

# Vizualne informacije i napredni sustavi pomoći vozaču

---

**Tomaš, Mateo**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:269994>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**



*Repository / Repozitorij:*

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



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**ZAVRŠNI RAD**

**VIZUALNE INFORMACIJE I NAPREDNI SUSTAVI  
POMOĆI VOZAČU**

**VISUAL INFORMATIONS AND ADVANCED  
DRIVER ASSISTANCE SYSTEMS**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Darko Babić

Student: Mateo Tomaš

JMBAG: 013525580

Zagreb, srpanj 2021.

Zagreb, 17. ožujka 2022.

Zavod: **Zavod za prometnu signalizaciju**  
Predmet: **Vizualne informacije u prometu**

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 6653

Pristupnik: **Mateo Tomaš (0135255800)**  
Studij: Promet  
Smjer: Cestovni promet

Zadatak: **Vizualne informacije i napredni sustavi pomoći vozaču**

### Opis zadatka:

Napredni sustavi pomoći vozaču dolaze u mnogim oblicima: od sustava koji aktiviraju kočnice ako osjećaju neizbježan sudar, preko onih koji pomažu održati stalnu udaljenost od automobila ispred, do drugih koji pomažu da se vozilo zadrži u voznoj traci. Svi ti sustavi koriste široki raspon tehnologija, od kamera, do radara i lidarskih sustava (ovaj izraz dolazi od skraćenice LiDAR ili Light Detection and Ranging), koji po potrebi mogu raditi neovisno i u fuziji s drugim sustavima koji pomažu u prepoznavanju i izbjegavanju potencijalnih opasnosti, bilo upozorenjem vozača ili automatskim preuzimanjem elementa vozila kao što su kočenje ili upravljanje ako vozač ne reagira.

Cilj rada je analizirati postojeće napredne sustave pomoći vozaču koji koriste vizualne informacije (prometnu signalizaciju u prvom redu) kao temelj za pružanje pomoći vozaču, te definirati u kojoj mjeri kvaliteta prometne signalizacije utječe na funkcionalnost navedenih sustava.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

izv. prof. dr. sc. Darko Babić

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. ULOGA I ZNAČAJ PROMETNE SIGNALIZACIJE.....	3
2.1. Horizontalna (tlocrtna) prometna signalizacija .....	3
2.2. Vertikalna (uspravna) prometna signalizacija.....	5
2.3. Svjetlosna prometna signalizacija .....	6
3. OPĆI POJMOVI O ADAS SUSTAVIMA.....	7
4. AUTONOMNI I KOOPERATIVNI SUSTAVI.....	9
4.1. Autonomni sustavi .....	9
4.2. Kooperativni sustavi (V2X).....	10
4.2.1. Komunikacija među vozilima (V2V) .....	11
4.2.2. Komunikacija između vozila i infrastrukture (V2I) .....	13
4.2.3. Komunikacija između vozila i pješaka (V2P) .....	14
4.2.4. Komunikacija vozilo – mreža (V2N).....	15
4.2.5. Komunikacija vozila prema oblaku (V2C) .....	16
4.2.6. Komunikacija vozila prema uređaju (V2D) .....	17
4.2.7. Vozilo prema mrežnoj komunikaciji (V2G) .....	17
5. ADAS SUSTAVI ZA PRAĆENJE VIZUALNIH INFORMACIJA .....	18
5.1 Adaptivna prednja svjetla .....	18
5.2 Nazdor mrtvog kuta.....	19
5.3. Sustav za automatsko prebacivanje između kratkih i dugih svjetala.....	20
5.4. Sustav prepoznavanja prometnih znakova.....	22
5.5 Automatsko kočenje kod opasnosti od sudara sa i bez detekcije pješaka.....	23
5.6. Sustav zadržavanja vozila u prometnom traku.....	24
5.7 Kamera za vožnju unatrag .....	25
5.8. Automobilski sustav noćnog vida .....	26
6. IMPLEMENTACIJA ADAS SUSTAVA .....	28
7. ZAKLJUČAK.....	31
LITERATURA .....	33
POPIS SLIKA .....	35

# 1. UVOD

Prometni sustav svakim danom broji sve veći i veći broj vozila koji stvaraju opterećenja na prometnoj infrastrukturi. Povećanjem opterećenja na cestama dolazi do porasta broja prometnih nesreća, zagušenja na cestama, odnosno smanjenja sigurnosti kod vozača i ostalih sudionika u prometu. Kao rezultat povećanja sigurnosti, javljaju se napredni sustavi pomoći vozaču (ADAS) koji upozoravaju vozača na moguće rizike korištenjem raznih kamera, senzora, lidara i ostalih softvera koji obrađuju velike količine podataka. Tako sustavi mogu obavijestiti vozača na nadolazeću opasnost i automatski poduzeti radnju koja je potrebna kako bi se rizik sveo na minimalnu razinu.

Cilj završnog rada je analiza naprednih sustava pomoći vozaču koji se orijentiraju na praćenje vizualnih informacija kao temelj za pružanje pomoći vozaču.

Završni rad se sastoji od 7 poglavlja. U prvom poglavlju pod nazivom Uvod opisana je struktura rada, svrha i cilj istraživanja.

U drugom poglavlju pod nazivom Uloga i značaj prometne signalizacije navedene su značajke i uloga prometne signalizacije u cilju povećanja sigurnosti i kvalitete u odvijanju prometa. Također je navedena osnovna podjela prometne signalizacije.

U trećem poglavlju pod nazivom Opći pojmovi o ADAS sustavima detaljno je opisana uloga ADAS sustava kao i mogućnosti koje sustavi mogu pružiti vozaču. Između ostalog navedene su prednosti i nedostaci ADAS sustava te je grafički prikazano smanjenje prometnih nesreća implementacijom tih sustava.

U četvrtom poglavlju pod nazivom Autonomni i kooperativni sustavi definiraju se ti sustavi te što se podrazumijeva pod tim okruženjem. Također je opisan način komunikacije i povezanost te interakcija s ostalim sustavima.

U petom poglavlju pod nazivom ADAS sustavi za praćenje vizualnih informacija detaljno su opisani sustavi koji služe za praćenje vizualnih informacija.

U šestom poglavlju pod nazivom Implementacija ADAS sustava opisan je razvoj implementacije ADAS sustava u vozila kao i buduće tehnologije istih. Spomenuti su i prvi sustavi koji su se krenuli koristiti u autoindustriji.

Zadnje poglavlje je Zaključak u kojem se iznosi cjelokupni pregled rada. U zaključku je u kratkim crtama opisano svako poglavlje rada osim uvoda. Završni rad također sadrži i popis literature te popis slika.

## **2. ULOGA I ZNAČAJ PROMETNE SIGNALIZACIJE**

Prometnom signalizacijom sudionici u prometu primaju obavijesti o trenutnom i budućem stanju prometnoga sustava kako bi u pravom trenutku i na primjeren način prilagodili način vožnje i upravljanja vozilom stanju i uvjetima na cesti. Uloga prometne signalizacije je povećanje sigurnosti i kvalitete odvijanja prometa a sve u cilju smanjenja nastanka prometnih nesreća. Neophodno za odvijanje prometa je da signalizacija bude jednostavna, vidljiva, čitljiva te jasna svim sudionicima u prometu bez obzira na okolnosti. U cestovnom prometu prometnu signalizaciju dijelimo na: horizontalnu, vertikalnu, svjetlosnu signalizaciju te prometno-sigurnosnu opremu [5].

### **2.1. Horizontalna (tlocrtna) prometna signalizacija**

U horizontalnu (tlocrtnu) prometnu signalizaciju spadaju oznake na kolniku. One se postavljaju na cestama sa suvremenim kolnikom, a prednost im je što omogućuju lakše odvijanje prometa. Najveći nedostatak im je što nisu vidljive za snježnih oborina i što ih treba često obnavljati zbog brzog trošenja. Osnovne zadaće oznaka na kolniku uz lakše odvijanje prometa su upozoravanje na stanje i situaciju u prostoru ispred vozila, informiranje vozača o zakonskim ograničenjima te pomažu pri reguliranju prometa. Obično su bijele boje (žutom bojom označuju se mjesta na kojima je zabranjeno parkiranje, rubne crte i sl.) [5].

Oznake na kolniku mogu se podijeliti na:

1. uzdužne oznake
2. poprečne oznake
3. ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika.

Osim osnovne podjele, oznake na kolniku se još mogu podijeliti prema trajnosti, vrsti materijala, retroreflektivnim značajkama, koeficijentu trenja i dr.

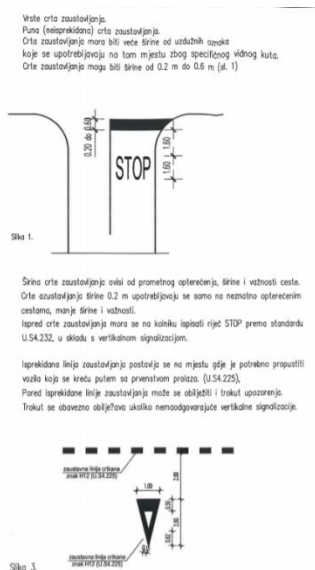
Uzdužne oznake služe kao dopuna prometnim znakovima s funkcijom kvalitetnijeg i sigurnijeg vođenja te upravljanja prometnih tokova. Oznake na kolniku su razdjelne crte, rubne crte, crte upozorenja, crte vodilje i dr. Mogu biti izvedene kao pune crte, isprekidane crte i dvostruke crte. Širina im je 10-15 cm, ovisno o važnosti i značenju ceste. Razmak je između dvostrukih crta jednak njihovoj širini [5].



Slika 1. Uzdužne oznake

Izvor: <https://www.autoskolapavlin.com/oznake-na-kolovožu/>

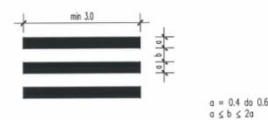
Poprečne oznake na kolniku se prikazuju punim ili isprekidanim crtama a položene su okomito ili pod malim kutom u odnosu na os ceste. U poprečne oznake ubrajamo: crte zaustavljanja, crte gdje vozači moraju dati prednost prolaza, pješačke prijelaze, prijelaze biciklističkih staza preko kolnika, kosnike i graničnike.



## POPREČNE OZNAKE NA KOLNIKU

Pješački prijelazi se izvedu u obliku niza traka obojenih bijelom bojom ("zabira"), na način prikazan na sl. 2. (U.54.227)

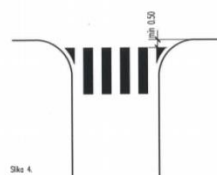
Mjere u m



Položaj pješačkog prijelaza

Pješački prijelazi postavljaju se u smjeru pješačkih tokova okomito na os kolnika osim u slučajevima kada to nije moguće zbog smjera pješačkog toka.

Pješački prijelazi mora biti unovčen najmanje 0,5 m u odnosu na zamišljeni produžetak ruba kolnika.



Slika 2. Poprečne oznake

Izvor: [https://opcina-viskovo.hr/sites/default/files/files/nacrt\\_6.pdf](https://opcina-viskovo.hr/sites/default/files/files/nacrt_6.pdf)



Ostale oznake na kolniku obuhvaćaju strelice, polja za usmjerivanje prometa, natpise, oznake uz rub kolnika i sl. Ključno za oznake na kolniku je da materijal ili boja od kojih su izrađene ne smanjuju hvatljivost kolnika [6].

## **2.2. Vertikalna (uspravna) prometna signalizacija**

Vertikalna signalizacija se postavlja uz desnu stranu kolnika u smjeru kretanja vozila. Ako na cesti nije omogućena dovoljna preglednost zbog specifičnih terenskih prilika, prometni znakovi se mogu postaviti i s lijeve strane te u sredinu iznad kolnika. Prilikom postavljanja prometne signalizacije veoma je bitno paziti da se ne postavi prevelik broj znakova jer bi to moglo uzrokovati krivo tumačenje prilikom vožnje te samim time i mogućnost nastanka prometne nesreće. Prometni znakovi sa simbolima imaju prednost pred znakovima s tekstom jer ih vozač prilikom vožnje lakše uoči te brže reagira na potrebnu radnju koja se od njega očekuje. Duljina puta na kojoj vozač može pročitati obavijest ovisi o brzini kretanja i vremenu čitanja.

Prometni znakovi se postavljaju na visini od 1,2 do 1,4 metra izvan naseljenih mjesta, a u naseljima na visini od 0,3 do 2,2 metra. Horizontalna udaljenost prometnog znaka od ruba kolnika mora biti najmanje 0,3 metra [5].

Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama se određuju namjena, vrsta, oblik, značenje, dimenzije, karakteristike i postavljanje prometnih znakova. Njihova glavna uloga je upozoravanje na opasnost, ograničenja, zabrane te obaveze koje su potrebne sa sigurnim i nesmetanim prometom. Iz tog razloga prometni znakovi moraju biti jednoliki, vidljivi i jasni u svim uvjetima.

U vertikalnu prometnu signalizaciju spadaju [7]:

1. znakovi opasnosti
2. znakovi izričitih naredbi
3. znakovi obavijesti
4. dopunske ploče, ostali znakovi i oznake.

### 2.3. Svjetlosna prometna signalizacija

Svjetlosnu signalizaciju čine svjetlosni prometni znakovi i svjetlosne oznake kojima se postiže uspostavljanje pravilnog i urednog toka prometa i povećanje sigurnosti toka prometa. U svjetlosne prometne znakove se ubrajaju [7]:

1. svjetlosni znakovi za upravljanje prometom
2. svjetlosni znakovi za upravljanje prometom pješaka i biciklista
3. svjetlosni znakovi za upravljanje javnim gradskim prometom
4. prometna svjetla za upravljanje cestovnim prometom na prijelazu preko željezničke pruge
5. prometna svjetla za upravljanje prometom i označavanje mjesta radova i zapreka na cesti

Svjetlo upotrijebljeno kao svjetlosni znak za upravljanje prometom može biti neprekidno ili trepćuće (neprekidno). Prometna svjetla se mogu postaviti na kontrastnu ploču bijele boje s rubom crne boje ako postoji opravdani razlog.

Zadaća svjetlosnih prometnih znakova uz uspostavljanje pravilnog i urednog toka prometa te povećanja sigurnosti toka prometa su: uspostavljanje približno kontinuiranog toka prometa, prekidanje toka prometa u ulicama s velikim opterećenjem radi prolaska pješaka i vozila iz ulica manjeg značenja, davanje prednosti jednoj vrsti prometa pred drugom, usmjerivanje prometa u određene pravce i trakove i upozoravanje vozača na opasna mjesta (prijelaz preko pruge i sl.) [5].

Svjetlosni znakovi za upravljanje prometom su uređaji koji su izvedeni s trobojnim svjetlima (crvene, žute i zelene boje). Svjetla su obično postavljena po okomitoj osi jedno ispod drugog, i to: crveno svjetlo na vrhu, zatim žuto u sredini te zeleno na dnu. Zeleno svjetlo može biti izvedeno u obliku dopunske strelice koja je smještena u krugu crne boje. Svjetlosni znakovi s crvenim, žutom i zelenim svjetlom mogu se koristiti za upravljanje prometom na više prometnih trakova istodobno ili za svaki trak posebno.

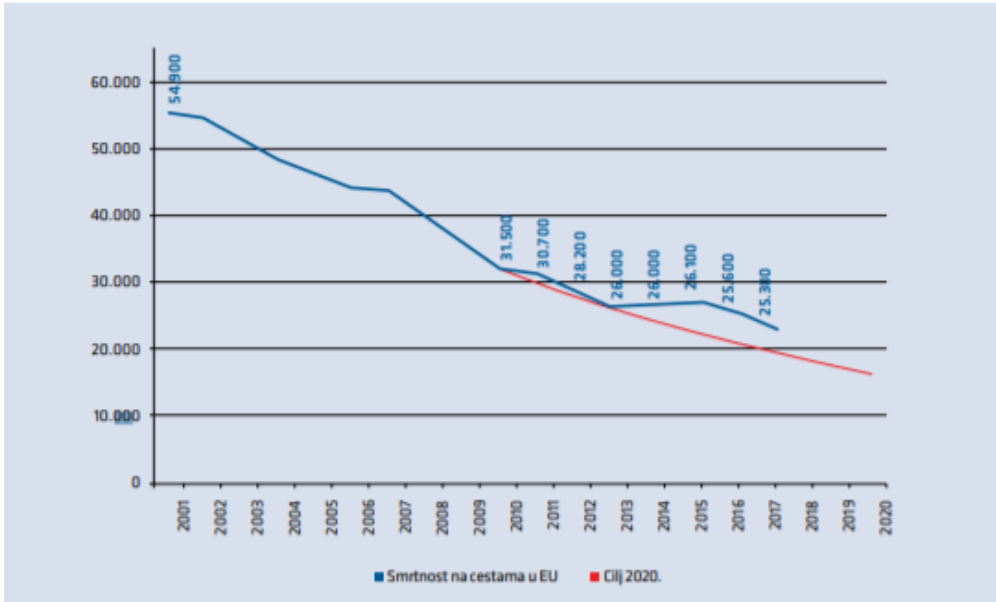
### 3. OPĆI POJMOVI O ADAS SUSTAVIMA

Napredni sustavi pomoći vozaču (engl. Advanced driver – assistance systems – ADAS) smatraju se osnovom nove generacije automobilskih elektroničkih sigurnosnih sustava i autonomnih automobila. ADAS sustavi mogu otkriti predmete, upozoriti vozača na opasne uvjete ili nadolazeću opasnost i automatski usporiti ili zaustaviti vozilo. Neke od mogućnosti ADAS sustava su uključivanje noćnog vida, prepoznavanje vozača, prepoznavanje prometnih pješaka i prometnih znakova, upozorenje na sudar naprijed, upozorenje na odlazak s trake i nadzor mrtvog kuta. Cilj ADAS sustava je pružiti podršku vozačima raznim upozorenjima kako bi se smanjila izloženost riziku ili automatiziranjem nekih zadataka upravljanja kako bi se vozača oslobodilo ručne kontrole vozila. ADAS funkcije mogu se postići autonomnim pristupom sa svim instrumentima i inteligencijom u vozilu, ili kooperativnim pristupom, gdje se pomoć pruža s kolnika i/ili iz drugih vozila [2] [3] [8].

ADAS sustavi su izrazito složeni sustavi jer koriste mnoštvo kamera, senzora, radara, lidara, raznih softvera koji u svakom trenutku kombiniraju i analiziraju veliku količinu podataka. Uloga tih uređaja je pružati informacije vozaču ili poduzeti automatske mjere na temelju onoga što opažaju. Iz tog razloga je potrebno provesti mnoštvo detaljnih testiranja kako bi sustav u svakom trenutku radio u optimalnim uvjetima. Testiranje se sastoji od izrade velikog broja testova za provjeru pojedinih ADAS sustava.

Prema Global Edge Soft-u, smatra se da će budući ADAS sustavi koristiti bežičnu mrežnu povezanost kako bi se omogućila komunikacija između vozila (V2V) i komunikacija između vozila i infrastrukture (V2I). Tako će automobili moći međusobno komunicirati preko glavnog računala koji će pružati sigurnije i automatizirano iskustvo vožnje. Iako je razvoj ADAS sustava stekao veliku popularnost, tržište je iskusilo ograničenja u velikom napredovanju s ovom tehnologijom. Jedan od najvećih nedostataka predstavljaju neizmjereno visoki troškovi prilikom implementacije ADAS sustava u vozila [9].

Razna istraživanja su pokazala da je čovjek najčešći uzrok nastanka prometnih nesreća, u više od 85% slučajeva, upravo zbog pogrešaka pri prepoznavanju, donošenju krivih odluka, kasnih reakcija, itd. Smatra se da se broj smrtno stradalih osoba na cestama u Europi od 2001. do 2017. godine smanjio za 50%. Zbog navedenih ljudskih nedostataka, može se reći da su ADAS sustavi najvažnija tehnologija koja je nužna za povećanje sigurnosti u prometu [21].



Slika 3. Promjena smrtnosti na cestama Europe od 2001. do 2017. godine

Izvor: [https://www.cvh.hr/media/3641/adas\\_web.pdf](https://www.cvh.hr/media/3641/adas_web.pdf)

## 4. AUTONOMNI I KOOPERATIVNI SUSTAVI

### 4.1. Autonomni sustavi

Autonomna vozila su vozila koja su sposobna prepoznati svoju okolinu i sigurno se kretati, uz malo ili bez ljudskog faktora. Kombinacijom raznih senzora za prepoznavanje okoline, poput radara, lidara, sonara i GPS-a prepoznavaju odgovarajuće navigacijske putove, kao i prepreke i važne znakove.

Prema Društvu automobilskih inženjera (engl. Society of Automotive Engineers – SAE) definirano je 6 razina stupnjeva automatizacije ovisno o funkcijama koje autonomni sustavi trebaju preuzeti od vozača. Odnosno razine automatizacije se razlikuju prema tome je li za obavljanje pojedinih funkcija odgovoran vozač ili vozilo. Prema tome su definirane sljedeće razine automatizacije vozila [10][11]:

- razina 0 – automatizirani sustav izdaje upozorenja i može na trenutak reagirati, ali ne posjeduje trajnu kontrolu vozila. Vozač je taj koji u potpunosti kontrolira funkcije kao što su brzina, sigurnosni razmak, smjer kretanja itd. Nultoj razini autonomije pripadaju vozila s ABS, ECS, uphill assist, i sličnim tehnologijama.

- razina 1 – vozač i automatizirani sustav dijele kontrolu nad vozilom. Primjeri su sustavi u kojima vozač kontrolira upravljanje, a automatizirani sustav snagu motora za održavanje brzine (tempomat). Vozač mora u svakom trenutku biti spreman preuzeti punu kontrolu nad vozilom.

- razina 2 – automatizirani sustav preuzima kontrolu nad vozilom ubrzavanjem, kočenjem i upravljanjem. Kao i u razini 1 vozač mora nadzirati vožnju i biti spreman odmah reagirati i djelovati u bilo kojem trenutku ako automatizirani sustav ne reagira pravilno. Kamere bi mogle nadzirati vozača kako bi potvrdile da vozač obraća pažnju na promet.

- razina 3 – vozač može sigurno skrenuti pažnju s vozačkih zadataka. Vozilo je odgovorno za situacije koje zahtijevaju trenutnu reakciju, poput kočenja u nuždi. Vozač mora biti spreman djelovati u određenom vremenskom roku, koji je odredio proizvođač, kada ga vozilo na to pozove.

- razina 4 – razlikuje se od razine 3 u tome što nije potrebna pažnja vozača, npr vozač može sigurno napustiti vozačevo mjesto. Međutim, autonomna vožnja je podržana samo u posebnim okolnostima, ako te okolnosti nisu osigurane vozilo mora biti u mogućnosti sigurno usporiti ili parkirati vozilo, ako vozač ne preuzme kontrolu.

- razina 5 – ljudski faktor nije potreban, ne zahtijeva se prisutnost vozača. Razina 5 se još naziva i potpuna automatizacija jer je vozilo sposobno obavljati sve funkcije u svim vremenskim uvjetima.

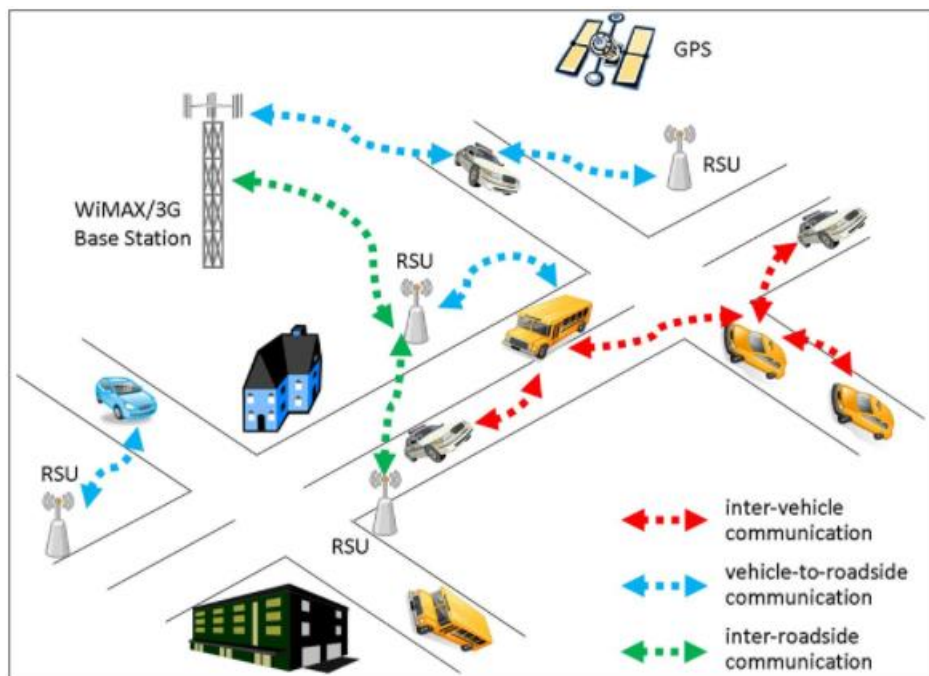
## 4.2. Kooperativni sustavi (V2X)

Kooperativni sustavi su sustavi koji u implementaciji s drugim sustavima izvršavaju dvosmjernu komunikaciju. Takvi sustavi su u prometu vrlo važni jer omogućuju kvalitetnu informiranost putnika i vozača. Kooperativno okruženje u prometu i transportu je kombinacija tehnologija, ljudi i organizacija koja olakšava komunikaciju za uspješno ostvarivanje zajedničkog cilja kako bi se postigla korist koja bi zadovoljila sudionike. Sustavi funkcioniraju korištenjem bežične komunikacije s kojom ostvaruju povezanost s drugim vozilima, infrastrukturom (prometnice i prateća oprema) te drugim korisnicima (pješaci, biciklisti i drugo) [26].

Povezani automobili, u svakom trenutku, iznose podatke o automobilu koji određuju trenutnu lokaciju, status motora, jesu li vrata zaključana, brzinu i mnoge druge. Tako se unaprjeđuje prometni sustav. Podaci o automobilu proizlaze iz elektroničkih upravljačkih jedinica (engl. Electronic Control Unit – ECU), upravljačkih pristupnih mreža (engl. Controller Access Networks – CAN) i ostalih informacijskih sustava. Glavnu problematiku predstavlja preciznost trenutne lokacije, iz tog razloga se sva buduća poboljšanja temelje na navigacijskim sustavima.

Neprestan rast prometnog volumena otežava normalno odvijanje prometa što se očituje prometnim zagušenjima, onečišćenjem okoliša, brojnim zastojevima, prometnim nesrećama i ostalo. Razvojem V2X sustava pridonosi se rješavanju tih problema. Postoji 7 vrsta povezanosti koje obuhvaćaju V2X komunikaciju [1]:

1. Komunikacija među vozilima (V2V)
2. Komunikacije između vozila i infrastrukture (V2I)
3. Komunikacija između vozila i pješaka (V2P)
4. Komunikacija vozilo – mreža (V2N)
5. Komunikacija prema oblaku (V2C)
6. Komunikacija prema uređaju (V2D)
7. Vozilo prema mrežnoj komunikaciji (V2G)



Slika 4. V2X komunikacija

Izvor: <https://reu2015.weebly.com/background.html>

#### 4.2.1. Komunikacija među vozilima (V2V)

Komunikacija među vozilima omogućuje razmjenu podataka u stvarnom vremenu između vozila koji koriste V2V tehnologiju. Razmjena se izvodi bežično putem namjenskih frekvencija kratkog dometa. Zahvaljujući V2V komunikaciji, vozila mogu u stvarnom vremenu dijeliti svoju brzinu, položaj i smjer, kao i bilo koje druge bitne informacije koje su potrebne za sigurno i učinkovito odvijanje prometa. Sustav u svakom trenutku ima prikaz svoje okoline od 360 stupnjeva što smanjuje pojavu bilo kakvih poteškoća prilikom komunikacije. Svako vozilo u V2V komunikaciji postaje čvor koji može hvatati, slati i ponovno prenositi signale. S obzirom na to da je V2V komunikacija dio V2X, čvorovi također uključuju pametnu prometnu signalizaciju, cestovne senzore i druge V2I komponente [1].

Prema Nacionalnoj upravi za sigurnost u cestovnom prometu (engl. National Highway Traffic Safety Administration – NHTSA), V2V tehnologija bi mogla spriječiti oko 615.000 prometnih nesreća.

Upozorenja koja pružaju V2V sustavi su [1]:

- Upozorenja o ulasku na raskrižjima,
- Upozorenja o odlasku na autocestama,
- Otkrivanje prepreka,
- Upozorenja naglih zaustavljanja,
- Izvješća o nesrećama.



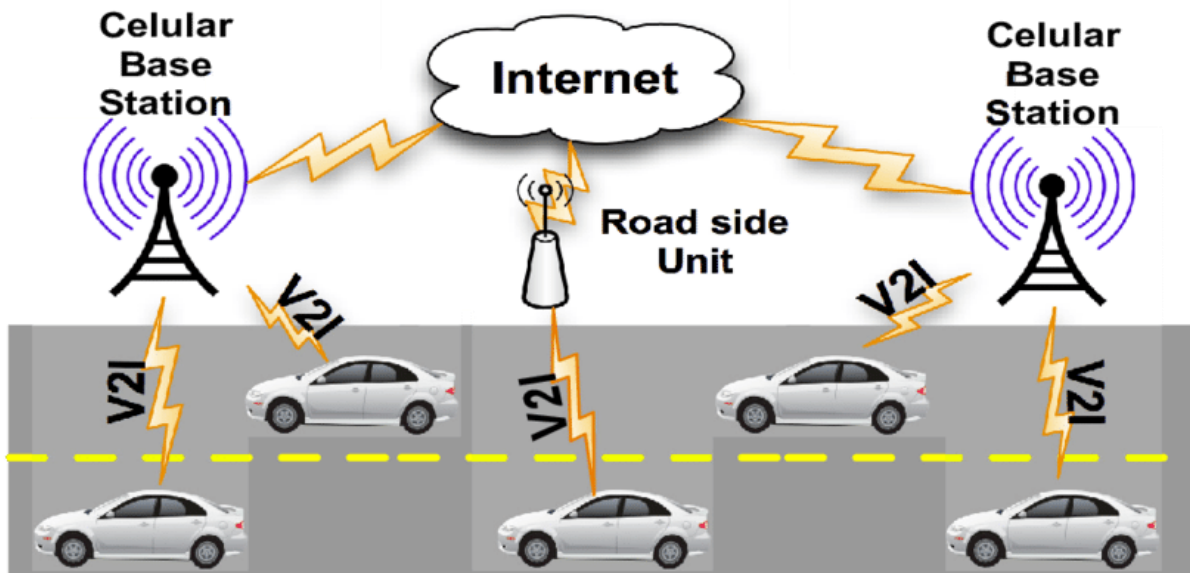
Slika 5. Komunikacija među vozilima - V2V

Izvor: <https://www.ubi.com.tr/government-proposes-vehicle-to-vehicle-communication-requirement/>



#### 4.2.2. Komunikacija između vozila i infrastrukture (V2I)

Komunikacija između vozila i infrastrukture je sastavio dio inteligentnih prometnih sustava (ITS) koja se sastoji od dvosmjerne komunikacije i razmjene informacija između vozila i infrastrukture. Informacije uključuju prometne podatke generirane vozilima prikupljene od drugih vozila, podatke senzora ugrađenih u cestovnu infrastrukturu (kamere, semafori, ulična svjetla s oznakama traka, cestovni znakovi, parkomeri itd.), i podatke emitirane s ITS-a (ograničenja brzine, vremenski uvjeti, nesreće, itd.). V2I također kao i V2V koristi bežičnu razmjenu informacija pomoću stanične mreže namjenskih frekvencija kratkog dometa. Cilj V2I je povećati sigurnost na cestama i spriječiti nesreće pružajući vozačima informacije u stvarnom vremenu o različitim uvjetima na cesti. Jedan od primjera su senzori (koji mjere prometnu gustoću na prometnicama) koji korisnicima daju uvid o trenutnoj situaciji na cesti te samim time na temelju tih informacija mogu poduzeti aktivnosti koje su u tom trenutku potrebne [1].



Slika 6. Komunikacija između vozila i infrastrukture -V2I

Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/Vehicle-to-Infrastructure-V2I-communication\\_fig1\\_309546589](https://www.researchgate.net/figure/Vehicle-to-Infrastructure-V2I-communication_fig1_309546589)

### 4.2.3. Komunikacija između vozila i pješaka (V2P)

Jedna od najnovijih potkategorija V2X sustava je komunikacija između vozila i korisnika (V2P). Pristup V2P obuhvaća širok pristup sudionika u prometu, uključujući ljude koji hodaju, djecu koja se guraju u kolicima, ljude koji koriste invalidska kolica ili druge uređaje za kretanje, putnike koji se ukrcajavu i iskrcajavu iz autobusa i vlakova te ljude koji voze bicikle. Sustavi za otkrivanje pješaka mogu se ugraditi u vozila, u infrastrukturu te upozorenja koje bi sami pješaci davali za vozače i pješake. Neki proizvođači koriste tehnologiju kao što je lidar tehnologija za upozorenje na sudar, kamere od 360 stupnjeva i upozorenja na mrtvi kut za otkrivanje pješaka. Međutim, pouzdanost takvih sustava varira, stoga se razvijaju ručni uređaji i mobilne aplikacije kako bi vozači bili svjesni za mogući sudar [1].

Neke od V2P aplikacija u razvoju su [12] [13]:

- sustav koji upozorava na prisustvo pješaka dostupan za mobilne uređaje – aplikacija koja omogućuje automatski poziv s pametnog telefona osobe koja je slijepa ili slabovidna na prometnu signalizaciju. Samim time se upozoravaju vozači na prisutnost pješaka na pješačkom prijelazu.
- sustav koji upozorava na prisustvo pješaka na pješačkom prijelazu – aplikacija koja upozorava prijevoznike autobusa kada se pješaci, na pješačkom prijelazu signaliziranog raskrižja, nalaze na putu predviđenom za autobus.

Svaki od sustava bi se mogao poboljšati u komunikaciji s infrastrukturom. Odnosno, uređaji koji koriste pješaci, koji bi komunicirali s raznom infrastrukturom, imali bi veći potencijal u preciznijem kretanju pješaka od uređaja koji komuniciraju samo s vozilima na kratkim udaljenostima. Tim poboljšanjem bi se smanjio broj nesreća naleta na pješaka jer bi vozači imali više vremena za reagiranje i za poduzimanje prave reakcije.

Nacionalna uprava za sigurnost u cestovnom prometu (engl. National Highway Traffic Safety Administration – NHTSA) procjenjuje da bi sustavi poput automatskog kočenja za izbjegavanje sudara u pješaka, sustavi za izbjegavanje i ublažavanje sudara, smanjili pojavu sudara vozila i pješaka za 46%.

#### 4.2.4. Komunikacija vozilo – mreža (V2N)

Zahvaljujući komunikaciji od vozila do mreže (V2N), vozila mogu koristiti mobilne mreže za komunikaciju s V2X sustavom upravljanja. V2N također koristi namjensku komunikaciju kratkog dometa (engl. Dedicated short – range communications – DSRC) za interakciju s drugim vozilima, kao i s cestovnom infrastrukturom. Ova razina povezanosti omogućuje vozilima da se ponašaju kao „uređaji“ baš kao i pametni telefoni, tableti i uređaji koji se mogu nositi. Pristup LTE, 5G infrastrukturi i DSRC sustavima omogućuje vozilima [1]:

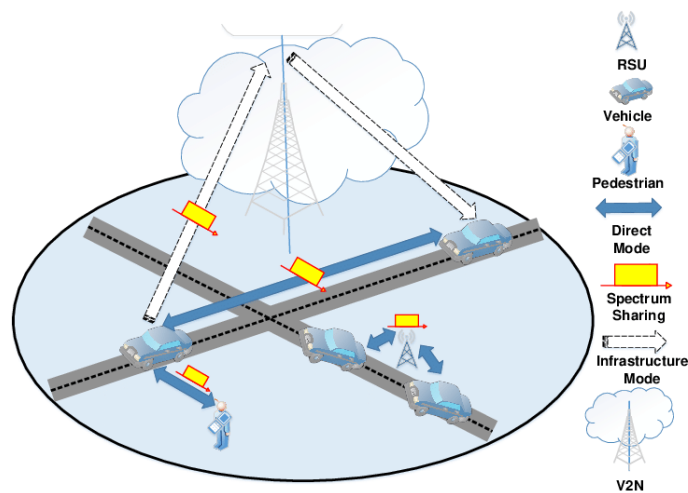
- da primaju upozorenja o uvjetima na cesti, vremenskim neprilikama i drugo, odnosno V2I komunikaciju

- komunikaciju s obližnjim vozilima (putem mobilne mreže i DSRC), odnosno V2V komunikaciju

- komunikaciju s podatkovnim centrima i ostalim uređajima povezanim na internet (komunikacija od vozila do oblaka – V2C komunikacija)

- uspostaviti komunikaciju s uređajima za pješake (komunikacija između vozila i pješaka – V2P komunikacija)

Koristeći LTE, 5G i DSRC (što se smatra evolucijom Wi-Fi – ja atraktivno za vozilo), V2N omogućuje vozilima pouzdanu interakciju s infrastrukturom, drugim vozilima, drugim uređajima, pa čak i pješacima.



Slika 7. Komunikacija od vozila do mreže – V2N

Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/Cellular-V2X-communication-having-direct-and-infrastructure-modes\\_fig1\\_336268822](https://www.researchgate.net/figure/Cellular-V2X-communication-having-direct-and-infrastructure-modes_fig1_336268822)

#### 4.2.5. Komunikacija vozila prema oblaku (V2C)

Komunikacija od vozila do oblaka (V2C) koristi V2N pristup širokopojasnim mobilnim mrežama kako bi ponudila razmjenu podataka s oblakom.

Primjena ove tehnologije omogućuje [1]:

- bežično ažuriranje softvera s poslužitelja u oblaku putem mobilne ili Wi-Fi veze do povezanog vozila. Ažuriranjem se omogućuje poboljšanje performansi i značajki vozila.

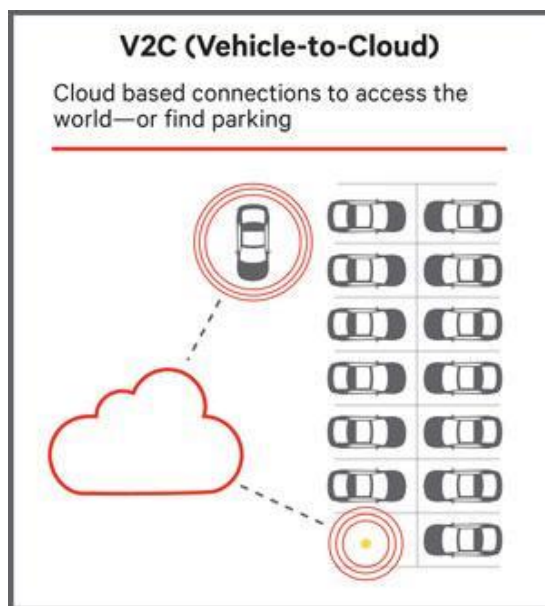
- redundanciju do DSRC komunikacije, odnosno višak obavijesti u komunikaciji radi sigurnijeg prenošenja obavijesti, sprječavanja nesporazuma i boljeg nadzora nad prenošenjem obavijesti

- dijagnostiku vozila na daljinu

- dvosmjernu komunikaciju s kućanskim aparatima također povezanim s oblakom

- dvosmjernu komunikaciju s digitalnim asistentima

U budućnosti V2C komunikacija bi mogla imati velikog zamaha u tehnologiji. Na primjer, zahtjevi vozača mogu se spremiti u oblak i koristiti prilikom dijeljenja automobila poput automatskog podešavanja sjedala, ogledala, radio stanica i mnogih drugih.



Slika 8. Komunikacija od vozila do oblaka -V2C

Izvor: <https://www.qualcomm.com/news/onq/2015/06/04/snapdragon-automotive-solutions-connected-car-platforms-all-types-vehicle>

#### **4.2.6. Komunikacija vozila prema uređaju (V2D)**

Komunikacija vozila prema uređaju (V2D) omogućuje vozilima razmjenu podataka s bilo kojim pametnim uređajem, obično putem Bluetooth protokola. Tipična primjena ove tehnologije je Appleov CarPlay i Googleov Android Car koji pametnim telefonima, tabletima i nosivim uređajima omogućuju interakciju sa sustavima poput navigacije, namještanja parametara vozila, praćenje statistike vožnje, povezivosti s telefonom, radio uređaja i drugih sustava zabave [1].

#### **4.2.7. Vozilo prema mrežnoj komunikaciji (V2G)**

Vozilo prema mrežnoj komunikaciji (V2G) je najnovija tehnologija V2X grupe tehnologija koja omogućuje dvosmjernu razmjenu podataka između priključnih hibridnih vozila, električnih vozila na baterija, pa čak i vozila s gorivnim ćelijama s pametnom mrežom prijevoza. Zahvaljujući V2G komunikaciji, električna mreža moći će u budućnosti učinkovitije uravnotežiti opterećenja, kao i smanjiti troškove komunalnih računa [1].

## 5. ADAS SUSTAVI ZA PRAĆENJE VIZUALNIH INFORMACIJA

### 5.1 Adaptivna prednja svjetla

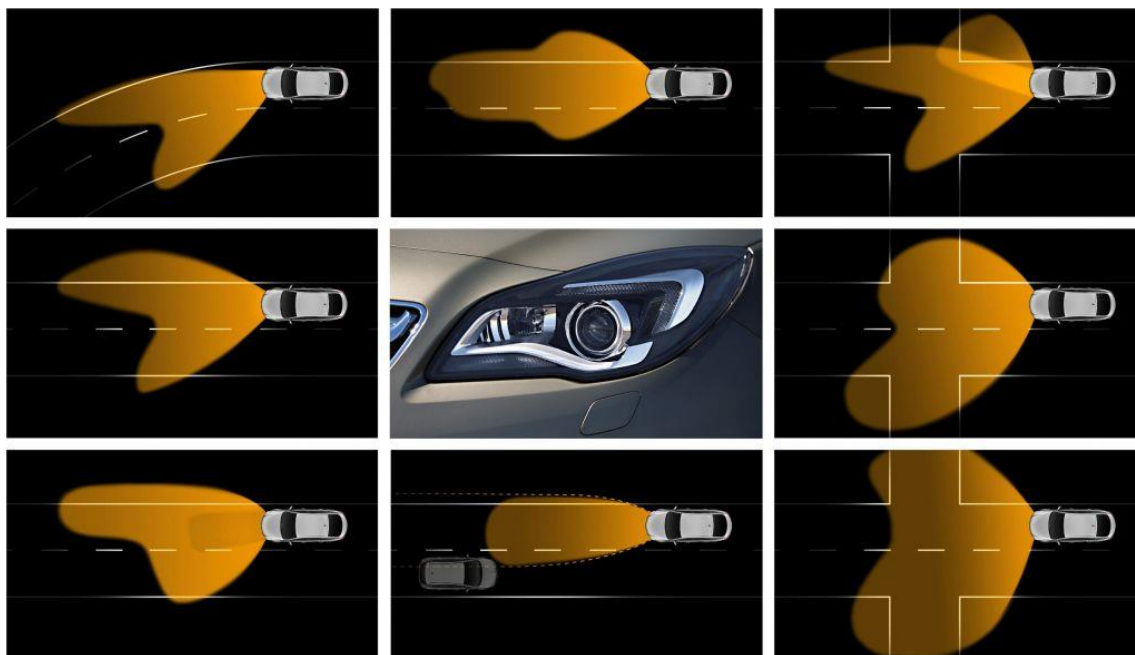
Adaptivna prednja svjetla (eng. Adaptive Forward Lighting – AFL) mogu aktivno reagirati na promjenu uvjeta vožnje. Njihova uloga je osigurati vozačima bolju vidljivost i više vremena za reakciju na uvjete ceste. Računalo koje je zaduženo za rad adaptivnih svjetala može potpuno automatski bez kontrole vozača prilagođavati snop svjetlosti, smjer i jačinu svjetala o odnosu na situaciju u prometu. Prednja adaptivna svjetla funkcioniraju na osnovu kamera, senzora i električnih motora koji usmjeravaju farove prema kutevima ceste [14].

Adaptivna prednja svjetla imaju sposobnosti automatskog izravnavanja, prilagodbe krivuljama, detekciju razine osvjetljenja i automatsko paljenje i gašenje kratkih i dugih svjetala. Zahvaljujući svojoj sposobnosti kretanja, adaptivna prednja svjetla mogu raditi male horizontalne ili vertikalne pokrete ovisno o uvjetima na cesti. Njihovi senzori koji su spojeni na računalo vozila, dinamično prilagođavaju smjer svjetlosne zrake, 15 stupnjeva u svakom smjeru od središnje lokacije, što rezultira spektrom pokreta od 30 stupnjeva. Vozila koja koriste ovu tehnologiju, automatski aktiviraju kratko svjetlo čim senzor odredi specifičnu razinu osvjetljenja. Odnosno poboljšavaju iskustvo vožnje, osiguravajući prolazak kroz područja niskog osvjetljenja bez potrebe ručne prilagodbe prednjih svjetala.

Prednosti adaptivnih prednjih svjetala su [15]:

- oslobađaju vozača od ručne prilagodbe prednjih svjetala vozila
- automatska prilagodba razine osvjetljenja smanjuje šansu zasljepljivanja drugih sudionika u prometu
- svjetla se automatski pale i gase ovisno o trenutnoj situaciji i sudionicima na cesti
- optimizacija vidljivosti i preglednosti osvjetljenja u lošim vremenskim uvjetima

Adaptivna prednja svjetla se sve više implementiraju u komercijalna vozila, kao osnovna ili dodatna oprema. Primjenom adaptivnih prednjih svjetala smanjuju se rizici od prometnih nesreća, stoga se isplati investirati u tu opremu. Bez obzira na to što su troškovi zamjene adaptivnih prednjih svjetala skuplji od fiksnih prednjih svjetala, istraživanja su pokazala da osiguravajuće kuće kod vozila opremljenih adaptivnim svjetlima imaju dosta manju stopu nesreća u odnosu na one bez njih.



Slika 9. Prikaz tehnologije adaptivnih prednjih svjetala u različitim situacijama

Izvor: <https://emedjimurje.net.hr/vijesti/automobilizam/3046887/napredni-farovi-kao-bitan-faktor-sigurnosti/>

## 5.2 Nadzor mrtvog kuta

Nadzor mrtvog kuta (eng. Blind Spot Monitoring – BSM) omogućava vozaču sigurnije manevriranje tijekom promjena vozne trake te kod uparkiravanja unatrag. Ako stražnji radarski senzori detektiraju vozilo u bočnom ili stražnjem mrtvom kutu vozila, u odgovarajućem retrovizoru upalit će se svjetlo upozorenja. Ako se upali pokazivač smjera, a vozilo se nalazi u mrtvom kutu svjetlo upozorenja će treptati kako bi se upozorilo da se ne krene u promjenu vozne trake [4].

Različiti proizvođači automobila koriste različite sustave, s više ili manje senzora, s kamerama u retrovizorima ili integrirane s drugim sustavima. Ako vozač ignorira upozorenja ovog sustava javit će se zvučno upozorenje na opasnost. Kod naprednih verzija ovog sustava, automobil vozača može upozoriti i vibriranjem upravljača. Ovaj sustav je vrlo važan dio sigurnosne opreme, pogotovo na gradskim autocestama radi stalnih promjena prometnih traka [15].

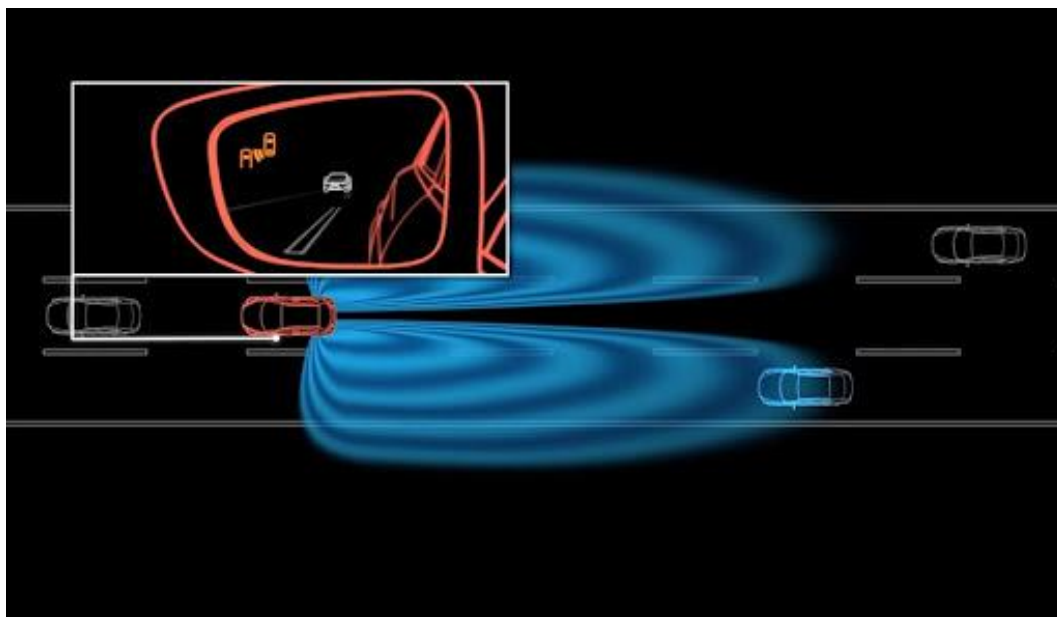
Neki od najboljih trenutnih senzora mrtvog kuta su:

- Brand motion radarski sustav mrtvih kutova s otkrivanjem unakrsnog prometa

- Automotive sustav za otkrivanje mrtvog kuta
- BOYO VTBSD1 mikrovalni radar za otkrivanje mrtvog kuta.

Prednosti senzora mrtvog kuta su [16]:

- povećanje vozačeve svijesti tijekom vožnje
- povećanje vremena potrebne reakcije
- sigurnija vožnja
- olakšana vožnja, pogotovo vozačima većih vozila
- smanjenje prometnih nesreća



Slika 10. Senzor mrtvog kuta

Izvor: [http://mazda.custhelp.com/app/answers/detail/a\\_id/150/~/-/why-does-the-blind-spot-monitoring-%28bsm%29-system-not-detect-vehicles%3F](http://mazda.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/150/~/-/why-does-the-blind-spot-monitoring-%28bsm%29-system-not-detect-vehicles%3F)

### 5.3. Sustav za automatsko prebacivanje između kratkih i dugih svjetala

Sustav automatskog prebacivanja između kratkih i dugih svjetala (eng. Automatic High Beam – AHB) pomaže u osiguranju izvrsne vidljivosti ispred vozila tijekom noćne vožnje bez zasljepljivanja ostalih sudionika u prometu. Sustav koristi kameru za detekciju prednjih svjetala



nadolazećih vozila i stražnjih svjetala vozila ispred, te se automatski prebacuje između dugih i kratkih svjetala kako ne bi došlo do zasljepljivanja ostalih sudionika. Na primjer, u uvjetima slabog osvjetljenja pri brzinama nešto iznad 30 km/h duga svjetla se automatski aktiviraju, zatim se koristi kamera u vozilu kako bi se uočila svjetlost nadolazećih vozila i stražnja svjetla vozila ispred. Ako kamera otkrije jedan od navedenih izvora svjetlosti ili ako brzina padne ispod približno 27 km/h, sustav se automatski prebacuje na kratko svjetlo [4].

Duga svjetla se automatski aktiviraju kada se istodobno zadovoljavaju svi sljedeći uvjeti:

- brzina vozila je 30 km/h ili više,
- područje ispred vozila je tamno,
- nema nadolazećih prednjih svjetala,
- nema stražnjih svjetala ispred vozila,
- nema snažne okoline, ulične rasvjete oko vozila.

Duga svjetla se automatski isključuju (pale se kratka svjetla) kada se istodobno zadovolje jedan ili više sljedećih uvjeta [4]:

- brzina vozila je manja od 30 km/h,
- područje ispred vozila nije tamno,
- uočavaju se prednja svjetla nadolazećeg vozila,
- uočavaju se stražnja svjetla vozila ispred,
- postoje značajni obližnji izvori svjetla od ulične rasvjete.

Prednosti automatskog prebacivanja između dugih i kratkih svjetala je što se vozaču smanjuje opterećenje kada mora mijenjati svjetla te se time omogućuje opuštenija i sigurnija vožnja i osigurava se optimalna vidljivost ceste radi maksimalnog uočavanja pješaka i svih drugih prepreka [17].



Slika 11. Sustav automatskog prebacivanja između dugih i kratkih svjetala

Izvor: <https://global.toyota/en/detail/4228499>

#### 5.4. Sustav prepoznavanja prometnih znakova

Sustav prepoznavanja prometnih znakova (eng. Road Sign Assist – RSA) koristi kameru za detekciju i prepoznavanje prometnih znakova duž ceste čime pomaže vozačima da budu informirani, čak i ako su prošli pokraj cestovnog znaka bez da su ga uočili [4]. Kamera se najčešće nalazi na vrhu vjetrobranskog stakla. Sustav prikazuje korisne informacije kao što su trenutna ograničenja brzine ili zabrana pretjecanja na zaslону u boji na kontrolnoj ploči s instrumentima. Sustav također automatski prepoznaje znakove na udaljenosti do 100 m te ih prikazuje na ekranu (pored brojača okretaja i brzinomjera) [18]. Osim navedenog, sustav osigurava vizualno upozorenje paljenjem lampica na upravljačkoj ploči i akustičko upozorenje zvučnim signalom ako se vozač ne pridržava prometnih propisa. Važno je naglasiti da prometni znakovi trebaju biti čisti i uredni kako bi ih sustav lakše mogao prepoznati. Neki sustavi prepoznavanja prometnih znakova su toliko napredni da nakon što prepoznaju prometni znak na kojem je naznačen prekid trajanja ograničenja brzine, iz memorije koriste prethodno očitani prometni znak i ispisuju njegov znak na ekranu.

Za ovaj sustav je vrlo bitno da vjetrobransko staklo nije prekriveno prljavštinom, blatom, snijegom, kapljicama vode itd. Vozač bez obzira na dodatnu pomoć u vožnji ne smije smanjiti

odgovornost te kontrolu nad svojim vozilom. Vozač uvijek mora prilagoditi brzinu uvjetima u prometu neovisno o porukama koje mu sustav prenosi [19].



Slika 12. Sustav prepoznavanja prometnih znakova

Izvor: <https://autogaraza.hr/autopojmovnik/sustav-prepoznavanja-prometnih-znakova/>

## 5.5 Automatsko kočenje kod opasnosti od sudara s i bez detekcije pješaka

Sustav automatskog kočenja kod opasnosti od sudara (eng. Pre-Collision System – PCS) i sustav prepoznavanja pješaka koriste radar s kamerom za detekciju objekata ispred vozila i, samim tim, predviđanje mogućih sudara s ostalim sudionicima u prometu ili preprekama na putu [4].

Ako dođe do rizika od sudara, vozač je upozoren zvučnim i vizualnim upozorenjima koji se nalaze na kontrolnoj ploči. U vremenu reakcije vozača pritiskom na papučicu kočnice, sustav već priprema pomoć pri naglom kočenju i osigurava maksimalni tlak u sustavu za kočenje, bez obzira koliko snažno papučica bude pritisnuta. Ako vozač ne uspije reagirati na vrijeme i stisnuti papučicu kočnice, sustav pokreće potpuno i samostalno kočenje, sprječavajući ili umanjujući posljedice, odnosno udar u vozilo ispred. Isto tako sustav priprema sigurnosne pojaseve tako da ih zategne, čime vozača zadržava u sjedalu i smanjuje potencijalne ozljede. Ovaj sustav u tehničkom smislu najbolje se može opisati kao sustav pravovremenog upozorenja na sudar [4].



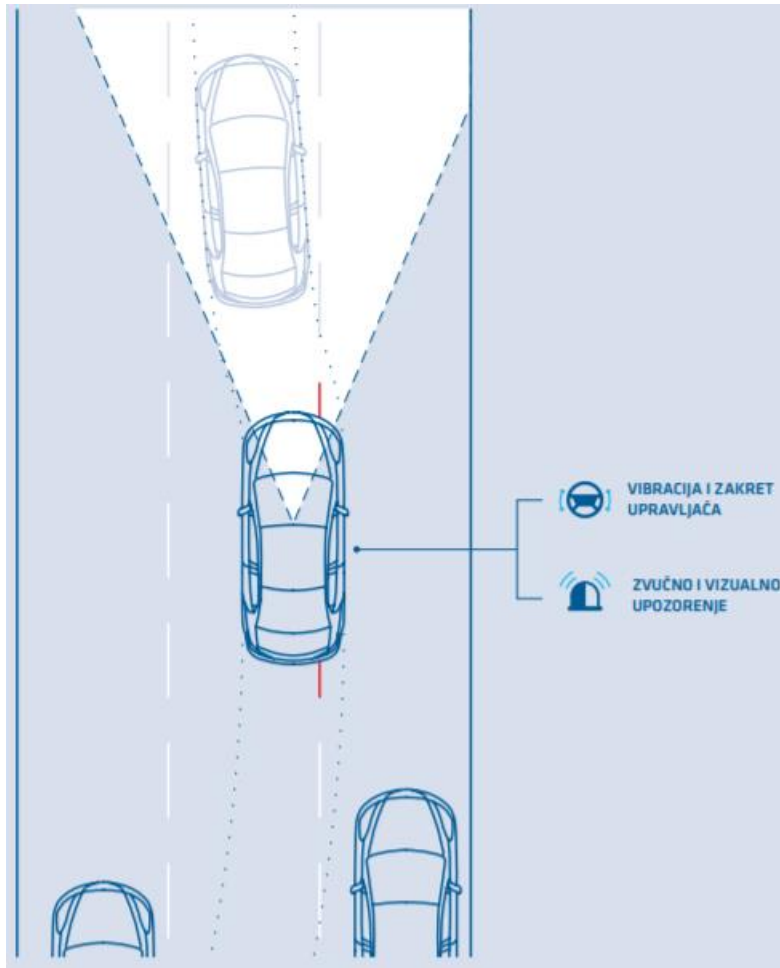
Slika 13. Sustav automatskog kočenja u slučaju opasnosti

Izvor: <https://www.tportal.hr/autozona/clanak/automatsko-kocenje-upozorenje-umornom-vozacu-pobrojali-smo-sve-sto-trebate-znati-o-novim-sustavima-pomoci-u-voznji-foto-20190423>

## 5.6. Sustav zadržavanja vozila u prometnom traku

Sustav funkcionira tako da vizualnim, zvučnim signalom ili vibriranjem upravljača ili sjedala upozorava vozača na opasnost kada se automobil približi crti koja razdjeljuje prometne trakove, a vozač nije naglasio da to čini namjerno uključivši pokazivač smjera [21]. U slučaju da vozač ne reagira na vrijeme, sustav će lagano zaokrenuti upravljač kako bi se vozilo vratilo na pravi smjer, što vozač može u svakom trenutku prekinuti svjesnim zakretanjem upravljača. Sustav radi na minimalnoj brzini od 50 km/h i na relativno ravnoj cesti uz pomoć kamere namijenjenoj otkrivanju vidljivih bijelih i žutih uzdužnih linija horizontalne prometne signalizacije na cesti [4].

Sustav zadržavanja vozila u prometnom traku (engl. Lane keeping assist – LKA) pripada skupini aktivnih sigurnosnih sustava koristeći najmoderniju tehnologiju poput ugrađenih senzora, radara, fotoaparata, GPS-ova i lasera koja se ugrađuje u osobne automobile. Tehnologija aktivne sigurnosti može spriječiti nesreće u potpunosti ili barem aktivno pomoći vozaču da ublaži posljedice sudara. Stoga sigurnosni sustavi neprestano nadgledaju performanse i okolinu vozila [22].



Slika 14. Sustav zadržavanja vozila u prometnom traku

Izvor: [https://www.cvh.hr/media/3641/adas\\_web.pdf](https://www.cvh.hr/media/3641/adas_web.pdf)

## 5.7 Kamera za vožnju unatrag

Kamera za vožnju unatrag (eng. Backup Camera) pruža video prikaz u realnom vremenu o položaju vozila i okoline. Bez obzira na retrovizore koji pružaju vidljivost straga, retrovizori imaju par nedostataka koji se očituju u vožnji unatrag:

- nemaju mogućnost vidjeti što se nalazi točno iza automobila ispod granice stražnjeg stakla
- ne pružaju pogled velikog raspona

Kamera za vožnju unatrag smanjuje nezgode, koje se događaju prilikom vožnje, povećanjem vidnog polja naročito ispod granice stražnjeg stakla.

Ostale prednosti koje kamera pruža su:

- uklanjanje mrtvog kuta,
- lakše i brže parkiranje,
- razumniji i precizniji prikaz prostora iza automobila,
- zvučni signal prilikom približavanja nadomak nekom objektu.

Sustav je dizajniran za slanje zrcalne slike na monitor, tako da je orijentacija točna kada se gleda. Da sustav ne šalje zrcalnu sliku, vozač bi vidio preokrenutu sliku i bilo bi mu teško voziti jer bi automobil išao udesno kada bi htio upravljati prema lijevo i obrnuto. Kamere se pretežito ugrađuju u stražnje obloge vozila dok ih neki proizvođači postavljaju blizu registarske pločice, u poklopcu prtljažnika ili u vratima prtljažnika. Najčešće su usmjerene prema dolje kako bi pružile najbolji pogled iza automobila te detaljnu sliku okoline. Monitori se mogu postaviti bilo gdje u vozačevo vidno polje [23].



Slika 15. Kamera za vožnju unatrag

Izvor: <https://www.crutchfield.com/S-bAA179AvJxU/learn/rear-view-cameras-buying-guide.html>

## 5.8. Automobilski sustav noćnog vida

Automobilski sustav noćnog vida (eng. Automotive Night Vision) upotrebljava termografsku kameru za povećanje vozačeve percepcije te omogućuje bolju preglednost u tami ili lošem vremenu, izvan dometa farova vozila. Takvi se sustavi pružaju kao dodatna oprema na određenim

premium vozilima. Ova tehnologija se temelji na uređajima za noćni vid što općenito uključuje sve elektronički optičke uređaje koji funkcioniraju na tri načina [24]:

- unaprjeđenje slike
- termovizijska slika
- aktivno osvjetljenje

Automobilski sustav noćnog vida je kombinacija infracrvenih kamera, radara, lidara, GPS-ova koji za zadatak imaju prepoznavanje i otkrivanje objekata. Postoje dvije grupe sustava automobilske noćnog vida: pasivna i aktivna. Pasivni sustavi upotrebljavaju toplinske kamere koje osvjetljavaju toplinu koja zrači s ljudi, životinja i predmeta. Aktivni sustavi koriste infracrvenu svjetlost za osvjetljavanje tame. Prvi sustavi noćnog vida su upotrebljavali ekrane upozorenja (heads-up) koji su prikazivali upozorenja na zaslonu i na vjetrobranskom staklu u vozačevom vidnom polju. Ostali sustavi koriste LCD postavljen na instrument ploču ili glavnu jedinicu [24].



Slika 16. Sustav noćnog vida

Izvor: [http://81.47.175.201/compass/index.php?option=com\\_content&view=article&id=526:412-night-vision-in-cars&catid=22:smart-cars](http://81.47.175.201/compass/index.php?option=com_content&view=article&id=526:412-night-vision-in-cars&catid=22:smart-cars)



## 6. IMPLEMENTACIJA ADAS SUSTAVA

Zbog velikog broja nesreća, ekonomskih troškova kao posljedica prometnih zagušenja te povećane emisije različitih zagađivača zraka, razvoj i implementacija ADAS sustava je od velike važnosti. Implementacijom ADAS sustava očekuje se povećanje sigurnosti cestovnog prometa i cestovni kapacitet kao i smanjenje emisija štetnih plinova radi očuvanja okoliša. Proizvođači automobila razvijaju mnoge različite sustave te ih implementiraju u svoja vozila ovisno o njihovoj namjeni. Implementacija pojedinog ADAS sustava je vrlo složena jer treba obaviti veliki broj testiranja kako bi se pojedini sustav provjerio u najvećoj mogućoj mjeri [25].

Prve implementacije ADAS sustava su se pojavile 1950-ih godina pojavom sustava protiv blokiranja kočnica. Rani ADAS sustavi uključuju i elektroničku kontrolu stabilnosti (eng. Electronic stability control – ESC), nadzor mrtvog kuta, upozorenje o napuštanju trake, prilagodljivi tempomat i kontrolu proklizavanja.

Većina proizvođača automobila ima implementirane ADAS sustave, barem one najpotrebnije, u svojim novijim modelima vozila koji se nadopunjuju i proširuju kako proizvođači uvode nove modele vozila, odnosno razvojem tehnologije. Sustavi koji se najviše implementiraju u vozila su: prilagodljivi tempomat, sustavi upozorenja na napuštanje trake, sustavi upozorenja na sudar sprijeda, sustavi prepoznavanja prometnih znakova, sustavi za nadzor tlaka u gumama, sustavi noćnog vida i otkrivanja objekata te sustavi pomoći pri parkiranju. Svaki proizvođač dograđuje i oblikuje ADAS ovisno o svojim potrebama i namjeni. Npr. kod sustava za održavanje prometne trake, ovisno o automobilskoj tvrtki i modelu, neki sustavi djeluju samo kad automobil napusti traku dok drugi sustavi djeluju na principu centriranja automobila unutar traka.

Američka organizacija koja se bavi ispitivanjem proizvoda (engl. Costumer Reports) provela je testiranje 2020. godine koje je usporedilo performanse ADAS sustava kod različitih proizvođača automobila. CR-ovi inženjeri su proveli testiranje pri čemu su adaptivni tempomat (ACC) i pomoć pri održavanju prometne trake (LKA) bili istodobno uključeni kako bi automobil ostao unutar trake te kontrolirao brzinu putem ubrzanja i kočenja. Ako su vozila ispunjavala obje značajke bili su uključeni u ocjene testiranja. Testiranje se provelo u pet kategorija: sposobnosti i performanse, držanje vozača uključenim u vožnji pri radu sustava, jednostavnost korištenja, sigurno korištenje i testiranje bez vozačevog reagiranja. Najbolje ocijenjeni sustav je bio Cadillac Super Cruise jer, kad je uključen, koristi izravno praćenje vozača kako bi upozorio vozače za koje se čini da su prestali



obraćati pozornost. Razlog zbog kojeg je Cadillac Super Cruise na prvom mjestu jest što sustav koristi malu kameru okrenutu prema vozačevim očima kako bi procijenio promatra li cestu ispred sebe. Ako sustav utvrdi da vozač ne obraća pozornost, javlja se niz upozorenja poput jakocrvenih svjetala na gornjem rubu upravljača, usporavanje automobila te na kraju samo zaustavljanje [28].

Prilikom testiranja sustava za održavanje prometne trake, Tesla je dobila najbolje ocjene iako su sustavi iz Volva, Audiya, Cadillaca i Lincolna dali jednako dobre rezultate. Također su uočena neka poboljšanja kod Tesle i Volva u odnosu na prethodno testiranje iz 2018. godine. Sustavi koji nisu imali dobre performanse, poput sustava iz Buicka i Mazde, pokušavaju pomoći vozaču samo pri odlasku s trake, a nisu u stanju održavati vozilo između rubne i razdjelne crte. Volkswagen je rekao da je Passat koji su testirali najstarija platforma tvrtke i da VW počinje lansirati novije sustave koji će bolje obavljati funkciju održavanja vozila u središtu trake. Sustavi koji su postigli najbolje rezultate u kontroli brzine automobila bili su oni iz Mercedes-Benz, Audiya i Porschea, koji imaju opcije za vozače da odaberu koliko brzo ACC ubrzava i usporava.

Kod testiranja uključenosti vozača pri radu ADAS sustava, nijedan sustav nije dobro reagirao na neočekivane situacije, poput gradnje, rupe ili drugih objekata na cesti. Sustav koji je dao najbolje rezultate za nadzor vozača, temeljen na kameri koja prati vozačeve oči, je Cadillac Super Cruise. Drugi sustavi zahtijevaju od vozača da privremeno stavi ruke na volan, što ne znači da vozač zapravo gleda ispred sebe. Sustav koji je također dobio dosta dobre ocjene je Teslin Autopilot.

Vrlo je bitno omogućiti vozačima jednostavno korištenje sustava s jasnim prikazima i jednostavnim kontrolama kako bi vozač bio što sigurniji tijekom vožnje. Ispitivači su ocijenili koliko je vozačima bilo lako uključiti i prilagoditi postavke. Također su pregledali količinu informacija koje se prikazuju vozačima te koliko je vozačima bilo lako razumjeti što sustav radi. Najbolje rezultate dali su Teslin Autopilot, Porscheov Active Safe te Land Roverov i WV-ov Driver Assistance [27].

U kategoriji sigurnosti korištenja Cadillac Super Cruise ponovno dobiva najbolje rezultate. Sustavi koji se također javljaju sa zadovoljavajućim ocjenama su Honda Sensing, AcuraWatch, Hyundai Smart Sense i Kia Drive Wise.

Posljednje testiranje je provedeno u kategoriji bez vozačevog reagiranja. Veoma je bitno da sustavi budu dizajnirani tako da pomognu vozaču kada ja najpotrebnije, u slučaju neke zdravstvene poteškoće (npr. srčani udar) ili ako vozač zaspi. I u ovoj kategoriji Cadillac Super Cruise uvjerljivo daje najbolje rezultate. Nissan/Infiniti ProPILOT Assist, Audi Driver Assistance Plus i BMW

Active Driving Assistance Pro dobivaju zadovoljavajuće ocjene. Sustavi koji se ne smatraju toliko korisni u pogledu sigurnosti su Mazda i-ACTIVSENSE, LandRover InControl i VolvoPilotAssist jer ne upozoravaju vozača zvučnim signalima [27].

## 7. ZAKLJUČAK

Promet se svakim danom sve više povećava i razvija stoga predstavlja veliku ulogu u odvijanju svakodnevnog života. Naglim razvojem prometa dolazi do pojave sve većeg broja vozila na prometnicama, zagušenja, prometnih nesreća, zagađenja zraka čime se smanjuje sigurnost cestovnog prometa. ADAS sustavi predstavljaju podršku vozaču pri upravljanju vozilom tijekom vožnje i prilikom parkiranja vozila. Cilj takvih sustava je pružiti vozaču maksimalnu moguću sigurnost tako da se minimalizira ljudska pogreška. Napretkom tehnologije ADAS sustavi su postali sve složeniji te samim time njihovo testiranje postaje detaljnije kako bi se omogućila optimalna ispravnost prilikom rada kao i njihova implementacija u novije automobile.

Istraživanjima je vidljivo da se implementacijom ADAS sustava broj smrtno stradalih osoba na cestama u Europi smanjio za 50% od 2001. do 2017. godine. Razlog tome je olakšanje vozaču pri donošenju pravih odluka, s obzirom da se čovjek smatra najčešćim uzrokom nastanka prometnih nesreća od čak 85%.

Povezanost i komunikacija u budućnosti će predstavljati veliku prekretnicu u svijetu ADAS sustava. Smatra se da će nadolazeći ADAS sustavi komunicirati na koncept bežične mrežne povezanosti kako bi se omogućila komunikacija među vozilima i komunikacija između vozila i infrastrukture. Glavnu prepreku pri razvoju budućih ADAS sustava predstavljaju neizmjereno visoki troškovi pri izradi i implementaciji s obzirom na to da su već sad te brojke jako visoke. Bez obzira na to, autoindustrija se svakim danom razvija sve više i više, te se može reći da će ADAS sustavi postati osnovna oprema u svakom vozilu i da će omogućiti najsigurniju i najkvalitetniju vožnju.

Iako se trenutno ne nude niti najavljuju vozila četvrte i pete razine automazacije, razvojem tehnologije automobilska industrija neprestano napreduje. Slijedom toga, ključna senzorska oprema, poput radara, lidara te kamera će postati standardna oprema svakog vozila. S obzirom da ADAS stvaraju i razmjenjuju ogromne količine podataka, razvojem 5G mobilne mreže otvorit će se mnoge mogućnosti u razvoju ADAS. Velike količine podataka mogu opteretiti sustave te uzrokovati pomutnje u komunikaciji. Samim time može doći do nepravilnog rada pojedinog sustava što će se očitovati u smanjenoj sigurnosti vozača te potencijalnim nesrećama. 5G mreža će omogućiti bržu razmjenu većeg broja podataka. Proizvođači automobila u budućnosti će koristiti tehnologiju koje omogućuje vozačima da kroz zaslon nekog uređaja vide elemente koji ne postoje u stvarnom životu (engl. Augmented Reality). Na taj način vozači će moći viditi mnoštvo važnih

podataka, poput ograničenja brzine, navigacijskih smjerova, itd što će u velikoj mjeri pomoći u razvoju automobilske industrije te same sigurnosti vozača.

## LITERATURA

1. <https://blog.rgsi.com/7-types-of-vehicle-connectivity> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
2. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01441640801987825> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
3. <https://www.cypress.com/solutions/advanced-driver-assistance-systems-adas> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
4. Duje Božić, Danijel Mileta. Elektronički sustavi aktivne sigurnosti automobila Toyota Prius. [Pristupljeno: srpanj 2021.]
5. Cerovac V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.[Pristupljeno: srpanj 2021.]
6. <https://www.prometna-signalizacija.com/horizontalna-signalizacija/ostale-oznake/> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
7. [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_09\\_92\\_1823.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_09_92_1823.html) [Pristupljeno: srpanj 2021.]
8. <https://www.synopsys.com/automotive/what-is-adas.html> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
9. <https://www.caranddriver.com/research/a31880412/adas/> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
10. <https://www.bug.hr/transport/autonomna-cestovna-vozila-robote-vozi-polako-20775> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
11. <https://www.autonet.hr teme/predstavljamo/autonomna-vozila-hocemo-li-ikada-sjediti-u-automobilima-bez-volana/> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
12. [https://www.its.dot.gov/research\\_archives/safety/v2p\\_comm\\_safety.htm](https://www.its.dot.gov/research_archives/safety/v2p_comm_safety.htm) [Pristupljeno: srpanj 2021.]
13. [https://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/CV\\_V2Pcomms.pdf](https://www.its.dot.gov/factsheets/pdf/CV_V2Pcomms.pdf) [Pristupljeno: srpanj 2021.]
14. <https://www.euroauto.hr/blog/sto-je-adas-i-kako-nam-pomaze-u-voznji-147/> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
15. <https://www.euroauto.hr/blog/adaptivna-prednja-svjetla-144/> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
16. <https://www.thedrive.com/reviews/28484/best-blind-spot-detection-systems> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
17. <https://www.lexus.hr/discover-lexus/technology/lexus-safety/automatic-high-beam/#ahb-intro> [Pristupljeno: srpanj 2021.]

18. <https://autogaraza.hr/autopojmovnik/sustav-prepoznavanja-prometnih-znakova/> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
19. <https://hr.e-guide.renault.com/hrv/Captur-2/OTKRIVANJE-PROMETNIH-ZNAKOVA> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
20. <https://www.tportal.hr/autozona/clanak/automatsko-kocenje-upozorenje-umornom-vozacu-pobrojali-smo-sve-sto-trebate-znati-o-novim-sustavima-pomoci-u-voznji-foto-20190423> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
21. [https://www.cvh.hr/media/3641/adas\\_web.pdf](https://www.cvh.hr/media/3641/adas_web.pdf) [Pristupljeno: srpanj 2021.]
22. <https://roadsafetyfacts.eu/lane-keeping-assistance-lka-what-is-it-and-how-does-it-work/> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
23. <https://www.edmunds.com/car-technology/8-things-you-need-to-know-about-back-up-cameras.html> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
24. <https://www.lifewire.com/what-is-automotive-night-vision-534824> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
25. <https://trimis.ec.europa.eu/project/action-advanced-driver-assistance-and-vehicle-control-systems-implementation-standardisation> [Pristupljeno: srpanj 2021.]
26. Lukšić.; Prikupljanje prometnih i putnih podataka u kooperativnom okruženju, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2015. (završni rad)
27. <https://www.consumerreports.org/car-safety/cadillac-super-cruise-outperforms-other-active-driving-assistance-systems/#2> [Pristupljeno: kolovoz 2021.]
28. <https://www.govtech.com/question-of-the-day/which-automaker-has-the-best-driver-assistance-system.html> [Pristupljeno: kolovoz 2021.]

## POPIS SLIKA

Slika 1. Uzdužne oznake .....	4
Slika 2. Poprečne oznake .....	4
Slika 3. Promjena smrtnosti na cestama Europe od 2001. do 2017. godine.....	8
Slika 4. V2X komunikacija .....	11
Slika 5. Komunikacija među vozilima - V2V .....	12
Slika 6. Komunikacija između vozila i infrastrukture -V2I .....	13
Slika 7. Komunikacija od vozila do mreže – V2N .....	15
Slika 8. Komunikacija od vozila do oblaka -V2C .....	16
Slika 9. Prikaz tehnologije adaptivnih prednjih svjetala u različitim situacijama .....	19
Slika 10. Senzor mrtvog kuta .....	20
Slika 11. Sustav automatskog prebacivanja između dugih i kratkih svjetala .....	22
Slika 12. Sustav prepoznavanja prometnih znakova.....	23
Slika 13. Sustav automatskog kočenja u slučaju opasnosti .....	24
Slika 14. Sustav zadržavanja vozila u prometnom traku.....	25
Slika 15. Kamera za vožnju unatrag .....	26
Slika 16. Sustav noćnog vida.....	27

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je Završni rad isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Vizualne informacije i napredni sustavi pomoći vozaču, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 6.6.2022.

Mateo Tomaš, *Tomaš*