajna usmjerenu na čovjeka. Na kraju će sve ADAS funkcije podržavati vozača vozila i motociklista. Razvijene aplikacije pružit će prirodnu podršku vozaču i motociklistu, uz odgovarajuće razine ukupne funkcionalne sigurnosti tijekom složenih ili hitnih manevara. Prijašnja iskustva ljudskih karakteristika poput percepcije i ponašanja vozača u AIDE (u Europskom okvirnom programu 6) i interactIVe (u Europskom okvirnom programu 7) projektima će se koristiti za razvoj HMI rješenja prilagođenih korisniku koja se prilagođavaju prema vozaču.

Projekt je identificirao sljedeće klastere aplikacija za podršku vozaču vozila i motocikla za koje je integracija funkcija u platformu sličnu Deserve troškovno učinkovita opcija:

- Sustav pomoći pri promjeni trake
- Sigurnosni sustavi za pješake
- Sustav gledanja naprijed/natrag (daljinski domet)
- Adaptivna kontrola svjetla
- Asistent parkiranja
- Sustav za noćno gledanje
- Sustav tempomata
- Prepoznavanje prometnih znakova i semafora
- Karta podržanih sustava (Napomena: samo DAS opseg, bez informacija o vozaču)
- Promatranje unutrašnjosti vozila

Razvojna platforma Deserve razlikuje tri razine inteligencije: percepciju, primjenu i kontrolu intervencije i upozorenja. Sloj percepcije uključuje različite module percepcije okoline. Ovaj je sloj kompatibilan s arhitekturom koja dolazi iz projekta interactIVe (EU-FP7). Osim toga, napravljen je plan koji se odnosi na prototipove kako bi se povezali radari, kamere i digitalne

karte s različitim Derserve demonstratorima. Na kraju će se tehnički ocijeniti kompletna arhitektura sustava. Stoga projekt Derserve uključuje niz demonstracija u kojima će se koristiti pet različitih demonstracijskih vozila kako bi se provjerilo mogu li se proces i platforma lako implementirati u različite marke i modele vozila:

- 3 osobna automobila (Mercedes i CRF)
- 1 teško gospodarsko vozilo (Volvo)
- 1 motocikl (Ramboll)

Projekt je koncipiran na način da obuhvaća osam pod-projekata:

- Prvi pod-projekt vrši identifikaciju i prikupljanje potrebnih specifikacija i zahtjeva potrebnih opskrbljivačima, vozačima, razvojnim timovima...,a koji su potrebni unutar Derserve platforme,
- Drugi pod-projekt je središnji dio svih projekata unutar kojih će Derserve platforma na kraju biti i razvijena. Jedna od ključnih zadaća je razvijanje pogodnih procesa i dizajna koje će zadovoljavati sve kriterije Derserve platforme,
- Kod trećeg pod-projekta primarni fokus je usmjeren na vozača i njegovo ponašanje u prometu. Glavni cilj ovog pod-projekta se očituje u snimanju vozačevih reakcija prilikom pokusnih vožnji s ciljem razvijanja programa za prepoznavanje,
- Četvrti pod-projekt odnosi se na razvoj ADAS funkcija i njegovih mogućnosti za prepoznavanje,
- U petom pod-projektu će svi prethodno navedeni pod-projekti biti integrirani i testirani unutar virtualnog prometa u različitim scenarijima,
- Šesti pod-projekt, kao glavnu zadaću ima procjenu svih prednosti i nedostataka svih prototipa sustava i funkcija razdvojenih za Derserve platformu, odnosno jesu li zadovoljeni postavljeni kriteriji ili nisu,
- Sedmi pod-projekt uključen je u eksploataciju Derserve platforme i predviđanje aktivnosti kod različitih ITS područja, zatim je na temelju dobivenih rezultata potrebno utvrditi održivost platforme sa ekonomskog gledišta,
- Osmi pod-projekt prati sve aktivnosti vezane uz menadžerski dio te koordinaciju cjelokupnog projekta.

Ciljevi Deserve projekta očituju se u:

- Definiciji i implementaciji procesa vođenog modelom za razvoj sastava sigurnosno kritičnih sustava koji omogućuje glatka integracija postojećih komponenti i funkcija u novi okvir
- Razvoju inovativne ugrađene platforme za vozila koja mogu podržati brz i pouzdan razvoj ADAS-a i učinkovite funkcije ekološke vožnje
- Integraciji postojećih senzora i aktuatora vozila u objedinjeni softverski okvir za višestruke aplikacije za sigurnost i ekološku vožnju
- Prilagodbi trenutne fuzije podataka, HMI i modula za ponašanje vozača kako bi se osigurala odgovarajuća i usklađena među programska oprema za različite funkcije sigurnosti i ekološke vožnje
- Definiranju metodologije analize za uspostavljanje industrijski primjenjivog procesa za istraživanje prostora dizajna i zadovoljenja ograničenja s više kriterija, s posebnim osvrtom na sigurnosna svojstva
- Implementaciji demonstratora za aktivnu i pasivnu sigurnost vozača i svih sudionika u prometu u tri makro područja u domeni automobilizma kao što su: tehnička, sigurnosna i učinkovita procjena utjecaja dobivenih prototipova prema metodologijama evaluacije identificiran u projektu PREVAL i u skladu s interaktivnim metodologijama evaluacije, analiza troškova i koristi, procjena smanjenja troškova u usporedbi s konvencionalnim sustavima pomoći vozaču
- Primjeni V-modela te razvoju usluga visoke razine i sučelja aplikacijskog protokola (API) koji se mogu koristiti u širokom rasponu slučajeva korištenja povezanih sa sigurnošću putem multimodalnog HMI-a s procjenom ponašanja korisnika i vozača kroz testove u simulatoru vožnje i u prototipovima vozila

3.6.1. Faze razvoja i ograničenja projekta Deserve

Faze razvoja temelje se na hipotezama istraživanja i perspektivama plana validacije projekta DESERVE. Te su faze definirane na sljedeći način:

- Definicije zahtjeva: razvijene su na temelju potreba aplikacije i platforme te različitih demonstratora,

- Prikupljanje informacija: zahtjevi će se koristiti za definiranje pokazatelja uspješnosti projekta koji se odnose na razvojnu platformu ADAS i analizu ponašanja vozača,
- Vremena razvoja: svaki partner će pružiti svoje prethodne podatke o razvijenim ADAS funkcijama koje će se kasnije usporediti s podacima redizajniranih i ponovno razvijenih ADAS funkcija prema DESERVE pristupu,
- Funkcije testnog slučaja: koristit će se za provjeru valjanosti podataka prilikom mjerenja izvedbe sustava prema odabranim ključnim pokazateljima izvedbe,
- Integracija i testiranje: Ova faza integrira sve funkcije razvijene na odabranoj fizičkoj platformi. Nadalje, testiranje cijelog integriranog ADAS sustava odvijat će se u ovoj fazi,
- Validacija i evaluacija: Ova faza analizira prikupljene podatke za procjenu je li postignuta cjelokupna hipoteza istraživanja.

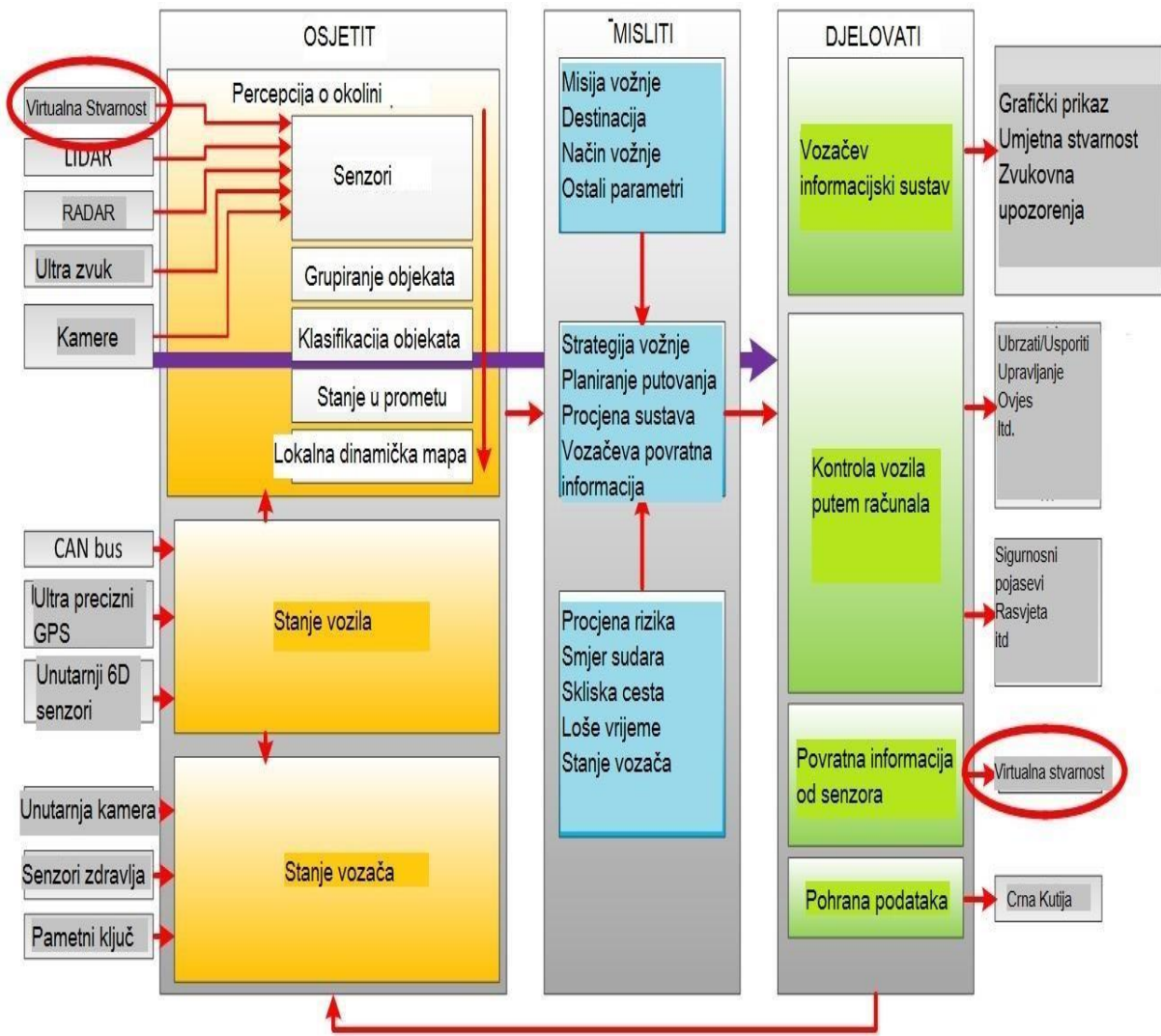
Ograničenja su identificirana u odnosu na prikupljanje podataka za izračun ključnih pokazatelja uspješnosti. Neki od pokazatelja nisu se mogli izmjeriti u početku jer je razvoj platforme bio u tijeku i nisu bili dostupni prethodni podaci. Iz tog razloga, projekt će se usredotočiti na postizanje općih zahtjeva platforme umjesto detaljnih. Generički zahtjevi (uglavnom iz standarda ISO 26262 i AUTOSAR) odnose se samo na "industrijalizirane" verzije platforme, a ne na pojedinačne module koji su razvijeni u Deserve brzom izradi prototipa okvira platforme.

3.6.2. Struktura ADAS-a

Rad ADAS sustava temelji se na komunikaciji sa svim uređajima na vozilu, odnosno "sensing" tehnologiji. Izravna komunikacija se ne mora nužno odvijati unutar samog vozila već može biti fokusirana na ostala vozila i infrastrukturu. Takav način komunikacije znatno poboljšava sigurnost izvan vidnog polja vozača te omogućava rano upozorenje vozaču na situaciju u prometu. Druga zadaća izravne komunikacije očituje se u prosljeđivanju informacija vezanih uz kvar na vozilu, sudare, gužve, itd. Osim prosljeđivanja relevantnih informacija, izravna komunikacija služi tome da sam sustav, zajedno sa njegovom bazom podataka bude u svakom trenutku ažuran sa trenutnim događanjima. Izravan oblik komunikacije iziskuje komuniciranje u realnom vremenu, a kako bi to bilo moguće,

upotrebljava kooperativne module poput mobilnih mreža i bežične komunikacije putem Wi-Fi tehnologije. Kooperativni moduli su virtualni senzori unutar ADAS sustava koji pomoću konvencionalnih senzora obrađuju podatke vezane uz okolinu, a potom ih proslijeđuju vozačima te preko infrastrukture do centra za upravljanje prometom.¹¹

Slika 9: Arhitektura ADAS sustava



Izvor: Deserve-development platform for safe and efficient drive, Cooperative Systems Test Case Functions, 2014

¹¹ Kutila M., Pyykonen P., Van P., Pallaro N., Perez Rastelli J.: The Deserve Project: Towards Future ADAS Functions, 2014.

4. PRIMJERI KOOPERATIVNIH SUSTAVA U POJEDINIM SVJETSKIM GRADOVIMA

Unutar ovog poglavlja navedeni su neki od stvarnih primjera kooperativnih sustava u urbanim okruženjima iz pojedinih svjetskih gradova koji pomoću različitih tehnologija i sustava promiču i doprinose suradnji između vozila, infrastrukture i drugih sudionika u prometu s ciljem stvaranja sigurnijeg, učinkovitijeg, održivijeg i ekološki prihvatljivijeg prometnog sustava.

4.1.1. Centar za upravljanje prometom u Sao Paulu (CET - Centro de Operações de São Paulo)

Centar za upravljanje prometom je napredan sustav za upravljanje prometom smješten u Sao Paulu, Brazilu. Ovaj sustav ima ključnu ulogu u praćenju, analizi i optimizaciji prometnih tokova u stvarnom vremenu s ciljem poboljšanja protočnosti prometa, smanjenju gužvi i povećanju sigurnosti na cestama.

Slika 10: Kontrolni centar CET-a



Izvor: <http://evia.cetsp.com.br/index.php/2019/06/25/central-de-operacoes-da-cet-inaugura-novo-video-wall/>

(pristup: 16.12.2023.)

Nekoliko važnih segmenata ovog sustava očituju se u:

- **Praćenju u stvarnom vremenu:** CET koristi različite izvore podataka, uključujući kamere, senzore, GPS uređaje i druge tehnologije, kako bi pratili prometne tokove u stvarnom vremenu što omogućuje operaterima informiranost o trenutnom stanju prometa na različitim dijelovima grada.
- **Upravljanju semaforima:** Sustav omogućuje operaterima praćenje i upravljanje semaforima širom grada. Na temelju podataka o prometu, operateri mogu prilagoditi trajanje svjetlosnih ciklusa semafora kako bi se poboljšala protočnost i smanjile gužve.
- **Detekciji incidenata:** CET prati i detektira prometne nesreće, zastoje, nezgode i druge incidente na cestama. Ova brza detekcija omogućuje brzu intervenciju i minimizira negativne učinke incidenata na promet.
- **Informiranju javnosti:** Sustav pruža informacije o prometnim uvjetima i incidentima putem različitih kanala, uključujući web stranice, mobilne aplikacije, društvene mreže i radijske postaje. To pomaže vozačima i građanima s donošenjem informirane odluke o putovanju.
- **Integraciji s drugim službama:** CET surađuje s različitim službama, kao što su hitne službe, policija i komunalna služba, s ciljem osiguranja koordinirane reakcije na hitne slučajeve.
- **Analizi podataka:** Sustav prikuplja i analizira podatke o prometu kako bi identificirao obrasce i trendove. Ovi podaci koriste se za razvoj strategija za dugoročno poboljšanje prometnog sustava.
- **Ciljevima održivosti:** CET također ima cilj smanjiti emisiju štetnih plinova i poticati održive oblike prijevoza, poput biciklizma i javnog prijevoza.

Centar za upravljanje prometom u Sao Paulu je primjer kako tehnologija može biti iskorištena da bi se upravljalo složenim urbanim prometnim izazovima. Ovaj sustav pomaže

gradskim vlastima s bržim reagiranjem na prometne situacije, poboljšanju mobilnosti građana i stvaranju ugodnijeg i sigurnijeg prometnog okruženja.¹²

4.1.2. Služba za prometne informacije u Seoulu (Seoul's TPEG-based Traffic Information Service)

Služba za prometne informacije u Seoulu predstavlja inovativan sustav za pružanje informacija o prometu temeljen na TPEG (Transport Protocol Expert Group) tehnologiji, koji je implementiran u Južnoj Koreji, posebno u glavnom gradu Seoulu. Ovaj sustav ima za cilj pružiti vozačima, putnicima i ostalim sudionicima prometa ažurirane informacije u stvarnom vremenu kako bi olakšao navigaciju, smanjio zagušenje i poboljšao ukupno iskustvo putovanja. Ključne značajke ovog sustava uključuju:

- **TPEG tehnologiju:** TPEG je standard za prijenos prometnih informacija putem digitalnih medija kao što su mobilne aplikacije, navigacijski uređaji i radijski prijemnici. Ova tehnologija omogućuje brzo i pouzdano prenošenje informacija u stvarnom vremenu.
- **Detaljne i ažurirane informacije:** Sustav pruža detaljne informacije o različitim aspektima prometa, uključujući prometne nesreće, zastoje, radove na cestama, brzinu kretanja vozila i druge relevantne podatke. Informacije se redovito ažuriraju kako bi se osigurala svježina i točnost. Vozači i građani mogu dobiti trenutne podatke o prometnim uvjetima i donositi informirane odluke o putovanju.
- **Različiti kanali dostave:** Informacije se dostavljaju putem različitih medija kao što su mobilne aplikacije, internet stranice, navigacijski uređaji i radijski prijemnici. To omogućuje korisnicima odabir kanala koji im najbolje odgovara.
- **Prilagodljive rute:** Sustav može ponuditi alternativne rute kako bi se izbjegli zastoji i gužve na cestama. Vozači mogu odabrati optimalnu rutu na temelju trenutnih uvjeta.

¹² <https://www.worldbank.org/en/topic/transport/publication/what-makes-a-city-smart> (pristup: 10.11.2023.)

- **Poticaj za održivu mobilnost:** Sustav također može pružiti informacije o javnom prijevozu, biciklističkim stazama i drugim održivim opcijama prijevoza, potičući građane na razmatranje alternative automobilskom prometu.
- **Brza reakcija na prometne incidente:** Ako se dogodi prometni incident, sustav može brzo obavijestiti korisnike i pružiti informacije o zaobilaznim rutama.
- **Smanjenje emisija CO2:** Kroz bolje upravljanje prometom i mogućnost odabira optimalnih ruta, ovakav sustav može doprinijeti smanjenju emisija stakleničkih plinova.

Služba za prometne informacije u Seoulu je primjer kako kooperativni sustavi mogu biti iskorišteni da bi se olakšalo putovanje, poboljšala učinkovitost prometnog sustava i pružilo bolje iskustvo sudionicima prometa.

4.1.3. Seoul TOPIS (Transport Operation & Information Service)

Seoul TOPIS sustav je integrirani pristup upravljanju i praćenju prometa u gradu Seoulu. TOPIS uključuje praćenje prometnih tokova u stvarnom vremenu, upravljanje semaforima, identifikaciju prometnih nesreća i incidenata te pružanje informacija građanima. Osim toga, sustav ima širi opseg funkcija, uključujući integraciju različitih izvora podataka, suradnju s hitnim službama, upravljanje prometnim nesrećama i slično. TOPIS ima svrhu boljeg upravljanja prometom, povećanja sigurnosti i poboljšanja mobilnosti u gradu.

Seoul TOPIS odnosi se na opći centar za kontrolu prometa odgovoran za rad i upravljanje cjelokupnim prometom grada Seoula. TOPIS to čini prikupljanjem informacija o prometu iz sustava upravljanja autobusima (BMS), sustava transportnih kartica, bespilotnog nadzornog sustava i tijela i institucija povezanih s prometom kao što su Seoul Traffic Broadcasting, Seoul Metropolitan Police Agency i Korea Expressway Corporation.

Sustav je dizajniran za uklanjanje gustog prometa i izbjegavanje iznenadnih problema u prometu prikupljanjem informacija o prometu autobusa, broju ljudi koji koriste javni prijevoz, gustoći prometa, brzinama prometa, incidentnim situacijama poput prometnih nesreća i demonstracija, statusu brzih cesta, osobnim prometnim informacijama i drugim informacijama vezanim uz prijevoz, te uspostavljanje znanstveno utemeljenih politika javnog prijevoza kroz analizu ovih integriranih informacija o prometu.

Slika 11: Svrha i pozadina TOPIS sustava

Što	Integrirano upravljanje prijevozom i uslugu grada Seoula
Svrha	Povezivanje i integracija prometno informacijskih i prometnih sustava Znanstvena potpora prometnoj administraciji Upravljanje komunikacijskim i javnim prometnim informacijama u stvarnom vremenu Upravljanje poslovima javnog prijevoza Dijeljenje naprednih prometnih sustava
Pozadina	Raspršeni izvori privatnih i javnih informacija o prometu Želja za reformom prometnog sustava uspostavom različitih prometno-informacijskih sustava Potražnja za korištenjem informacija za uspostavu znanstveno utemeljene prometne administracije

Izvor: https://topis.seoul.go.kr/eng/page/about_1.jsp (pristup: 10.11.2023.)

Bitne značajke Seoul TOPIS sustava utemeljene su na:

- **Integriranom pristupu:** Seoul TOPIS integrira podatke iz različitih izvora, uključujući prometne kamere, senzore, GPS podatke, informacije o javnom prijevozu i druge relevantne izvore. Ova integracija omogućuje sveobuhvatan uvid u stanje prometa.
- **Praćenju u stvarnom vremenu:** Sustav prati prometne tokove u stvarnom vremenu kako bi operaterima omogućio brzu reakciju na prometne incidente, zastoje ili druge probleme.

- **Upravljanju semaforima:** TOPIS omogućuje operaterima praćenje i upravljanje semaforima na različitim raskrižjima i prometnicama. Ovo se radi kako bi se optimizirala regulacija prometa i smanjila zagušenja.
- **Upravljanju prometnim nesrećama:** Sustav pomaže pri brzom identificiranju i reagiranju na prometne nesreće i incidente kako bi se minimizirao njihov utjecaj na promet.
- **Javnoj informiranosti:** Građani imaju pristup ažuriranim informacijama o prometnim uvjetima, zastoјima, radovima na cestama i drugim relevantnim događajima putem mobilnih aplikacija, web stranica i drugih kanala.
- **Planiranju ruta:** TOPIS omogućuje korisnicima dobivanje preporučene rute koje se temelje na trenutnim prometnim uvjetima. To pomaže vozačima sa izbjegavanjem gužvi i smanjenju vremena putovanja.
- **Integraciji s hitnim službama:** Sustav surađuje s hitnim službama kako bi osigurao koordiniranu reakciju na prometne nesreće i hitne situacije.
- **Smanjenju emisija CO2:** Kroz bolje upravljanje prometom i poticanje na održive oblike prijevoza, TOPIS doprinosi smanjenju emisija stakleničkih plinova.¹³

4.1.4. Pametne autoceste (SMART Highways)

SMART Highways je inovativni program koji se provodi u Nizozemskoj s ciljem poboljšanja prometne infrastrukture i prometnog upravljanja kako bi se osigurala veća protočnost, sigurnost i održivost prometa. Ovaj program uključuje različite tehnološke inovacije i pristupe kako bi se modernizirali nizozemski auto-cestovni sustavi i prometni koridori. „SMART Highways“ su interaktivne i održive ceste čiji je cilj bio napraviti pametne ceste korištenjem svjetla, energije i informacija koje su u interakciji s prometnom situacijom.

¹³ https://topis.seoul.go.kr/eng/page/about_1.jsp (pristup: 10.11.2023.)

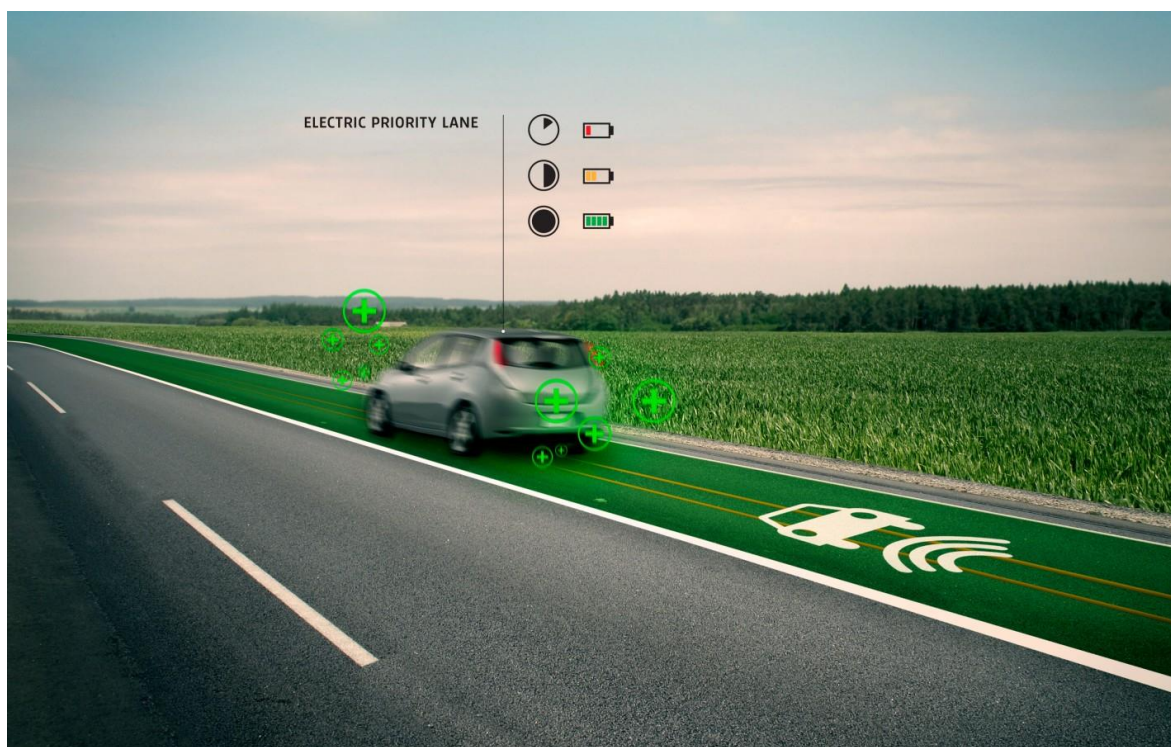
U svom prvom dizajnu svjetleće trake se pune danju i svijetle nekoliko sati noću kako bi stvorile kultno iskustvo na autocesti i povećale sigurnost. Ostali dizajni kao što su „Van Gogh Bicycle Path“ i „Gates of light“ također su realizirani s ciljem povećanja sigurnosti i stvaranja autentičnog doživljaja vožnje.

Ključne značajke programa SMART Highways temelje se na:

- **Pametnim sustavima upravljanja prometom:** Program SMART Highways uključuje implementaciju naprednih sustava upravljanja prometom. To uključuje primjenu senzora, kamera, informacijskih tehnologija i pametnih semafora kako bi se bolje pratili i upravljali prometni tokovi.
- **Dinamičkom upravljanju brzine:** U sklopu programa koriste se tehnologije koje omogućuju dinamičko prilagođavanje ograničenja brzine na temelju stvarnih uvjeta na cesti. Ovo pomaže u smanjenju prometnih zastoja i povećanju sigurnosti.
- **Komunikaciji između vozila i infrastrukture:** Program SMART Highways promiče komunikaciju između vozila i infrastrukture (V2I) te između vozila (V2V). Ova komunikacija omogućuje razmjenu informacija o prometnim uvjetima, incidentima i drugim relevantnim podacima.
- **Naprednim informacijskim platformama:** Nizozemska je razvila napredne informacijske platforme koje pružaju vozačima i putnicima stvarne informacije o prometu, zastojima, radovima na cestama i alternativnim rutama.
- **Poticanju održivog prijevoza:** Program također promiče održive oblike prijevoza poput biciklizma i javnog prijevoza s ciljem smanjenja broja vozila na cestama i emisija stakleničkih plinova.
- **Smanjenju zagušenja:** Implementacija tehnoloških rješenja za dinamičko upravljanje prometom i komunikaciju između vozila i infrastrukture pomaže u smanjenju prometnih zastoja i zagušenja na cestama.

- **Povećanju sigurnosti:** Kroz poboljšano upravljanje prometom, smanjenje brzine i bolju komunikaciju, program SMART Highways doprinosi povećanju sigurnosti prometa na cestama.
- **Inovacijama:** Program se neprestano razvija i uvodi nove tehnologije kako bi se pratili trendovi u prometnom sektoru i iskoristili inovativni pristupi za bolje prometno upravljanje.

Slika 12: Pametna cesta s funkcijom punjenja električnih vozila



Izvor: <https://www.vidi.hr/Pop-Tech/Pametna-cesta-svijetli-u-mraku-i-puni-elektricni-auto>

(pristup: 16.12.2023.)

SMART Highways predstavlja inovativan pristup modernizaciji prometne infrastrukture kako bi se odgovorilo na izazove rastućeg prometa i urbanizacije. Ovi sustavi imaju potencijal poboljšati kvalitetu života građana, smanjiti prometne zastoje i pridonijeti održivom prometu. Važno je napomenuti da se implementacija SMART Highways sustava može razlikovati od jednog područja do drugog i ovisiti o financijskim sredstvima, tehnološkim resursima i prometnim potrebama regije ili grada.¹⁴

¹⁴ <https://theindexproject.org/post/smart-highway> (pristup: 14.11.2023.)

4.1.5. Integracija javnog prijevoza u Beču (Vienna's Public Transport Integration)

Integracija javnog prijevoza u Beču je program koji predstavlja napredan pristup povezivanju različitih oblika javnog prijevoza kako bi se olakšala mobilnost građana u austrijskoj prijestolnici. Ovaj program ima za cilj stvoriti učinkovit i dobro povezan sustav javnog prijevoza koji će građanima omogućiti jednostavno putovanje između različitih prijevoznih sredstava.

Ključne značajke ovog programa su:

- **Integrirani sustav karata:** Program omogućuje korisnicima korištenje jedinstvene kartice ili karte za korištenje različitih oblika javnog prijevoza, kao što su tramvaji, autobusi, podzemna željeznica i vlakovi. To olakšava prijelaz između različitih vozila i rute.
- **Jednostavno planiranje putovanja:** Građanima je omogućeno jednostavno planiranje svojeg putovanja koristeći integrirane mreže i aplikacije. Sustav pruža informacije o dolascima i polascima svih oblika prijevoza, što pomaže korisnicima da optimalno isplaniraju svoje putovanje.
- **Povezivanje s područjima izvan grada:** Program ne obuhvaća samo gradski javni prijevoz, već i povezivanje s predgrađima i drugim udaljenim područjima. Ovo olakšava putovanje radnicima i stanovnicima šireg područja.
- **Povezivanje s biciklima i drugim oblicima prijevoza:** Integracija javnog prijevoza s drugim oblicima prijevoza, poput bicikala i „carpoolinga“, promovira održive i fleksibilne opcije putovanja.
- **Efikasnost i smanjenje prometnih gužvi:** Integracija javnog prijevoza pomaže smanjenju broja osobnih vozila na cestama, što može dovesti do smanjenja prometnih gužvi i smanjenja emisija štetnih plinova.
- **Promicanje održivosti:** Program podržava održive oblike prijevoza i potiče građane da se odluče za ekološki prihvatljive opcije putovanja.

- **Fleksibilnost i praktičnost:** Integrirani sustav olakšava svakodnevne putne potrebe građana, pružajući im fleksibilnost u odabiru prijevoznih sredstava.

Slika 13: Ilustracija grada Vienne



Izvor: <https://www.beesmart.city/city-portraits/smart-city-vienna> (pristup: 16.12.2023.)

Program integracije javnog prijevoza u Beču odražava posvećenost gradu stvaranju učinkovitog, praktičnog i održivog sustava prijevoza. Ovaj pristup pomaže unaprijediti mobilnost građana, smanjiti ovisnost o automobilima i pridonijeti kvaliteti života u gradu.¹⁵

4.1.6. Midtown in Motion u New Yorku

Midtown in Motion program je inovativna inicijativa za upravljanje prometom koja je provedena u New York Cityju radi poboljšanja prometnih tokova, smanjenja gužvi i povećanja učinkovitosti prometnog sustava u središnjem dijelu grada, poznatom kao

¹⁵ Halpern C., Orlandi C.: Comparative analysis of transport policy processes, Vienna; 2020.

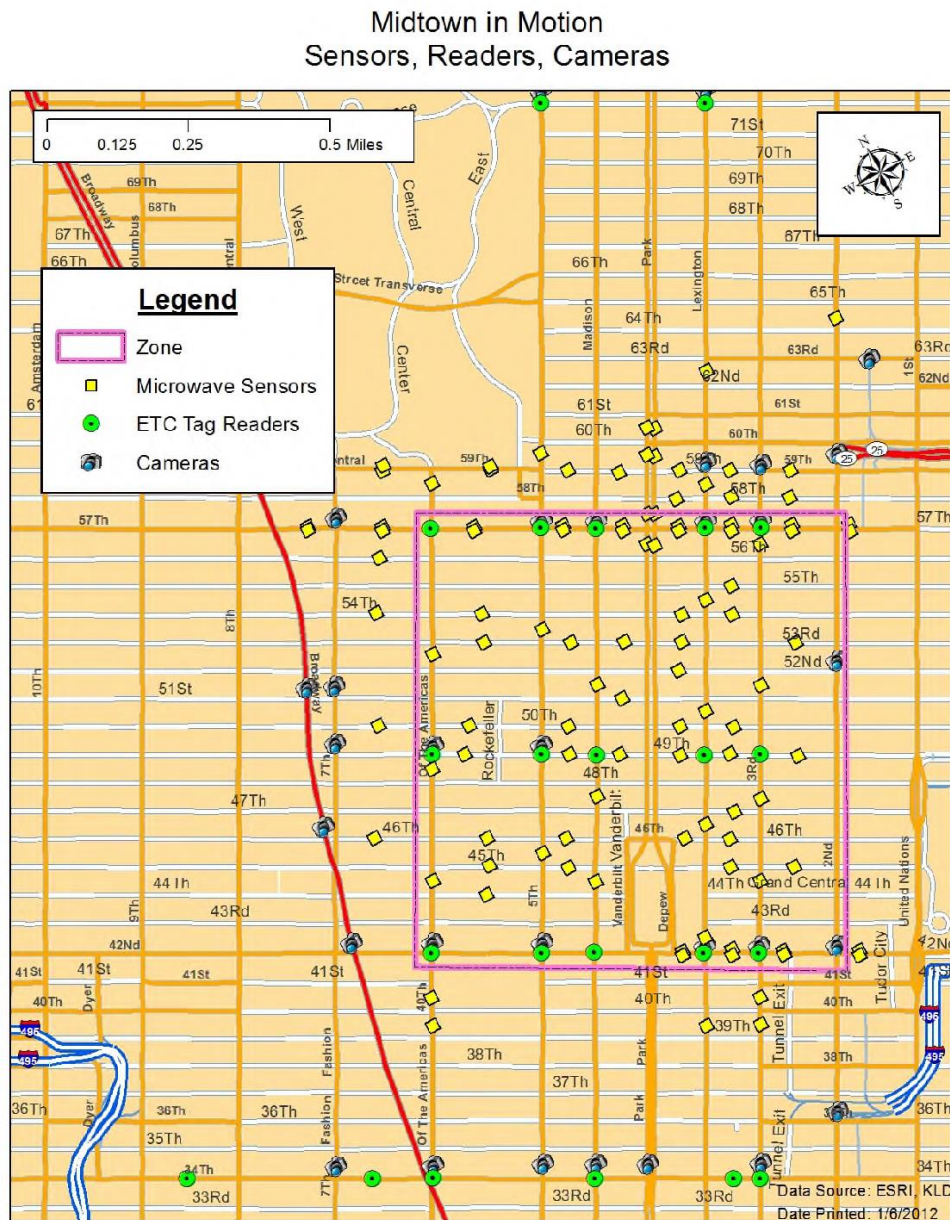
Midtown Manhattan. Ovaj program koristi napredne tehnologije i podatke kako bi omogućio bolje upravljanje prometom u jednom od najprometnijih dijelova New York Cityja.

Ključne značajke i aspekti ovog programa uključuju:

- **Senzore i kamere:** Program koristi razne senzore i prometne kamere postavljene duž cesta kako bi prikupljao podatke o prometnom toku, brzinama vozila, gužvama i drugim prometnim uvjetima.
- **Praćenje u realnom vremenu:** Podaci sakupljeni od senzora i kamera analiziraju se u stvarnom vremenu kako bi se dobili ažurirani podaci o prometnim uvjetima u Midtown Manhattanu.
- **Adaptivno upravljanje semaforima:** Program koristi adaptivne semafore koji se prilagođavaju prometnim uvjetima. Na temelju prikupljenih podataka, semafori se mogu prilagoditi kako bi se optimizirala protočnost prometa i smanjile gužve.
- **Informiranje vozača:** Podaci o prometnim uvjetima prikupljeni programom mogu se koristiti za informiranje vozača putem digitalnih znakova, aplikacija i drugih kanala kako bi im pomogli izbjeći gužve i odabrati optimalne rute.
- **Planiranje infrastrukturnih poboljšanja:** Analiza podataka prikupljenih putem programa pomaže gradu pri identificiranju područja s problematičnim prometnim tokovima i planiranju infrastrukturne nadogradnje kako bi se riješili ti problemi.
- **Smanjenje emisija:** Bolje upravljanje prometom doprinosi smanjenju zastoja i usporavanja vozila, što može rezultirati smanjenjem emisija štetnih plinova.
- **Suradnja s privatnim sektorom:** Program je razvijen u suradnji s privatnim tehnološkim tvrtkama koje pružaju tehnologiju i rješenja potrebna za prikupljanje i analizu podataka.

Midtown in Motion program predstavlja sjajan primjer korištenja kooperativnih sustava kako bi se rješavali složeni prometni izazovi u gusto naseljenim urbanim područjima. Ovaj program pomaže New York Cityju da optimizira prometne tokove, poboljša mobilnost građana i stvori učinkovitiji i održiviji prometni sustav.¹⁶

Slika 14: Prikaz metodologije Midtown in Motion projekta



Izvor: <https://www.semanticscholar.org/paper/%22Midtown-in-Motion%22%3A-A-New-Active-Traffic-and-Its-Xin-Chang/e8779a0228eed1c386fe92564b5c5eb5fb8560c> (pristup: 16.12.2023.)

¹⁶ Lennon L., Soffian G.: Midtown in Motion – Real time solution to traffic congestion, 2018.

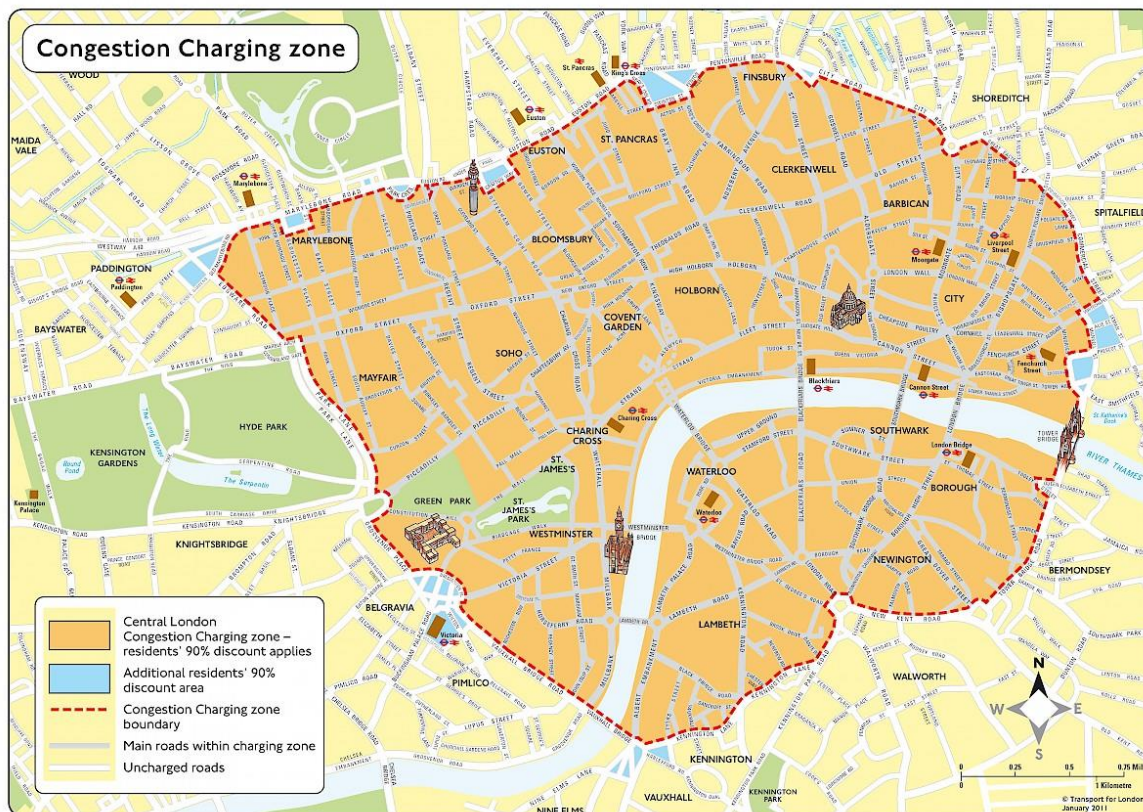
4.1.7. Zona naplate zagušenja u Londonu (London's Congestion Charge Zone)

Zona naplate zagušenja je projekt u Londonu, Ujedinjenom Kraljevstvu, koji ima za cilj smanjenje prometnih gužvi i poboljšanje protočnosti prometa u centru grada. Ovaj projekt uključuje naplatu vozača koji ulaze u određeno područje u središtu Londona tijekom određenih vremenskih intervala s namjerom poticanja smanjenja upotrebe individualnih vozila i poticanja održivih oblika prijevoza. Ključne značajke ovog projekta uključuju:

- **Zonu naplate:** Zona naplate za zagušenje obuhvaća središnji dio Londona, određeno područje unutar kojeg se primjenjuje naplata za vozila koja ulaze u zonu tijekom određenih sati.
- **Cilj smanjenja gužvi:** Glavni cilj projekta je smanjenje prometnih gužvi u središnjem dijelu grada kako bi se poboljšala protočnost prometa, smanjila zagađenja zraka i povećala održivost.
- **Naplata putem elektroničkih sustava:** Vozila koja ulaze u zonu tijekom određenih sati moraju platiti naplatu putem elektroničkih sustava. Naplata se vrši automatski putem registarskih tablica vozila.
- **Naglasak na održivim oblicima prijevoza:** Projekt potiče korištenje javnog prijevoza, vožnje biciklom i hodanje kao alternativnih održivih opcija za putovanje u zonu naplate.
- **Povećanje javnog prijevoza:** Sredstva prikupljena od naplate reinvestiraju se u poboljšanje javnog prijevoza kako bi se stvorila bolja alternativa vožnji automobilima.
- **Isključenja i popusti:** Postoje isključenja za vozila s niskim emisijama i vozila s osobama s invaliditetom. Također se mogu primijeniti popusti za određene skupine korisnika.
- **Praćenje i analiza učinka:** Projekt se kontinuirano prati i analizira kako bi se utvrdili učinci naplate na prometne tokove, zagađenje zraka i druge relevantne faktore.

- **Proširenje i promjene:** Tijekom godina, projekt je proširivan i mijenjan kako bi se bolje nosio s promjenama u prometnim uvjetima i urbanom razvoju.

Slika 15: Prikaz zone s naplatom zagušenja u Londonu



Izvor: <https://www.reidsengland.com/places/london/plan/getting-around-london/london-congestion-charge/>

(pristup: 16.12.2023.)

Projekt Zone naplate zagušenja u Londonu predstavlja primjer napredne prometne politike koja se temelji na naplati kako bi se potaknulo održivo ponašanje i smanjile gužve u gusto naseljenom urbanom području. Ovaj projekt je postao model za druge gradove koji žele smanjiti prometne gužve i poboljšati kvalitetu života građana.¹⁷

¹⁷ <https://www.oecd.org/climate-action/ipac/practices/london-s-congestion-charge-and-its-low-emission-zones-c6cd48e9/> (pristup: 17.11.2023.)

4.2. TENDENCIJE BUDUĆEG RAZVITKA KOOPERATIVNIH SUSTAVA URBANOG PROMETA

Budući razvoj kooperativnih sustava prometa donosi niz obećavajućih tendencija koje će transformirati način na koji se promet planira, upravlja i doživljava. U nastavku slijedi nekoliko ključnih tendencija koje se očekuju u budućem razvoju kooperativnih sustava prometa:

- **Autonomna vozila:** Razvoj autonomnih vozila bit će usko povezan s kooperativnim sustavima. Ova vozila će moći komunicirati međusobno i s prometnom infrastrukturom kako bi se postigla veća sigurnost i protočnost u prometu
- **Podatkovna analitika i umjetna inteligencija:** Upotreba podatkovne analitike i umjetne inteligencije omogućit će napredniju analizu prometnih podataka, što će rezultirati preciznijim predviđanjima i boljim odlukama u upravljanju prometom
- **Prilagodljivi prometni signalizacijski sustavi:** Sustavi za upravljanje semaforima postat će sve prilagodljiviji i dinamičniji, reagirajući na prometne uvjete u stvarnom vremenu kako bi se smanjile zagušenja i čekanja
- **Personalizirano putovanje:** Kooperativni sustavi će omogućiti pružanje personaliziranih informacija i preporuka putnicima kako bi odabrali optimalne rute i načine putovanja
- **Upravljanje resursima i održivost:** Smanjenje emisija i bolje iskorištenje resursa bit će ključni ciljevi kooperativnih sustava, s naglaskom na poticanje održivih oblika prijevoza kao što su bicikli, električna vozila i javni prijevoz
- **Razvoj gradskih politika:** Gradovi će sve više usmjeravati svoje politike prema podržavanju kooperativnih sustava kako bi poboljšali prometnu situaciju, smanjili zagušenja i smanjili emisije
- **Međunarodna suradnja:** Kooperativni sustavi zahtijevaju suradnju između gradova, industrije i vlasti kako bi se postigla interoperabilnost i konzistentnost u pristupima

- **Novi poslovni modeli:** Pojava kooperativnih sustava otvara vrata za nove poslovne modele, kao što su pružatelji usluga mobilnosti i tehnološke tvrtke koje se fokusiraju na razvoj softverskih rješenja za upravljanje prometom
- **Edukacija i svijest:** Edukacija korisnika o prednostima i načinima korištenja kooperativnih sustava bit će ključna kako bi se potaknulo njihovo usvajanje i pravilno korištenje
- **Povećana povezanost i komunikacija:** S razvojem 5G tehnologije i naprednih komunikacijskih sustava, vozila će biti sve bolje povezana s infrastrukturom, drugim vozilima i pametnim uređajima što će omogućiti bržu razmjenu podataka i informacija te bolje upravljanje prometom u stvarnom vremenu
- **Integracija s pametnim gradovima:** Kooperativni sustavi prometa bit će povezani s drugim pametnim gradskim sustavima kao što su energetska infrastruktura, upravljanje otpadom i javna rasvjeta. Ovo će omogućiti bolje upravljanje resursima i poboljšanu kvalitetu života u gradovima
- **Napredniji upravljački algoritmi:** Budući sustavi prometa koristit će napredne algoritme strojnog učenja i umjetne inteligencije kako bi bolje predviđali prometne tokove, optimizirali semafore i prilagodili se promjenjivim uvjetima
- **Šira upotreba podataka u stvarnom vremenu:** Sve više senzora, kamera i drugih uređaja sakupljati će podatke u stvarnom vremenu s ciljem omogućavanja brže i preciznije reakcije na prometne promjene
- **Upravljanje dinamičkim cestama:** Ceste će postati dinamičke, s promjenjivim ograničenjima brzine i pravilima, ovisno o uvjetima i potrebama prometa
- **Kombiniranje različitih načina prijevoza:** Sustavi će omogućiti korisnicima da jednostavno kombiniraju različite načine prijevoza kao što su bicikl, pješaćenje, javni prijevoz i dijeljenje vožnje

- **Upravljanje hitnim situacijama:** Kooperativni sustavi omogućuju brzu reakciju i pravovremeno informiranje tijekom hitnih situacija, nesreća ili prirodnih katastrofa
- **Napredni sustavi upravljanja prometom:** Kooperativni sustavi će dalje razvijati napredne sustave upravljanja prometom temeljene na podacima u stvarnom vremenu. Ovo će omogućiti dinamičko prilagođavanje prometnih signala, semafora i brzina vozila kako bi se optimizirali prometni tokovi
- **Poboljšane usluge putnicima:** Sustavi će se sve više usmjeravati na pružanje personaliziranih informacija i usluga putnicima što uključuje informacije o putovanjima, preporučene rute, usluge rezervacije i druge praktične opcije
- **Rješavanje izazova gužvi i zagađenja:** Sustavi će se usmjeravati na rješavanje ključnih problema urbanog prometa, uključujući prometne gužve i onečišćenje zraka. Kroz bolje upravljanje prometom, očekuje se smanjenje zagušenja i emisija
- **Evolucija tehnoloških standarda:** Napredak u komunikacijskim i senzorskim tehnologijama omogućit će daljnji razvoj standarda za razmjenu podataka između vozila, infrastrukture i drugih elemenata sustava
- **Suradnja između dionika:** Različite organizacije, uključujući vlasti, tehnološke tvrtke, proizvođače vozila i druge dionike, surađivat će kako bi stvorili usklađene i interoperabilne kooperativne sustave
- **Fleksibilnost i prilagodljivost:** Budući sustavi će biti sve prilagodljiviji i fleksibilniji, omogućujući brzo reagiranje na promjene u prometnim uvjetima i potrebama korisnika
- **Napredna analitika:** Analiza velikih podataka će omogućiti dublje razumijevanje prometnih obrazaca i bolje predviđanje gužvi te planiranje efikasnijih ruta
- **Integracija s javnim prijevozom:** Kooperativni sustavi će sve više povezivati različite oblike prijevoza, uključujući javni prijevoz, biciklizam i pješaćenje. To će poboljšati koherentnost putovanja i potaknuti multimodalnu mobilnost

- **Kibernetička sigurnost:** S rastom povezivosti, važno je osigurati kibernetičku sigurnost kako bi se spriječili potencijalni napadi na sustave i podatke

- **Globalna suradnja:** Budući razvoj kooperativnih sustava prometa zahtijevat će suradnju između vlasti, tehnoloških tvrtki, istraživača i drugih dionika kako bi se osigurao standardiziran pristup i interoperabilnost

- **Napredna komunikacija i V2X tehnologija:** V2X (Vehicle-to-Everything) tehnologija omogućuje vozilima da komuniciraju s različitim entitetima, uključujući druge vozila, pješake, infrastrukturu i pametne uređaje. Ova tehnologija će omogućiti bolje upravljanje prometom, upozorenja vozačima i povećanu sigurnost

- **Inovacije u mobilnim aplikacijama:** Mobilne aplikacije će igrati ključnu ulogu u pružanju informacija korisnicima, kao i u upravljanju uslugama poput dijeljenja vožnje, rezervacije parkirališta i kupovine karata

- **Fokus na urbanim sredinama:** S obzirom na sve veći broj ljudi koji žive u gradskim sredinama, kooperativni sustavi će se sve više usredotočiti na rješavanje izazova prometa u urbanim područjima i poboljšanje kvalitete života stanovnika

- **Mobilnost kao usluga (Mobility-as-a-Service, MaaS):** Kooperativni sustavi omogućuju integraciju različitih oblika prijevoza (javnog prijevoza, bicikla, vožnje dijeljenim vozilima itd.) u jedinstvenu uslugu koja olakšava putovanja i omogućuje korisnicima da lako planiraju i rezerviraju različite načine prijevoza

- **Evolucija infrastrukture:** Implementacija kooperativnih sustava može zahtijevati i evoluciju prometne infrastrukture, uključujući postavljanje senzora, komunikacijske tehnologije i drugih naprednih uređaja

- **Napredno upravljanje semaforima:** Napredni algoritmi i tehnologija će omogućiti dinamičko prilagođavanje semafora prometnim uvjetima u stvarnom vremenu. Ovo će poboljšati protočnost prometa i smanjiti gužve

➤ **Suradnja s privatnim sektorom:** Privatne tehnološke tvrtke igraju ključnu ulogu u razvoju i implementaciji kooperativnih sustava. Partnerstva između javnog i privatnog sektora omogućit će inovacije i brži razvoj

Budući razvoj kooperativnih sustava prometa bit će vođen tehnološkim inovacijama, potrebom za učinkovitijim prometom i održivijim gradskim okruženjima. Kombinacija tehnologije, podataka i suradnje ključna je za stvaranje prometnih sustava koji su sigurni, učinkoviti i prilagođeni potrebama građana. Sve ove tendencije će radikalno promijeniti način na koji se promet upravlja i doživljava u urbanim sredinama, pružajući veću sigurnost, efikasnost i održivost. Budući razvoj kooperativnih sustava prometa biti će vođen napretkom tehnologije te željom za poboljšanjem mobilnosti i sigurnosti u urbanim sredinama.

Jedna od glavnih tendencija budućeg razvoja kooperativnih sustava urbanog prometa je integracija autonomnih vozila u te sustave. Autonomna vozila, odnosno vozila koja su sposobna voziti bez ljudske intervencije, predstavljaju revolucionarnu promjenu u prometnom sustavu. Kombinacija autonomnih vozila i kooperativnih tehnologija ima potencijal značajno transformirati način na koji se promet upravlja i organizira u urbanim sredinama.

Ova glavna tendencija budućeg razvoja kooperativnih sustava urbanog prometa ima potencijal značajno poboljšati prometnu učinkovitost, smanjiti gužve, povećati sigurnost na cestama i pridonijeti održivoj mobilnosti te spaja napredak u autonomnoj tehnologiji s već postojećim kooperativnim sustavima kako bi se stvorio integrirani i učinkovit prometni sustav. Integrirani sustavi autonomnih vozila i kooperacije mogu značajno unaprijediti mobilnost, sigurnost i održivost u urbanim sredinama.¹⁸

4.3. SWOT ANALIZA

U svrhu jasnijeg prikaza i boljeg razumijevanja potencijala i mogućnosti kooperativnih sustava u urbanom prometu, u nastavku je provedena SWOT analiza. Pomoću SWOT analize pružen je temeljni prikaz za shvaćanje trenutne situacije i budućih izazova vezanih uz kooperativne sustave u urbanom prometu.

¹⁸ Asselin-Miller N., Biedka M., Gibson G., Kirsch F., Hill N., White B., Uddin K.: Study on the development of C-ITS in Europe: Final report, 2016.

Tablica 1.: SWOT analiza

SNAGE	SLABOSTI
<p>Bolja protočnost prometa: Kooperativni sustavi omogućuju bolju koordinaciju između vozila i infrastrukture, što rezultira smanjenjem zagušenja i boljom protočnošću prometa.</p> <p>Povećana sigurnost: Integrirani sustavi omogućuju razmjenu informacija o prometu, nesrećama i drugim opasnostima, što pomaže u smanjenju prometnih nesreća.</p> <p>Optimizacija ruta: Sustavi koji prate promet u stvarnom vremenu omogućuju vozačima da biraju optimalne rute kako bi izbjegli gužve i skratili vrijeme putovanja.</p> <p>Smanjenje emisija: Bolja regulacija prometa i optimizirane rute doprinose smanjenju emisija stakleničkih plinova i onečišćenja zraka.</p> <p>Povećanje učinkovitosti javnog prijevoza: Integracija s javnim prijevozom može povećati atraktivnost i učinkovitost javnog prijevoza, potičući građane da koriste održive oblike prijevoza.</p> <p>Poboljšana učinkovitost: Kooperativni sustavi omogućuju bolje upravljanje prometom, prilagodljivost semafora i optimizaciju prometnih tokova, što može dovesti do smanjenja gužvi i kraćih putovanja.</p> <p>Bolja prilagodba prometnim uvjetima: Mogućnost praćenja prometnih uvjeta u</p>	<p>Ovisnost o tehnologiji: Kooperativni sustavi zahtijevaju složene tehničke infrastrukture i uređaje, što može biti skupo i osjetljivo na kvarove.</p> <p>Potrebna suradnja: Implementacija zahtijeva suradnju između različitih dionika, kao što su gradske vlasti, prometne tvrtke i tehnološki partneri.</p> <p>Potrebno vrijeme za usvajanje: Uvođenje novih sustava i prilagodba vozača novim pravilima može potrajati, što može izazvati početni otpor ili konfuziju.</p> <p>Sigurnosni izazovi: Integrirani sustavi zahtijevaju sigurnosne mjere kako bi se osigurala zaštita od hakiranja i zloupotrebe podataka.</p> <p>Tehničke kompleksnosti: Implementacija i održavanje kooperativnih sustava zahtijeva sofisticirana tehnička rješenja, što može dovesti do tehničkih izazova i troškova.</p> <p>Privatnost i sigurnost podataka: Prikupljanje podataka o kretanju vozila i putnika može izazvati zabrinutost u pogledu privatnosti i sigurnosti podataka.</p> <p>Visoki troškovi implementacije: Uvođenje kooperativnih sustava može biti financijski zahtjevno, uključujući troškove infrastrukture, senzora, kamere i druge opreme.</p>

stvarnom vremenu omogućuje brzu reakciju na prometne incidente i zastoje.

Smanjenje gužvi i vremena putovanja:

Integrirani sustavi pomažu u smanjenju prometnih gužvi, čime se skraćuje vrijeme putovanja za vozače i putnike.

Informiranje korisnika: Putem mobilnih aplikacija i informacijskih ekrana vozači i putnici dobivaju ažurirane informacije o prometnim uvjetima i opcijama prijevoza.

Bolje iskorištenje infrastrukture: Sustavi omogućuju bolje iskorištenje postojeće prometne infrastrukture, čime se smanjuje potreba za dodatnim izgradnjama.

Održivost: Kooperativni sustavi mogu poticati održive oblike prijevoza, kao što su dijeljenje vožnje, biciklistički prijevoz i javni prijevoz, čime se smanjuje emisija stakleničkih plinova.

Pametno parkiranje: Sustavi mogu pružiti informacije o slobodnim parkirnim mjestima, što smanjuje potragu vozača za parkiranjem i doprinosi smanjenju gužvi.

Poboljšanje prometnih tokova:

Kooperativni sustavi omogućuju bolje koordiniranje prometnih signala, semafora i ostalih elemenata prometne infrastrukture, što može značajno poboljšati protočnost prometa i smanjiti gužve.

Integracija postojećih sustava:

Integracija kooperativnih sustava s postojećim prometnim sustavima i infrastrukturom može biti izazovna i zahtijevati koordinaciju između različitih dionika.

Uspostava standarda: Potrebno je uskladiti različite sustave i komunikacijske protokole kako bi se osigurala interoperabilnost i učinkovita razmjena informacija.

PRILIKE

Napredak tehnologije: Brzi napredak tehnologije omogućuje implementaciju sve sofisticiranijih sustava za praćenje i upravljanje prometom.

Poboljšana mobilnost: Kooperativni sustavi mogu dramatično poboljšati iskustvo putovanja i mobilnost građana, čime se grad čini privlačnijim za život i poslovanje.

Podrška održivim ciljevima: Ovi sustavi doprinose smanjenju emisija, što podržava održive ciljeve i borbu protiv klimatskih promjena.

Inovacija u poslovanju: Otvaraju se mogućnosti za tehnološke tvrtke i inovatore da razvijaju nove usluge i proizvode u području prometa.

Smanjenje zagušenja: Bolje upravljanje prometom može smanjiti prometne zastoje i skratiti vrijeme putovanja, što poboljšava kvalitetu života i produktivnost.

Smanjenje prometnih gužvi: Smanjenje gužvi poboljšava mobilnost građana, štedi vrijeme i doprinosi boljoj kvaliteti života u urbanim sredinama.

Povezivanje s drugim sektorima: Kooperativni sustavi mogu se povezati s pametnim gradskim rješenjima, energetskom učinkovitošću i drugim sektorima.

Potporna vlasti i regulacija: Vlasti sve više podržavaju inicijative koje poboljšavaju

PRIJETNJE

Privatnost podataka: Pri prikupljanju i dijeljenju podataka o prometu, postoji zabrinutost za privatnost korisnika.

Ovisnost o tehnologiji: Kvarovi u tehničkoj infrastrukturi ili tehnički problemi mogu uzrokovati poremećaje u prometnom sustavu.

Financijski izazovi: Implementacija i održavanje kooperativnih sustava može biti financijski zahtjevno za gradske vlasti ili tvrtke.

Regulacijski okvir: Prometni sustavi često se moraju uskladiti s postojećim zakonima i regulativama, što može biti izazovno.

Tehničke poteškoće: Tehnički problemi, poput prekida komunikacije ili kvarova, mogu uzrokovati poremećaje u prometu i negativno utjecati na korisničko iskustvo.

Privatnost i sigurnost podataka: Velika količina podataka prikupljenih od senzora i vozila zahtijeva visoku razinu sigurnosti i zaštite privatnosti korisnika.

Težak prijelaz na nove sustave: Uvođenje novih kooperativnih sustava može zahtijevati obuku i prilagodbu od strane vozača, što može biti izazovno.

Složenost implementacije: Koordinacija različitih aktera, kao što su gradske vlasti, proizvođači vozila i tehnički stručnjaci, može biti izazovna.

Socijalni prihvati: Nedostatak podrške građana ili otpor prema promjenama u

<p>promet i smanjuju zagađenje, pružajući povoljno okruženje za kooperativne sustave.</p> <p>Rast urbanih sredina: Rast gradova stvara veću potrebu za boljim upravljanjem prometom i inovativnim rješenjima.</p> <p>Razvoj autonomnih vozila: Kooperativni sustavi mogu biti ključni za integraciju autonomnih vozila u postojeći prometni okoliš.</p> <p>Razvoj pametnih gradova: Trend pametnih gradova potiče usvajanje inovativnih rješenja u prometnom sektoru, uključujući kooperativne sustave.</p> <p>Poboljšanje iskustva korisnika: Bolje upravljanje prometom može rezultirati boljim iskustvom za vozače i putnike, čime se potiče veće korištenje javnog prijevoza i održivih oblika prijevoza.</p>	<p>prometnom sustavu može usporiti implementaciju.</p> <p>Konkurencija i alternativni prijevoz: Povećanje dostupnosti alternativnih prijevoznih opcija, poput bicikala i mikro mobilnosti, može konkurirati javnom prijevozu i kooperativnim sustavima.</p> <p>Nedostatak suradnje: Nedostatak suradnje između različitih dionika, kao što su gradske vlasti, operateri prometa i tehnološke tvrtke, može otežati uspješnu implementaciju.</p> <p>Kompleksnost upravljanja: Kooperativni sustavi mogu biti složeni za upravljanje i održavanje, posebno u velikim urbanim područjima.</p> <p>Promjene u navikama putovanja: Promjene u načinima rada i putovanja (poput rada od kuće) mogu utjecati na učinkovitost kooperativnih sustava.</p> <p>Cyber sigurnost: Integracija tehnologije u prometne sustave povećava rizik od kibernetičkih (Cyber) napada i kompromitiranja podataka.</p> <p>Ovisnost o infrastrukturi: Nedostatak infrastrukture može otežati uvođenje sustava, posebno u starijim gradskim područjima.</p> <p>Tehnološki izazovi: Nepredviđeni tehnički problemi ili poteškoće u razvoju tehnologije mogu usporiti ili onemogućiti implementaciju sustava.</p>
---	--

Izvor: vlastita izrada autora

Provedena SWOT analiza kooperativnih sustava u urbanom prometu ukazuje na to da postoji značajan potencijal za unaprjeđenje prometnih sustava kroz implementaciju ovih tehnologija. Međutim, istovremeno se prepoznaju izazovi kojima treba pažljivo upravljati kako bi se osiguralo uspješno usvajanje i integracija ovih sustava.

Implementacija kooperativnih sustava nosi sa sobom značajne troškove, posebno u fazi postavljanja infrastrukture. Ovaj financijski aspekt može predstavljati izazov, osobito za manje gradove ili one s ograničenim proračunima. Njihov uspjeh ovisit će o sposobnosti da se prevaziđu financijski, tehnički i društveni izazovi te da se stvori okruženje potpore putem regulativnih okvira i edukacije korisnika. Također, pitanja privatnosti i sigurnosti podataka izazivaju zabrinutost među korisnicima. Rješavanje ovih pitanja je vrlo bitno za usvajanje kooperativnih sustava i izgradnju povjerenja među korisnicima.

Kooperativni sustavi pružaju priliku za poticanje inovacija u mobilnosti i doprinose održivim prometnim rješenjima. Integracija s autonomnim vozilima, električnim prijevozom i drugim naprednim tehnologijama može stvoriti holistički pristup urbanom prometu. Potrebna je suradnja između gradova, industrije i regulatora kako bi se uskladile regulative s potrebama kooperativnih sustava. Jasan i podržavajući regulatorni okvir ključan je za uspješnu implementaciju.

SWOT analiza upućuje na to da kooperativni sustavi nude značajne prednosti za urbanu mobilnost, ali uspješna implementacija zahtijeva pažljivo upravljanje izazovima i maksimiziranje prilika koje ovi sustavi pružaju. Održavanje ravnoteže između tehnologije, financijskih aspekata, korisničkog prihvatanja i regulativa ključno je za ostvarivanje pozitivnih rezultata u urbanom prometu.

5. ZAKLJUČAK

U zaključku ovog diplomskog rada istraživane su uloge i doprinosi kooperativnih sustava u unaprjeđenju urbanog prometa. Na temelju analize relevantne literature, istraživanja postojećih tehnologija i primjene kooperativnih sustava u stvarnim urbanim okruženjima, dolazi se do zaključka kako ovi sustavi imaju ključnu ulogu u rješavanju izazova koji se pojavljuju u modernom prometnom sustavu. Kooperativni sustavi omogućuju vozilima međusobno komuniciranje i omogućuju automobilima komunikaciju s infrastrukturom, što potencijalno povećava sigurnost na cestama, optimizira upravljanje prometom, poboljšava iskustva krajnjih korisnika, poboljšava energetske učinkovitost i smanjuje prometne emisije i zagađenja, posebno u urbanim područjima.

U ovom radu prikazani su neki od najvažnijih razvojnih projekata kooperativnih sustava te nekoliko stvarnih primjera takvih sustava iz pojedinih svjetskih gradova koji su doprinijeli boljem, jednostavnijem i lakšem snalaženju u prometu građanima, odnosno svim korisnicima prometnih usluga te efikasnijem i preciznijem upravljanju i rješavanju negativnih posljedica odvijanja prometa gradskim vlastima.

Europska unija je razvila razne inicijative i projekte vezane uz kooperativne sustave. Kako bi sam razvoj i implementacija takvih sustava bila moguća, neophodna je integracija inteligentnih transportnih sustava, informacijskih i komunikacijskih tehnologija zajedno sa revolucionarnim razvojem cjelokupne prometne infrastrukture.

Primjena kooperativnih sustava, odnosno tehnologija poput komunikacije među vozilima (V2V) te komunikacije između vozila i infrastrukture (V2I) otvara vrata za raznovrsne inovacije u urbanom prometu. Uočljivo je kako pravilna upotreba kooperativnih sustava omogućuje optimizaciju prometnog toka, smanjenje gužvi, poboljšanje sigurnosti cestovnog prometa te poticanje održivih oblika prijevoza. Također, prepoznati su izazovi koji proizlaze iz implementacije ovakvih sustava, kao što su pitanja privatnosti, sigurnosti podataka te standardizacije tehnologija.

Koordinacija i suradnja između vozila, infrastrukture i pametnih sustava pokazali su se kao glavni elementi za poboljšanje protočnosti prometnih tokova unutar urbanih područja. Primjenom naprednih tehnologija poput V2X komunikacije, senzora, umjetne inteligencije

te pametnih prometnih sustava omogućuju stvaranje efikasnijeg i održivijeg prometnog okruženja.

Također, potrebno je istaknuti važnost daljnjeg istraživanja i implementacije kooperativnih sustava s ciljem iskorištavanja njihovog punog potencijala u urbanom prometu. Osim toga, neophodno je osigurati suradnju između relevantnih dionika, uključujući vladine agencije, industriju, istraživače i građane s ciljem stvaranja poticajnog okruženja za implementaciju novih tehnologija.

Zaključno, kooperativni sustavi u urbanom prometu predstavljaju ključni element budućnosti mobilnosti. Upotreba kooperativnih sustava sa sobom donosi brojne prednosti, ali isto tako zahtjeva pažljivo planiranje, suradnju i prilagodbu infrastrukture. Njihova implementacija zahtjeva holistički pristup, uzimajući u obzir tehničke, ekonomske, socijalne i ekološke aspekte. Uspješna integracija ovih sustava donosi potencijalnu transformaciju gradova, stvarajući prometnu infrastrukturu koja je inovativna, učinkovita i prijateljska prema okolišu. Sa daljnjim istraživanjima i suradnjom različitih dionika, može se ostvariti održiv i učinkovit urbani promet koji zadovoljava potrebe današnjih i budućih generacija.

LITERATURA

KNJIGE:

- Prof. dr. sc. Bošnjak, Ivan: Inteligentni transportni sustavi 1, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2006.
- Prof. dr. sc. Štefančić, Gordana: Tehnologija gradskog prometa 1, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2008.
- Prof. dr. sc. Štefančić, Gordana: Tehnologija gradskog prometa 2, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2010.
- Prof. dr. sc. Legac, Ivan i koautori: Gradske prometnice, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2011.

INTERNETSKI IZVORI:

- Mandžuka S., Ivanjko E., Škorput P., Vujić M., Gregurić M., Čelić J.: Primjena kooperativnog pristupa u upravljanju prometom – iskustva projekta ICSI (2015.) - https://www.fpz.unizg.hr/eivanjko/files/VIA_VITA_2015.pdf
- Šemanjski I., Mandžuka S., Gautama S.: Smart Mobility (International Symposium ELMAR, 2018) - <https://ieeexplore.ieee.org/document/8534693>
- Sambeek, van, M., Ophelders, F. E. B., Bijlsma, T., Kluit, van der, B., Turetken, O., Eshuis, H., Traganos, K., & Grefen, P. W. P. J.: *Towards an architecture for cooperative-intelligent transport system (C-ITS) applications in the Netherlands, 2015.* - <https://pure.tue.nl/ws/files/3906243/4807723949893216.pdf>
- Mandžuka S., Škorput P., Vujić M.: Architecture of cooperative systems in traffic and transportation, IEEE, 2015. - https://www.researchgate.net/publication/304290943_Architecture_of_cooperative_systems_in_traffic_and_transportation
- CVIS - Cooperative urban mobility, 2010. - https://www.polisnetwork.eu/wp-content/uploads/2019/06/cvis-cooperative-urban-mobility_en_final-version-web.pdf
- Bonnefoi F., Bellotti F., Schendzielorz T., Visintainer F.: Safespot applications for infrastructure-based co-operative road-safety, 2007. - http://bonnefoi.fabien.free.fr/publications/07_WCITS_Beijing_Bon_SP5Applications.pdf
- Frotscher A., Scheider T.: COOPERS Project: Development of an ITS architecture for co-operative systems on motorways, 2008. - <https://trid.trb.org/view/898743>

- Kutila M., Pyykonen P., Van P., Pallaro N., Perez Rastelli J.: The Deserve Project: Towards Future ADAS Functions, 2014. - <https://inria.hal.science/hal-01086885/document>
- Halpern C., Orlandi C.: Comparative analysis of transport policy processes, Vienna; 2020. - https://create-mobility.eu/RESOURCES/MATERIAL/TechnicalNote-10_ViennaTN.pdf
- Lennon L., Soffian G.: Midtown in Motion – Real time solution to traffic congestion, 2018. - https://www.researchgate.net/publication/327312727_12_Midtown_in_Motion_Real-Time_Solutions_to_Traffic_Congestion_How_City_Agencies_Innovate
- Asselin-Miller N., Biedka M., Gibson G., Kirsch F., Hill N., White B., Uddin K.: Study on the development of C-ITS in Europe: Final report, 2016. - <https://transport.ec.europa.eu/system/files/2016-10/2016-c-its-deployment-study-final-report.pdf>
- https://c-thedifference.eu/?page_id=2
- <https://inria.hal.science/hal-01086885/document>
- <https://www.worldbank.org/en/topic/transport/publication/what-makes-a-city-smart>
- https://topis.seoul.go.kr/eng/page/about_1.jsp
- <https://theindexproject.org/post/smart-highway>
- <https://www.oecd.org/climate-action/ipac/practices/london-s-congestion-charge-and-its-low-emission-zones-c6cd48e9/>
- https://www.researchgate.net/publication/327312727_12_Midtown_in_Motion_Real-Time_Solutions_to_Traffic_Congestion_How_City_Agencies_Innovate
- https://create-mobility.eu/RESOURCES/MATERIAL/TechnicalNote-10_ViennaTN.pdf
- <https://thecityfix.com/blog/need-new-ideas-advance-public-transport-look-vienna-dario-hidalgo/>
- <https://www.studioroosegaard.net/project/smart-highway>
- <https://topis.seoul.go.kr/openEngIntro.do>
- <https://www.worldbank.org/en/topic/transport/publication/what-makes-a-city-smart>
- <https://trid.trb.org/view/883471>
- <https://ieeexplore.ieee.org/document/8534693>
- https://www.polisnetwork.eu/wp-content/uploads/2019/06/cvis-cooperative-urban-mobility_en_final-version-web.pdf

- https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/102900_102999/102962/01.01.01_60/tr_102962v010101p.pdf
- <https://ctag.com/en/el-proyecto-europeo-deserve-en-el-que-ctag-colabora-se-acerca-a-su-culminacion/>
- <https://ieeexplore.ieee.org/document/7377386/metrics#metrics>
- <https://www.mobilityits.eu/its-communications-2>
- <https://www.etsi.org/technologies/automotive-intelligent-transport>
- <https://www.kapsch.net/en>
- <https://research.tue.nl/en/publications/towards-an-architecture-for-cooperative-intelligent-transport-sys>
- <https://pure.tue.nl/ws/files/3906243/4807723949893216.pdf>
- <https://trid.trb.org/view/898743>
- <https://www.eucar.be/wp-content/uploads/2015/01/document15.pdf>
- https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/20130515_125951_62673_comesafety.pdf
- <https://c-thedifference.eu/>
- http://bonnefoi.fabien.free.fr/publications/07_WCITS_Beijing_Bon_SP5Application_s.pdf
- <http://www.kapsch.net/ktc/its-solutions/V2X-Cooperative-Systems>
- https://books.google.hr/books?id=93JXCQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=hr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- <http://evia.cetsp.com.br/index.php/2019/06/25/central-de-operacoes-da-cet-inaugura-novo-video-wall/>
- <https://www.vidi.hr/Pop-Tech/Pametna-cesta-svijetli-u-mraku-i-puni-elektricni-auto>
- <https://www.beesmart.city/city-portraits/smart-city-vienna>
- <https://www.semanticscholar.org/paper/%22Midtown-in-Motion%22%3A-A-New-Active-Traffic-and-Its-Xin-Chang/e8779a02288eed1c386fe92564b5c5eb5fb8560c>
- <https://www.reidsengland.com/places/london/plan/getting-around-london/london-congestion-charge/>

POPIS SLIKA I TABLICA

Slika 1: Primjer kooperativnih sustava.....	4
Slika 2: Dijagram toka osnovnih procedura rada kooperativnog upravljanja s dodjelom prioriteta vozilima JGP-a.....	6
Slika 3: Odnosi unutar fizičkog prikaza	12
Slika 4: Odnosi unutar funkcionalnog prikaza	13
Slika 5: Arhitektura unutar komunikacijskog sustava.....	14
Slika 6: Prikaz komunikacije između vozila	15
Slika 7: Prikaz V2I arhitekture	16
Slika 8: Shema digitalnih ulazno-izlaznih kanala u modernom automobilu.....	17
Slika 9: Arhitektura ADAS sustava.....	31
Slika 10: Kontrolni centar CET-a.....	32
Slika 11: Svrha i pozadina TOPIS sustava	36
Slika 12: Pametna cesta s funkcijom punjenja električnih vozila	39
Slika 13: Ilustracija grada Vienne	41
Slika 14: Prikaz metodologije Midtown in Motion projekta.....	43
Slika 15: Prikaz zone s naplatom zagušenja u Londonu	45
Tablica 1.: SWOT analiza	51