

Sustavi za automatsko upravljanje prometom

Bašić, Ani

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:679569>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-07**



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

ANI BAŠIĆ

SUSTAVI ZA AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PROMETOM

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**SUSTAVI ZA AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PROMETOM
AUTOMATIC TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS
DIPLOMSKI RAD**

Kolegij: Inteligentni transportni sustavi

Mentor: izv. prof. dr. sc. Jasmin Ćelić

Studentica: Ani Bašić

Studijski smjer: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112059246

Rijeka, rujan 2023.

Studentica: Ani Bašić

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112059246

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom „Sustavi za automatsko upravljanje prometom“ izradila samostalno pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Jasmina Čelića.

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

Studentica



Studentica: Ani Bašić

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112059246

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/>

Studentica – autor



SAŽETAK

Promet i prometna infrastruktura kao aktivni dionici gospodarskoga razvoja, imaju direktan i indirektan utjecaj na život ljudi i na okoliš. Urbanizacija, razvoj tehnologije te porast broja vozila u gradovima dovodi do zagušenja prometa i umanjuje protočnost postojeće prometne infrastrukture. Navedeno dovodi do prometnih gužvi i zastoja te posljedično do prometnih nezgoda. Također, uzrokuje povećanu potrošnju goriva i veću emisiju štetnih plinova.

U današnje se vrijeme upravljanje prometom provodi automatizirano što pospješuje protočnost prometa i sigurnost. Tehnološki napredak doprinosi razvoju prometnog sustava posebno kroz upotrebu integriranih sustava upravljanja prometom.

U radu se opisuje i analizira arhitektura sustava za automatsko upravljanje prometom, integriranost s različitim prometnim sustavima, tehnologija i tehnološka rješenja. Na primjeru Grada Rijeke daje se prikaz sustava za automatsko upravljanje prometom.

Ključne riječi: *automatsko upravljanje, Grad Rijeka, promet, prometni sustavi
upravljanje prometom*

SUMMARY

Traffic and traffic infrastructure as active participants of urbanistic development, have direct and indirect impact on people's lives and the environment. Urbanization, development of technology and the increase in the number of vehicles in cities has led to traffic congestion and reduced the flow of the existing traffic infrastructure. This, in turn, leads to fuel consumption and emissions of harmful gases.

Today, traffic management is carried out in automatically, which has resulted in improved traffic flow and traffic security. Progress in technology contributes to the development and improvement of traffic system.

The purpose of this paper is to describes and analyses the architecture and the integrity of automatic traffic management with different traffic systems and technologies. A case example of the City of Rijeka is presented to showcase the system of automatic traffic management.

Keywords: *automatic control, City of Rijeka, traffic, traffic management, traffic systems*

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKT ISTRAŽIVANJA	1
1.2. RADNA HIPOTEZA	2
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	2
1.4. ZNANSTVENE METODE	2
1.5. STRUKTURA RADA.....	2
2. AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PROMETOM	4
2.1. OSNOVNE ZNAČAJKE AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA U PROMETU.....	4
2.2. AUTOMATSKO UPRAVLJANJE SEMAFORIMA	6
2.3. DETEKORI ZA AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PROMETOM.....	7
3. PODRUČJA PRIMJENE AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA PROMETOM	11
3.1. AUTOMATSKO UPRAVLJANJE POMORSKIM PROMETOM.....	11
3.2. SUSTAVI NADZORA POMORSKOG PROMETA	13
3.2.1. <i>Sustav nadzora pomorskog prometa - VTS.....</i>	<i>13</i>
3.2.2. <i>Sustav nadzora i upravljanja pomorskim prometom - VT MIS</i>	<i>16</i>
3.2.3. <i>Pomorski obalni sustav automatske identifikacije brodova – AIS.....</i>	<i>17</i>
3.2.4. <i>Sustav sigurnosti na moru - GMDSS.....</i>	<i>18</i>
3.3. AUTOMATSKO UPRAVLJANJE U ZRAČNOM PROMETU.....	19
3.4. AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PROMETOM NA AUTOCESTAMA	21
3.5. UPRAVLJANJE PROMETOM U HITNIM SITUACIJAMA	23
4. AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PROMETOM U GRADOVIMA	24
4.1. OBILJEŽJA SUSTAVA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA PROMETOM U GRADOVIMA	24
4.2. PRIKAZ SUSTAVA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA PROMETA U GRADOVIMA	25
4.2.1. <i>IMCITY.....</i>	<i>26</i>
4.2.2. <i>IMFLOW.....</i>	<i>27</i>

4.2.3. <i>SCOOT</i>	28
4.2.4. <i>ADIMOT</i>	30
4.3. PREDNOSTI I IZAZOVI SUSTAVA ZA AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PROMETOM	30
5. INTEGRACIJA S DRUGIM PROMETNIM SUSTAVIMA	33
5.1. POVEZIVANJE S PAMETNIM GRADOVIMA/PAMETNA MOBILNOST	33
5.2. PERSPEKTIVE RAZVOJA ITS-a	34
5.3. INTEGRACIJA S ELEKTRIČNIM VOZILIMA	36
6. AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PROMETOM NA PRIMJERU GRADA RIJEKE	42
6.1. OPĆENITO O UPRAVLANJU PROMETOM U GRADU RIJECI	42
6.2. ARHITEKTURA SUSTAVA ZA AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PROMETOM U GRADU RIJECI	43
6.3. PROVEDENI PROJEKTI I PROJEKTI U PRIPREMI.....	47
ZAKLJUČAK	48
LITERATURA	50
KAZALO KRATICA	53
POPIS SLIKA	54

1. UVOD

Značaj prometa vidljiv je u svim granama gospodarstva, prostoru javnih usluga, te svakodnevnom životu ljudi. Naglasak na razvitak sredstava koja su potrebna za razvoj prometa i prometne infrastrukture u vidu prijevoza većeg broja ljudi, smatra se jednom od najvažnijih ekonomskih i socioloških pojava u 20. stoljeću. Tehnološki razvoj utjecao je na kompleksnost prometa i razvoj prometne infrastrukture.

Kako bi se unaprijedili i ubrzali prometni protoci i općenito prometni tokovi, povećala sigurnost i umanjilo štetno djelovanje na okoliš, suvremeni sustavi upravljanja prometom koriste najnovije tehnologije. Istovremeno izgradnja prometne infrastrukture veoma je zahtjevan, skup i složen proces. Taj proces zahtijeva kontinuirano praćenje i implementaciju suvremenih tehnoloških rješenja, odnosno naprednih sustava za upravljanje prometom.

U ovom diplomskom radu opisani su automatski sustavi upravljanja prometom, njihova integriranost kroz različite prometne sustave te njihova primjena na primjeru Grada Rijeke. Važnost primjene sustava automatskog upravljanja prometom u svim njegovim vidovima ogleda se kroz niz pozitivnih učinaka koje implementacija sustava automatskog upravljanja prometom donosi. Posebno treba naglasiti da se na taj način nastoji umanjiti broj nesreća u prometu te povećati protočnost prometa. Također posredno se doprinosi smanjenju gužvi u prometu te potiče niskouglijčni razvoj. U ovom diplomskom radu promatraju se pomorski, zračni i cestovni promet.

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKT ISTRAŽIVANJA

U ovom diplomskom radu fokus problema istraživanja je na implementaciji automatskog upravljanja prometom u različitim prometnim podsustavima (pomorski, zračni, cestovni), tehnološkim rješenjima u svrhu poboljšanja i unaprjeđenja protočnosti, sprječavanja nezgoda i očuvanja okoliša. Predmet istraživanja je analiza sustava automatskog upravljanja prometom, semaforizacija, tehnološka i tehnička potpora te prometni izazovi obzirom na tehnološke promjene kako u svezi prometnih sredstava tako i prometne infrastrukture.

Objekt istraživanja je promet, odnosno automatski sustav upravljanja prometom te prateća tehnološka rješenja.

1.2. RADNA HIPOTEZA

U svezi s problemom, predmetom i objektima istraživanja postavlja se i znanstvena hipoteza koja glasi:

Implementacijom suvremenih prometnih rješenja uz korištenje suvremene tehnologije sustava automatskog upravljanja prometom moguće je unaprijediti promet kako s aspekta sigurnosti tako i protoka prometnih sredstava.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Svrha istraživanja je analizirati automatske sustave upravljanja prometom, opisati njihove značajke, dati prikaz suvremenih tehnoloških rješenja s obzirom na različite vidove prometa, te na primjeru Grada Rijeke ispitati značaj uvođenja tehnoloških rješenja odnosno sustava automatskog upravljanja prometom u funkciji unaprjeđenja upravljanja prometom. U skladu s postavljenim problemom istraživanja, svrhom istraživanja, te utvrđenim spoznajama, cilj istraživanja je utvrditi značaj međuzavisnosti prometnog sustava i automatskog sustava upravljanja prometom.

1.4. ZNANSTVENE METODE

Tijekom istraživanja i prezentiranja rezultata istih, za ovaj rad su korištene slijedeće metode: metoda analize i sinteze, metoda deskripcije, metoda klasifikacije, interview metoda, statistička metoda, kao i metoda specijalizacije i generalizacije.

1.5. STRUKTURA RADA

Ovaj diplomski rad strukturno je podijeljen u šest međusobno povezanih poglavlja, Uvod i Zaključak. U uvodnom dijelu su definirani problem, predmet i objekti istraživanja, radna hipoteza, svrhai ciljevi istraživanja, znanstvene metode i struktura rada. Nakon uvoda, u drugom poglavlju naziva Automatsko upravljanje prometom definira se pojam automatskog upravljanja prometom. Nadalje, opisuju se snovne značajke, objašnjava način upravljanja semaforima, te se opisuju detektori za automatsko upravljanje prometom. Područja primjene automatskog upravljanja prometom naslov je trećeg poglavlja. U ovom poglavlju opisuju se područja primjene sustava za automatsko upravljanja prometom u pomorskom i zračnom prometu, prometu na autocestama i prometu kod hitnih intervencija. U četvrtom poglavlju naslova Automatsko upravljanje prometom u gradovima daje se prikaz sustava automatskog upravljanja prometom u gradovima te se opisuju pojedini sustavi, IMCITY sustav,

IMFLOW, CIVITAS, SCOOT i ADIMOT. Nadalje, navode se najznačajnije prednosti i izazovi sustava za automatsko upravljanje prometom. Integracija s drugim prometnim sustavima naslov je petog poglavlja. U poglavlju se razmatra stupanj integriranosti sustava za automatsko upravljanje prometom kroz pametnu mobilnost u pametnim gradovima te električna vozila. U posljednjem šestom poglavlju daje se prikaz Grada Rijeke i sustava automatskog upravljanja prometom. U zaključku se navode najvažniji rezultati istraživanja.

2. AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PROMETOM

Drugi dio rada sadrži tri podpoglavlja u kojima se definira i analizira pojam prometa, daje se prikaz općih značajki sustava, automatsko upravljanje semaforima, te daje prikaz detektora.

2.1. OSNOVNE ZNAČAJKE AUTOMATKOG UPRAVLJANJA U PROMETU

Postoji više definicija prometa. Autor Dadić promet definira kao sustav i proces čiji je cilj obaviti prijevoz i/ili prijenos roba, ljudi i informacija u adekvatnim prometnim entitetima uz zauzimanje dijela prometnice prema prethodno utvrđenim pravilima i protokolima.¹ Kako utvrđuju drugi autori prometni problem je najčešće povezan s interakcijom svih sastavnica prometnog sustava koje određuju strukturu i ponašanje pojedinog prometnog sustava. Za rješavanje prometnog problema važno je koristiti odgovarajuću metodologiju i sustavni pristup. Sustavni pristup podrazumijeva korištenje apstraktnog sustava pomoću kojeg se rješavaju problemi u realnim sustavima.²

Činjenica je da u novije vrijeme gradovi, a posebno oni uz obalu, rastu eksponencijalno. Razlozi za takav rast proizlaze iz promjene globalne ekonomije, klimatskih promjena, kao i suvremenog načina života. Pri tom, automatsko upravljanje prometom ima značajnu ulogu u razvojnim planovima. Nove tehnologije i brojni pametni uređaji vezani na prometnu mrežu pružaju tehničko-tehnološka rješenja koja doprinose standardu i životu građana.³ Tehničko-tehnološka rješenja koriste mnogi pametni (smart) gradovi u različitim područjima života. Na primjer koriste se u medicinskim ustanovama, uredima, industriji. Nadalje, svoju primjenu imaju u transportu i parkiralištima.

Unazad proteklog desetljeća broj vozila bilježi značajan porast. Tu je uzrokovalo probleme u vidu prometnih gužva i nesreća. Često se ti problemi odnose i na psihička stanja vozača poput frustracije i stresa. Najčešće ovakvi problemi nastaju zbog neučinkovitog i

¹ Dadić, I., Kos G., *Teorija i organizacija prometnih tokova*, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2007., str. 88.

² Antoliš, K., Strmečki, S., Magušić, F., *Informacijska sigurnost i inteligentni transportni sustavi*, Suvremeni promet, vol: 28, Zagreb, 2008., br. 5., str. 353-355.

³ Lloret J., Ahmed, S. H., Rawat, D. B., Ejaz, W., and Yu, W., *Editorial on wireless networking technologies for smart cities*, Wireless Communications and Mobile Computing, vol. 2018, Article ID 1865908, str. 3.

nekvalitetnog upravljanja cestovnim i drugim oblicima prometa u gradovima. To je posebice vidljivo na raskrižjima cesta gdje se upravlja prometom na način da se koriste tradicionalni sustavi upravljanja semaforima. Problemi i prometne gužve, zagušenja i drugo, se javljaju i zbog nepotrebnog kretanja vozača pri traženju slobodnih parkirnih mjesta u gradovima koji nemaju odgovarajuća parkirna mjesta/garaže.

Za pretpostaviti je da je za odabir adekvatnog postupka upravljanja potrebno koristiti prometno-planski koncept koji je namijenjen području kojim će se upravljati (mreža ili pojedinačno raskrižje). Prilikom odabira navedenog prometnog koncepta treba uzeti u obzir prometnu opterećenost, stanje na cestama i raskrižjima te također i aktualne svjetlosne signalne uređaje. Realizacija prometno-tehničke modernizacije zahtijeva poštivanje načela vođenja prometa i prilagođavanja prometu.

Tehnologija automatizacije zahtijeva minimalan ljudski napor. Automatska kontrola podrazumijeva upotrebu različitih kontrolnih sustava za upravljanje opremom. Automatizacija se može jednostavno definirati kao upotreba električnih ili elektroničkih, mehaničkih i/ili računalnih rješenja za kontrolu ili upravljanje sustavima u vozilima, proizvodnji, građevinarstvu, morskim lukama kao u inteligentnim automatiziranim sustavima dizalica, itd. Primjenjivost ove tehnologije kreće se od kućanstava do velike industrije.⁴

Sustavi za automatsko upravljanje prometom koriste se za praćenje i kontrolu protoka prometa. Cilj automatskog upravljanja prometom jest realizacija nesmetanog kretanja vozila na prometnicama.⁵ Konvencionalni sustavi ne uzimaju u obzir obradu promjenjivih prometnih tokova koji se približavaju čvorištima. Činjenica je da konvencionalni sustavi ne prate smetnje koje se događaju između sustava semafora koji se nalaze jedni pored drugih. Također, ne obrađuju nepravilan vremenski protok automobila, nesreće, prolaz pojedinih interventnih vozila niti pješačke prijelaze što izravno rezultira prometnim gužvama i zastojsima. Automatski sustavi omogućuju rješavanje prometnih problema i unaprjeđuju praćenje prometa te tako doprinose smanjenju štetnih i ostalih utjecaja prometa na okoliš. Općenito automatski sustavi upravljanja prometom sastavljeni su od središnje upravljačke

⁴ Vochozka, M., Horák, J., Krulický, T., *Advantages and Disadvantages of Automated Control Systems (ACS)*, Digital Age: Chances, Challenges and Future, 2020., str. 39., online: https://www.researchgate.net/publication/334732540_Advantages_and_Disadvantages_of_Automated_Control_Systems_ACS (20. 6. 2023.)

⁵ Roozernond D. A., *An integrated multi-discipline dynamic traffic management system, based on information, objects and inter-object communication*, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Nizozemska 1995., str.186.

jedinice povezane s velikim brojem terminala koji su udaljeni od kontrolnog centra te povezani komunikacijskim kanalom. Računalo koje se nalazi u centralnoj upravljačkoj jedinici spojeno je preko sučelja s glavnim primopredajnikom. Uloga glavnog primopredajnika je spajanje računalne i vanjske opreme s komunikacijskim kanalom. Terminali su bez obzira na njihovu udaljenost, paralelno spojeni na komunikacijski kanal, preko kojeg uključuju daljinski primopredajnik. Arhitektura komunikacijskih veza u najvećem broju slučajeva nalazi se u vlasništvu pojedinih mrežnih tvrtki te njihovo korištenje može izazvati povećane troškove, posebno za kompleksnije sustave.

2.2. AUTOMATSKO UPRAVLJANJE SEMAFORIMA

Vozila koja prometuju cestama sve je više, dok je prostora za odvijanje prometa sve manje. Stoga je svjetlosna signalizacija od osobitog značaja za odvijanje cestovnog prometa. Treba napomenuti i da je svjetlosna signalizacija pomoć vozačima kako bi održavali pažnju u prometu.

Neosporno je da svjetlosna signalizacija ima značajan utjecaj na tok prometa. Stoga ju je potrebno projektirati, izvoditi i održavati na adekvatan način. Pri tom značajnu ulogu imaju Zakonski i podzakonski akti čijih se je odredbi potrebno pridržavati.

Povećanje sigurnosti prometa i podizanje kvalitete odvijanja prometa temeljni je cilj prilikom postavljanje prometnih svjetala. Treba napomenuti da je isto toliko važno i poštivanje ekoloških kriterija, a koji se odnose na smanjenje buke i zagađenje zraka.

Danas se suvremeni semafori uređaji izrađuju u mikroprocesorskoj tehnologiji. Takva tehnologija podrazumijeva da se podržavaju i informatičke tehnologije kao što je bluetooth, Wireless, GPS i USB. Nadalje takva tehnologija omogućava suradnju s detektorima u kontekstu klasificiranja vozila po dužini, mjerenja brzine, brojanja prometa i slično. Komunikacijski protokoli omogućavaju spajanje semafori uređaji u nadzorne centre. To znači da se njima može upravljati i s udaljenih lokacija

Prometna gužva predstavlja danas ozbiljan problem s više aspekata, kako okolišnih tako i ostalih negativnih učinaka na čovjeka, posao, standard. Pri tom semafori umnogome mogu otežati protočnost prometa. To posebno dolazi do izražaja u slučaju kada semafori imaju slabu postavu pomoću mikro kontrolera s fiksnim vremenom signala. Posljedice takvog načina rada semafora vidljive su u dugim redovima čekanja vozila ispred semafora. Dugim redovima čekanja vozila ispred semafora stvaraju se gužve na cestama. Često u takvim situacijama sudionici u prometu ne poštuju prometnu signalizaciju što u konačnici može

dovesti do prometnih nezgoda. Može se zaključiti da prometne gužve smanjuju učinkovitost prometne infrastrukture. Nadalje, vrijeme putovanja duže traje. Logično je da se potrošnja goriva poveća što za posljedicu ima veće onečišćenje zraka.

Praćenje frekvencije prometa prvi je korak za učinkovito upravljanje prometom. Prisutni su različiti načini praćenja prometa. Neki od njih su obrada video slike koji uključuju brojanje vozila kroz presjecajuće senzore blizine/dodira vozila te GSM modeli.

Danas su prometni senzori toliko razvijeni da se smatraju vrhunskim tehničkim dostignućem. Mogu se postaviti u samoj prometnici što se čini pri izgradnji ili naknadno kada se ukaže potreba. Također se mogu postaviti i u neposrednoj blizini prometnice. U navedenu skupinu senzora spadaju detektori i to slijedom:⁶

- prometnih tokova koji snimaju i bilježe promjene u prometu te ih prenose referentnim centrima;
- ulaska vozila u zonu radova koji jakim alarmom upozoravaju radnike da se „zalutalo“ vozilo približava i daje im određen broj sekundi da napuste mjesto rada kako bi izbjegli moguće povrede;
- prekoračenja brzine kretanja koji u kombinaciji sa sustavom kamera daju mogućnost registriranja prekršitelja, uz automatsko kažnjavanje ili obavještanje najbliže policijske patrole o prekršitelju;
- sofisticirani detektori vozila registriraju magnetsko polje svakog vozila i mogu brojati motorna vozila odnosno mjeriti njihovu brzinu, dužinu, težinu kao i međusobni razmak između vozila.

Svakako treba naglasiti da se prometni senzori mogu postaviti u jednoj ili više prometnih traka.

2.3. DETEKORI ZA AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PROMETOM

Detektor, detektor prometnog toka i brojilo prometa - tri su izraza koji se koriste za uređaje koji mjere parametre prometnih tokova, odnosno daju podatke o prometnom toku. Uređaj osim detekcije vozila ima mogućnost prikupljanja i mjerenja čitavog niza parametara prometnog toka. U daljnjem tekstu za navedeni uređaj koristiti će se izraz detektor.

Detektor prometnog toka podrazumijeva mjerni lanac kojemu su osjetilni elementi senzori. O sensorima se više govorilo u prethodnom poglavlju. S obzirom na izvedbu, detektor

⁶ Guide to sensors, 2023., online: <https://www.icrfq.net/guide-to-sensors/> (19.06.2023.)

prometnog toka sastoji se od jednog ili više senzorskih elemenata.

S obzirom na način postavljanja razlikuju se intruzivni i neintruzivni detektor prometnog toka. U nastavku su dane njihove glavne karakteristike.

Intruzivni detektori prometnog toka postavljaju se u prometnu površinu, u urezane utore ili izbušene rupe. U specifičnim slučajevima neke se vrste detektora mogu postaviti na samu prometnu površinu. Međutim, tada je njihova funkcija u kontekstu privremenog prikupljanja podataka. Ova vrsta detektora u praksi se često koristi budući da pružaju točne podatke. Međutim, visoki trošak ugradnje i održavanja ovih detektora glavni su nedostaci u primjeni. Specifičnost neintruzivnih detektori prometnog toka ili njihov senzorski element je u njihovom mjestu postavljanja. Naime, isti se postavljaju na stupove pokraj prometnice ili konzole iznad prometnice. Upravo iz tih razloga podložni su vremenskim neprilikama kao što su kiša, snijeg i magla. Podložnost vremenskim nepogodama te visoki troškovi održavanja glavni su nedostaci neintruzivnih detektori prometnog toka.

Senzor služi za detektiranje ili mjerenje neke fizikalne veličine u prostoru. Naime, radi se o tome da senzor ima osjetljivost, odnosno da detektira i mjeri samo ono što se zahtijeva. Senzorski element kod detektora prometnog toka osjetljiv je na različite promjene fizikalnih veličina, a koje uzrokuju vozila. Primjerice ako vozilo lokalno mijenja magnetsko polje zemlje, mijenja temperaturu (zrači u infracrvenom području) ili motor proizvodi zvukove odgovarajući senzor će te promjene pretvoriti u eklektični signal na osnovu kojeg će se dobiti podatak da je vozilo prošlo.⁷

U nastavku su opisani najčešće korišteni senzori. To su: kamera, infracrveni senzor, ultrazvučni senzor, optički, te induktivni senzor.⁸

Kao glavna karakteristika, a time i njena najznačajnija prednost kod kamere je ta da daje realnu sliku prometnih uvjeta na cesti. Za procesuiranje podataka zadužen je mikroprocesor. Mikroprocesor je smještenog u uređaju za detekciju video slika. Promet se pomoću kamera snima na dva načina. Prvi način odnosi se na snimanje prometa pomoću kamere koja nadgleda specifične zone autoceste. Na taj način kamera detektira prisutnost vozila. Drugi način snimanje prometa pomoću kamere koristi algoritme za identifikaciju vozila u trenutku kada ona prođu kroz područje vidljivo kameri. Nadzor kršenja prometne regulative uključuje automatsko detektiranje tipa vozila, registracijskih pločica i prekoračenja brzine. Kao prednosti ovih uređaja potrebno je navesti da imaju mogućnosti nadgledanja područja s

⁷ Jelušić, N.: *Telematička sučelja*, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, online. <http://files.fpz.hr/Djelatnici/njelusic/Niko-Jelusic-Telematicka-sucelja--nastavni-tekst.pdf> (3.07.2023.)

⁸ Ibidem.

većim brojem prometnih traka, modifikaciju zone detekcije, te dostupnost velike količine podataka. Značajno je da se uz pravilno podešavanje omogućava detekcija šireg područja. Povezivanjem kamera dobiva se pregledna slika odvijanja prometa duž cijele autoceste na kojoj su kamere postavljene. Međutim, ovi uređaji imaju i svoje nedostatke. Glavni od njih je da je za instalaciju potrebna određena cestovna infrastruktura. Treba napomenuti i da je utjecaj vremenskih uvjeta na rad ovih uređaja velik. U slučaju snijega, magle i drugih vremenskih neprilika prikaz odvijanja prometa na cesti je dosta degradiran u smislu kvalitete slike.

Za detekciju vozila i njihove brzine koriste se infracrveni senzori. Razlikuju se aktivni i pasivni infracrveni senzori. Glavna značajka aktivnih infracrvenih senzora je da emitiraju svjetlosni snop na površinu ceste. Zatim, mjere vrijeme koje je potrebno da se reflektirani signal vrati do uređaja. Kada se vozilo nađe na putu laserskog snopa, vrijeme koje je potrebno da se snop vrati je smanjeno. Glavni nedostatak ove vrste infracrvenog senzora je da ne može raditi pri lošim vremenskim uvjetima. Naime, kratka valna duljina ($0,85 \mu\text{m}$) koja je emitirana ne može prodrijeti kroz snijeg i kišu. Pasivni infracrveni senzori detektiraju vozila na cesti mjerenjem infracrvene energije koja zrači s područja detekcijske zone. Vozilo će uvijek imati temperaturu različitu od okruženja, a tijelo kojem temperatura nije na apsolutnoj nuli emitira energiju na svim frekvencijama.

Jedan od često korištenih senzora je i ultrazvučni sensor. Takvi senzori rade na principu da mjere prijelaz vozila na određenoj dionici, njihovo prisustvo i brzinu na način da prepoznaju zvučnu energiju ili zvukove proizvedene u prometu (25-50 kHz), odnosno detektiraju buku proizvedenu dodiranjem kotača s cestovnom podlogom. Ultrazvučni senzori se postavljaju horizontalno ili vertikalno u odnosu na predmet promatranja (vozilo). Kao najznačajnije prednosti ovog sustava treba navesti cijenu koja je prihvatljiva, te dobar domet. Međutim, i ovaj sustav ima svoje nedostatke. Naime, između odašiljača i prijarnika ne smiju se nalaziti nikakve prepreke. Sustav nije u mogućnosti podržavati veći broj istovremenih senzora. Preciznost je lošija od magnetskih senzora. Također, dimenzije prijarnika mogu predstavljati poteškoću za pojedine primjene.

Optički senzori, dio su sustava koji pomoću većeg broja kamera slijedi oznake (markere). Kombiniranjem položaja markera u vidnom polju svake kamere izračunavaju položaj markera u prostoru (3D). Nekoliko je različitih principa praćenja koji se koriste za rad ovih sustava. Najčešće korišteno principa praćenja je uz pomoć markera od sjajnog materijala. Kamere, osjetljive na infracrveno svjetlo prate markere, odnosno pokrete vozila u prostoru. Pri tom je nužna kalibracija kamera. To znači da položaji i orijentacije kamera moraju biti

poznate. Kako bi se precizno utvrdio 3D položaj markera potrebno je kombinirati zapise 2D položaja markera (iz svih kamera) s informacijama o položajima i karakteristikama kamera. Najznačajnije prednosti praćenja pomoću optičkog senzora su izuzetna točnost, mogućnost uzorkovanja velike količine podataka, te istovremeno korištenje velikog broja senzora. Njihova najznačajnija primjena u prometu se odnosi na dobivanje što preciznijih informacija o temperaturi površine ceste.

Sljedeća vrsta senzora koju treba spomenuti su induktivni senzori. Induktivni senzori se najčešće koriste za brojanje automobila na cesti. Također, svoju primjenu imaju i za mjerenje brzine pojedinog vozila. Princip rada induktivnih senzora temelji se na pojavi struje u slučaju kada se određeni električni vodič nađe u blizini magnetskog polja. Pri tom metalno vozilo predstavlja magnetno polje, a induktivna strujna petlja električni provodnik. Mjerna jedinica na cesti mjeri generirane signale (pojavu struje) koje nastaju prelaskom vozila preko petlje. U odnosu na optičke i infracrvene senzore postavljanje induktivnih senzora zahtijeva manje troškove. Kao njihov najznačajniji nedostatak treba navesti da je zbog njihova postavljanja potrebno kopanje jednog dijela ceste. Takav zahvat smanjuje kvalitetu i vijek trajanja ceste.

3. PODRUČJA PRIMJENE AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA PROMETOM

U ovom poglavlju detaljnije se obrazlažu i opisuju područja primjene automatskog upravljanja prometom. Analizira se automatsko upravljanje pomorskim i zračnim prometom, prometom na autocestama i prometom u hitnim situacijama.

3.1. AUTOMATSKO UPRAVLJANJE POMORSKIM PROMETOM

Suvremenim nadzorom i upravljanjem pomorskim prometom zahtjeva se implementacija izrazito složenih pomorskih procesa koji su podržani pomoću različitih aplikacija, često u interakciji s vanjskim svijetom. Nadzor i upravljanje pomorskim prometom počiva na tri stupa:

- povećanja sigurnosti plovidbe;
- učinkovitosti pomorskog prometa;
- zaštita okoliša.

Pri tome od značajne su pomoći softverski i hardverski moduli, te pravilan način operatorskog rada. Zbog navedenog, vrlo je važno uvesti sustav koji je odgovoran za upravljanje pomoću informacijske sigurnosti informacijskih izvora koji su usklađeni prema određenoj standardizaciji.⁹ Pored informacijskog sustava treba istaknuti da pomorski promet reguliraju međunarodne konvencije iz područja sigurnosti plovidbe.

Najvažnijom međunarodnom konvencijom kada je riječ o sigurnosnoj plovidbi smatra se Konvencija o zaštiti ljudskih života na moru (*International Convention for the Safety of Life at Sea*), skraćenog naziva „SOLAS konvencija“.¹⁰ Konvencija je donesena nakon pomorske havarije na brodu Titanik 1912. godine. Kao posljedica potonuća, 1913. godine održana je Međunarodna konferencija, a ta ista godina bilježi i donošenje prve Konvencije o zaštiti ljudskih života na moru, pod nazivom Titanik konvencija. No, kako je izbio I. svjetski rat, navedena Konvencija nije dobila mogućnost stupanja na snagu. Nadalje, tzv. SOLAS konvencija, smatrana međunarodnim dokumentom, donesena je u Londonu 1929. godine.

⁹ Ristov, P., Sigurnost podataka i informacija u sustavima nadzora i upravljanja pomorskim prometom, NAŠE MORE, vol. 63, br. 1 Supplement, 2016, str. 1-8.

¹⁰ International Convention for the Safety of Life at Sea, online: <https://www.dgrrm.mm.gov.pt/en/web/guest/solas> (17.6.2023.)

Trenutno je u upotrebi SOLAS konvencija, donesena 1974. godine, uz Protokole iz 1978. i 1988. godine, te uz obuhvaćanje brojnih amandmana i aneksa.

Svjetski pomorski sustav pogibelji i sigurnosti na moru GMDSS (*eng. Global maritime distress and safety system*)¹¹ u cilju je osiguravanja uspostave kvalitetnih i pouzdanih komunikacijskih veza. Cilj sustava jest iskorištavanje moderne tehnologije kako bi se omogućilo trenutno uzbunjivanje, kao i omogućavanje brze i učinkovite komunikacije prilikom potrage te kada je potrebno spašavanje na moru. Glavna značajka GMDSS-a jest činjenica ovisnosti broda o sebi te o drugim brodovima koji se nalaze unutar iste zone te je također nužno korištenje svih dostupnih načina komunikacije. Satelitskim i radio sistemima pridaje se značajka da su oni dio GMDSS-a, u zavisnosti su od svojih ograničenja i nedostataka u vidu dometa i dostupnosti. U cilju osiguranja neprestane dostupnosti i uporabnosti sustava, presudne usluge kao što je uzbunjivanje, upozoravanje i komunikacija su duplicirane. Brod koji se nalazi u pogibelji obavezan je neposredno pokrenuti centar zadužen za traganje i spašavanje (RCC). Spomenuti centar potom ima ulogu prosljeđivanja upozorenja brodovima koji se nalaze u navedenoj zoni. Određeni sistemi koji se nalaze u unutrašnjosti samog sustava GMDSS imaju zadaću brinuti za ispravnost komunikacije određenog područja.

Oprema broda u zavisnosti je od područja u kojem se brod nalazi. Primjena GMDSS usmjerena je prema brodovima na koje se primjenjuje SOLAS konvencija, a oni se odnose na sljedeće:¹²

- putničke brodove koji se odnose na međunarodne plovidbe;
- trgovačke brodove veličine 300 GT i više, također se odnose na međunarodne plovidbe.

Današnji, suvremeni integrirani sustavi za upravljanje pomorskim prometom omogućuju slijedom:¹³

- prikaz situacije na moru s ciljem smanjenja havarija i ostalih nezgoda;
- provođenje analize koja daje informacije o nadolazećim dolascima i odlascima u kojima se putem informacijskog razmjenjivanja ostvaruje bolji plan sudionika dok traje ukrcaj i iskrcaj ljudi i tereta, s naglaskom na minimizaciju praznog hoda dok se u pojedinoj luci čeka dolazak ili odlazak određenog broda;

¹¹ GMDSS Licensing and certification, onilne: <https://gmdss.com/> (17.6.2023.)

¹² Ibidem.

¹³ Lind, M., *Sea traffic Management*, RISE Research Institutes of Sweden, Malmo, Sweden, 2016. str. 3.

- pravovremeno provođenje operacija;
- povećanje noviteta vezanih za ekosustav (porast u vidu dostupnosti robe i usluga uz nižu cijenu transporta, te zaštita okoliša uz pomoć manjeg ispuštanja emisije štetnih plinova).

3.2. SUSTAVI NADZORA POMORSKOG PROMETA

Sigurnost plovidbe nije u zavisnosti samo o činjenici da li je brod sposoban za plovidbu i da li posada ima potrebno stručno znanje, već je u zavisnosti i od drugih tehnoloških i stručnih poslova, te od trenutne kvalitete objekata važnih kod sigurnosti plovidbe i o učinkovitosti nadzora. Regulative koji služe za regulaciju nesigurnosti plovidbe u Republici Hrvatskoj jesu Pomorski zakonik, podzakonski akti, te također odgovarajući međunarodni ugovori potvrđeni od strane Republike Hrvatske, koja ih je obavezna primjenjivati.

Pojam sigurnosti plovidbe označava osnovne uvjete koji moraju biti ispunjeni od strane plovnih putova obalnog područja Republike Hrvatske, od strane luke, hrvatskih pomorskih objekata, plovni objekata unutar obalnog područja RH, zatim plovidba, posada. Od velike je važnosti inspeksijski nadzor koji se vrši nad provođenjem odredaba koji se odnose na sigurnost plovidbe. Osim inspeksijskog nadzora, poslovi koji nadziru sigurnost plovidbe Republike Hrvatske provode se također u vidu posebnog tehničkog sustava nadziranja i vođenja pomorskog prometa.

Sustavi nadzora pomorskog prometa obuhvaćaju Sustav nadzora pomorskog prometa VTS, VTMISS - Sustav za nadzor i upravljanje pomorskim prometom, Pomorski obalni sustav automatske identifikacije brodova – AIS, i Sustav sigurnosti na moru GMDSS.

3.2.1. Sustav nadzora pomorskog prometa - VTS

U početku, način koji je određivao uvođenje tehnologije za upravljanje pomorskim prometom bio je određen upotrebom radara kao sredstvom važnim za pribavljanje informacija i radio telefonije pomoću VHF uređaja koji obavještava brodove o pojedinim informacijama pomoću službe koja provodi nadziranje prometa. Spomenuti uređaj također služi za pribavljanje određenih podataka. Sustav koji služi za nadzor prometa u pomorstvu

zove se VTS (*eng. Vessel traffic system*).¹⁴ Informacije o pojedinim upozorenjima (plovidbenim, meteorološkim i drugim), brodovi su dobivali putem sustava nadzora pomorskog prometa, a nakon nekog vremena dolazi do razvoja sustava zaduženih za upravljanje prometom i sustava koji pružaju pomoć prilikom navigacije. VTS sustav razvijen je unutar okvira međunarodne pomorske organizacije IMO (*eng. International maritime organization*), te uz pomoć svog radadoprinosi identifikaciji i aktivnom nadzoru brodova, planiranju kretanja brodova i ostalo.

U početku se pomoću VTS sustava, primarno, korištenjem nadzora pomorskog prometa davalo osnovne informacije brodu, primjerice plovidbene, meteorološke i ostala upozorenja i važne obavijesti.

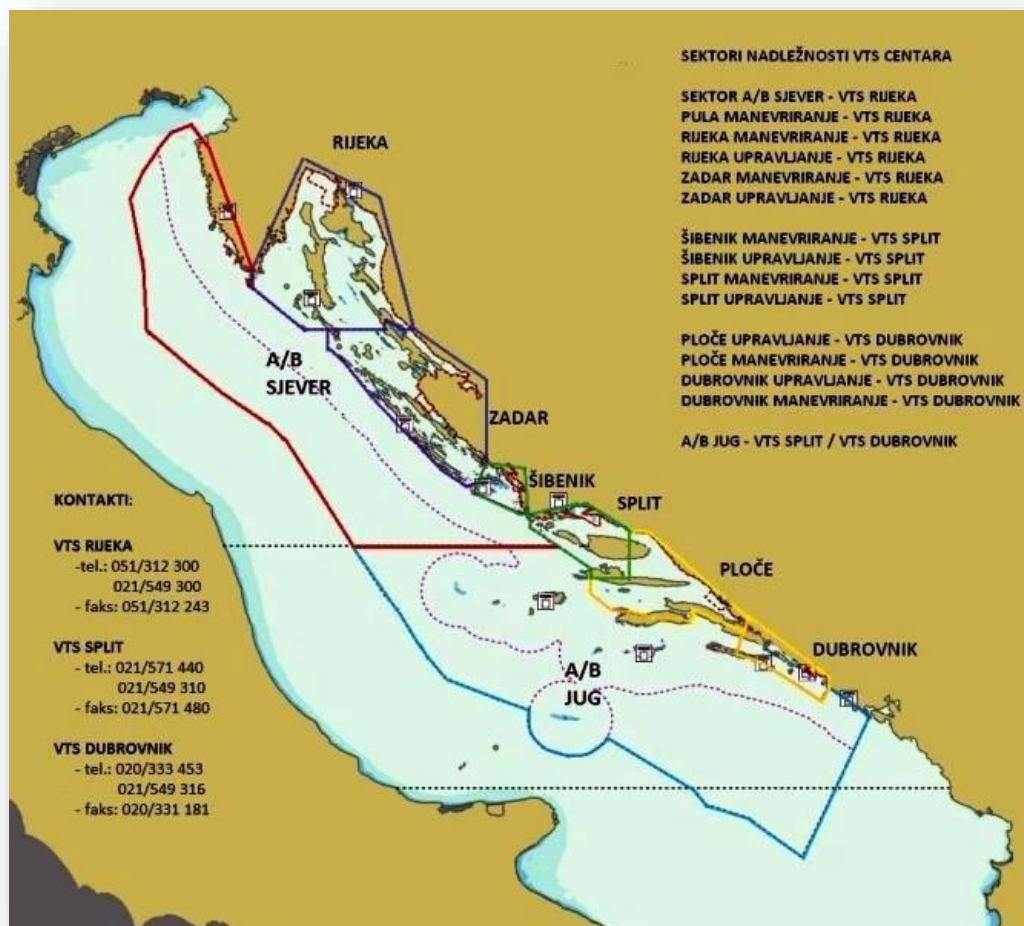
Daljnijim tijekom vremena razvili su se u sustave koji, osim navedenog, imaju mogućnost uključiti i sustav određen za upravljanje prometom u pomorstvu, kao i pružanje pomoći prilikom navigacije. Važnost VTS sustava potvrđena je i od strane Međunarodne pomorske organizacije (*International Maritime Organization – IMO*), kada je ista prisvojila specijalne Smjernice vezane za VTS sustav (tzv. VTS Smjernice).

Smjernice imaju ulogu pružanja osnovnih kriterija prema pojedinoj državi, važnih kod uspostavljanja VTS službe te obuke VTS djelatnika. SOLAS konvencija također ima specijalno pravilo kada je riječ o VTS sustavu. Spomenutim aktima potiče se uspostavljanje službe VTS sustava na onom području gdje je pojačani pomorski prijevoz, što se posebno odnosi na prijevoz opasnih i štetnih tvari. Nadalje, uspostavljanje navedene službe u prilazima luka, u tjesnacima i kanalima, sa naglaskom na ekološki osjetljiva područja. Trenutak kada država uspostavlja VTS službu jest onaj kada prema njihovoj procjeni postoji veliki rizik od pojedinih nesreća izazvanih prometnom gustoćom, dok se kao krajnji rezultat uspostave VTS službe navodi sigurnost i učinkovitost plovidbe, zaštita morskog okoliša i ljudskih života na moru.

Obalna država ima mnogobrojne koristi od uspostavljanja VTS-a. Naime, istom se omogućuje identifikacija i nadziranje pojedinog broda u aktivnom smislu, kretanje brodova prema planu, omogućavanje pomoći i davanje pojedinih informacija u navigaciji. Također, VTS jest od velike koristi i kod sprječavanja onečišćenja, koordinacije reakcije na onečišćenje te pružanje podrške drugim morskim djelatnostima (primjerice peljarenje). No, važno je istaknuti kako učinkovit i uspješan VTS sustav ovisi o pouzdanoj i kvalitetnoj vezi između broda i obale. Također, davanje ispravnih te preciznih podataka, uz mogućnost

¹⁴ VTMISS služba u funkciji unaprijeđenja sigurnosti pomorskog prometa i zaštite okoliša na Jadranu, online: <https://hrcak.srce.hr/file/177908>, (17.06.2023.)

detektiranja rizičnih situacija te pravovremeno slanje presudnih upozorenja određuju uspješnost VTS-a. VTS Smjernice navode kako, neovisno o pomoći od strane VTS sustava, donošenje odluke oko plovidbe i brodskog manevriranja ostaje na brodskom zapovjedniku.¹⁵ Unatoč tome, pojedine države moraju biti svjesne činjenice da postoji mogućnost postavljanja pitanja da li su i u kojem obujmu odgovorne VTS službe ili njezini djelatnici za nesreće nastale uslijed nemarnosti u tijeku rada ili ako se ustanovi pružanje određenog nestručnog savjeta ili neke netočne informacije. VTS služba obavezno se koristi u onim morskim područjima gdje obalna država ima suverenitet, čime su obuhvaćene njene unutarnje morske vode i teritorijalno more.



Slika 1. VTS Republika Hrvatska

Izvor: <https://mmpi.gov.hr/more/vts-croatia/12861>, (16.06.2023.)

¹⁵ Ćorić, D.: *Nadzor sigurnosti plovidbe i utvrđivanje prekršajne odgovornosti*, Pravni fakultet u Rijeci, Rijeka,

3.2.2. Sustav nadzora i upravljanja pomorskim prometom - VTMIS

Sustav nadzora i upravljanja pomorskim prometom VTMIS (*eng. Vessel traffic management and information system*)¹⁶ služi se tehničkom arhitekturom koju čine pojedini senzori, komunikacijska oprema i informacijski sustav u području koje se nadzire. Sustav daje sliku prometa u pomorstvu unutar određenog vremenskog perioda. Isti daje prikaz stanja hidrometeoroloških prilika, te mogućnost međusobne brodske komunikacije pomoću sustava komunikacija u pomorskom i javnom segmentu. Nadalje, upotrebom interaktivnog sustava informacija, pojedinom korisniku su omogućene informacije koje su vezane za brodsko manevriranje i smjer kretanja tereta. Nadalje, omogućena je pohrana podataka kako bi se podaci mogli naknadno prikazati u cilju istraživanja i ispitivanja nesreća, te detekcije aktera. Sustav nadzora i upravljanja pomorskim prometom ima svrhu dokazati činjenicu da upotreba senzorske opreme u cilju dobivanja integrirane slike pomorskog prometa mora biti unutar realnog vremena. Za dobivanje slike, potreban je radarski sustav, uređaj i oprema koja se koristi kod automatske identifikacije brodova AIS (*eng. Automatic identification system*), hidro i meteorološki senzor NavTex (*eng. Navigation Telex*), te uređaj i oprema korištena kod video nadzora. Navedeni sustavi mogu funkcionirati i samostalno, iako integriranje unutar jedne cjeline čini lakši pristup za nadzor te upravljanje prometom. VTMIS sustav usklađen je i sa zakonima i odredbama EU (*eng. European Union*), IMO (*eng. International maritime organization*) standardima i SOLAS (*eng. Safety of life at sea*) konvencijama. Podsustavi VTMIS sustava su:¹⁷

- pomorski radarski podsustav ARPA (*eng. Automatic radar plotting aid*);
- pomorski obalni sustav automatskog identificiranja pojedinog broda AIS;
- pomorski komunikacijski podsustav;
- meteorološki i hidrološki podsustav NavTex;
- radio goniometarski podsustav;
- CCTV video nadzor (*eng. Close circuit television*);
- upravljački (nacionalni, sektorski i lokalni) centri.

VTMIS se vodi pod proširenom djelatnosti VTS službe, posebice s informativnog i upravljačkog pogleda. Osnovna funkcija navedenog sustava jest bliska kooperacija i integriranje uz sve sudionike i službe koji su uključeni u sudjelovanje u pomorskom prometu

¹⁶ Information systems, online: <https://www.emsa.europa.eu/visits-to-member-states/vessel-traffic-monitoring-a-information-systems.html> (17.06.2023.)

¹⁷ Ibidem.

ili utječu na održavanje istog, a cilj im je primanje i razmjena čim više podataka uz detalje, oko pomorskih objekata koji plove unutar područja odgovornosti. Takve službe nazivaju se subjektima uključenima u siguran i efektivan prolaz brodova kroz VTS područje, uz pomoć svoje aktivnosti. Pod time se u Republici Hrvatskoj misli na lučke kapetanije i njihove podcentre, lučke kontrolne centre, centre za koordiniranje potrage i spašavanja, Pomorski meteorološki centar, Plovput, Hrvatski registar brodova, Državni hidrografski institut, Agenciju za javni obalni linijski pomorski promet, obalnu stražu, peljare, tegljače, te VTS centre drugih zemalja u Jadranskom moru.¹⁸ Kada se govori o tome koliko je siguran pomorski promet, te u pogledu zaštite mora i morskog okoliša, integriranje određenih informacija ima izuzetnu važnost u cilju kvalitetnog i ispravnog rada VTMIS službe. Ako je uspostavljeno apsolutno integriranje sudionika pomorskog prometa, onda ono rezultira i kvalitetnijom integracijom podataka koju svaka od povezanih službi pruža. VTMIS označava objedinjenje te posjed bitnih podataka i informacija o pomorskim objektima unutar određenog područja.

Uvođenje standardiziranih postupaka i razmjena podataka dovodi do značajnog pomaka u napretku proceduralne aktivnosti. Naglašava se nesmetana i redovita elektronička razmjena podataka (horizontalna – kada su podatkovna izmjena i pružanje usluga u neposrednoj okolini, regiji ili među udaljenim subjektima) ili vertikalna – kada je podatkovna izmjena s drugim službenim ili komercijalnim pomorskim subjektima).

3.2.3. Pomorski obalni sustav automatske identifikacije brodova – AIS

Primarni izvori podataka VTMIS sustava sastoje se od radara i AIS sustava. Podaci se prenose između primarnih izvora podataka i upravljačkih centara VTMIS automatizmom. AIS brodski uređaj, u djelokrugu dometa VHF veze, šalje informacije do središnjepostaje ili do drugog broda. Informacije AIS uređaj s broda dobiva dok koristi GPS prijemnik, koji je sastavnog dijela AIS sustava. Nadalje, prikupljanje podataka o drugim brodovima u radarskom krugu omogućeno je sustavom automatske identifikacije brodova. Također, podaci o položaju i kursu plovidbe broda prikupljaju se uz pomoć predajnika spojenog s brodskim GPS (*eng. Global positioning system*) koji je povezan s brodskim žiro-kompasom. Informacije s brodova AIS sustava pribavljaju se uz pomoć mreže baznih stanica koje su postavljene na obali u cilju osiguravanja pokrivenosti morskog prostora koji se nadzire.

¹⁸ Ibidem.

Takve informacije prosljeđuju se u VTS centar iz kojega nadalje brodovi dobivaju podatke.¹⁹

3.2.4. Sustav sigurnosti na moru - GMDSS

Sustav GMDSS²⁰ jest sustav osiguravanja i provedbe uzbunjivanja u pogibeljnim situacijama. Također osigurava komunikaciju na mjestu pomorske nezgode te lociranje broda koji se nalazi u pogibelji. Osim toga, garantira prenošenje informacija sigurnosti u pomorstvu MSI (*eng. Maritime safety information*), vremensku prognozu, te navigacijska i druga upozorenja. Uporaba sredstava GMDSS sustava dovodi do ranog uzbunjivanja MRCC centra (*eng. Maritime rescue coordination centre*) i brodova unutar jednakog područja plovidbe.²¹

Tako MRCC ima mogućnost usklađivanja postupaka baziranih na traganju i spašavanju uz najmanje moguće kašnjenje. Uz to, GMDSS sustav mijenja i prirodu radio-komunikacije. Više nema zahtjeva da posada broda u straži bude prisutna, već časnik plovidbene straže na palubi sam upravlja ulaznim i izlaznim porukama, uz posjedovanje GMDSS ovlaštenja.

Posljednjih nekoliko godina, uporabom bespilotne letjelice koju karakteriziraju jaka senzorska osjetila kod prekršaja i ulaska plovila u sigurnosnu zonu, bilježi se uspješnost nadzora i upravljanja pomorskim prometom.

Propisi i konvencije o sigurnosti plovidbe primjenjivani u Republici Hrvatskoj usvojeni su. Prilikom njihovog usvajanja uzeta je u obzir zakonodavna nadležnost obalne države u određenim morskim područjima, a kako tumači Konvencija UN- a o pravu mora, donijeta 1982. godine. Reguliranje međunarodne plovidbe unutar Konvencije rezultat je uvažavanja interesa obalne države, osobito njene sigurnosti i cilja njenog nesmetanog odvijanja. Konvencija jasno prezentira priznanje obalnoj državi u vidu donošenja zakona te drugih propisa, u skladu s Konvencijom i ostalim regulama međunarodnog prava, koji su usmjereni na neškodljiv prolazak, te dužnost stranih brodova da se po njima ravnaju. Spomenuti propisi također se odnose na pitanja sigurne plovidbe te na reguliranje prometa u pomorstvu.²² Nadalje, dopušteno je propisivanje plovnih puteva, kao i sustava separiranog prometa, ali

¹⁹ Perković, M., Gućma, M., Vessel Traffic Management and Information System (VTMIS) – integrated simulator for safety of navigation evaluation, Faculty of Maritime Studies and Transportation, University of Ljubljana, Slovenia, 2011. str. 2-5.

²⁰ GMDSS system, online:<https://gmdss.com/> (18.06.2023.)

²¹ Ibidem.

²² Pomorski zakonik, Narodne novine - br. 181/2004., 76/2007., 146/2008., 61/2011.

nužno je da se poštuju preporuke Međunarodne pomorske organizacije. Spomenuti putevi i sustavi nužni su za strane brodove koji neškodljivo prolaze, a posebno je moguće zahtijevati korištenje navedenih puteva od strane brodova koji prevoze opasne i štetne tvari, tankera, nuklearnih brodova.²³

3.3. AUTOMATSKO UPRAVLJANJE U ZRAČNOM PROMETU

Uz tehnološki napredak putem osuvremenjivanja infrastrukture integriranih sustava za vođenje zračnog prometa (*eng. Integrated air traffic management*) umanjena je emisija CO₂ za 10 %. Također, kao rezultat pandemije COVID-19 u okolišu se bilježe pozitivne promjene, te se istovremeno bilježi pritisak na aviokompanije da uvedu isplativiji, elastičniji i prilagodljiviji prijevoz. Posebice se naglašavaju pozitivne značajke putem ugradnje integriranih sustava za upravljanje zračnim prometom uz čiju pomoć je moguće otkloniti nedostatke, kako bi se ujedno postigle velike uštede. Pozitivni pomaci mogući su u širem vidu primjenjivanja integriranih sustava upravljanja prometom upotrebom dronova, a sa ciljem povećanja sigurnost zračnog prostora. Konceptom integriranih sustava upravljanja prometom omogućuju se značajni pozitivni pomaci u smislu objedinjavanja djelovanja aktera u zračnom prometu i zemaljskih postaja, a svrha im je realizacija postavljenih ciljeva. Poboljšanja se odnose na:²⁴

- veću sigurnost, protočnost i uvezanost letova unutar zračnog prostora;
- veću konkurentnost zračnog prometa primjenom sustava upravljanja prometom;
- učinkovitije i prihvatljivije korištenje zračnog prostora u ekološkom smislu;
- manje troškove pružanja usluga;
- veći kapacitet zračnih luka putem veće protočnosti aviona na području staza za polijetanje i slijetanje;
- veći kapaciteti prilaznih ruta i smanjeno čekanje u blizini zračnih luka, osobito u području manevarskih područja terminala;
- manju potrošnju goriva i emisija ispušnih plinova.

Ostvarena je modernizacija u načinu komuniciranja s glasovnog načina na način elektronske razmjene informacija između kontrolnog tornja na terminalu i pilota unutar zrakoplova, uz

²³ Ibidem.

²⁴ Hololei, H., Brenner, F., SESAR Joint Undertaking, Office of the European Union, Luksemburg, 2017. str. 23.

pomoć uvođenja integriranih sustava za upravljanje zračnim prometom.

Činjenica je da je kod konvencionalnog načina komunikacije baza na prijenosu podataka glasovnim putem i putem razgovora, te radio frekvencijama. Spomenute negativnosti europska komisija za zračni program uključila je u program SESAR (*eng. Single European Sky ATM Research*) koji ima za cilj otklanjanje nedostataka pomoću uvođenja integriranih sustava upravljanja zračnim prometom.²⁵ Ova prometna arhitektura bilježi se kao jedinstveni europski sustav zračnog prostora SEAS (*eng. Single European Airspace System*) gdje je povezanost resursa optimizirana putem mreže razmjenom informacija u oblacima te cyber-osiguranim povezanim sustavima.²⁶

U Republici Hrvatskoj uz pomoć implementacije sustava koji služi za nadzor zračnog prometa, radi se na poboljšanju učinkovitosti te interoperabilnosti zračnog prometa, uvažavajući suvremena tehnološka rješenja. Uvođenje suvremenih sustava doprinosi razvoju gospodarstva. Zatim dolazi do tehnološkog razvoja, zapošljavanja obrazovnog kadra te do izgradnje dodatne infrastrukture na zračnim lukama.

SEAS, sustav upravljanja zračnog prometa, dio je projekta SESAR. U cilju nastojanja optimizacije upotrebe zračnog prostora u mreži podržanoj uz pomoć operativnog usklađivanja i razmjene informacija među Europskim državama. U cilju osiguranja rada sustava nužno je separirati nadzor zračnog prostora od pružanja usluga, zbog osposobljavanja novog načina pružanja usluga upravljanja zračnim prometom. SEAS-ovo djelovanje omogućava:²⁷

- optimiziranu primjenu zračnog prostora, potpomognutu uz pomoć operativnog usklađivanja i razmjene podataka među državama EU;
- usklađenje rasta kapaciteta zračnog prometa putem sigurnog i učinkovitog upravljanja zračnim prometima na ruti;
- usmjeravanje letova unutar zračnog prostora prema korisničkoj želji;
- rad na povećanju cjelokupne sustavne otpornosti na pojedinu vrstu zračnih nesreća;
- suradnju civilnog i vojnog pristupa europskom zračnom prostoru.

Prethodno prezentirane solucije usklađene su temeljem Europskog master plana za uvođenje sustava koji ima cilj upravljanja zračnim prometom.

²⁵ European ATM Master Plan, SESAR Concept of Operations, Office of the European Union, Luksemburg, 2020. str. 7-21.

²⁶ Ibidem.

²⁷ Ibidem.

3.4. AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PROMETOM NA AUTOCESTAMA

Kada se primjenjuju integrirani sustavi sa svrhom upravljanja cestovnim prometom, dolazi do određenih ekonomskih, okolišnih i društvenih učinaka. Njima se nastoji stvoriti sinergija djelovanja prometnih sredstava, koja ima cilj smanjenje neočekivanih gužvi u prometu, te time utječe na brzinu putovanja. Time također utječe i na povećanu sigurnost na prometnicama te na integriranje kompletnog prometa, uključivanjem i javnog prijevoza. U današnje vrijeme primjenom integriranih prometnih sustava dolazi do usklađenja s propisima međunarodne organizacije za standardizaciju ISO (*eng. International standard organization*) koja određuje više aspekata značenja i korištenja standarda:²⁸

- mogućnost elektroničkog plaćanja prijevoza;
- davanje prednosti hitnim službama u prometu;
- davanje informiranja putnicima u prometu;
- elektronički pristup korištenja javnih prijevoza;
- nadzor nad vremenskim uvjetima na prometnicama;
- mogućnost prijevoza tereta;
- veća sigurnost ljudi u prometu;
- upravljanje u slučaju nesreća i vremenskih nepogoda;
- uspješno vođenje nacionalne sigurnosti;
- upravljanje prometom i prometnih operacija;
- korištenje vozila u prometu i prijevoznih sredstava.

Napredni sustav upravljanja prometom (engl. ATMS, *Advanced Traffic Management System*)²⁹ jest oblik integriranog rješenja koji služi za upravljanje prometom na autocestama, prikupljanjem, obradom, analizom i konačnim širenjem informacija prema određenom korisniku, određenim agencijama i ostalim sudionicima u stvarnom vremenu.

Oprema autoceste u Republici Hrvatskoj provedena je uz pomoć najmodernijih sustava za upravljanje i kontrolu prometa.³⁰ Provođenje sustava nadzora i upravljanja prometom na

²⁸ Dadić, I., Kos G., *Teorija i organizacija prometnih tokova*, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2007., str.192.

²⁹ ATMS systems, online. <https://aryaomnitalk.com/advanced-traffic-management-system-atms/%20> (17.6.2023.)

³⁰ Jerčić, J., Mataija, M. Prikaz sustava za upravljanje informacijama na autocestama pomoću dijagrama., *Zbornik Veleučilišta u Rijeci*, vol.7, br. 1, str. 393-407, 2019., online: <https://doi.org/10.31784/zvr.7.1.24>

autocestama obavlja se neprestano, a što znači da se obavlja 24 sata dnevno. Početak navedenog sustava je u centrima za održavanje i kontrolu prometa. Centri za održavanje i kontrolu prometa nalaze se uz pojedine dionice autocesta. Pomoću centara koji se bave kontrolom prometa na autocestama, korištenjem suvremenih inteligentnih transportnih sustava, kontinuirano se nadzire situacija na autocestama. Upotrebom razvijenih suvremenih informatičkih sustava upozoravaju se i pripremaju sudionici cestovnog prometa na eventualne situacije u negativnom smislu (npr. nadolazeće gužve u prometu zbog prometne nesreće). Kamere i sustavi videonadzora koji se nalaze na autocestama, operaterima daju sliku trenutnog stanja na pojedinoj dionici autoceste, ponajviše uz pomoć kamera koje služe za otkrivanje prometnih nesreća, vožnje u suprotnom smjeru, prometnih gužvi i sl. Također se provodi prikupljanje i obrađivanje podataka vezanih uz vremenske prilike na autocesti uz pomoć brojnih meteoroloških postaja uzduž autocesta. Meteorološke postaje upozoravaju sudionike na autocestama na svaki mogući očekivani vremenski uvjet. Pužanje informacija sudionicima u prometu unutar vremenskih okvira o varijabilnim vremenskim uvjetima promjenjivim znakovima vrlo je bitno za sigurnost odvijanja prometa na autocestama.

Svakodnevnom upotrebom prijevoznih sredstava od vozača se zahtijeva koncentracija i usmjeravanje na prometne signale. Prometni signali služe upravljanju prometom na cestama. Međutim, postavljanje prometne signalizacije ne garantira potpunu sigurnost u prometu. Čimbenici poput obuke i spretnosti vozača značajni su za sigurnost u prometu. Međutim, negativan utjecaj na sudionike u prometu i na druge prometne sustave imaju neučinkovitost i neefikasan rad prometne signalizacije, budući da ona rezultira snažnim reakcijama vozača koje mogu imati za posljedicu određenu pogrešku tijekom prometovanja kao i povećanje cestovnih prometnih nesreća. Nepravilno vođenje cestovnog prometa rezultira trošenjem vremena, usporavanjem prometa i slično. Automatsko upravljanje prometnim sustavom dokazuje učinkovitost kod minimizacije kašnjenja, zaustavljanja, potrošnje goriva, zagađenja okoliša i broja nesreća.³¹

U cilju osiguranja 24-satne sigurnosti, izuzetno je važno informirati korisnike u realnom vremenu. Podaci i izvještaj o stanju na prometnicama i tijeku prometa, te eventualnim nezgodama i vremenskim prilikama na autocestama od izuzetnog su značaja. Osim toga, bitno je obratiti pozornost na obavljanje nesmetanog, sigurnog i učinkovitog kretanja prometa, pomoću pružanja spašavanja i pomoći korisnicima, u cilju izbjegavanja eventualnih nesreća. Cilj navedenog sustava jest omogućavanje praćenja cjelokupne

³¹ Gordon, R. L., Tighe, W. P. E., Traffic Control Systems Handbook, Washington Dunn Engineering Associates, Washington, SAD, 2005., str. 16.

autoceste pomoću raznih senzora i tehnologija, usmjerenih prema koncesionarima, prometnim operaterima ili državnim tijelima. Time je moguće poduzeti određene radnje koje imaju za cilj sigurnost putovanja za prometne sudionike, poboljšanu učinkovitost, produktivnost, mobilnost te učinkovitije vođenje prometa na autocestama.³²

3.5. UPRAVLJANJE PROMETOM U HITNIM SITUACIJAMA

Za uspješnost cestovnog prometa nužno je provođenje kontinuiranog nadgledanja i kontroliranje vozila u stvarnom vremenu i prostoru. S tim u vezi, prilikom prolaženja vozila hitne pomoći kroz prometnu gužvu, nesmetan i siguran prolaz moguće je osigurati korištenjem RF (eng. *Radio frequency*) odašiljača i prijemnika, odnosno njihovim postavljanjem s obje strane ceste. Odašiljač ima svrhu kontroliranja gustoće prometa pomoću mikro-upravljača. Sustav je aktiviran u trenutku kada pojedino vozilo prođe između odašiljača i prijemnika. Pri tome mikro upravljač ima zadatak kontrolirati sustav i brojanje vozila koja prometuju cestom. Također, mikro-kontroleri u svojoj memoriji registriraju broj vozila. U vrijeme kada hitna pomoć dođe, odgovarajući semafor za prometnutraku svijetli zelenim, dok preostali semafori svijetle crvenim svjetlom. Na taj način se utječe na smanjivanju prometa, a vozilu hitne pomoći omogućeno je pravovremeno stizanje na ciljano odredište. Putem navedenih rješenja omogućuje se nesmetano prolaženje prioritnim vozilima poput VIP vozila i policijskih automobila. Onog trena kada je vozilo unutar vidljivosti prijemnika koji je instaliran na odgovarajućoj udaljenosti od semafora, tada prijemnik šalje signal u smjeru mikro-upravljača, a semafor počne svijetliti zeleno.³³

³² Ibidem.

³³ Latha, J. R., Suman, U., Intelligent Traffic Light Controller, International Journal of Emerging Engineering Research and Technology, Delaware, SAD, 2015, str. 38.

4. AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PROMETOM U GRADOVIMA

U četvrtom poglavlju daje se prikaz pojedinih sustava automatskog upravljanja prometom i to IMCITY sustav, IMFLOW, CIVITAS, SCOOT i ADIMOT.

4.1. OBILJEŽJA SUSTAVA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA PROMETOM U GRADOVIMA

Automatska kontrola i vođenje, odnosno upravljanje gradskim prometom je sustav pomoću kojeg se vrši nadzor, te kontrola ispravnog odvijanja cestovnog prometa i to na način da se kombiniraju algoritmi, oprema i komunikacijska mreža. U proces automatskog upravljanja prometom nije uključen čovjek, sve do trenutka kada je potrebno donijeti odluku sukladno različitim vrstama i situacijama cestovnog prometa.³⁴ Aktivnosti koje se mogu obavljati pomoću ovog sustava su slijedeće:³⁵

- provjera ispravnosti signalnog svjetla;
- pronalazak vozila koje ne poštuje pravila signalizacije;
- detekcija nastale prometne gužve na određenoj prometnici;
- analiza i pronalazak najveće prometne gužve na cesti te preusmjeravanje prometovanja s iste;
- provjera koliku brzinu određeno vozilo koristi;
- broj prometnih vozila u stvarnom vremenu i prosjek vremena u trenutku dok isto prelazi cestu.

Primjena sustava automatskog upravljanja prometom u gradovima omogućuje idealno upravljanje mobilnošću, koje se bazira na slijedećim načelima:³⁶

- primjena tehnologije u razumnim okvirima;
- odgovarajuća međusobna suradnja među pojedincima i subjektima javnih ili privatnih sudionika u prometu, i neovisno o korištenju prijevoznog sredstva;

³⁴ Bošnjak, I., Razvoj inteligentnih transportnih sustava, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006., str. 72.

³⁵ Ibidem.

³⁶ Luburić, G., Metode sigurnosti u prometu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011., str. 24.

- preventivno, korektivno i tekuće održavanje;
- učinkovito upravljanje procesom.
- Upravljanje gradskim prometom je veoma složeno i uključuje:
- sustav jednosmjernih ulica;
- kružne tokove i složenija prometna rješenja;
- signalno kontrolirane spojeve (statično i aktivacija uz pomoć vozila), odnosno vremenski usklađeno manevriranje signalizacije prometa;
- kompjuteriziranu kontrolu signalizacije na području;
- signalizirane pješačke prijelaze i biciklističke staze;
- linijske i druge autobuse, taksi staze;
- prepoznavanje prioriteta autobusa na prometnoj signalizaciji;
- informacijske sustave parkiranja;
- CCTV (*Closed Circuit Television*) video nadzor koji uključuje sustav video kamere koje svoj video signal prenose na ograničen broj nadzornih mjesta u prometu;
- trake za vozila s velikom popunjenošću;
- informacijski sustav vozača.

Pristupi i načini nadziranja prometa ne uključuju samo maksimizaciju prohodnosti vozila. Naime, danas je moguće osmisliti i pustiti u realizaciju strategije u cilju dobivanja planskog limitiranja prometa, poput značajno visokog levela prioriteta linijskog ili nekog drugog prometa ili primjerice realizacijom politike kontroliranja čekanja u redu. Navedeno daje inženjerima prometa i kontrolorima mreže (sustava) potrebne informacije i materijale za realizaciju iznimno prilagodljive vrste kontrole i vođenja gradskog prometa, a sve sukladno politikama prometa i prioritetima vođenja gradskog prometa.³⁷

4.2. PRIKAZ SUSTAVA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA PROMETA U GRADOVIMA

U ovom podpoglavlju obrazlažu se sustavi automatskog upravljanja prometom u gradovima, sustavi IMCITY, IMFLOW, SCOOT I ADIMOT.

³⁷[https://mo-its.piarc.org/en/network-control-traffic-management-traffic-control/urban-traffic-management\(18.5.2023.\)](https://mo-its.piarc.org/en/network-control-traffic-management-traffic-control/urban-traffic-management(18.5.2023.))

4.2.1. IMCITY

Sustav automatskog upravljanja prometom IMCITY je platforma za strateško, dinamično i holističko vođenje infrastrukture mreže cestovnog prometa. Platforma daje mogućnost operaterima cestovne mreže kontroliranje svih međusobno spojenih cestovnih uređaja, s određenog online korisničkog sučelja. Sigurna platforma ovog sustava neprestano obavlja zadatak prikupljanja i analize podataka u segmentu stanja na prometnicama,. Podatke prikuplja putem senzora mreže na pojedinoj prometnici. Navedeno omogućava sveobuhvatan i detaljni prikaz ponašanja sudionika u prometu na cestovnoj mreži. Platforma daje prikaz svih promjena u prometu, njihovu identifikaciju u stvarnom vremenu te precizira točnu lokaciju. Na taj način se operaterima obraća pozornost na moguće nezgode u realnom vremenu, čime se omogućava njihova brza reakcija na nastalu nezgodu. Korištenje platforme operaterima omogućuje kvalitetniju upotrebu tehnologije, a sve u svrhu smanjenja, ublažavanja zastoja i osiguranja sigurnosti i učinkovitosti prometa. Također, očekivanim događajima može se jednostavno manevrirati s obzirom na to da budući operateri mogu izgraditi i implementirati određeni način vođenja prometa. Tako operateri mogu postaviti signalizaciju koja je povezana za pojedine događaje u prometu ili različite planove signala uzimajući tako u obzir različite prometne obrasce. Navedene strategije su obilježene automatizmom, a njihova aktivacija obavlja se ovisno o planu događaja te ukazuje na varijabilne prometne uvjete u realnom vremenskom periodu.³⁸

Sustav IMCITY ima mnogobrojne prednosti, a najvažnije jesu sljedeće:

- manji troškovi nadzor;
- veća efikasnosti prometa;
- umanjivanje mogućnosti ljudske pogreške;
- pružanje pomoći u procesu informiranja korisnika i građana;
- podrška tipičnih ITS funkcija.

Sve nabrojene pozitivne značajke utječu na činjenicu da je platforma IMCITY i dalje u sustavu unapređenja. Pri tome postoje mnoge funkcije koje se planiraju implementirati u postojeći sustav.

³⁸ <https://peek.hr/proizvodi/imcity/> (16.5.2023.)

4.2.2. IMFLOW

IMFLOW sustav ima svoju primjenu u optimizaciji prometnih tokova baziranih na usklađenim politikama, pri čemu učinkovito koristi cestovnu infrastrukturu. Specifičnost IMFLOW sustava je u njegovom prilagodljivom algoritmu u realnom vremenu koji automatizmom prenosi politiku u optimalni prometni tijek. Usklađene politike IMFLOW sustava prezentiraju utvrđeni scenarij. Unutar njega pojedinoj politici određen je level važnosti kojim se daje mogućnost korisniku za balansiranje prioriteta i nužnosti prometnih tijekova, vozila od presudne važnosti, te ostalih sudionika unutar mreže, poput primjerice pješaka. Sustav IMFLOW daje podršku višekriterijskoj optimizaciji na pojedinim levelima područja, linije kretanja i raskršća, te daje mogućnost određivanja politika pojedinog levela. Radi se o inteligentnom transportnom sustavu koji ima mogućnost komunikacije s nadređenom osobom za scenarij ili izabranu prometnu strategiju uz pomoć scenarija. Kada je moguće, promjenom razine važnosti pojedinačnih politika, sustav IMFLOW pruža još veću razinu kontrole nad tijekovima prometa. IMFLOW sustav je vrlo prilagodljiv i može dati soluciju pojedinog raskrižja, ali i rješenje za područje koje obuhvaća golemu gradsku mrežu. Činjenica jest da je IMFLOW sustav prikladan alat za koordinaciju semafora u gradovima koji teži da budu pametni i održivi.

Prednosti korištenja IMFLOW sustava ogledaju se kako slijedi:³⁹

- smanjuje prometne gužve točnim usklađivanjem rada kontrolora signala u odnosu na prevladavajuće prometne uvjete;
- poboljšava protočnost prometa pružajući prednost određenim prometnim rutama;
- limitira vrijeme čekanja kod pješaka i biciklista;
- optimizira javni prijevoz smanjenjem kašnjenja i zaustavljanja te pruža pomoć kod praćenja prometnog plana kretanja vozila (simultan dolazak na putničke stanice);
- daje mogućnost slanja obavijesti pješacima i biciklistima o informaciji koliko je još potrebno čekati, tako da se umanjuje duljina trajanja crvenog svjetla;
- osigurava uvjetne prednosti vozilima koja imaju opremu koristeći kooperativnu tehnologiju, kroz promicanje shema kao što je ekološka vožnja za teške kamione;
- utječe na smanjenje prometnih nesreća koje često rezultiraju iz vožnje nestrpljivih i nervoznih vozača;

³⁹ Shepherd S.P., A Review of Traffic Signal Control, Institute of Transport Studies, University of Leeds, 1992., str.349, online: <https://eprints.whiterose.ac.uk/2217/> (20.06.2023.)

- omogućuje hitnoj pomoći siguran prolaz uz optimalnu brzinu putem mreže uz potpunu prednost gdje je ona moguća;
- poštivanje vrijednosti energije i naglasak na njezinu štednju na način da osigurava protočnost prometa, smanjuje zaustavljanja i skraćuje vrijeme vožnje do određenog cilja, te time dovodi do uštede goriva;
- minimizira prometno zagađenje na način da smanjuje zaustavljanje vozila;
- kanalizira prometne gužve na dio cestovne mreže na kojem nema gužve, IMFLOW sustav posredno utječe na onečišćenja zraka.

Treba napomenuti da kao adaptivni visoko tehnološki sustav, IMFLOW minimizira efekt prometne zagađenosti na gradski okoliš.⁴⁰

Sustav predstavlja jedinstveni koncept programiranja temeljen na politikama i limitiranjima. Regule i limitiranja moguće je direktno infiltrirati u ovaj visokotehnološki sustav koji koristi adaptivni algoritam za optimalnu učinkovitost vremena signala u realnom vremenu. Politike i limitiranja karakterizira laka razumljivost od strane prometnih inženjera koji postavljaju i održavaju sustav IMFLOW, gdje politike predstavljaju ciljeve koje je moguće optimizirati, a ograničenja predstavljaju pravila koja je nužno poštivati u cilju sigurnog funkcioniranja sustava. Prometni inženjer zahvaljujući sustavu ima mogućnost promet na prometnoj traci učiniti važnijim u odnosu na druge prometnice. Bazirajući se na navedenu činjenicu, sustav može umanjiti zaustavljanja i kašnjenja na prometnici. Sustav, IMFLOW kontrolira sva važna vozila na prometnicama, te ujedno i prognozira njihovo kretanje na signaliziranim raskršćima i postajama javnog prijevoza. Zbog navedenog, prioritetnom vozilu se daje uvjetni prioritet temeljem konfiguriranih politika i trenutnog statusa vozila. Sustav IMFLOW ima zadaću osigurati kvalitetnije kretanje vozila u prometu i daljnje smanjenje potrošnje goriva.

4.2.3. SCOOT

Tehničko-tehnološki sustav SCOOT (engl. *Split Cycle Offset Optimization Technique*) je tehnika optimizacije pomaka podijeljenog ciklusa, odnosno alat koji je kreiran za generalnu upotrebu u kompjuteriziranom sustavu upravljanja gradskim prometom.

⁴⁰ <https://www.slideshare.net/peterashley66/imflow-adaptive-traffic-management-system> (14.5.2023.)

SCOOT sustav koristi se video kamerama pomoću kojih se dolazi do saznanja koliko pješaka čeka prijelaz na pješačkom prijelazu. U trenutku kada se pomoću kamere utvrdi određena brojnost pješaka, sustav daje mogućnost njihovog prelaska preko ceste. Na taj način sustav pomaže u dobivanju optimalnijeg prelaska pješaka preko pješačkih prijelaza, bez ometanja odvijanja prometa na cestama. Ipak, u trenutku kada se niti jedan pješak ne nalazi na pješačkom prijelazu ili u slučaju da pješak pritisne tipku za prijelaz kolnika, a potom odustane ili se odluči prijeći cestu u trenutku dok je crveno svjetlo upaljeno, sustav neće provesti aktivaciju zelenog svjetla.

Sustav SCOOT minimizira period stajanja vozila u prometu za čak 12,5 % , a minimizacija broja vozila koja su u obvezi zaustavljanja zaustaviti u procesu vožnje kroz prometnu mrežu jest 4,6 %.⁴¹ Mnoge prednosti korištenja sustava vidljive su u minimizaciji zastoja i maksimizaciji učinkovitosti, a to je veoma učinkovito za lokalni okoliš i gospodarstvo.

Pozitivne karakteristike SCOOT sustava su slijedeće:⁴²

- prilagođenost upravljanja prometnim zagušenjima;
- smanjenje kašnjenja više od 20 %;
- maksimalno povećanje učinkovitosti mreže;
- fleksibilnost u komunikacijskoj povezanosti;
- prioritet javnog prijevoza;
- usklađenost u upravljanju prometom;
- pomoć pri lociranju nesreća;
- procjenjivanje emisije vozila;
- sveobuhvatnost prometnih informacija.

Sustav SCOOT daje prioritet javnom prijevozu bez opterećenja normalnog prometa, dopuštanjem vozilima javnog prijevoza da poštuju svoj određeni plan vožnje. Isti se upotrebljava u više od 200 gradova i u više od 14 zemalja, uz predstavljene i potvrđene prednosti u vidu minimizacije nastajanja prometnih gužvi te kašnjenja. Mnoge studije naglašavaju učinkovitost SCOOT sustava upravljanja i nadzora gradskog prometa posebno u upravljanju prometom i zagušenjima.

⁴¹<https://smart-ri.hr/primjeri-dobrih-praksi-upravljanja-prometom-u-gradovima/> (20.5.2023.)

⁴² Shepherd S.P., A Review of Traffic Signal Control, op. cit., str. 355.

4.2.4. ADIMOT

Sustav ADIMOT je pametni alat velikog obujma koji se koristi za vođenje mobilnosti razvijen od strane SICE⁴³ upotrebom najboljih tehnoloških i prometnih inženjerskih načela. Uz centralizirano vođenje gradskih semafora, sustav također provodi sam ulazak i provođenje aktivnosti u segmentima kontrole pristupa, određivanju najvažnijih ciljeva javnog prijevoza i otkrivanju prometnih nepravilnosti, pružanju informacija korisnicima putem poruka, kamera za prometno nadziranje i ostalo.

Sustav ADIMOT pruža potpuno kontroliranje i vođenje gradskog prometa. Sustav poboljšava levele pojedinih usluga i doprinosi optimizaciji energije uz pomoć minimizacije kašnjenja i prezentiranjem potpunih informacija korisnicima realnog vremena. Sustav ADIMOT je platforma, usmjerena na operatere i stručno prometno osoblje.⁴⁴

Platforma je kreirana za korištenje u gradskim ili urbanim područjima budući da ima mogućnost prilagodbe rješavanju posebnih problema u prometu i prometnih nedostataka. Sustav ADIMOT uvažava svjetske standarde koji su u korelaciji s protokolima koji se upotrebljavaju s različitom opremom. Naime, sustav ADIMOT podrazumijeva multi-algoritamski sustav upravljanja koji se upotrebljava za uspostavu raznih operativnih načela poput vremenskih nizova, dinamičkog odabira, generiranja, adaptivnih i mikroregulacijskih planova, itd.⁴⁵ Sustavu se moguće priključiti preko većine suvremenih preglednika, te nije nužna instalacija dodatnog softvera. Sustav posjeduje visoku skalabilnost što omogućuje prilagodbu kriterijima pojedinog grada.

4.3. PREDNOSTI I IZAZOVI SUSTAVA ZA AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PROMETOM

Tehničko-tehnološka rješenja i automatizacija mnogih aktivnosti i procesa rada, zahtijeva sve manji odnosno minimalan ljudski napor. U prometu automatska kontrola podrazumijeva upotrebu različitih kontrolnih sustava za upravljanje opremom. Automatizacija se može jednostavno definirati kao upotreba tehničko-tehnoloških,

⁴³<https://www.sice.com/en/news/sice-installs-its-mobility-management-tool-adimot-traffic-management-system-huelva> (13.6.2023.)

⁴⁴ ADIMOT, Intelligent Traffic Systems Urban Traffic, online: https://www.sice.com/sites/Sice/files/2016-12/UT_ADIMOT.pdf (20.5.2023.)

⁴⁵<https://www.sice.com/en/news/sice-installs-its-mobility-management-tool-adimot-traffic-management-system-huelva> (13.6.2023.)

električnih ili elektroničkih, mehaničkih i/ili računalnih rješenja za kontrolu ili upravljanje sustavima u vozilima, proizvodnji, građevinarstvu, morskim lukama, poljoprivredi, brodogradnji, inteligentnim automatiziranim sustavima dizalica, itd. Primjenjivost automatizacije vidljiva je u domaćinstvima pa sve do industrije.

Mnogi autori⁴⁶ ispitali su neke od posljedica i mogućnosti automatizacije i istaknuli da će nove tehnologije rad učiniti suvišnim. To proizlazi iz činjenice da se zadaci koje su prije obavljali ljudi mogu automatizirati. Istovremeno navedeno će biti potencijal za otvaranje novih radnih mjesta. Mnogi tvrde da automatizacija općenito smanjuje zaposlenost i udio radne snage, pa čak i plaće, ali činjenica je da stvaranje novih radnih mjesta uvijek ima pozitivne učinke. Nadalje automatsko upravljanje prometom smanjuje troškove i posljedično smanjuje potrebu za automatizacijom.

Danas je u vozilima automatizirani sustav upravljanja korišten za obavljanje raznih funkcija, te doprinosi kvaliteti vožnje prema sljedećem:⁴⁷

- doprinos smanjenju sudara uzrokovanog ljudskim faktorom;
- smanjenje zagušenja cesta i emisije goriva usmjeravajući vožnju na manje zagušene prometnice;
- daju vozačima dodatnu sigurnost i slobodu u vožnji;
- omogućavaju veću udobnost osobama s invaliditetom i starijim osobama;
- u nuklearnoj znanosti smanjuje vrijeme unosa podataka i povećava produktivnost;
- u industrijama, u usporedbi s ljudima automatizirani sustav se ne boji aktivnosti, ne umara se i nema sukoba interesa na radnom mjestu i drugo.

Automatsko upravljanje u automobilima može prebaciti pozornost vozača s aktivnih na pasivne kontrolere u odnosu na zahtjeve prometnica, pa čak i sa sustava. Kao posljedica toga, može se pogrešno procijeniti sustav upravo zbog pretjeranog oslanjanja na automatsko upravljanje. Navedeno može rezultirati ozbiljnim posljedicama u slučaju kada dođe do kvara sustava. Sigurnosni rizik nastao kao posljedica kvara sustava ili opreme može biti zabrinjavajući, poput rizika privatnosti, poznavajući činjenicu da osobni podaci pohranjeni u sustavu automatskog upravljanja mogu biti hakirani ili prenijeti trećim stranama.

Automatski sustavi upravljanja prometom pomažu u otkrivanju područja zagušenja i prema tome pomažu u smanjenju zagušenja. Kako bi došli do podataka automatski sustavi

⁴⁶ Vochozka, M., Horák, J., Krulický, T., Advantages and Disadvantages of Automated Control Systems (ACS), Digital Age, Chances, Challenges and Future, 2020., str. 125.

⁴⁷ Ibidem.

upravljanja prometom koriste podatke senzora za analizu i sinkronizaciju u stvarnom vremenu. Korištenjem ovog sustava može se smanjiti zagađenje i povećati sigurnost od prometnih nesreća. Mnogi procesi i aktivnosti posebno u cestovnom prometu i javnom gradskom prometu mogu se značajno unaprijediti. Činjenica je da ponekad vozač mora čekati na semaforu nekoliko minuta, iako nema vidljivog razloga za to, osim što sustav semafora radi prema fiksnom obrascu koji je potpuno neovisan o trenutnoj prometnoj situaciji. Korištenje automatskog upravljanja prometom poboljšava protočnost vozila u skladu s trenutnom situacijom te ima mnoge prednosti. Pritom, promet bez prometnih gužvi, dobar je za okoliš. To zahtijeva ne toliko korištenje hardvera koliko daljnji razvoj softvera, što ga čini još jednim relevantnim ekološkim aspektom. Ljudska pogreška, daleko najčešći uzrok nesreća, može se uvelike otkloniti sveobuhvatnim upravljanjem odvijanjem prometa. Uklanjanje ljudskog čimbenika moglo bi drastično smanjiti broj nesreća te pridonosi optimizaciji cjelokupnog prometnog sustava. Svaki sudionik u prometu ima koristi, čak i oni koji su prije mogli samo ograničeno sudjelovati u cestovnom prometu bez pomoći digitalnih alata.

Na kvalitetu softvera namijenjenog za korištenje u cestovnom prometu s jedne strane utječe programiranje algoritama, ali također u velikoj mjeri količina i kvaliteta podataka za obuku. Što su skupovi podataka za strojno učenje pouzdaniji i realističniji, to je više potencijala za projektiranje sigurnog cestovnog prometa.

Postoji nekoliko izazova kada se raspravlja o automatskom upravljanju prometom te korištenju umjetne inteligencije:

- prikupljanje podataka i razumijevanje temeljnog izazova;
- obrada podataka i ekstrakcija značajki za prediktivno modeliranje;
- implementacija modela, praćenje i ažuriranje;
- analiza povratnih informacija i učenje na pogreškama;
- suočavanje s nesigurnošću i šumom u podacima;
- integracija različitih vrsta podataka (npr. video, slika, GPS).

Nadalje, važno je utvrditi može li sustav podnijeti povećano opterećenje kako se gradovi povećavaju, te kako će se osobni podaci koristiti ili dijeliti. Također potrebno je utvrditi može li se umjetna inteligencija koristiti bez značajnih ulaganja u novu infrastrukturu i da li može postojati jedinstvena platforma koju će svi gradovi koristiti za upravljanje prometom.

5. INTEGRACIJA S DRUGIM PROMETNIM SUSTAVIMA

U ovom poglavlju obrazlaže se značaj implementacije sustava automatskog upravljanja prometom u tzv. pametnim gradovima te integracija sustava s električnim vozilima.

5.1. POVEZIVANJE S PAMETNIM GRADOVIMA/PAMETNA MOBILNOST

Noviteti u digitalnom aspektu i alternativnim energijama, do kojih se je došlo proteklih desetljeća, sve češće prezentiraju svoje mogućnosti i kvalitete, te grade baze inteligentne mobilnosti. Gotovo najvažnija odrednica grada koji želi biti održiv i pametan je pametna mobilnost.

Pametna mobilnost uključuje optimizaciju prometa i komunikacija u cilju uspostave standarda održivosti, učinkovitosti, sigurnosti i kvalitete zraka.⁴⁸ Značajke i kvalitete pametne mobilnosti koje su u proteklim desetljećima izgledale nerealno i nedostižno, danas postaju stvarnost. Tehničko-tehnološka rješenja se razvijaju velikom brzinom. Pritom svrha i ciljevi pametne mobilnosti odnose se na:

- optimizaciju sustava vođenja prometnim pravcima;
- povećanje sigurnosnog stupnja te minimizacija nezgoda u prometu;
- veću efektivnost u vidu komunikacije i vremenskoj odrednici putovanja;
- garanciju održivosti u vidu ekologije i garanciju ekonomske održivosti;
- veću usmjerenost urbane sredine prema građanima.²⁸

Različita tehničko-tehnološka rješenja preklapaju se i isprepliću u pametnoj mobilnosti. Na taj način dolazi do stvaranja određene prednosti za građane, kao što je primjerice povećana kvaliteta zdravlja, kao posljedica kvalitetnijeg zraka, zatim smanjenost žrtava nesreća u prometu, minimiziranje gužvi u prometu i slično.

Danas inteligentni transportni sustavi (ITS) upotrebljavaju mnoštvo informacijskih i komunikacijskih tehnologija i to, planere putovanja, eCall i automatiziranu vožnju u prijevozu. Navedeno doprinosi sigurnijoj mobilnosti te je čini učinkovitijom. Korištenjem aplikacija unutar automobila, vozači mogu dobiti kvalitetne informacije.

⁴⁸ Smart mobility, online: <https://tomorrow.city/a/smart-mobility-definition-solutions-and-all-you-need-to-know> (12.6.2023.)

Nadalje sustavi kao što je e-Call, koji automatizmom obavještava zadužene službe ako dođe do prometne nezgode, instalirani su u više od 12 milijuna automobila. Inteligentni transportni sustav tako omogućava sigurnije i učinkovitije i mnogo udobnije iskustvo u vožnji.⁴⁹

Koncept ITS-a, koji postoji preko 40 godina, uzima u obzir svaki postojeći tip prometnog transporta. Razvoj cestovnog prometa sve je napredniji. Pod pojmom inteligentni transportni sustav podrazumijeva se tehnologija, aplikacija ili platforma koja ima zadatak povećanje kvalitete prijevoza i koncepciju transporta u cijelosti.⁵⁰

Inteligentni transportni sustav u mnogome ovisi o prikupljenim podacima i njihovoj analizi. Rezultati analize se koriste za nadgledanje, manevriranje i plansku strategiju prijevoza. Također, senzori imaju golemu važnost u pribavljanju informacija. Inteligentni transportni sustavi u današnje vrijeme imaju široku primjenu u prometu. Perspektiva u budućnosti za cestovni prometni sustav jest njena veća inteligencija, fleksibilnost, učinkovitost, te veća prikladnost za korisnike vozila i za dio sustava zadužen za administraciju.³²

5.2. PERSPEKTIVE RAZVOJA ITS-a

U bližoj budućnosti očekuje se da će osim ITS-a, na vozila imati važan utjecaj poboljšanje prometa i prometnica, učinkovitost i sigurnost prometa. Predviđanja su da će u budućnosti doći do minimizacije nesreća sa smrtnim ishodom na prometnicama za gotovo 90 % i to tijekom nadolazećeg perioda od 15 godina. Također predviđa se smanjenje zaposlenika u segmentu opskrbljivača, te se time naglašava ogromni značaj koji inteligentni transportni sustavi imaju u industriji. Pojam pametno vozilo definira svako vozilo obilježeno naprednim tehničko-tehnološkim i računalnim karakteristikama. Mnoštvo vozila danas ima samovozeće komponente što predstavlja visoku razinu razvoja i napretka automobilske industrije.⁵¹ Inteligentna vozila su ona proizvedena prema najmodernijim rješenjima umjetne inteligencije koje vodi upravljački sustav. Temeljna značajka pametnog automobila jest omogućiti vozaču da se oslobodi od mnogih svakodnevnih zadataka koji su povezani s vožnjom, čime čin vožnje automatski postaje ugodniji i lakši.⁵²

Razvoj i unaprjeđenje pametnih automobila već je doveo do pojedinih inovacija uobičajenih

⁴⁹ European traffic solutions, online: [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/qanda/\(20.6.2023\)](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/qanda/(20.6.2023))

⁵⁰ Intelligent transport system, online: <https://theconstructor.org/transportation/intelligent-transportation-system/1120/> (22.6.2023.)

⁵¹ Smart vehicles, online: <https://www.atheneum.ai/2019/02/21/smart-vehicles/> (26.5.2023.).

⁵² Smart car, online: <https://www.wikimotors.org/what-is-a-smart-car.htm> (26.6.2023.)

za brojne današnje marke automobila. Primjerice, kod automatskog sustava obavještanja u incidentnoj ili rizičnoj situaciji, senzori na automobilu konektiraju se s centralnim sustavom za podršku te šalju signale za pomoć u trenutku prometne nesreće ili pak određenog tipa mehaničkog kvara. Osim toga, sustavi daju mogućnost glasovne interakcije između korisnika vozila te osoblja koje je u većoj udaljenosti od istog. Glasovna interakcija ima mogućnost obavijestiti određene službe te time pomoći unesrećenom ili jednostavno pomoći vozaču u rješavanju određenog kvara.

Mnoge performanse predviđene za implementaciju u proizvodnju inteligentnih transportnih sustava usmjerene su na zaštitu korisnika vozila, te na zaštitu ostalih transportnih vozila u cestovnom prometu. Tako se autonomni tempomat aktivira automatizmom u trenutku pozitivnih cestovnih prilika u cilju održavanja konzistentne brzine, što dovodi do minimizacije mogućnosti za vožnju bržu od one koja je dopuštena. Nadalje, prednja svjetla se aktiviraju automatizmom kada se vanjski uvjeti u pogledu svjetlosti promijene u određenom značaju. Navedeni primjeri implementacije pametnih inovacija, odnosno tehničko-tehnoloških rješenja u prometu i automobilskoj industriji govore u prilog razvoju ITS-a.

Slijedeći automobilsku industriju proizvođači guma došli su do mnoštva različitih rješenja. Neke razvojne strategije se više baziraju na današnjem transportu, poput guma sa sensorima instaliranim unutar njih, a koji preventivno upozoravaju na eventualne kvarove. Proces ide u smjeru da kada gornji dio gume dotakne cestu, unutrašnji senzor pribavlja podatke o razini temperature ceste, razini tlaka u gumama, te jačini akceleracije automobila. Informacije dolaze do ugrađenog telematičkog uređaja koji podatke šalje u tzv. oblak. Zatim algoritam prognozira eventualnu pojavu problema. Kako bi se to ostvarilo potrebno je razvijati inteligentni koncept guma s ugrađenim sensorima. Senzori pružaju nužne podatke sustavima upravljanja putem šasije u vozilima raznih veličina te daju informacije o opterećenosti vozila u trenutku kretanja cestovnom prometnicom putem njihovog GPS sustava. Navedeno tehnološko dostignuće ima značajan utjecaj na sigurnost transporta, te na prometnu infrastrukturu.³⁹

Za sustave upravljanja transportom korisna su saznanja o trenju guma i ceste. Suvremena prometna rješenja te inteligentna vozila utjecala su na razvoj koncepta tzv. inteligentne gume, gdje postoji mogućnost praćenja stanja guma u stvarnom vremenu te uvid u postotak istrošenosti guma.⁵³

⁵³ Intelligent tyres, online: <https://mobilityreshop.com.au/what-are-intelligent-tyres/> (27.6.2023.)

5.3. INTEGRACIJA S ELEKTRIČNIM VOZILIMA

Dokazano je da je razvoj tehnologije uvelike potaknut činjenicom da postoji velika mogućnost za njenu praktičnu primjenu u ljudskoj svakodnevnicu. Možda najrecentniji dokaz toga jest proizvodnja električnog automobila, čija se pojava veže za vremenski period nakon početka proizvodnje elektromotora. Prvi elektromotor sa svojim baznim dijelovima proizveden je 1828. godine. Daljnji razvoj i usavršavanje dovelo je do početaka industrijskih primjena elektromotora, te se u slijedu toga navodi početak aktivnog razdoblja šire proizvodnje električnih automobila. Kreiranje i proizvodnja prvog pravog električnog automobila izvedena je od strane Roberta Andersona u periodu između 1832. – 1839. godine, dvadesetak godina ranije nego je počela proizvodnja automobila na benzinski pogon (Karl Friedrich Benz, 1885. - 1886.).⁵⁴

Vremensko razdoblje koje slijedi dovodi do daljnjeg razvoja električnog automobila i njegove komercijalne upotrebe. Prva polovica 19. stoljeća obilježena je modernizacijom prometne infrastrukture. Unatoč tome, najizraženiji nedostatak električnih automobila su njegove baterije. Naime, baterije uz pomoć kojih se vrši napon elektromotora neprikladne su u slučaju dužih vožnji električnim automobilom. U približno jednakom vremenskom periodu bilježi se otkriće golemih nalazišta nafte na svjetskoj razini (posebice u SAD-u). U to vrijeme se naftni derivati počinju smatrati najisplativijim izvorom energije. S tim u vezi, automobili s motorom s unutarnjim izgaranjem, budući da su oni najčešće u serijskoj proizvodnji, počinju dobivati na popularnosti. Automobili s motorom s unutarnjim izgaranjem smatraju se isplativim i sigurnim prijevoznim sredstvom.

Danas je upotreba i korištenje električnog automobila ponovo postalo aktualna. Tome u prilog ide činjenica da su fosilna goriva koja se koriste u prometu značajni onečišćivači zraka, dok je primjena električnih vozila temeljena na eko pristupu i energetske očuvanju. Naime, količina energije potrebna u transportnom sustavu čini 40-60 % ukupne potrošnje fosilnih goriva (najvećim dijelom nafte). Električnim transportnim sredstvima potrebna je električna energija za njihovo pokretanje, a energija potječe iz elektrana. U učestalim raspravama na temu očuvanja okoliša i rješavanja energetske krize, te održivim i pametnim prometnim rješenjima, poseban naglasak sve se češće stavlja na razvoj i upotrebu električnih

⁵⁴ Glavaš, H., Antunović, M., Keser, T., Cestovna vozila na električni pogon, Dvadesetšesti skup o prometnim sustavima s međunarodnim sudjelovanjem, Automatizacija u prometu, 2006, KOREMA, Zagreb, 2006., str.29.

prometnih vozila. Uspoređujući ih sa automobilima s motorom koji ima značajku unutarnjeg izgaranja, električni automobili imaju značajniju energetska učinkovitost, manje su glasni, nemaju direktne emisije stakleničkih plinova te sadrže opciju napajanja iz aktualne infrastrukture pomoću električne energije. Električni automobili, pored sve većeg korištenja alternativnih izvora energije, prednjače u vidu smanjenja ovisnosti o fosilnim gorivima. Ipak postoje prilično velike prepreke globalnoj prihvaćenosti električnih automobila. Naime, osim kapaciteta baterija i cijene, socio-kulturološka karakteristika se isto tako smatra jednom od većih nedostataka. Potpora vozila na električni pogon u političko-ekonomskom smislu vidljiva je kod mnogih europskih zemalja. Ova činjenica dokazuje da daljnji napredak u usavršavanju električnih automobila nije običan trend nego ozbiljna moguća solucija u aspektu ekoloških te energetska izazova. Električna i autonomna vozila zaista čine prekretnicu u prometu i korištenju energije te imaju utjecaj na mnoge popratne industrije, ponajprije na ICT sektor.

Poznato je da sustav pametne mobilnosti podrazumijeva korištenje prometnih sredstava koji manje zagađuju okoliš poput električnih vozila. To zahtijeva dostupnost kompletne infrastrukture, uključujući fizičku, komunikacijsku i informacijsku infrastrukturu, te IoT platformu.

Danas rastući trend urbanizacije rezultira sve većem rastu populacije u gradovima, a time predstavlja i veliki izazov za prometni sustav. Učinkovita mobilnost zaista je jedan od glavnih izazova, ali i rješenja s kojima se gradovi suočavaju. Na gradovima su sve veći zahtjevi, nerijetko u kontekstu postojeće (neadekvatne) infrastrukture, pri čemu je vidljivo povećanje svijesti građana o novo dostupnim tehnologijama i vozilima koji su prihvatljiviji za okoliš.

Zemlje članice EU koje bilježe preko 100 tisuća električnih automobila jesu Njemačka (618 tisuća), Francuska (403 tisuće), Nizozemska (245 tisuća), Italija (118 tisuća) i Švedska (110 tisuća). Bez obzira na navedene podatke, bitno je naglasiti kako je udio električnih osobnih automobila u odnosu na njihov ukupan broj i dalje malen te bilježi udio od 0,76 %. Ipak, navedeni postotak dokazuje značajno poboljšanje u usporedbi s 2013. godinom, kada je on iznosio 0,02 %. Uzimajući u obzir nadolazeću zabranu prodaje novo proizvedenih automobila na benzinski i dizelski pogon, za koju se očekuje da će stupiti na snagu tijekom 2035. godine u EU, moguće je da će doći do trajnijeg perioda porasta automobila koji se pokreću električnim pogonom.

Budući da u današnje vrijeme gotovo svaki proizvođač automobila ima u svojoj ponudi više različitih modela električnih automobila, zaključak je se da su više od 90 % kupaca novih

vozila u mogućnosti pronaći električno vozilo prema svojim zahtjevima. Razlog potražnje može biti jeftinije gradsko vozilo ili veće obiteljsko vozilo razumnog dosega. Potrebno je naglasiti poticaje koje zemlje članice EU daju građanima prilikom kupovine vozila koja imaju značajku veće uštede energije.

Gotovo svaka zemlja članice EU podržava nabavu električnih vozila, putem sufinanciranja istih, smanjenja PDV-a prilikom kupovine i mnogim drugim beneficijama, kao što je primjerice jeftinija cestarina i parking na autocestama. Također, pojedini gradovi EU zabranili su ulazak u gradove onim automobilima koji imaju visoke emisije CO₂. Rezultat toga jest činjenica da je za brojne kupce kupovina električnog vozila bila jedini logičan izbor. Važno je istaknuti činjenicu kako EU stavlja veliki naglasak na elektrifikaciju privatnih i državnih voznih parkova.⁵⁵

Uz suglasnost s navedenim Europska komisija kontinuirano usavršava skup regula i pravilnika kojima će se na cestama EU minimizirati količina diesel vozila. Nadalje, nastoji se staviti u upotrebu sve veći broj punionica za električna vozila, te vozila koja se kreću na pogon vodikom. Uz navedeno, u 2023. godini proveden je odabir 26 projekata ukupne vrijednosti 189 milijuna eura. Ti projekti u 12 zemalja članica EU na TEN-T koridorima imaju za cilj povećanje dostupnosti i kvalitete infrastrukture za alternativna goriva.

Broj registriranih automobila u Republici Hrvatskoj i EU bilježi neprestani porast. Primjerice, unazad pet godina brojnost automobila na 1.000 stanovnika Hrvatske bio je 1,3 puta manji nego prosjek EU, te se od tada postepeno bilježi kretanje u smjeru europskog prosjeka.⁵⁶

U Hrvatskoj je trenutno broj električnih vozila u porastu. Značajnija promjena u pozitivnom smislu bila je 2018. godine. No, izrazitija osviještenost građana u očuvanju energije i ekosustava među najmanjim je uzrocima oscilacije na tržištu električnih vozila. Naime, porast kupovine uzrokovan je dostupnošću sufinanciranja prilikom kupnje navedenih vozila putem natječaja od strane Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitosti (Fond).

U Hrvatskoj se trenutno najveći broj kupaca odlučuje na automobile na benzinski pogon. Činjenica je da je za značajniji preokret u smjeru alternativnih goriva nužno usavršavanje u provođenju EU i nacionalnih strategija. Glavne prepreke prema ozbiljnoj upotrebi električnih vozila u cestovnom prometu ponajviše su financijske odnosno tržišne prirode.

⁵⁵ Samo uz bolju integraciju OIE električni automobili će ostvariti svoju svrhu, online: <https://www.poslovni.hr/hrvatska/samo-uz-bolju-integraciju-oie-elektricni-automobili> (27.06.2023.)

⁵⁶ Ibidem.

Investiranja u promet i prometnu infrastrukturu u najvećem su broju slučajeva neisplativa bez javnog financiranja, dok je isplativost električnih automobila i dalje manja od onih na pogon fosilnih goriva. Nadalje, velika energetska neizvjesnost koja je aktualna, ne ide u prilog budućih ušteda na pogonskom gorivu. Navedeno proizlazi iz činjenice da se očekuje rast cijena električne energije.

Iz navedenih razloga bolja iskoristivost poticaja Fonda je veoma potrebna. No, važan motiv za kupovinu električnih automobila u Hrvatskoj ne mogu biti samo poticaji. Poticaji Fonda su tako osnovni razlog statističkog povećanja broja električnih vozila.

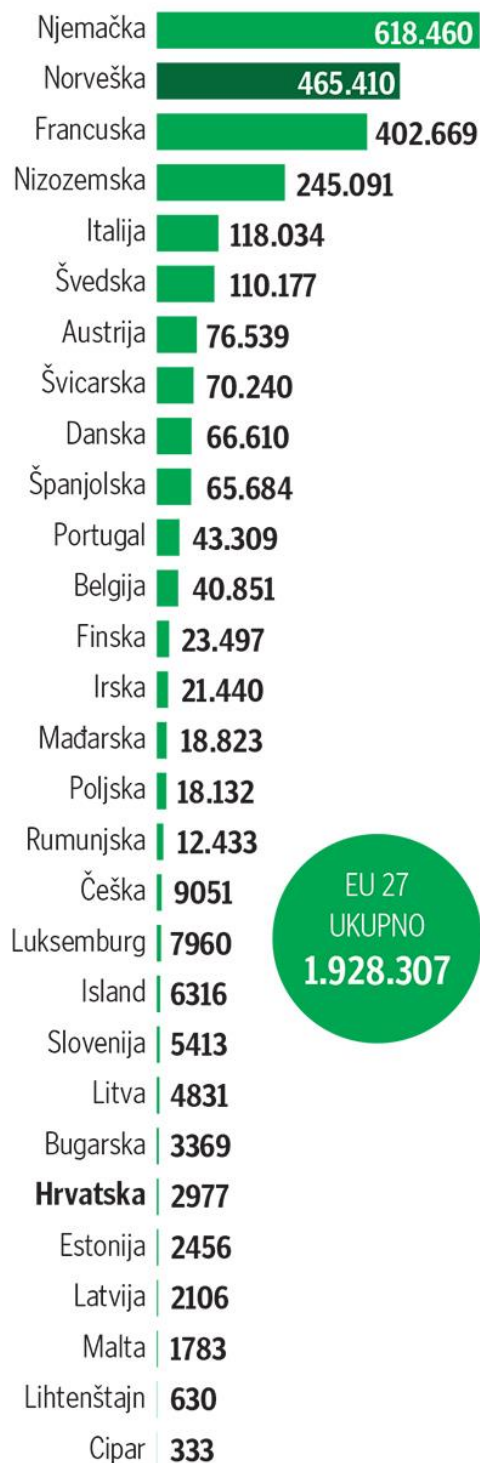
Također, aktualan je problem velikog neslaganja realnog stanja u usporedbi s zadanim državnim i europskim strateškim ciljevima elektrifikacije. Naime, potpuno uvođenje električnih vozila u periodu od 2030. do 2040. godine nije ostvarivo, izuzev eventualno za nekolicinu sjevernoeuropskih zemalja.

Napredak u broju električnih automobila u Hrvatskoj i to od 126 % zabilježen je u 2021. godini. Tijekom 2019. godine u Hrvatskoj je zabilježeno 725 registriranih električnih automobila (udio od cca 0,12 % registriranih električnih automobila u EU). Naime, prema navodima pojedinih stručnjaka, realna pozicija Hrvatske unutar Europe u aspektu elektrifikacije mobilnosti, nije izrazito loš. Promatrajući stanje u EU, udio električnih automobila iznosi samo 0,76 % ukupnog broja registriranih automobila, a Hrvatska bilježi 0,16 posto.

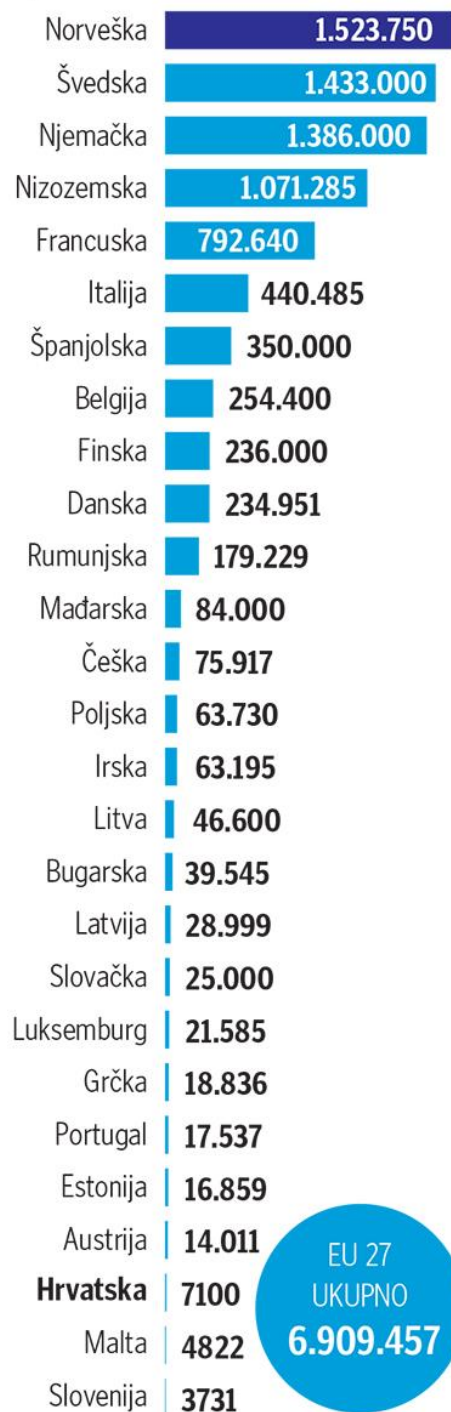
Hrvatska je u prednosti u pogledu promatranja raspoloživosti infrastrukture kod električnih automobila u usporedbi s njihovom brojnošću. Iako se trenutno nalazi između pet zemalja EU sa najmanjim brojem vozila, zabilježen je ozbiljan porast toga broja iz godine u godinu.⁵⁷

⁵⁷ <https://pcchip.hr/elektricna-vozila> , online: 27.06.2023.

Broj električnih automobila u EU, 2021.



Potrošnja električne energije u cestovnom prijevozu (EU, 2021., Gwh)



Slika 2. Broj električnih automobila u EU I potrošnja el. energije u cestovnom prijevozu u 2021. godini

Izvor: <https://www.energetika-net.com/odrzivi-promet/eu-broj-elektricnih-automobila-veci-za-76-posto> (29.06.2023.)

Korištenje električnih automobila i općenito električnih vozila potpuno opravda svoj značaj jedino putem kvalitetnijeg integriranja obnovljivih izvora energije. Pod tim se misli na male sunčane elektrane koje će vlasnicima omogućavati punjenje osobnih električnih automobila tzv. zelenom energijom. Također, pod tim se podrazumijeva korištenje većih energetski obnovljivih izvora energije, poput primjerice neintegriranih sunčanih elektrana i vjetroelektrana.

Ako ne dođe do zaokreta u korištenju obnovljivih izvora energije, električna energija koja se koristi za pogon električnih automobila koristit će se iz fosilnih goriva, što ne rezultira očekivanom zelenom tranzicijom. Razumijevajući navedeno, uz implementaciju odgovarajućih energetske politika i ulaganja u obnovljive izvore energije, mnoge zemlje i one razvijenije i one slabo razvijene mogu imati koristi, i to kao proizvođači zelene energije i tehničko-tehnoloških rješenja.

6. AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PROMETOM NA PRIMJERU GRADA RIJEKE

U ovom poglavlju opisuje se sustav za automatsko upravljanje prometom u Gradu Rijeci, obrazlažu prednosti i poteškoće te daje prikaz provedenih projekata i projekata koje se planira realizirati u budućnosti.

6.1. OPĆENITO O UPRAVLANJU PROMETOM U GRADU RIJECI

Pojam vođenja prometa Grada Rijeke označava nadzor kretanja prometa, kao i nadzor nad upravljanjem prometom. Navedeno je moguće ostvariti pomoću sustava za automatsko upravljanje prometom semaforskom signalizacijom, te koordinacijom sa sustavom javnog gradskog prijevoza i drugim sudionicima u upravljanju prometom. Trenutno je kompletirana prva, druga i treća faza automatskog upravljanja prometom, a koje obuhvaćaju prvu, drugu i dio četvrte prometne zone grada.⁵⁸

Analiza prometa i prometne razvijenosti u Gradu Rijeci obuhvaća faze istraživanja, analiziranja i planiranja cestovnog prometa, što uključuje i plansku izvedbu prometnih rješenja. Aktivnosti analiziranja prometne problematike koriste se za analizu problematike koja se odnosi na cestovne infrastrukture, sustave signalizacije, sustave parkirališta, sustave javnog gradskog prijevoza (JGP), luke i lučke infrastrukture, željezničke infrastrukture, te zrakoplovne infrastrukture.

Sustavom automatskog upravljanja prometom (AUP) u Gradu Rijeci pomoću svojih tehnoloških mogućnosti nastoji se provesti optimizaciju u vođenju prometa unutar određenih uvjeta. Moderna tehnologija upravljanja prometom daje mogućnost upravljanja svjetlosnom prometnom signalizacijom, koja ovisi o aktualnim prometnim gužvama na određenoj prometnici. Sustav je modularan i brzo prilagodljiv novitetima u vidu prometnih uvjeta, poput primjerice puštanja u promet ceste D-404 i slično.

Nadalje, Rijeka plus d.o.o. zadužena je za niže navedene poslove:⁵⁹

- plan i naplata parkiranja za područje Grada Rijeke;
- održavanje i servisiranje pojedinih vozila (autobusa, kamiona, dostavnih i osobnih vozila);

⁵⁸ Automatsko upravljanje prometom, online:<https://www.rijeka-plus.hr/promet/automatsko-upravljanje-prometom/> (20.06.2023)

⁵⁹ Ibidem.

- prijevoz, vuča i premještanje nepropisno parkiranih ili zaustavljenih vozila, vidno oštećenih te napuštenih motornih vozila pomoću tzv. „pauka“ (specijalnog vozila za prijevoz vozila);
- stavljanje u funkciju naprava za pojedine prometne zone.

Značajka prometnih zona jest njihova izravna povezanost s Gradskim prometnim centrom, što znači da je pomoću aktivne veze spojen s dežurstvom prometne policije. Takva povezanost omogućuje svim sudionicima da u prometnom nadziranju posjeduju jednak level informacija i to u stvarnom vremenu. Upravo to čini preduvjet za efektivan nadzor i usuglašeno upravljanje.

Služba zadužena za prometno planiranje i projektiranje kao svoju glavnu aktivnost ističe izradu prometnih rješenja, regulacije projekata i prometnu preregulaciju, sustava vođenja i kontrole prometa, sustava parkiranja i slično. Osim toga, služba se brine o investicijama i razvojnim projektima, posebice onima koji su od strateške važnosti za navedenu tvrtku.

6.2. ARHITEKTURA SUSTAVA ZA AUTOMATSKO UPRAVLJANJE PROMETOM U GRADU RIJEKI

Stručni tim sastavljen je od predstavnika Grada, Hrvatskih cesta, Županijske uprave za ceste, Fakulteta prometnih znanosti iz Zagreba, Prometne policije i Rijeke prometa. Navedeni tim zadužen je za projektiranje sustava automatskog upravljanja prometom. Ujedno je zadužen i za nadzor nad njegovom izgradnjom i daljnjim razvojem. Realizirana ideja Stručnog tima jest to da se čitavo područje Grada Rijeke sastoji od pet prometnih zona. U tim zonama u funkciji je 80 semaforiziranih raskršća. U današnje vrijeme, od njih je u sustav AUP-a uključeno 44 raskršća šireg područja Grada. Navedena raskršća opremljena su semaforskim uređajima najmodernije ITS tehnologije (ITS – tehnologija inteligentnih transportnih sustava). Također su i povezana s Gradskim prometnim centrom.

Realizacija izgradnje sustava AUP provedena je uz pomoć sufinanciranja od strane Hrvatskih cesta s 42 % udjela, Županijskih uprava za ceste s 27 % udjela, te Grada Rijeke s 31 % udjela. Realizacija izgradnje prema pojedinim fazama provedena je kako slijedi:⁶⁰

⁶⁰ Ibidem.

- 1. faza:** PZ2 i PZ3, obuhvaća 2. prometni koridor, a realizirana je 2002-2003. godine, kojom je obuhvaćena zamjena semaforne i upravljačke opreme na 16 raskršća, te uređenje prometnog centra.
- 2. faza:** PZ1, obuhvaća 1. prometni koridor, a realizirana je 2004-2005. godine, kojom je obuhvaćeno proširenje sustava AUP uz pomoć zamjene opreme u 1. prometnoj zoni na 16 raskršća, te spajanje na prometni centar kao i izgradnju uputnog parkirno-garažnog sustava.
- 3. faza:** PZ4, odnosi se na zapadni dio grada, a realizirana je 2006-2012. godine. Podrazumijeva proširenje sustava na 4. prometnu zonu i povezivanje sa prometnim centrom, od čega je do danas izgrađen dio koji se odnosi na raskrižja u Osječkoj ulici. Za realizaciju u 4. zoni preostaju prometni pravci Vukovarska-Nova cesta, Zametska ulica i Zvonimirova-Liburnijska ulica.
- 4. faza:** PZ5, odnosi se na istočni dio grada, a realizirana je 2012-2014. godine. Obuhvaća osuvremenjivanje pojedinih raskrižja koja spadaju u 5. prometnu zonu te ujedno uključivanje u sustav AUP-a, kao i poboljšanja sustava kao cjeline. Nadalje, 4. fazom očekuje se daljnje tehničko-tehnološko unapređivanje sustava.

Potrebno je naglasiti da je trenutno u sustav AUP uključeno sveukupno 45 raskrižja, odnosno više od 55 %.

Prometni sustav pod nazivom EC Trak, ugrađen u Rijeci, rezultat je poznate *Peek* korporacije te se smatra jednim od najsuvremenijih tehnoloških dostignuća na području prometne automatizacije. Navedenim sustavom omogućena je najviša razina automatskog rada prometno ovisnog upravljanja. Sustav upravljanja podijeljen je na glavno prometno računalo Gradskog prometnog centra, te na lokalne upravljačke uređaje na raskršćima. Glavno prometno računalo spojeno je pomoću komunikacijske opreme s mrežom raskršća, dok je pojedino raskršće opremljeno detektorima (induktivnim petljama) koje su ugrađene u kolnik. Njihov zadatak jest brojanje protoka vozila na pojedinom privozu raskršća. Informacije o brojnosti vozila na svim raskršćima uz pomoć lokalnih upravljačkih uređaja neprekidno prilaze u prometni centar. U prometnom centru računalo s razmacima od 15 minuta daje analizu primljenih informacija, te nakon toga izabire najidealniji signalni plan rada semafora. Računalo u konačnici šalje odgovarajuću naredbu u smjeru lokalnih uređaja. Zadaća prometnog računala jest osiguranje i međusobna koordinacija svih raskrižja. U trenutku kada dođe do prekida veze s prometnim centrom, lokalni upravljački uređaji nastavljaju sa svojim samostalnim radom, dok koordinacija prelazi na pojedini uređaj na

terenu. U slučaju da dođe do kvara na semaforu, lanternama i mreži, kvar se automatski dojavljuje prometnom centru, dok automatsku GSM poruku dobivaju serviseri zaduženi za održavanje sustava.

Kao dodatak uz sustav nadzora, izgrađen je video sustav s postavljenim kamerama na 14 važnih područja, čime je omogućena direktna kontrola operatera unutar prometnog centra za odvijanje prometa. Nadalje, sustav funkcionira 24 sata na dan, te do današnjeg dana nije zabilježen značajniji kvar ili neispravan rad sustava.

Sastav gradskog prometnog centra obuhvaća tri prometna inženjera, uz naglasak na njihovu stručnu osposobljenost u vidu nadzora i upravljanja sustavom prometa, te za obavljanje poslova prometnog planiranja i projektiranja. Služba je uspostavljena na način da operateri dežuraju u periodu od 06:30 do 15:30 sati, a za poslijepodnevne i noćne sate AUP radi samostalno. Na temelju obrađenih podataka koji su prikupljeni sustavom AUP, omogućeno je praćenje i analiziranje opterećenja prometnica na gradskoj mreži. Služba prometa zaduženaje za pripremu i izdavanje mjesečnog izvješća u vidu prometnih opterećenja, te ga šalje određenim službama. Od velike važnosti je i centar informacija o prometu. Zadaća centra je prikupljanja i distribucije podataka vezanih uz realno prometno stanje u gradu te razinu popunjenosti parkirališta u datom trenutku. U svrhu učinkovitijeg obavljanja zadaće uspostavljen je i info-telefon.



Slika 3. Automatsko upravljanje prometom, Grad Rijeka

Izvor: *Automatsko upravljanje prometom*, online: <https://www.rijeka-plus.hr/promet/automatsko-upravljanje-prometom/> (03.07.2023.)

Temeljem podataka dobivenih brojenjem uz pomoć prometnih strateških detektora, sustav AUP automatizmom obavlja ispunjavanje baze podataka o brojnosti i vrsti vozila koja prolaze centrom grada. Funkcioniranje sustava AUP omogućeno je prema sljedećem:⁶¹

- maksimalna iskoristivost aktualne prometne mreže u centru grada Rijeke;
- kvalitetniji protok najvažnijih prometnica;
- direktna cjelodnevna kontrola odvijanja prometa kroz centar grada;
- vođenje semaforškog sustava pomoću automatskog daljinskog sustava,
- centralna preprogramacija semafora ili pojedinih prometnih zona;
- aktualna procjena kvarova i ostalih nepravilnosti, te brže otklanjanje istih;
- automatsko pribavljanje podataka o opterećenjima u prometu;
- potrošnja električne energije od oko 51 % u usporedbi sa starim semaforским lanternama.

Prilikom uvođenja distribucijskog upravljačkog sustava AUP, ukupna korist izračunata je uz pomoć vremenskih ušteda i uštede u potrošnji goriva. Značajno je da sustav AUP-RI iskorištava propusnu moć gradske cestovne mreže. Kao posljedica navedenog, te posljedica konstantnog prometnog rasta donosi se zaključak o linearnom povećanju ušteda, a to je da ono raste proporcionalno s rastom prometne potražnje. Zbog toga je u usporedbi s 1998. godinom porast uštede ocjenjen prosječnom stopom od 4 % godišnje.

Analizom Fakulteta prometnih znanosti koja je provedena 2006. godine, ukupna korist od izgradnje sustava AUP-RI od 2003. godine procjenjuje se na razini 51.595.462,96 kn. Prema navedenom, nije se krenulo s realizacijom projekta sustava AUP-RI krajem 2002. godine. Nadalje, promet u centru Grada početkom 2006. godine trpio bi gubitke od oko 51,5 milijuna kn, dok bi početkom 2008. godine gubitak iznosio 55,7 milijuna kuna.

AUP sustav daje mogućnost nadogradnje podsustava prometa iz raznih područja prometa. Pojedini prometni podsustavi funkcioniraju u cilju povećanja protoka na širem teritoriju gradske mreže.

Kompenzacija godišnjeg prirasta novih osobnih vozila u gradu moguća je jedino putem veće atraktivnosti JGP-a. Rijeka promet je uzimao u obzir razne projekte povezane s unapređenjem gradskog autobusnog prijevoza, a u tome ima značajnu podršku od strane KD Autotrolej.

⁶¹ Ibidem.

6.3. PROVEDENI PROJEKTI I PROJEKTI U PRIPREMI

U 2007. godini proveden je pilot projekta autobusnog JGP. Cilj navedenog projekta bio je davanje prednosti JGP-u nad semaforima, čime bi se povećala njegova brzina i točnost. Pilot projektom obuhvaćena su dva raskršća na prometnoj mreži. Raskršća su odabrana po kriteriju prioriteta. Projekt je rezultirao zaključkom da je funkcionalna oprema ispunila očekivanja. No, glavni nedostatak za realizaciju projekta bio je brojno nepropisno parkiranje, odnosno parkiranje osobnih i dostavnih vozila na žutom traku, a koji je rezerviran za javni gradski prijevoz. Prema tome, ostvarenje navedenog projekta nije bilo uspješno. Rad tvrtke Rijeka promet d.d. bazira se na mogućnosti širenja sustava informacija putem Internetske mreže.

Tijekom 2008. godine, putem Internetskih stranica Grada Rijeke i Rijeka prometa pušten je u funkciju softverski paket Spectra, koji uz pomoć digitalizirane karte centra grada predstavlja podatke vezane za prometna opterećenja. Iste godine su aktivirane i prometne kamere na 13 pozicija. Kamere su uključene putem web stranica Grada Rijeke na Internet. U zavisnosti od opterećenja, glavni prometni pravci kroz grad mijenjaju boje, čime je omogućeno na brz i pregledan način dobivanje realne slike trenutnog stanja gradskih prometnica. Grafička karta je interaktivna, prikladna za prikaz ostalih korisnih informacija, poput primjerice stanja određenih parkirališta i garaža, u vidu njihove popunjenosti.⁶²

Nadalje, tijekom 2010. godine u funkciju je pušten skup informacija za vozače koje bi im omogućavale informaciju o trenutnoj popunjenosti parkirališta. Kako u središtu Grada, postoji bežični Internet, korištenje navedenih podataka omogućeno je i neposredno iz vozila. Također postoji i mogućnost informiranja vozača putem putnog računala.

Postoji cijeli niz projekata čije je uvođenje planirano u skoroj budućnosti u suradnji s drugim sudionicima, a to su sljedeći:⁶³

- širenje sustava video-nadzora nad prometnom mrežom grada;
- informacijski sustav putnika na postajama JGP (a KD Autotrolej);
- Projekt pod nazivom *Connected Traffic* – analiza novog sustava automatskog upravljanja prometom, u suradnji s Ericsson Nikola Tesla i partnerima;
- Projekt SURINMO – analiza novih promjenjivih prometnih znakova i prometnih podsustava u suradnji s Hrvatskim Telekomom i partnerima.

⁶² Prometna infrastruktura, online: <https://www.rijeka.hr/teme-za-gradane/promet/> (20.06.2023.)

⁶³ Ibidem.

ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme promet i to najviše cestovni sačinjava većinski udio svjetskog transporta. Zbog toga se javljaju brojni problemi i to pojavom i rastućim brojem osobnih automobila, te centralizacijom kretanja vozila. Također, nepristupačna te nepraktična upotreba javnog gradskog prijevoza jedan je od velikih problema cestovnog prometa. Danas stručnjaci sagledavaju promet i problem kao kompleksnu kategoriju. Zbog rasta prometa u urbanim sredinama traže se efikasna, efektivna, ekološki prihvatljiva i ekonomski isplativa rješenja usmjerena na cestovni prijevoz u urbanim područjima gradova. Tijekom vremena razvijali su se razni sustavi zaduženi za upravljanje prometom. U počecima razvoja prometa nisu postojali prometni znakovi, koji su tijekom vremena razvijeni i stavljeni u uporabu. Zatim je došla proizvodnja semafora koji se i u današnje vrijeme koriste, ali u ponešto drugačijoj fizičkoj izvedbi, te uz upotrebu moderne tehnologije. Nadalje, u današnje vrijeme ubrzanog rasta tehnologije stručnjaci su u obvezi upotrebljavati sve veće značajke računalnih rješenja, umjetne inteligencije, adaptacije i sl.

U prometu se kao uostalom i ostalim područjima gospodarstva te svakodnevnog života kontinuirano teži k novim oblicima i tehnološkim rješenjima. Upravljanje prometnim tokom upotrebom računala, odnosno umjetne inteligencije, pozitivno se utječe na efikasnost prometa, te pridonosi niskougličnom razvoju.

Za obavljanje određenog posla koji bi se u prošlosti obavljao pomoću većeg broja ljudi, danas obavlja računalo samostalno. Taj posao računalo obavlja sigurno, bez čimbenika ljudske pogreške, umora i osjećaja, no uz mogućnost adaptacije na neke nove ili nepredvidive situacije. Ipak, važno je naglasiti da je za kvalitetu pojedinog računala potrebno kvalitetno programiranje od ljudske strane.

Automatsko upravljanje prometom moguće je integrirati u sve prometne sustave te međusobno povezati. Sustavi automatskog upravljanja promet imaju značajni sigurnosni aspekt kako u pomorskom, zračnom tako i u cestovnom i ostalim vidovima prometa.

Pametni gradovi u svijetu i u Hrvatskoj uglavnom su implementirali sustav automatskog upravljanja prometom. Pametna mobilnost donosi nove prilike, ali i prometne izazove u prometu gradova. Velika je i prisutnost električnih vozila koje treba integrirati u prometni sustav te sustav nadzora i kontrole prometa.

Grad Rijeka smatra se prvim gradom u Hrvatskoj koji je uspješan u razvoju cjelovitih sustava za nadzor i upravljanje gradskim prometom. Stoga je danas u sustavu automatskog

upravljanja prometom, od ukupno 84 semaforizirana raskrižja na području Grada Rijeke, uključeno 37 raskrižja, opremljenih semaforskim uređajima najsvremenije tehnologije inteligentnih transportnih sustava tehnologije (ITS). Konstantno praćenje stanja u prometu kao i upravljanje sustavom semafora Grada Rijeke zajedno s prometnom policijom odvija se i obavlja od strane Prometnog centra Rijeke. Proces uvođenja sustava započeo je 2000. godine, te uključuje veći broj raskrižja. Pojedini kvar na semaforskim uređajima, lanternama i mreži automatizmom se dojavljuje Prometnom centru, te serviserima. Temeljem obrađenih podataka koji su pribavljeni kroz sustav AUP, obavlja se praćenje i analiza prometnih opterećenja na gradskoj mreži. Ti podaci čine okosnicu za donošenje strateških odluka o upravljanju prometom. Statistički podaci o prometnom opterećenju dokazuju kako primjena sustava i uvođenje sličnih rješenja dovodi do umanjenja zagušenja prometnica. Ipak, prometno opterećenje ne može se smanjiti ukoliko ne dođe do većeg korištenja javnog gradskog prijevoza, te bez prihvaćanja činjenice od strane građana da nije nužno uvijek koristiti se vlastitim automobilom, već prihvatiti mogućnost češćeg korištenja javnog prijevoza. Također, kod vozača je potrebno razviti svijest o važnosti pridržavanja prometnih pravila.

Sustav djeluje u cilju nadogradnje postojećih podsustava, uz naglasak na veću protočnost šireg područja gradske mreže. Godišnji prirast novih osobnih vozila u gradu moguće je uspješno kompenzirati jedino kroz veću atraktivnost JGP. Tvrtka Rijeka promet uzima u obzir razne projekte u cilju unapređenja gradskog autobusnog prijevoza, uz značajnu suradnju i podršku tvrtke KD Autotrolej.

Nastavak ulaganja od strane zemalja članica EU u izgradnju prometne infrastrukture uvelike utječe na ubrzanje elektrifikacije, a težnja je upravo na njoj u okvirima Republike Hrvatske. Što se tiče daljnjeg unaprijeđena i modernizacije, kao i popularizacije integracije sustava s električnim vozilima, konstantnim proširenjem mreže punionica pruža se veći doprinos u upotrebi električnih vozila kao primjer ekološki najprihvatljivijeg rješenja u prometu te također u stvaranju i održavanju čistijeg okoliša.

Za uspješnu daljnju modernizaciju automatskog upravljanja prometom i prometnom infrastrukturom, potrebno je aktivno raditi na inovacijama produkata važnih za daljnji razvoj električne mobilnosti. Nadalje, važna je uspostava partnerstva s ključnim sudionicima u industriji, poput primjerice proizvođača punionica električnih vozila i vlasnika lokacija za postavljanje punionica. Konačni cilj je što snažnija buduća elektrifikacije i izgradnja mreže punionica u Hrvatskoj.

LITERATURA

Knjige i članci

1. Antoliš, K., Strmečki, S., Magušić, F., Informacijska sigurnost i inteligentni transportni sustavi, *Suvremeni promet*, vol: 28, Zagreb, 2008., br. 5.
2. Bošnjak, I.: Razvoj inteligentnih transportnih sustava, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006. godina
3. Dadić, I., Kos G., Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, 2007.
4. European ATM Master Plan, SESAR Concept of Operations, Office of the European Union, Luksemburg, 2020.
5. Glavaš, H., Antunović, M., Keser, T.: Cestovna vozila na električni pogon, Dvadesetšesti skup o prometnim sustavima s međunarodnim sudjelovanjem AUTOMATIZACIJA U PROMETU 2006, Zagreb, KOREMA, 2006.
6. Gordon, R. L., Tighe, W. P. E., Traffic Control Systems Handbook, Washington Dunn Engineering Associates, Washington, SAD, 2005.
7. Hololei, H., Brenner, F., SESAR Joint Undertaking, Office of the European Union, Luksemburg, 2017.
8. Jerčić, J., Mataija, M. Prikaz sustava za upravljanje informacijama na autocestama pomoću dijagrama., *Zbornik Veleučilišta u Rijeci*, vol.7, br. 1, 2019. online: <https://doi.org/10.31784/zvr.7.1.24>
9. Komadina, P., Brčić, D., Frančić, V., VTMISS služba u funkciji unaprjeđenja sigurnosti pomorskog prometa i zaštite okoliša na Jadranu, *Pomorski zbornik* 47-48 (2013), <https://hrcak.srce.hr/file/177908>, (17.06.2023.)
10. Latha, J. R., Suman, U., Intelligent Traffic Light Controller. *International Journal of Emerging Engineering Research and Technology*, Delaware, SAD, 2015.
11. Lind, M., Sea traffic Management, RISE Research Institutes of Sweden, Malmo, Sweden, 2016.
12. Lloret J., Ahmed, S. H., Rawat, D. B., Ejaz, W., and Yu, W., Editorial on wireless networking technologies for smart cities, *Wireless Communications and Mobile Computing*, vol. 2018, Article ID 1865908.
13. Luburić, G.: Metode sigurnosti u prometu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.

14. Perković, M., Gućma, M., Vessel Traffic Management and Information System (VTMIS)–integrated simulator for safety of navigation evaluation, Faculty of Maritime Studies and Transportation, University of Ljubljana, Slovenia, 2011.
15. Ristov, P., Sigurnost podataka i informacija u sustavima nadzora i upravljanja pomorskim prometom, NAŠE MORE, vol. 63, br. 1 Supplement, 2016,
16. Roozernond D. A., An integrated multi-discipline dynamic traffic management system, based on information, objects and inter-object communication, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Nizozemska 1995.
17. Shepherd S.P.: A Review of Traffic Signal Control. Institute of Transport Studies, University of Leeds. Working Paper 349; 1992. ,
<https://eprints.whiterose.ac.uk/2217/> (20.06.2023.)
18. Vochozka, M., Horák, J., Krulický, T., Advantages and Disadvantages of Automated Control Systems (ACS), Digital Age, Chances, Challenges and Future, 2020.

Internetski izvori

1. ADIMOT, Intelligent Traffic Systems Urban Traffic, online:
https://www.sice.com/sites/Sice/files/2016-12/UT_ADIMOT.pdf (20.5.2023.)
2. ATMS systems, online:<https://aryaomnitalk.com/advanced-traffic-management-system-atms/%20> (17.6.2023.)
3. Automatsko upravljanje prometom, online <https://www.rijeka-plus.hr/promet/automatsko-upravljanje-prometom/> (20.06.2023.)
4. European traffic solutions,
5. GMDSS Licensing and certification, online: <https://gmdss.com/> (17.6.2023.)
6. Guide to sensors, online: <https://www.icrfq.net/guide-to-sensors/> (19.06.2023.)
7. <https://www.sice.com/en/news/sice-installs-its-mobility-management-tool-adimot-traffic-management-system-huelva> (13.6.2023.)
8. <https://www.slideshare.net/peterashley66/imflow-adaptive-traffic-management-system> (14.5.2023.)
9. Information systems, online: <https://www.emsa.europa.eu/visits-to-member-states/vessel-traffic-monitoring-a-information-systems.html>, (17.06.2023.)
10. Intelligent transport system,
online:<https://theconstructor.org/transportation/intelligent-transportation-system/1120/> (22.6.2023.)

11. Intelligent tyres, online, <https://mobiletyreshop.com.au/what-are-intelligent-tyres/> (27.6.2023.)
12. International Convention for the Safety of Life at Sea, online: <https://www.dgrm.mm.gov.pt/en/web/guest/solas> (17.6.2023.)
13. M city, online: <https://peek.hr/proizvodi/imcity/> (16.5.2023.)
online: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_21_6727, (20.6.2023)
14. Prometna infrastruktura, online: <https://www.rijeka.hr teme-za-gradane/promet/> (20.06.2023.)
15. Smart car, online: <https://www.wikimotors.org/what-is-a-smart-car.htm> (26.6.2023.)
16. Smart mobility, online: <https://tomorrow.city/a/smart-mobility-definition-solutions-and-all-you-need-to-know> (12.6.2023.)
17. Smart vehicles, online: <https://www.atheneum.ai/2019/02/21/smart-vehicles/> (26.5.2023.).
18. Urban traffic management, online: <https://rno-its.piarc.org/en/network-control-traffic-management-traffic-control/urban-traffic-management>(18.5.2023.)
19. VT MIS služba u funkciji unaprjeđenja sigurnosti pomorskog prometa i zaštite okoliša na Jadranu, online: <https://hrcak.srce.hr/file/177908>, (17.06.2023.)

KAZALO KRATICA

OZNAKA	OPIS
ITMS	Intergrated traffic management systems
AIS	Automatic identification system
ISO	International standard organization
RF	Radio frequency
ITS	Intelligent transport system
CPDLC	Controller pilot datalink communications
GBAS-LS	GBAS landing system
SEAS	Single european airspace system
GBAS	Ground based augmentation system
GNSS	Global navigation satellite system
SOLAS	Safety of life at sea
GMDSS	Global maritime distress and safety system
ROS	Robot operating system
MRCC	Maritime rescue co-ordination centre
MSI	Maritime safety information
GPS	Global positioning system
ECDIS	Electronic chart display information system
CCTV	Close-circuit television
ARPA	Automatic radar plotting aid
VPN	Virtual private network
IMO	International maritime organization
EU	European union
NAVTex	Navigation telex
AIS	Automatic indentification system
VTMIS	Vessel traffic managment and information aystem
VTS	Vessel traffic system

POPIS SLIKA

Slika 1. VTS Republika Hrvatska	15
Slika 2. Broj električnih automobile u EU I potrošnja el. energije u cestovnom prijevozu u 2021. godini.....	40
Slika 3. Automatsko upravljanje prometom, Grad Rijeka.....	45