

SIGURNOSNI SUSTAVI U VOZILIMA

Vereš, Neven

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:403911>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-22**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Neven Vereš

SIGURNOSNI SUSTAVI U VOZILIMA

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2021.

Karlovac University of Applied Sciences
Safety and Protection Department
Professional graduate study of Safety and Protection

Neven Vereš

SAFETY SYSTEMS IN VEHICLES

FINAL PAPER

Karlovac, 2021.

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite

Neven Vereš

SIGURNOSNI SUSTAVI U VOZILIMA

ZAVRŠNI RAD

Mentor:
dr. sc. Vladimir Tudić,
prof. v. š.

Karlovac, 2021.



**VELEUČILIŠTE
U KARLOVCU**
Karlovac University
of Applied Sciences

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Trg J. J. Strossmayera 9
HR – 47000, Karlovac, Croatia
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510
Fax. +385 - (0)47 - 843 – 579



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

Stručni / specijalistički studij: Specijalistički diplomski stručni studij sigurnosti i zaštite .

Usmjerenje: Zaštita na radu,

Karlovac, 2021.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: **NEVEN VEREŠ**

Matični broj: 0422418007

Naslov: **Sigurnosni sustavi u vozilima**

Opis zadatka:

Za potrebe Završnog rada potrebno je u teoretskom dijelu rada istražiti i opisati europsku pravnu regulativu te propisane aktivne i pasivne sustave sigurnosti za nova vozila a koji su u primjeni. U praktičnom dijelu rada naznačiti Euro NCAP norme, testove i protokole za procjenu sigurnosti novih vozila. Koristiti mentora za potrebne konzultacije i naznačivati izvore istraživanja i referentnu literaturu. Završni rad izraditi sukladno Pravilniku Vuka.

Zadatak zadan:
srpanj 2020

Rok predaje rada:
siječanj 2021.

Predviđeni datum obrane:
25. siječnja 2021.

Mentor:
dr. sc. Vladimir Tudić, prof. v. š.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:
dr. sc. Damir Kralj, prof. v. š.

Predgovor

U ovom Završnom radu obrađujem značaj i ulogu sigurnosnih sustava u vozilima, njihov nastanak, način rada, primjenu te budućnost korištenja sigurnosnih tehnologija u prometu, kao i opasnosti koje se mogu spriječiti njihovim korištenjem.

Zahvaljujem se mentoru dr. sc. Vladimiru Tudiću, prof. v. š., na stručnom vođenju i savjetovanju prilikom izrade ovog rada te idejama koje mi je prenio. Isto tako, zahvaljujem se svim zaposlenicima na Veleučilištu, zaposlenicima svih mjesta, tvornica i pogona koje sam posjetio i koji su prenijeli dijelove svog praktičnog znanja. Zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima koji su me pratili tijekom studiranja.

SAŽETAK

Sigurnosni sustavi u vozilima služe prevenciji sudara i nesreća u prometu, kao i smanjenju ozbiljnosti njihovih posljedica. Dijele se na aktivne i pasivne sustave nesreća. Aktivni sustavi sigurnosti služe prevenciji sudara i nesreća pružajući upozorenja ili pomažući vozačima u skretanju i/ili kontroliranju vozila (senzori, radari, lidari, kamere). Pasivni sustavi sigurnosti služe smanjivanju opasnosti od šteta i ozljeda nanesenih vozaču, putnicima i pješacima. Korištenjem takvih sustava mogu se uvesti različite razine autonomne vožnje. Razinu sigurnosti nekog vozila možemo vidjeti preko izvješća Euro NCAP-a. Sva vozila moraju biti u skladu sa direktivama Europske unije.

KLJUČNE RIJEČI: sigurnosni sustavi, automobili, vozila, nesreće, aktivni sustavi, pasivni sustavi, vozač, putnici, pješaci, Euro NCAP, autonomna vožnja, direktive Europske unije

SUMMARY

Safety systems in vehicles are designed to prevent collisions and accidents in traffic, as well as to reduce the severity of their consequences. They are divided into active and passive systems. Active safety systems are designed to prevent collisions and accidents by providing warnings or assisting to the driver in turning and/or controlling of the vehicle (sensors, radars, lidars, cameras). Passive safety systems are designed to reduce the risk of damage and injury levels of driver, passengers and pedestrians. Using such systems, it could be possible to implement different levels of autonomous levels of driving. Safety level of a vehicle can be seen through Euro NCAP report. All vehicles must comply with European Union directives.

KEYWORDS: safety systems, cars, vehicles, accidents, active systems, passive systems, driver, passengers, pedestrians, Euro NCAP, autonomous driving, European Union directives

SADRŽAJ

ZAVRŠNI ZADATAK.....	I
PREDGOVOR	II
SAŽETAK	III
SADRŽAJ	IV
1 Uvod.....	1
2 Teoretski dio – Sigurnosni sustavi	2
2.1 Aktivni sustavi sigurnosti.....	2
2.1.1 Head-up Display (HUD).....	2
2.1.2 ABS – sustav sprječavanje blokiranja kotača; ASR – sustav sprečavanja proklizivanja kotača	3
2.1.3 ESC – elektronička kontrola stabilnosti.....	5
2.1.4 TPMS – senzor za kontrolu pritiska pneumatika	6
2.1.5 LDWS – sustav za upozoravanje na napuštanje prometne trake	7
2.1.6 ACC – adaptivni tempomat.....	11
2.1.7 DMS - Sustav praćenja vozača.....	15
2.1.8 BDS – praćenje mrtvog kuta	18
2.1.9 NVS – sustav noćnog vida.....	19
2.2 Pasivni sustavi sigurnosti.....	20
2.2.1 Zračni jastuk	21
2.2.2 Sigurnosni pojas	27
3 Praktični dio – Euro NCAP	29
3.1 Zaštita odraslih putnika.....	29
3.1.1 Frontalni sudari.....	29
3.1.2 Bočni sudar	33
3.1.3 Stražnji sudari.....	36
3.1.4 Spašavanje i izvlačenje	37
3.2 Zaštita dječjih putnika	40
3.2.1 Učinak dječjih sigurnosnih sjedalice.....	40
3.2.2 Odredbe za vozila.....	41
3.2.3 Provjera ugradnje dječjih sjedalice.....	42
3.3 Zaštita ranjivih skupina u prometu (VRU).....	43
3.3.1 Udarac u glavu	43
3.3.2 Udarac u gornji dio noge.....	45
3.3.3 Udarac u donji dio noge.....	46
3.3.4 AEB pješaci	47
3.3.5 AEB biciklisti	51
3.4 Sigurnosna podrška.....	54

3.4.1	AEB automobil u automobil.....	54
3.4.2	Praćenje stanja putnika	60
3.4.3	Sustavi brzinske podrške.....	62
3.4.4	Održavanje voznog traka.....	63
3.4.5	Elektronička kontrola stabilnosti.....	67
4	Zakonska regulativa sigurnosnih sustava u Europskoj Uniji	69
5	Zaključak	71
	Popis slika	73
	Popis tablica	76
	Literatura	77

1 Uvod

U Republici Hrvatskoj 2019. godine broj registriranih vozila iznosio je 2 275 027, što je za 3,7 % više u odnosu na 2018. Osobnih vozila je 1 724 900, što je porast za 3,5 % u odnosu za godinu ranije. Broj prvi put registriranih cestovnih vozila iznosio je 194 153, što je više u odnosu na 2018. za 7,6 %. Broj registracija osobnih vozila u 2019. godini iznosio je 149 137, što je više za 6 % u odnosu na godinu prije. Takav rast je prouzročen porastom broja prvih registracija i polovnih vozila (6,6 %) i novih vozila (5,1 %). [1]

Takvim porastom broja vozila, očekivao bi se i porast broja cestovnih prometnih nesreća, kao i porast broja nastradalih osoba, no to nije slučaj. Iako je prosječna starost vozila na našim cestama 13,83 godina [2], porast broja novih i novijih vozila osigurava podizanje razine sigurnosti u prometu, kao i smanjenje broja stradalih u nesrećama. Pa je tako 2019. godine zabilježeno 9 695 cestovnih prometnih nesreća s nastradalim osobama, što je u odnosu na 2018. godinu manje za 7,2 %. Broj poginulih osoba u cestovnim prometnim nesrećama je 297 osoba, što je za 6,3 % manje u odnosu na godinu prije, dok je broj ozlijeđenih osoba 12 885, odnosno 7,9 % manje nego 2018, što je vidljivo iz Tablice 1. [1]

Cestovne prometne nesreće u 2019.

	2018.	2019.	Indeksi <u>2019.</u> 2018.
Cestovne prometne nesreće s nastradalim osobama	10 450	9 965	92,8
Poginule osobe	317	297	93,7
Ozlijeđene osobe	13 989	12 885	92,1

Tablica 1. Cestovne prometne nesreće u 2019., izvor: DZS [1]

2 Teoretski dio – Sigurnosni sustavi

Općenito, sustavi sigurnosti u vozilima mogu se podijeliti na dvije skupine: aktivne sustave sigurnosti i pasivne sustave sigurnosti. Aktivni sustavi sigurnosti služe prevenciji sudara i nesreća pružajući napredna upozorenja ili pomažući vozačima u skretanju i kontroliranju vozila. Pasivni sustavi sigurnosti služe smanjivanju opasnosti od šteta i ozljeda nanesenih vozaču, putnicima i pješacima u nekoj nesreći ili sudaru.

2.1 Aktivni sustavi sigurnosti

Pod aktivne sustave sigurnosti u vozilima spadaju:

- *Head-up Display (HUD)*,
- Sustav za sprečavanje blokiranja kotača (ABS – *Antiblockiersystem*) i sustav za sprečavanje proklizivanja kotača (ASR – *Anti-slip regulation*),
- Elektronička kontrola stabilnosti (ESC – *Electronic Stability Control*),
- Senzor za kontrolu pritiska pneumatika (TPMS – *Tire Pressure Monitoring System*),
- Sustav za upozoravanje na napuštanje prometne trake (LDWS – *Lane Departure Warning System*),
- Adaptivni tempomat (ACC – *Adaptive Cruise Control*),
- Sustav praćenja vozača (DMS – *Driver Monitoring System*),
- Praćenje mrtvog kuta (BDS – *Blind Spot Detection*),
- Sustavi noćnog vida (NVS – *Night Vision System*),
- Prepoznavanje cestovnih znakova (RSR – *Road Sign Recognition*) i
- Automatsko/autonomno kočenje u nuždi (AEB – *Automatic/Autonomous Emergency Braking*).

2.1.1 Head-up Display (HUD)

Head-up display, u različitim izvorima preveden kao *transparentni zaslon*, *dovidnik*, *projekcijski zaslon*, prozirni je zaslon koji prikazuje podatke u automobilu bez potrebe vozača da skreće pogled sa ceste, predložen slikom 1.

Svoje podrijetlo vuče od vojne zrakoplovne industrije, u kojima su se ugrađivali projekcijski zasloni u razini pogleda pilota koji ne bi morali sklanjati pogled prema instrumentima ispod razine pogleda, tj. glava bi gledala prema gore („*head-up*“). Dva najčešća načina ugradnje i prikaza HUD-a u vozila su projiciranjem na vjetrobransko staklo te projiciranjem na mali zaslon koji je odvojen od vjetrobranskog stakla i koji se može uvući, odnosno spustiti.



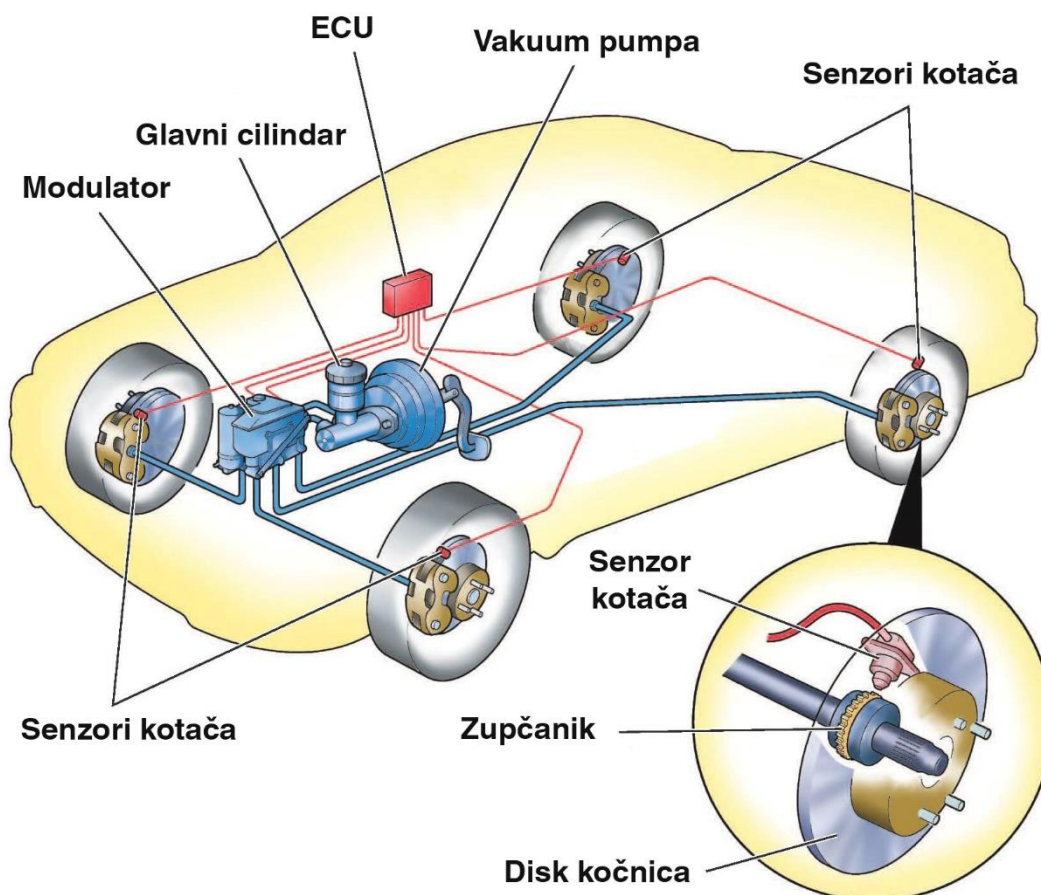
Slika 1. Predodžba projekcijskog HUD na vjetrobranskom staklu Volkswagenovog Golfa VIII (2020.), izvor: www.volkswagen.hr/novi-golf [3]

Prednosti HUD-a očituju se u bržem vremenu reakcije vozača zbog rjeđeg skretanja pogleda prema instrumentalnoj ploči, te lakšem praćenju ograničenja brzine koja podiže kvalitetu vožnje jer su svi podatci vezani za vožnju, brzinu, navigaciju, ograničenja brzine i slično jasno i jednostavno prikazani, tj. projicirani u razini pogleda vozača.

2.1.2 ABS – sustav sprječavanje blokiranja kotača; ASR – sustav sprečavanja proklizivanja kotača

Anti-lock braking system ili skraćeno ABS, sigurnosni sustav je koji sprječava blokiranje kotača prilikom kočenja i time sprječava proklizivanje vozila, osigurava upravljivost vozila te smanjuje put kočenja. ABS se primjenjuje na automobile, motocikle, kamione, tegljače i autobuse. ABS primjenjuje načelo

kočenja koje su primjenjivali profesionalni i vješti vozači: postupno kočenje sa prekidima, tzv. „pumpanje kočnica“ kako se kotači ne bi blokirali i kako bi nastavili upravljati vozilom, samo što ABS to radi puno brže. Iako ABS općenito pospješuje kontrolu vozila i smanjuje put kočenja na suhim i donekle na mokrim površinama, na rastresitom makadamu i snijegu ABS povećava put kočenja uz poboljšanu upravljivost vozila.



Slika 2. Predodžba načina rada ABS-a, izvor: www.motor-works.com/blog/inside-the-tech--anti-lock-braking-system--abs [4]

Način rada ABS-a, predložen slikom 2, zasniva se na kontroliranju sile kočenja uz pomoć centralne elektronske jedinice motora (ECU¹), odnosno računala. Prilikom kočenja, aktivira se hidraulični sustav koji gura kočione pločice prema diskovima. Kada jedan ili više kotača počinju gubiti trenje sa površinom ili se počinju vrtjeti sporije od ostalih, odnosno kada dođe do blokiranja kotača, ECU odmah smanjuje pritisak kočenja na tom kotaču. U tom slučaju zadatak pumpe

¹ ECU – *Engine control unit, Electronic control unit*

je vratiti potreban pritisak kočenja. ABS uz pomoć električnih impulsa u ECU vozila obavlja identifikaciju blokiranja kotača putem senzora na kotačima u obliku zupčanika. Tako popuštanje kočnica prilikom blokiranja kotača događa se i do 30 puta u sekundi.

S druge strane, ASR se aktivira prilikom pokretanja vozila sa mjesta. Budući da današnji auti imaju sve više snage [kW] i sve veći okretni moment [Nm], ovakav sustav pomaže u pokretanju vozila sa mjesta, odnosno kod ubrzavanja, na način da spriječi proklizavanje kotača i gubitak trenja sa podlogom. Način rada ASR temelji se na sličnom sustavu kao i ABS sustav, koristeći iste senzore u kotačima. Za razliku od ABS-a kada ECU prepoznaje usporavanje i blokiranje kotača, ASR se aktivira kada ECU prepoznaje različite brzine okretanja kotača, te smanjuje dodani gas i okretaje kotača, te ako je potrebno aktivira blago i neprimjetno kočenje kotača kako bi se smanjilo okretanje i uspostavio čvrsti kontakt i trenje sa podlogom. Neki ASR sustavi kod turbo-motora isključuju rad turbine i/ili kompresora, tako smanjujući okretni moment motora. Prvi oblici ASR-a ugrađivani u automobile više športske klase Alfa Romeo 156 radili su kao svojevrsna „primitivna“ blokada diferencijala, koja je do 60 km/h blokirala različite brzine okretanja pogonskih kotača. [5]

2.1.3 ESC – elektronička kontrola stabilnosti

Elektronička kontrola stabilnosti (ESC), ponekad nazivan i elektronički program stabilnosti (ESP²) ili dinamična kontrola stabilnosti (DSC³) računalna je tehnologija koja poboljšava kontrolu stabilnosti detektirajući i smanjujući gubitak trakcije (trenja uslijed proklizavanja). Sustav funkcionira na način da računalo vozila (ECU) na temelju brzine, bočnog ubrzanja i brzine vrtnje vozila oko vertikalne osi prepoznaje nekontrolirano zanošenje vozila u najranijoj fazi te reagira pulsirajućim kočenjem pojedinih kotača i smanjenjem snage motora, kako bi se zaneseno vozilo vratilo na ispravnu putanju, bez utjecaja vozača. ESC je obavezna oprema u automobilima u EU.

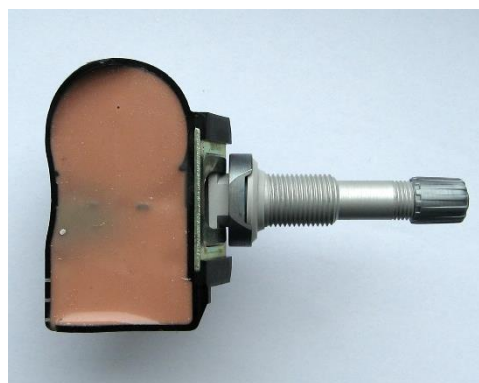
² ESP – *Electronic Stability Program*

³ DSC – *Dynamic Stability Control*

2.1.4 TPMS – senzor za kontrolu pritiska pneumatika

Tire-pressure monitoring system, TPMS, je elektronički sustav osmišljen da prati tlak zraka u gumama. Postoje dvije vrste TPMS-a: direktni (dTPMS) ili indirektni (iTPMS). Cilj TPMS-a je izbjeći prometne nesreće, smanjiti potrošnju goriva i smanjiti potrošnju (habanje) guma zbog kojeg gume mogu doći u opasno stanje.

Indirektni TPMS (iTPMS) ne koristi fizičke senzore, već tlak zraka mjeri koristeći se računalnim izračunima dobivanim iz već postojećih senzora i njihovih podataka, kao što su brzina kotača, brzina ubrzanja, kočenja, itd., i preko tih podataka procjenjuje i prati stanje tlaka zraka u gumama. Prve generacije iTPMS-a vodile su se načelom da slabo napumpane gume imaju manji promjer i samim time kutnu brzinu nego pravilno napumpana guma. Ove razlike su mjerene preko senzora brzine kotača ABS-a ili ESC-a. Druga generacija iTPMS-a računala je i procjenjivala ispuhanost svih četiri kotača istovremeno koristeći spektralnu analizu svakog kotača. Nedostatak ovog indirektnog sustava je nemogućnost prikazivanja točnog tlaka guma jer se ipak ovdje koriste procjene. Budući da se tlakovi u gumama stalno mijenjaju, te su u relativnom odnosu sa okolišem, kada vozač napumpa gumu na ispravan tlak, mora ponovno postaviti (resetirati) sustav kako bi uklonio grešku sa računala vozila (ECU). Prednost ovog sustava je vrlo jeftina i lagana ugradnja u vozila budući da se koriste već postojeći sustavi senzora na vozilima, pa je potrebno samo podesiti programsku infrastrukturu vozila. Također jedna od prednosti je mogućnost korištenja i zamjene različitih setova kotača na istome automobilu. Automobil može imati dva seta kotača: jedan sa ljetnim gumama, drugi sa zimskim gumama koje može jeftino mijenjati bez zamjene fizičkih TPMS senzora koji su inače vrlo skupi.



Slika 3. Izgled dTPMS senora sa prednje i stražnje strane (VDO), izvor: commons.wikimedia.org/wiki/File:TPMS_front_side.jpg; commons.wikimedia.org/wiki/File:TPMS_back_side.jpg [6]

Direktni TPMS (dTPMS), predložen slikom 3, izravno mjeri tlak u gumama koristeći fizički senzor smješten u svakom kotaču. Senzor se obično nalazi u ventilu kotača i radi na baterije, te šalje podatke o tlaku guma putem radio signala (40 Hz) računaru vozila koje može na zaslonu prikazati informacije u stvarnom vremenu, bilo da je vozilo parkirano ili se kreće. Direktni TPMS senzor se sastoji od nekoliko dijelova: senzora tlaka, analogno-digitalnog ispravljača, mikroupravljača, upravljača sustava, oscilatora, prijenosnika radio frekvencija, prijavnika niskih frekvencija i regulatora napona (za baterije). Prednosti su dTPMS-a su ušteda goriva, produženje životnog vijeka gume, poboljšana sigurnost (godišnje se dogodi 40 000 nesreća sa 33 000 ozlijeđenih i preko 650 poginulih zbog lošeg stanja guma nastalih uslijed lošeg tlaka gume) te smanjenja zagađenja okoliša (manje ispuštanja štetnih plinova). Negativne strane dTPMS sustava su njegova visoka cijena zbog toga što se u svaki kotač mora ugraditi jedan senzor koji je izuzetno sofisticiran i skup, skupa zamjena kotača koja zahtjeva ili poseban senzor u drugi set kotača (koji zahtjeva njegovo povezivanje i registraciju) ili skidanje senzora sa postojećeg kotača i montiranja na drugi, te njegova visoka cijena zamjene prilikom oštećenja. Još jedna od negativnih strana je njihov relativno kratak životni vijek zbog malog kapaciteta baterije koja se mora mijenjati. No sve više automobila više klase opremljeno je senzorima koji imaju bežičan sustav punjenja putem RFID tagova ili sustav punjenja putem magneta i zavojnice unutar samog sustava. Jedna od štetnih strana je i njegova masa i teže balansiranje kotača.

2.1.5 LDWS – sustav za upozoravanje na napuštanje prometne trake

Lane departure warning system, odnosno sustav upozoravanja na napuštanje prometne trake jedan je od najvažnijih visokotehnoloških inovacija u automobilskoj industriji koji se temelji na uzbuđivanju vozača kada vozilo počinje skretati sa prometne trake ukoliko nije dan pokazivač smjera. Sustav je osmišljen kako bi se u što većoj mjeri smanjio broj prometnih nesreća sa fatalnim ishodom koji su najčešće događaju prilikom frontalnih sudara sa vozilima iz suprotnog smjera (a takvi sudari su i najopasniji) te prilikom izlijetanja vozila sa ceste. Vozilo

najčešće napušta svoju cestovnu traku zbog ljudskog faktora: ometanja vozača čiji uzrok može biti u vozilu ili izvan vozila, kao i pospanost vozača.

Postoje tri vrste ovog sustava:

- Sustavi koji upozoravaju vozača kada vozilo skreće sa svoje trake sa vizualnim, zvučnim i/ili vibracijskim upozorenjima (upozorenje o napuštanju trake, LDW⁴),
- Sustavi koji upozoravaju vozača i koji, ako vozač ne reagira, automatski preuzimaju kontrolu vozila i vraćaju ga u svoju traku (podrška pri držanju trake, LKA/LKS⁵),
- Sustavi koji pomažu pri preupravljanju⁶ vozila, drže vozilo centrirano u traki, i traže vozača da preuzme upravljanje u zahtjevnim situacijama (podrška centriranju vozila u traki, LCA⁷),

Sustavi upozoravanja i održavanja cestovne trake zasnovani su na:

- Kamerama, odnosno video senzorima, ugrađenima iza vjetrobranskog stakla, najčešće iza retrovizora, predloženim slikom 4,

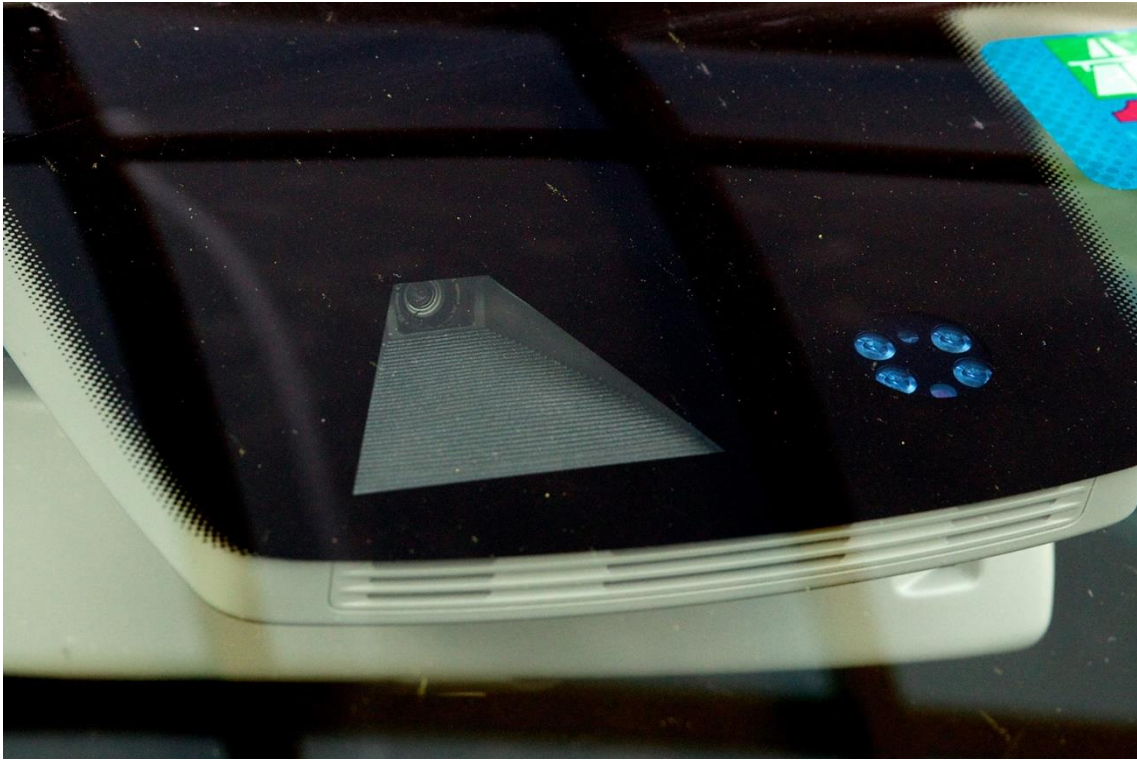
Sustav se uključuje na brzinama većim od 65 km/h. Kamera detektira cestovne trake i trake između kojih vozilo vozi. Kamera može razlikovati žute ili narančaste linije u zonama radova od običnih bijelih linija. Kada se automobil približi liniji bez uključenih pokazivača smjera (žmigavaca), sustav pomaže vozaču vratiti se nazad u traku blagim ali vidljivim intervencijama. Vozač u postavkama sustava može odabrati koliko ranije želi dobiti upozorenje o napuštanju trake. [7]

⁴ engl. Lane Departure Warning

⁵ engl. Lane Keeping Assist, Lane Keeping System

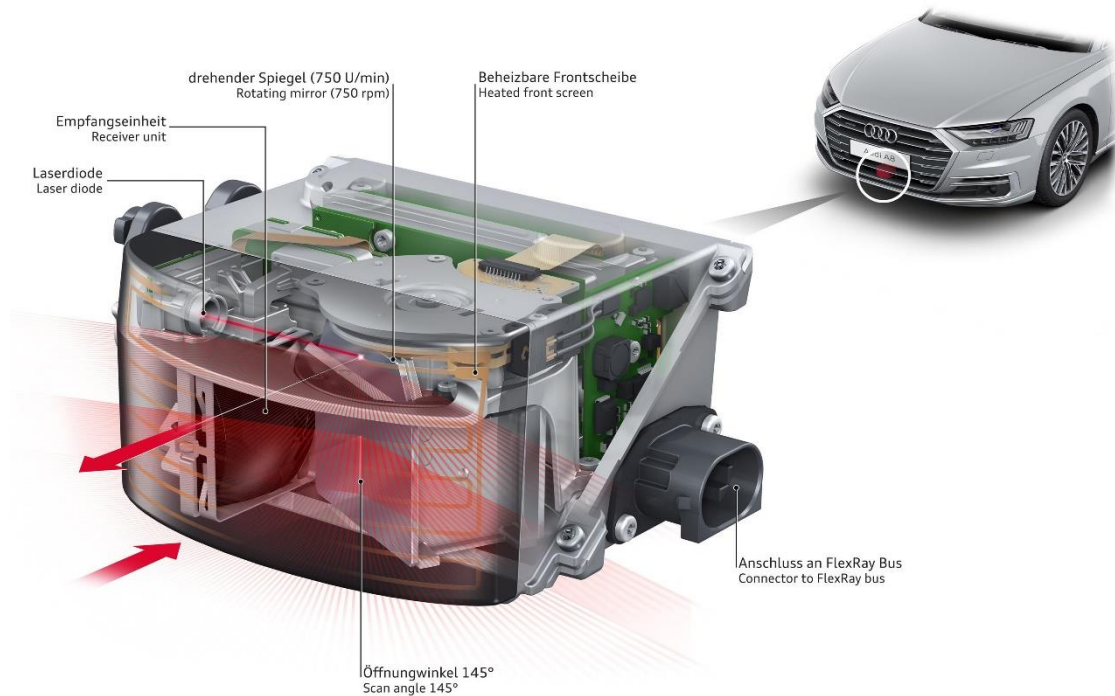
⁶ engl. oversteering; kada vozač previše skrene upravljačem vozilo što može završiti gubitkom putanje, prijanjanja, rotacije vozila; suprotan pojam od podupravljanja (engl. understeering)

⁷ engl. Lane Centering Assist



Slika 4. Predodžba kamere LDWS-a na VW Golfu, izvor:
upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/Lane_Assist.jpg [8]

- Laserskim senzorima (ugrađenim na prednjem braniku vozila) predočenim slikom 5,



Slika 5. Predodžba laserskog senzora na Audiju A8, izvor: www.audi-mediacent.com/en/technology-lexicon-7180/driver-assistance-systems-7184 [9]

Zajedno sa dalekometnim radarima i prednjim kamerama, laserski skener formira trio senzora koji se međusobno nadopunjuju. Laserski skener pokriva područje od približno 80 metara sa kutom od 145 stupnjeva. Uređaj veličine šake ugrađen je na prednji branik i, ovisno o brzini, emitira puseve svjetlosti na više vertikalnih razina, koje se raspršuju u obliku lepeze. Budući da su valne dužine u blizini infracrvenog područja, ekstremno kratki bljesci svjetlosti su nevidljivi i bezopasni po ljudsko oko. Oni se odbijaju od objekata ispred automobila i vraćaju do laserskog skenera u manje od jedne mikrosekunde, gdje ih fotodiode detektiraju.

Rezultat je detaljna, duboko konturirana, statična slika okruženja. Laserski skener prikazuje ostala vozila kao mjerne kuboide, kojima mjeri informacije o brzini, udaljenosti i orijentaciji. Sa svojim velikim horizontalnim otvorima, može vrlo rano detektirati ulazak vozila u prometnu traku. Kao i radar, laserski skener radi i u mraku. [9]

- Infracrvenim sensorima (ugrađenim iza vjetrobranskog stakla ili ispod vozila).

2.1.6 ACC – adaptivni tempomat

Adaptive cruise control, odnosno adaptivni tempomat, napredan je sustav upravljanja cestovnih vozila koji automatski prilagođava brzinu vozila kako bi se održavala sigurnosna udaljenost od vozila ispred sebe. Vozilo upravlja brzinom i razmakom pomoću računala koje samo prilagođava brzinu, ubrzava, koči i održava razmak preko informacija dobivenih od radara, laserskih senzora (lidara) ili kamera koje se koriste i za druge sigurnosne značajke u vozilima. Vozila opremljena autonomnim adaptivnim tempomatom smatraju se Razinom 1 autonomnih automobila prema klasifikaciji SAE Internationala⁸. Zbog korištenja različitih vrsti senzora koji imaju različite značajke, adaptivni se tempomati dijele na:

- laserske sustave koji ne mogu detektirati i pratiti vozila u lošim vremenskim uvjetima, niti mogu pouzdano pratiti blatna zamazana, samim time nereflektivna, vozila. Laserski senzori moraju biti direktno izloženi i otkriveni, izgledaju kao relativno velika crna kutija i nalaze se na jednoj strani prednjeg branika, predočen slikom 6;
- radarski sustavi koji su sakriveni iza plastičnih dodataka, a najčešće se nalaze uklopljen u grb proizvođača vozila na sredini vozila. Najčešće se ugrađuju samostalni radarski sustavi, no sve se češće ugrađuju sustavi sa više senzora koji koriste ili dva senzora jednakih karakteristika ili jedan centralni dalekometni radar uparen sa dva kratka radara smještena na rubovima vozila;
- sustavi dvoglednih računalnih kamera koji koriste dvije prednje kamere ugrađene na retrovizore sa svake strane vozila koji pomoću digitalne obrade podataka izvlače podatke vezane o

⁸ SAE International, Society of Automotive Engineers, međunarodna je organizacija sa ciljem standardizacije, razvoja, profesionalnog udruživanja i promicanja globalnih transportnih industrija sa sjedištem u Sjedinjenim Američkim Državama.

udaljenosti i brzini vozila; računalo funkcionira na računalnom principu ljudskog oka (računalna 3D slika).

Modernija vozila srednje klase sve više koriste kombinaciju dva sustava (kamera i radar) koja su bila inače rezervirana za višu klasu automobila koja sve više implementira tehnologiju lidara, radara, kamera i umjetne inteligencije.



Slika 6. Predodžba smještaja radarskog senzora ugrađenog na donjem desnom kraju branika Alfa Romea Giulije, izvor: www.magnetimarelli-campus.com/news/la-nuova-alfa-romeo-giulia-quadrifoglio-presente-al-salone-di-francoforte-adotta-tecnologie-realizzate-in-collaborazione-con-magneti-marelli/968/ [10]

Takva međusobna interakcija naprednih sustava i senzora unutar sigurnosnog sustava adaptivnog tempomata na vozilu omogućava različite razine autonomne vožnje, prikazane su u sljedećoj tablici 2 i slici 7:

SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION

	SAE LEVEL 0	SAE LEVEL 1	SAE LEVEL 2	SAE LEVEL 3	SAE LEVEL 4	SAE LEVEL 5
What does the human in the driver's seat have to do?	You are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering			You are not driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in "the driver's seat"		
	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			When the feature requests, you must drive	These automated driving features will not require you to take over driving	
What do these features do?	These are driver support features			These are automated driving features		
	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met		This feature can drive the vehicle under all conditions
	<ul style="list-style-type: none"> • automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering OR • adaptive cruise control 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering AND • adaptive cruise control at the same time 	<ul style="list-style-type: none"> • traffic jam chauffeur 	<ul style="list-style-type: none"> • local driverless taxi • pedals/steering wheel may or may not be installed 	<ul style="list-style-type: none"> • same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions
Example Features						

Slika 7. Predodžba razina autonomne vožnje na engleskom jeziku, izvor: www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-%E2%80%9Clevels-of-driving-automation%E2%80%9D-standard-for-self-driving-vehicles [11]

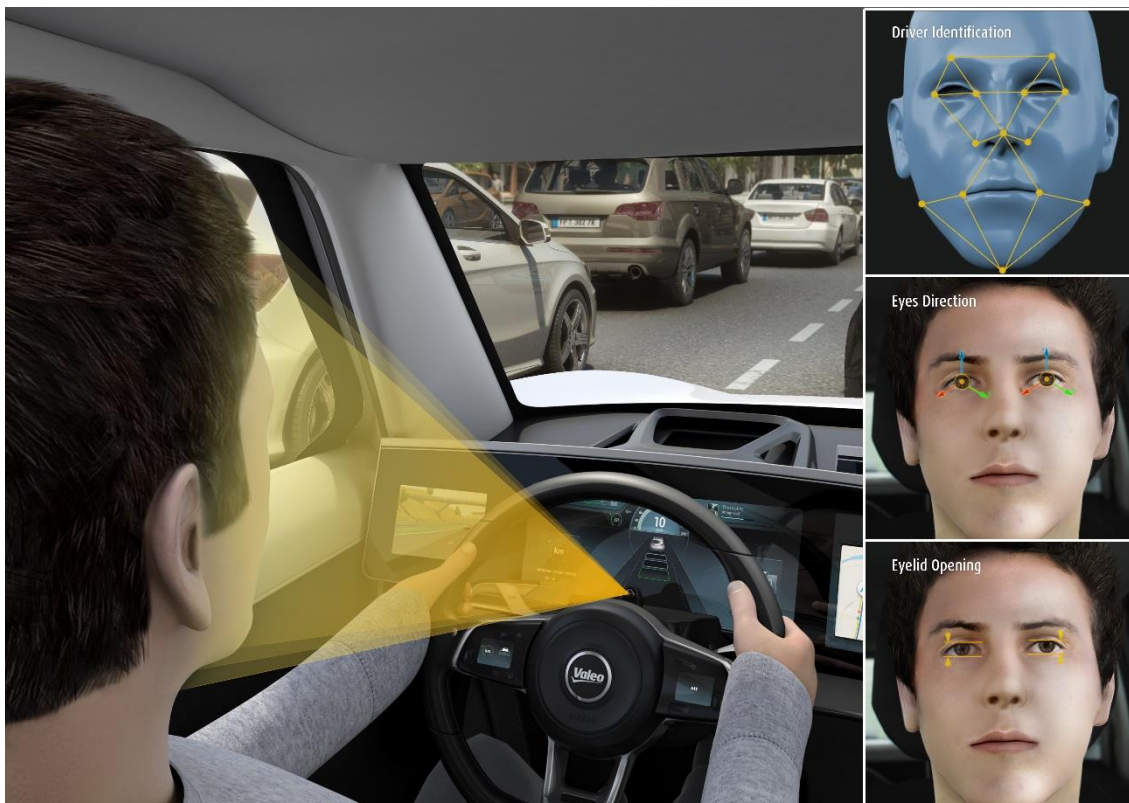
Tablica 2. Pregled razina autonomne vožnje za cestovna vozila, izvor: www.sae.org/standards/content/j3016_201401/preview [12]

SAE razina	SAE naziv	SAE definicija	Izvršavanje skretanja i ubravanja/ usporavanja	Praćenje vozačkog okoliša	Preuzimanje kod zakazivanja performansi sustava dinamičnih voznih zadataka	Mogućnost i sustava (načini vožnje)
Vozač prati vozački okoliš						
0	Nema automatizacije	Cjelovremena vožnja vozača u svim načinima vožnje, čak i prilikom aktiviranja upozorenja i intervencijskih sustava.	Vozač	Vozač	Vozač	Vozač
1	Vozačka podrška	Vožnja koristeći sustav vozačke podrške kod skretanja ili ubravanja/usporavanja koristeći informacije o okolišu vožnje i sa očekivanjima da vozač može izvesti sve preostale načine vozačkih zadataka.	Vozač i sustav	Vozač	Vozač	Neki načini vožnje
2	Djelomična automatizacija	Vožnja koristeći jedan ili više sustava vozačke podrške kod skretanja ili ubravanja/usporavanja koristeći informacije o okolišu vožnje i sa očekivanjima da vozač može izvesti sve preostale načine vozačkih zadataka.	Sustav	Vozač	Vozač	Neki načini vožnje
Automatski vozački sustav prati vozački okoliš						
3	Uvjetna automatizacija	Vožnja automatskog sustava u svim načinima vozačkih zadataka sa očekivanjem da vozač može primjereno odgovoriti na zahtjev za intervenciju.	Sustav	Sustav	Vozač	Neki načini vožnje
4	Visoka automatizacija	Vožnja automatskim sustavima u svim načinima vozačkih zadataka, čak i kada vozač ne reagira primjereno zahtjevu za intervenciju.	Sustav	Sustav	Sustav	Neki načini vožnje
5	Potpuna automatizacija	Potpuna automatska vožnja u svim načinima vožnje na svim cestama i u svim uvjetima koje može izvršiti i čovjek.	Sustav	Sustav	Sustav	Svi načini vožnje

2.1.7 DMS - Sustav praćenja vozača

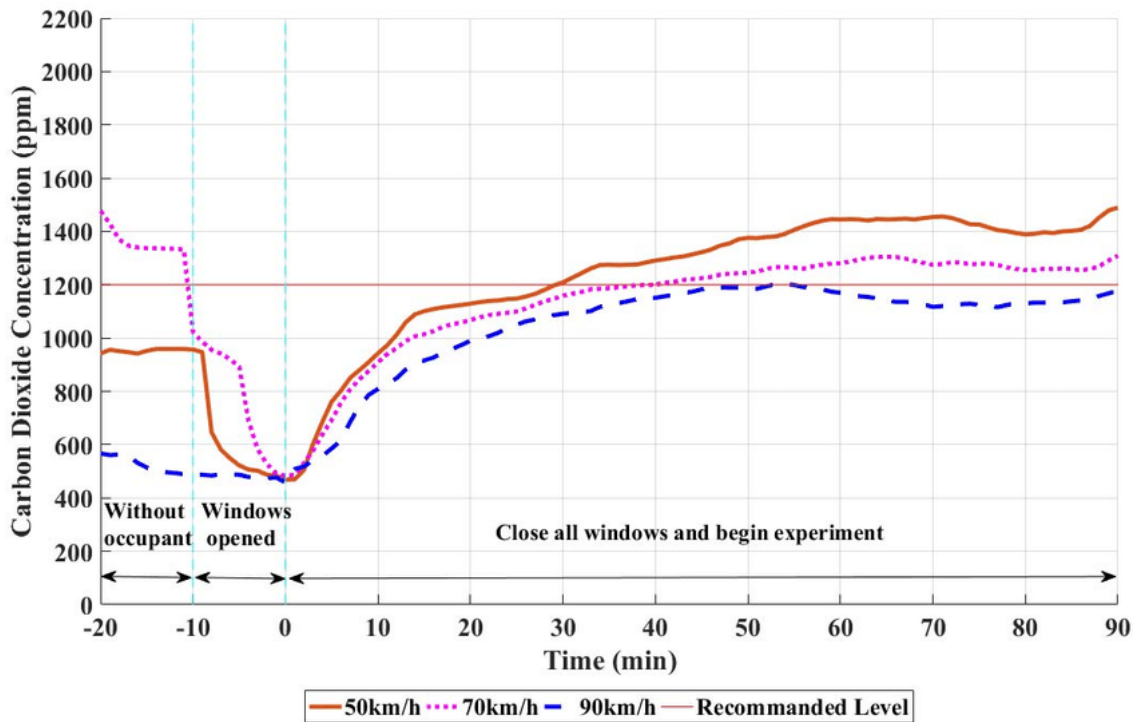
Driver monitoring system, predložen slikom 8, odnosno sustav praćenja vozača sigurnosni je sustav u automobilima koji koristi infracrvene senzore kako bi pratio vozačevu svjesnost (umor), kao i ponašanje te je li pod utjecajem opojnih sredstava, što je uzrok najvećem broju nesreća. Postoje različite tehnologije koje nadziru ovaj sustav:

- praćenje upravljača – sustav prati pokrete upravljača, postoji li kontakt između upravljača i vozača; praćenje upravljača radi zajedno sa LDWS sustavom, a u naprednijim verzijama pete generacije autonomne vožnje nadopunjuje se sa autopilotom;
- praćenje pozicije vozila u traci pomoću kamera – radi na isti princip kao i LDWS sustav te ukoliko vozač ne reagira na upozorenja i korekcije u putanji, sigurno zaustavlja vozilo uz sva četiri pokazivača smjera uz cestu;
- praćenje očiju i lica vozača – sustav pomoću kamera prati pokrete očiju vozača te izraz lica te uz pomoć umjetne inteligencije računalo prepoznaje umor vozača te potrebu za zaustavljanjem i upozorenjima;

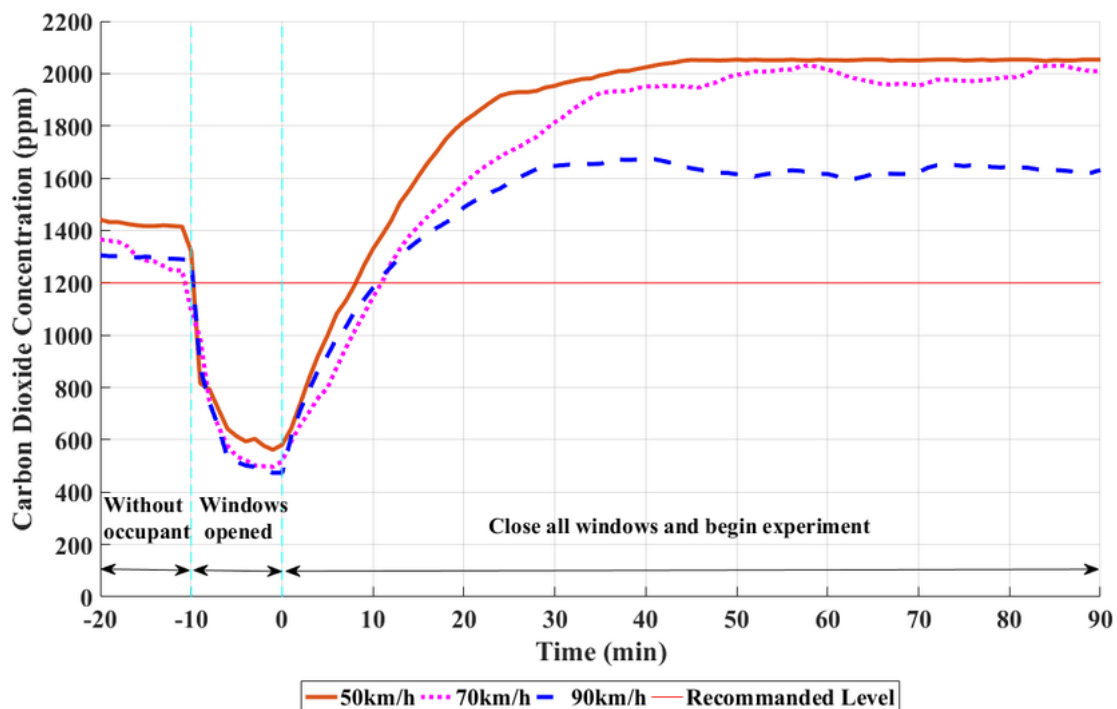


Slika 8. Predodžba Valeovog sustava praćenja vozača, izvor: www.valeo.com/en/driver-monitoring [13]

- psihofizička praćenja – računalo prati aktivnost mozga, otkucaje srca, vlažnost kože, aktivnost mišića te upozorava vozača na umor, aktivnost mozga prati preko jakih kamera koje prate oči vozača, otkucaji srca se prate preko ugrađenih senzora u volanu (upravljaču, slično kao i na sobnim biciklima) a aktivnost mišića preko sjedala odnosno funkcije masaže vozača (ukočenost, opuštenost);
- praćenje razine ugljičnog dioksida u putničkom prostoru – poznato je da visoke razine CO₂ uzrokuju osjećaj umora, pospanosti i povećavaju vrijeme reakcije te vozač postaje sporiji (predočeno slikama 9 i 10); zato su se razvili sustavi koji preko sustava klimatizacije vozača prate koncentraciju CO₂ u zraku te po potrebi dovode svježiji zrak pomoću ventilacije i upuhivanja svježeg zraka izvana ili preko otvaranja prozora.



Slika 9. Predodžba razine (ppm) ugljičnog dioksida u vozilu sa jednim putnikom, izvor: www.researchgate.net/figure/The-carbon-dioxide-concentration-and-increase-the-vehicle-speed-against-time-with-two_fig4_312194065 [14]

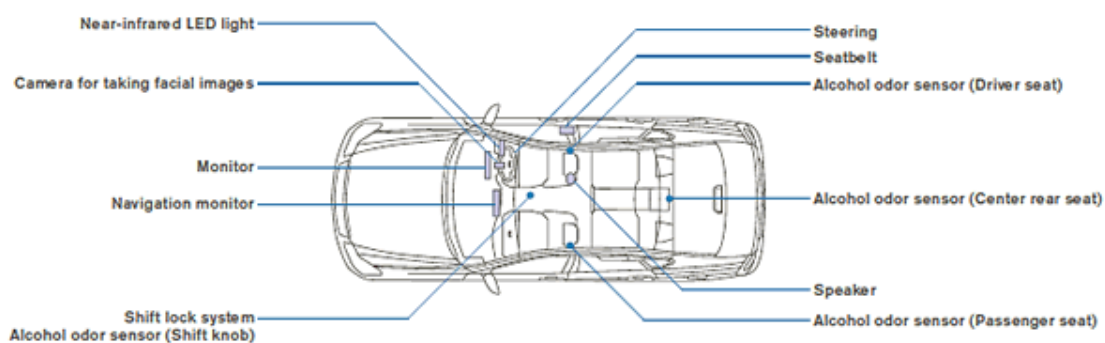


Slika 10. Predodžba razine (ppm) ugljičnog dioksida u vozilu sa dvoje putnika, izvor: www.researchgate.net/figure/The-carbon-dioxide-concentration-and-increase-the-vehicle-speed-against-time-with-two_fig4_312194065 [14]

Isto tako, vozilo može pratiti je li vozač pod utjecajem opojnih sredstava, konkretnije alkohola. Vozilo otkriva su je li vozač pod utjecajem alkohola koristeći senzore, kamere i ponašanje vozača i vozila tijekom vožnje. Alkoholni senzori funkcioniraju na način da su povezani sa upravljačkom jedinicom vozila i glavnim računalom vozila, a nalaze se ispred vozača kako bi detektirali alkohol iz daha i/ili u ručici mjenjača koja osjeti isparavanja alkohola iz kože vozača. Kada je određena razina alkohola otkrivena, sustav automatski zaključava mjenjač, tako da se više ne može voziti automobil. Istovremeno, glasovno upozorenje o vožnji pod utjecajem alkohola izlazi iz zvučnika te je ispisano na računalu vozila.

Kamere kao i kod praćenja umornog vozača, prate rad očiju, treptanje i aktivnosti oka. Kada prepozna sumnjivo ponašanje vozača, aktiviraju se različiti zvučni znakovi upozorenja. Dodatno, mehanizam sigurnosnog pojasa se stegne kako bi probudio ili upozorio vozača.

Treći sustav, predložen slikom 11, prati ponašanje vozača je preko volana i papučica automobila. Računalo stalno motri vozi li vozač automobil pravocrtno, skreće li, izlazi li izvan svoje prometne trake, ide li lijevo-desno („pijana vožnja“) te ako prepozna znakove opasnosti, steže sigurnosni pojas i zaustavlja vozilo sa strane ceste. [15]

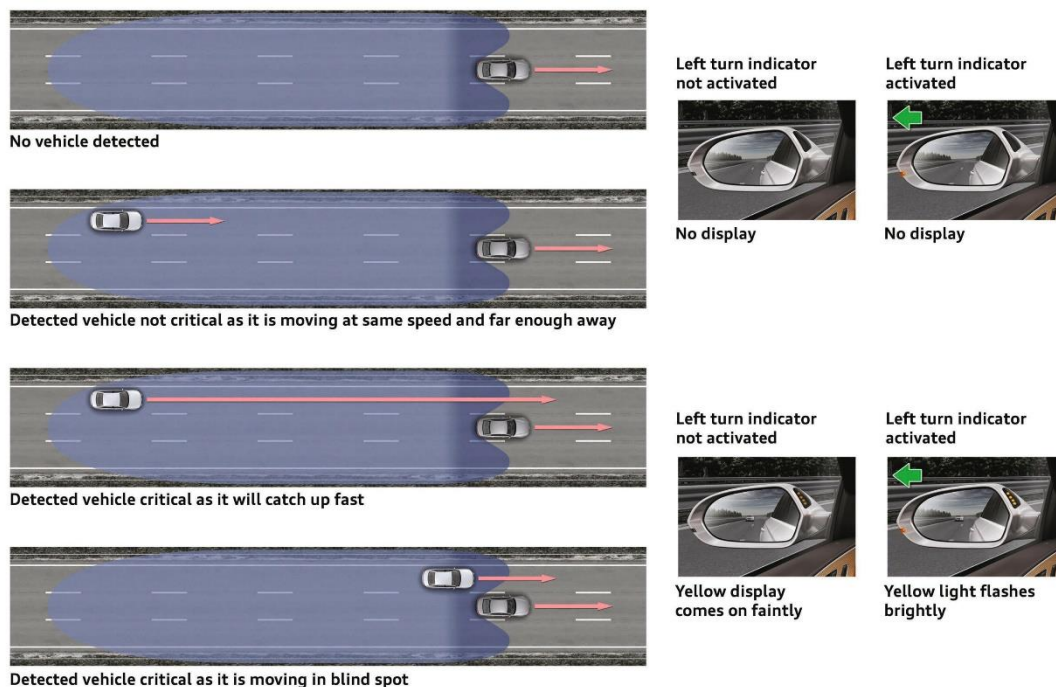


Slika 11. Predložba sigurnosnih sustava koji prate stanje vozača u Nissanu, izvor: www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/dpcc.html [15]

2.1.8 BDS – praćenje mrtvog kuta

Blind spot monitor, predložen slikom 12, odnosno sustav praćenja mrtvog kuta sustav je koji prati i otkriva vozila ili ljude koji se nalaze u mrtvom kutu vozača i koji su samim time njemu nevidljivi, pomoću vizualnih, zvučnih, vibracijskih upozorenja. Sustav koristi kamere smještene u retrovizoru vozača, kamere smještene na stražnjem djelu vozila i/ili radare koji se nalaze na stražnjem djelu

vozila pomoću kojih otkriva sva vozila koja se nalaze iza vozača na udaljenosti do 70 metara te ga obavještavaju ukoliko vozač hoće promijeniti cestovnu traku.



Slika 12. Predodžba Audijevog sustava praćenja mrtvog kuta, izvor: www.audi-mediacentar.com/en/technology-lexicon-7180/driver-assistance-systems-7184 [16]

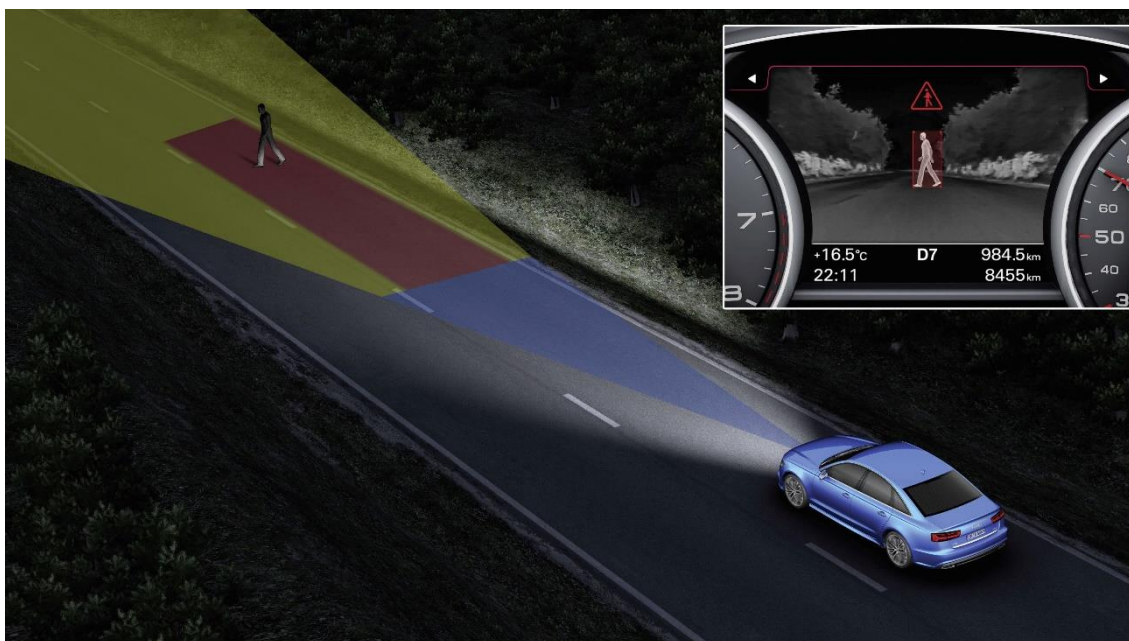
2.1.9 NVS – sustav noćnog vida

Night vision system, predložen slikom 13, odnosno sustav noćnog vida sigurnosni je sustav koji koristi termografske kamere koje pomoću infracrvenog svjetlosnog spektra „gledaju“ i otkrivaju vozila, pješake i životinje ispred vozača u uvjetima mraka, loše vidljivosti i lošeg vremena. Sustav se dijeli na aktivne i pasivne sustave:

- Aktivni sustavi koji pomoću infracrvene svjetlosti osvjetljavaju cestu pomoću svjetlosti nevidljive ljudima. Sustav infracrvene aktivne rasvjete može biti zatvoreni ili otvoreni. Zatvoreni sustav koristi pulsirajući izvor svjetlosti i sinkroniziranu kameru koja omogućuje korištenje na velikim udaljenostima (250 m) i visoku učinkovitost na kiši i snijegu. Infracrvene zrake bliže spektru vidljive svjetlosti, *near infrared* (NIR), dužine su 0,75—1,4 μm , te mogu bez problema prolaziti kroz maglu, smog, dim, rosulju, kišu

i omogućuju pregled do 50 km. Infracrvena svjetlost više udaljena od vidljivog spektra svjetlosti, *far infrared* (FIR), su češće i lakše za konstruiranje, koriste ih policajci i rade do udaljenosti od 1,2 km, imaju veću rezoluciju, manje su, no ne rade dobro u lošim uvjetima, ne vide životinje na kraćim udaljenostima.

- Pasivni sustavi ne koriste svoj izvor infracrvene svjetlosti, pomoću termografskih kamera gledaju infracrvenu radijaciju svjetlosti (topline) od stane objekata koje snimaju. Rade na istom principu kao i PIR detektori. Prednosti su udaljenost od 300 metara i veći kontrasti za žive objekte, a nedostaci su manja rezolucija slike, slabije rade u toplijim vremenskim uvjetima, te velik senzor. Ovakav sustav je najčešći u vozilima.



Slika 13. Predodžba Audijevog sustava noćnog vida, izvor: www.audi-mediacycenter.com/en/technology-lexicon-7180/driver-assistance-systems-7184 [16]

2.2 Pasivni sustavi sigurnosti

Pod pasivne sustave sigurnosti ubrajamo:

- Zračni jastuk (AB – *Airbag*),
- Sigurnosni pojas (SB – *Seat Belt*),
- Osjetnik nazočnosti putnika (OSS – *Occupant Sensing System*),
- Zaštita od trzajnih ozljeda vrata (WLP – *Whiplash Protection*),
- Sustavi dječje sigurnosti (CSS – *Child Safety Systems*) i

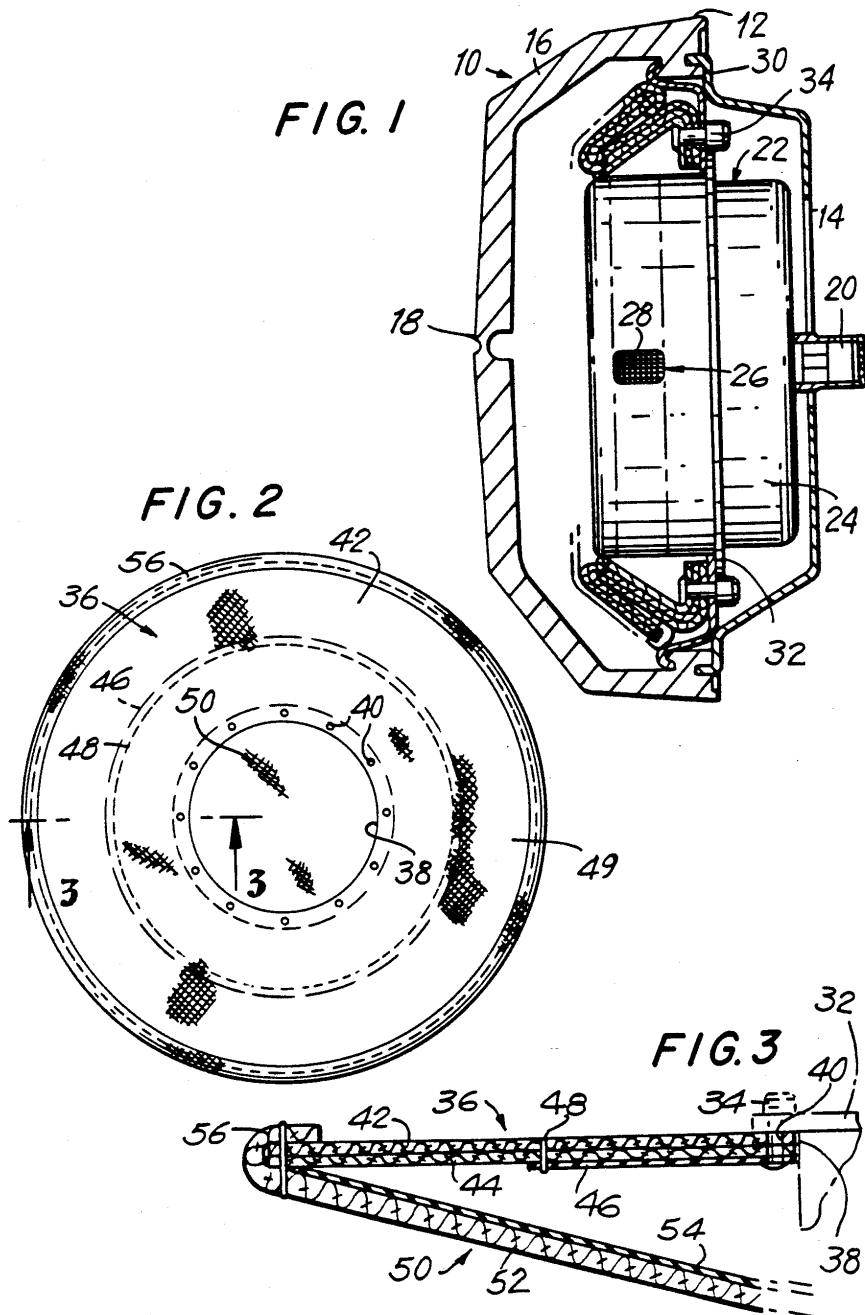
- Sustav sigurnosti pješaka (PSS – *Pedestrian Safety System*).

2.2.1 Zračni jastuk

Prema Hrvatskoj enciklopediji, zračni jastuk (engl. *Airbag*) je uređaj u kabini automobila koji sprečava vozača i putnike da pri sudaru udare tijelom u prednji ili bočni dio kabine. Kada osjetnici (senzori) registriraju udarac, prazan se jastuk nalik vreći mehanički ili elektronički oslobađa iz svojeg ležišta, pali se pirotehnička smjesa koja za kratko vrijeme (oko 50 ms) ispuni jastuk plinom. Obujam punog vozačevog jastuka iznosi 60 – 80 L, a suvozačevog do 150 L. Prazni jastuci se nalaze spremljeni pod posebnim poklopcima ispred vozača i suvozača, na lijevim i desnim vratima ili boku sjedalice, u stropu i dr. [17]

Prvi patent⁹, predložen slikom 14, na tehnologiju osjetljivu na sudare držao je Amerikanac Allen Breed. 1968. godine je izumio „sustav osjetnika i sigurnosti“ koji je vidljiv na slici 1. To je bio prvi elektromehanički automobilski sustav zračnog jastuka na svijetu. Njegovi korijeni potječu iz 50-ih godina i prvih preteča zračnih jastuka koje su predložili Nijemac Walter Linderer i Amerikanac John Hetrick.

⁹ U. S. 5071161, američki patent



Slika 14. Predodžba Patent Allena Breeda, izvor: U. S. 5 071 161 [18]

Lindererov sustav¹⁰, predložen slikom 15, temelji se na komprimiranom zračnom sustavu, koji ispuštao sa kontaktom branika ili vozača. Hetrick je predao patent¹¹ 1953. za ono što je nazivao „sklop sigurnosnih zavjesa za automobilska vozila“, također temeljena na komprimiranom zraku, vidljiv na slici 2. Kasnijim istraživanjem tijekom 60-ih godina dokazala su da komprimirani zrak nije sposoban napuhati se dovoljno brzo kako bi postao učinkovit.

¹⁰ DE 896312, njemački patent

¹¹ U. S. 2949311, američki patent

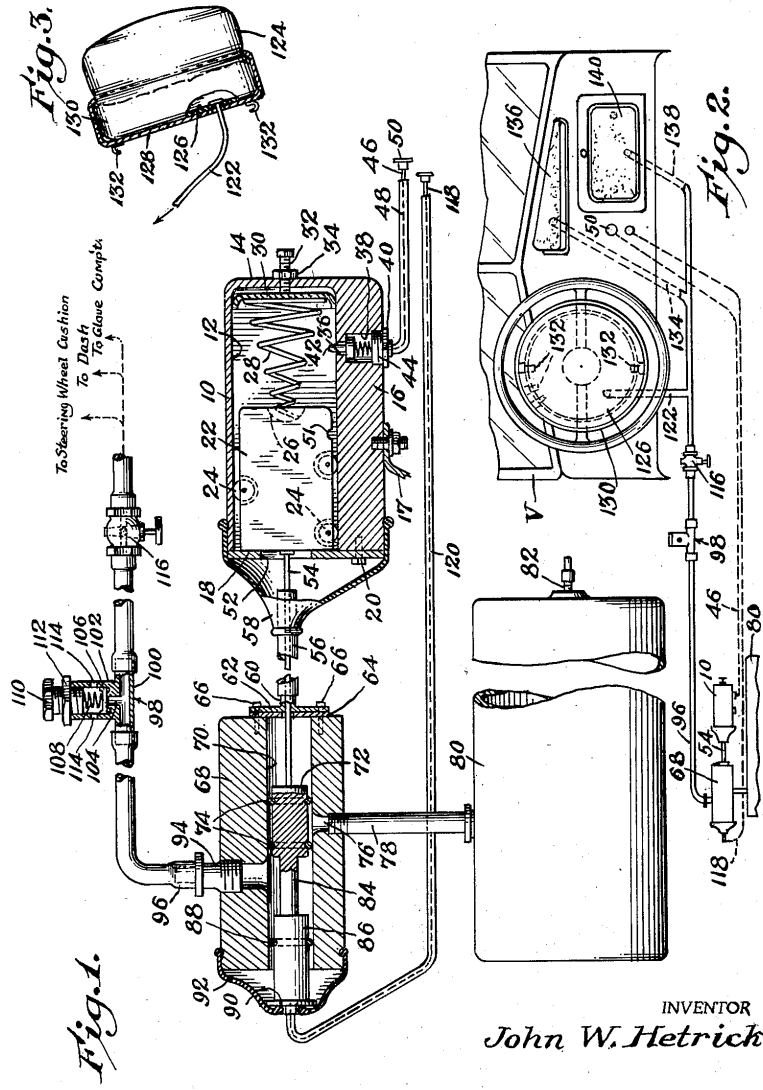
Aug. 18, 1953

J. W. HETRICK

2,649,311

SAFETY CUSHION ASSEMBLY FOR AUTOMOTIVE VEHICLES

Filed Aug. 5, 1952

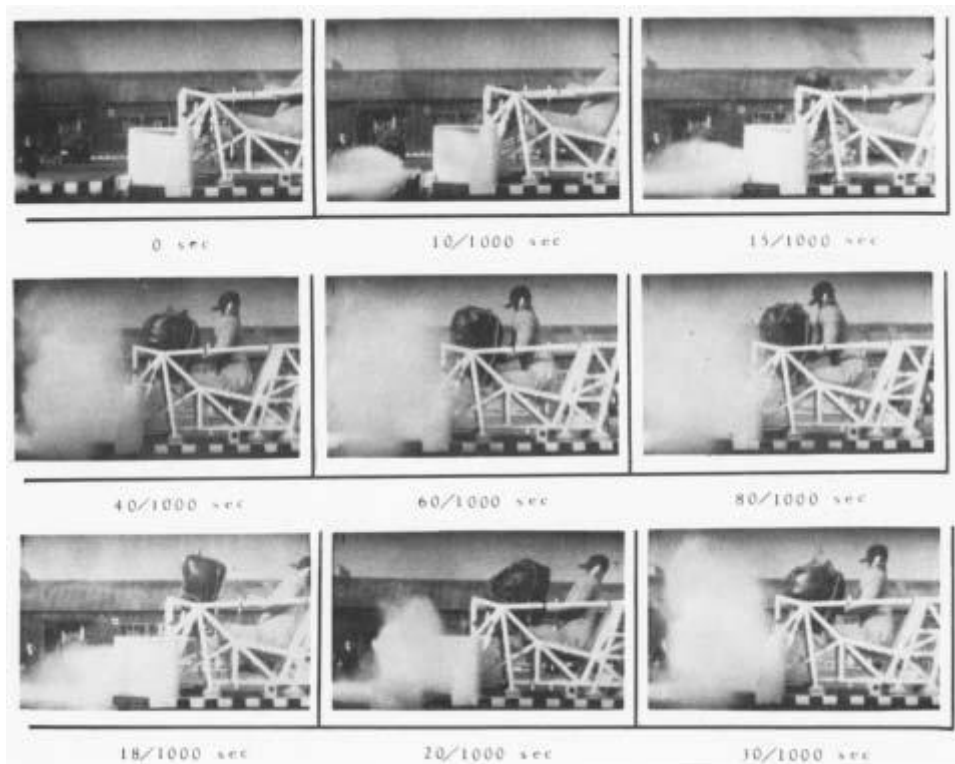


INVENTOR
John W. Hetrick

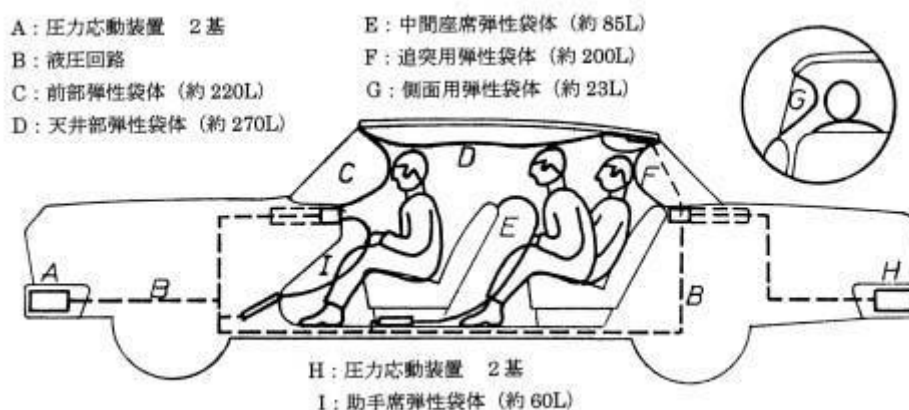
BY
W. H. Morrow, Perman + Davidson
ATTORNEYS

Slika 15. Predodžba patenta Johna W. Hetricka, izvor: U. S. 2 649 311 [19]

1964. japanski automobilski inženjer Yasuzaburo Kobori razvio je sustav „sigurnosne mreže“ zračnog jastuka, vidljive u slikama 16 i 17, koji je aktivirao eksplozivnu napravu da potakne napuhavanje zračnog jastuka, zbog kojeg je dobio patente u 14 zemalja.



Slika 16. Eksperimenti o radu zračnih jastuka, Laboratorij za aeronautsku medicinu Japanske agencije za obranu, prosinac 1965., izvor: <http://www.jahfa.jp/jahfa6/pala/person5-1.htm> [20]



Slika 17. Primjer idealnog smještaja zračnog jastuka, odnosno sustava "sigurnosne mreže" zračnih jastuka, izvor: <http://www.jahfa.jp/jahfa6/pala/person5-1.htm> [20]

A i H – osjetnik sudara; B – vodovi; C – zračna zavjesa vjetrobranskog stakla; D – zračni jastuk na krovu vozila; E – zračni jastuk za stražnje putnike koji izlaze iz prednjih sjedala; F – zračni jastuk na stražnjem staklu; G – bočni zračni jastuk; I – zračni jastuk za koljena

1971. godine *Ford Motor Company* napravila je eksperimentalnu flotu opremljenu zračnim jastucima. *General Motors* opremio je zračnim jastucima 1973. flotu *Chevrolet Impala* namijenjenih vladinom korištenju. Iste je godine *Oldsmobile Tornadu* postao prvi automobil opremljen zračnim jastucima prodan javnosti. Idućih su godina Ford i GM lobirali protiv obveze ugradnje zračnih jastuka, pravdajući da ti uređaji nisu potrebni niti uspješni u sprečavanju povreda. Od 1998. godine zračni jastuci postaju obavezni dio opreme svih novih vozila. [21]

Prvi komercijalni dizajn zračnih jastuka primijenjeni su u automobilima tijekom 70-ih godina prošlog stoljeća sa ograničenim uspjehom, te su čak uzrokovali ozlijede. Široka primjena zračnih jastuka dogodila se tijekom kasnih 80-ih i ranih 90-ih godina sa vozačkim zračnim jastukom, i ponegdje i suvozačkim zračnim jastukom.

Princip funkcioniranja zračnog jastuka temelji se na njihovom ekstremno brzom napuhavanju i ispuhavanju, odnosno čim osjetnici detektiraju potencijalnu opasnost i procjene da sigurnosni pojas nije dovoljan, radi što bolje amortizacije. Cijeli taj proces u modernim vozilima traje oko 20 do 30 ms. Ovako velika brzina napuhavanja postiže se kemijskom reakcijom kojom se oslobađa dušik, odnosno njegovom eksplozijom. Zbog toga su nakon sudara moguće manje ogrebotine, masnice i opekline na licu i rukama, kao i ozlijede i prijelomi ruku ukoliko se volan vozila ne drži u položaju „10 do 2“ ili „3 i 15“ jer su to najsigurnije pozicije. [22]

Moderna vozila imaju do 10 zračnih jastuka smještenih u vozilima u različitim smještajima i to: vozački, suvozački, bočne zavjese, bočno montirani u vratima, na B i C-nosačima, za koljena, napuhujući sigurnosni pojasevi i pješački zračni jastuci.

2.2.2 Sigurnosni pojas

Sigurnosni pojas pasivna je sigurnosna naprava koja je osmišljena da zaštiti vozača i putnike u vozilu od opasnih pokreta tijela tijekom sudara ili naglog zaustavljanja. Sigurnosni pojas smanjuje vjerojatnost od smrti ili ozbiljnih ozljeda u prometnim nesrećama smanjujući silu sekundarnog udara tako da drži putnike pravilno postavljene za maksimalnu efikasnost zračnog jastuka i sprečava „katapultiranje“ putnika iz vozila prilikom naglog zaustavljanja te ispadanje putnika prilikom prevrtanja vozila.

U početku su sigurnosni pojasevi bili samo sa dvije točke vezanja (ako su uopće i imali ugrađene pojaseve): vezali su se samo ispod struka i nisu ograničavali kretanja tijela prema naprijed tijekom naglog zaustavljanja ili sudara. Volvo PV 544 prvi je automobil sa ugrađenim sigurnosnim pojansom sa tri točke vezanja, dok je Volvo 122 koji ih ima u standardnoj opremi (slike 18, 19 i 20). U današnje vrijeme, sigurnosni pojasevi sa tri točke vezanja i ugrađenim zatezačima su standardna i obavezna oprema na svim vozilima. Sportski automobili imaju pojaseve sa četiri, pet ili šest točka vezanja.



Slika 18. Nils Bohlin, izumitelj iz Volva. izvor: Volvo AB



Slika 19. Reklama za Volvo 130, prvi automobil sa sigurnosnim pojansom sa tri točke vezanja, izvor: Volvo AB

July 10, 1962

N. I. BOHLIN

3,043,625

SAFETY BELT

Filed Aug. 17, 1959

FIG 1

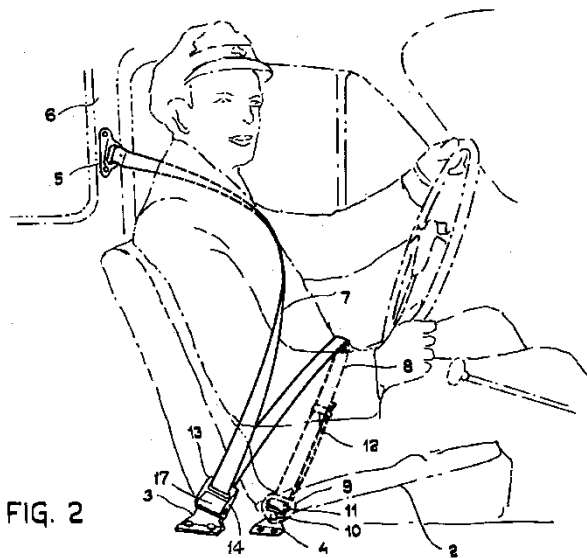


FIG. 2

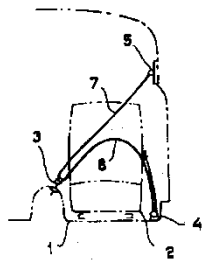
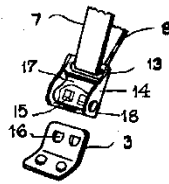


FIG. 3



Slika 20. Patent Nilsa Ivara Bohlina koji je izmislio sigurnosni pojas sa tri točke vezanja za Volvo AB, izvor: U. S. 3 043 625 [23]

3 Praktični dio – Euro NCAP

Europska organizacija za procjenu sigurnosti novih automobila – Euro NCAP (engl. *European New Car Assessment Programme*) dobrovoljni je europski program za procjenjivanje sigurnosti automobila sa sjedištem u Leuvenu, Belgija, osnovana u prosincu 1996., a prve rezultate objavila je u veljači 1997. godine. Njeni počeci sežu u Laboratorij za istraživanje prometa (engl. *Transport Research Laboratory*) Ministarstva prometa Ujedinjenog Kraljevstva (DfT – *Department for Transport*), kojeg su kasnije podržale vlade nekoliko europskih država, kao i Europska unija. Njihov slogan je „Za sigurne automobile“ (engl. „*For Safer Cars*“). [24] Iako samo testiranje nije obavezno, proizvođači dobrovoljno prosljeđuju vozila Euro NCAP-u, koji isto tako može i sam izabrati vozila.

2009. godine Euro NCAP predstavlja ukupnu ocijenu sigurnosti, temeljenu na testiranjima u četiri važna područja:

- Zaštita odraslih putnika (za vozača i suvozača);
- Zaštita djece putnika;
- Zaštita pješaka koja je proširena tako da uključuje zaštitu biciklista i ranjivih skupina u prometu (engl. VRU – *Vulnerable Road User*);
- Sigurnosna podrška, koja procjenjuje podršku vozaču i tehnologije za izbjegavanje sudara.

Ukupno ocjenjivanje zvjezdicama uvedena je kako bi dodala više mogućnosti prethodnoj shemi ocjenjivanja koja se koristila od 1997. godine.

3.1 Zaštita odraslih putnika

Rezultat zaštite odraslih putnika određen je testiranjem frontalnih sudara, bočnih sudara i trzajnih ozljeda vrata.

3.1.1 Frontalni sudari

Frontalni su sudari odgovorni za više smrtnih i ozbiljnih ozljeda nego bilo koji drugi tip nesreće. Najčešći scenarij je frontalni sudar dvaju automobila koji putuju jedan prema drugome umjereno velikom brzinom. U većini sudara takvog tipa, samo je dio prednjeg djela vozila zahvaćen.

Mobilna progresivna deformabilna prepreka¹²

Prilikom izvođenja ovakvog testa, testni automobil vozi brzinom od 50 km/h i 50 % preklapanja na deformaciju prepreku montiranu kolica od 1400 kg, koja isto putuju 50 km/h. Prepreka predstavlja prednji kraj drugog vozila, koja postaje postupno čvršća što se više deformira. Test oponaša sudar između testnog automobila i tipičnog obiteljskog automobila srednje veličine. Dvije prednje lutke glume dva prosječna muškarca koja sjede naprijed, dok su dječje lutke smještene na stražnjem sjedalu. Lutke, vozilo i kolica opremljena su uređajima koji otkrivaju sile i deceleraciju sa kojom će putnici biti suočeni. Najsofisticiraniji i najosjetljiviji ispitni uređaj je muška lutka vozača, prikazana na slici 21, THOR-50M¹³, razvijen kako bi preciznije procijenili rizike ozljeda glave, vrata, prsa i abdomena. [25]

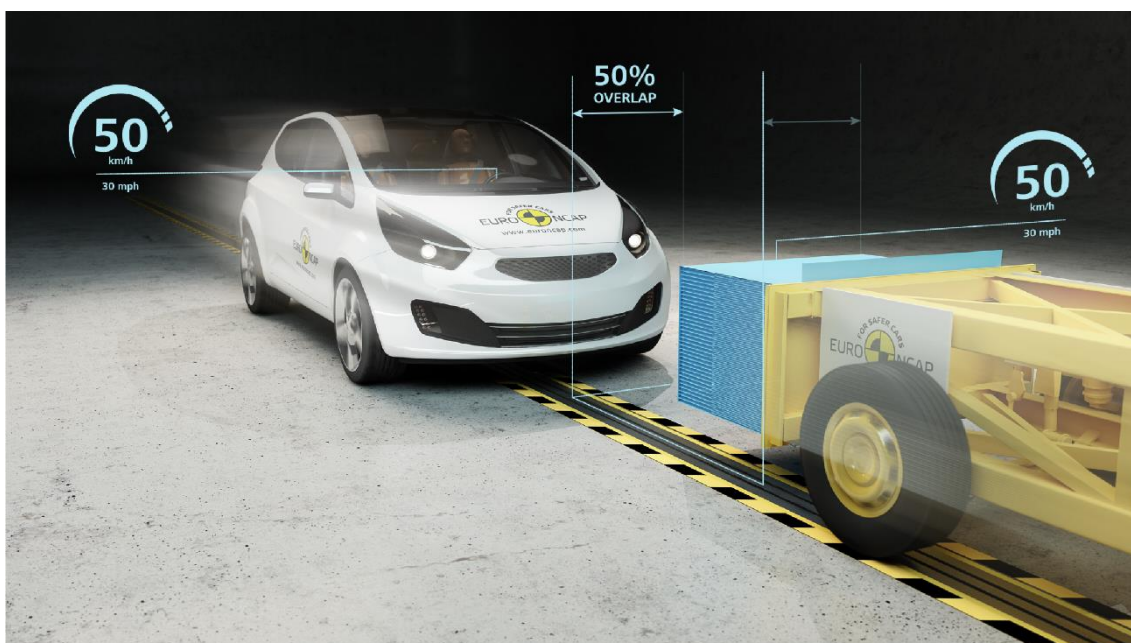


Slika 21. Predodžba modela THOR-50M, izvor: humanetics.humaneticsgroup.com/products/anthropomorphic-test-devices/frontal-impact/thor-50m/thor-50m [26]

¹² engl. MPDB – Mobile Progressive Deformable Barrier

¹³ engl. THOR – Test device for Human Occupant Restraint, Ispitni uređaj za zadržavanje ljudi u vozilu

Ovaj test, prikazan na slici 22, ocjenjuje nekoliko aspekata sigurnosti automobila. Kako bi zaštitio putnike u vozilu, sile sudaranja moraju se efikasno prenijeti u druge dijelove automobila gdje bi efikasno i sigurno apsorbirali energiju. Prednja zona gužvanja mora se uništiti na kontroliran način, ostavljajući putnički prostor nedeformiran koliko je to moguće, istovremeno ne izlažući putnike opasno visokim silama deceleracije. Povratno gibanje volana i papučica mora biti ograničeno kako bi se izbjegle ozbiljne ozlijede. Takvo testiranje uvedeno je 2020. godine. [25]



Slika 22. Predodžba MPDB testiranja, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/frontal-impact/mobile-progressive-deformable-barrier/ [25]

Pomaknuta deformacijska prepreka¹⁴

U ovom testu, prikazanom na slici 23, automobil se vozio brzinom od 64 km/h i 40 % pomaknutošću u odnosu na deformacijsku prepreku koja predstavlja nadolazeće vozilo. Test je replicirao sudar između dva automobila koja putuju brzinom od 50 km/h. U vozilu su smještene dvije muške lutke na prednjim sjedalima i dječje lutke smještene u dječju stolicu na stražnjoj klupi. Ovaj test, predstavljen 1997., nadograđen 2015. g., zamijenjen je MPDB testiranjem od 2020. godine. [27]

¹⁴ ODB – Offset-Deformable Barrier



Slika 23. Predodžba ODB testiranja, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/previous-tests/offset-deformable-barrier [27]

Čvrsta prepreka pune širine¹⁵

Posljednjih su godina karoserije automobila postale čvršće. To je pridonijelo smanjivanju ozljeda donjeg dijela nogu i glave budući da je putnički prostor postao otporniji na uništavanje. No, jača strukturna čvrstoća znači i veću kabinsku deceleraciju, sa kojom se moraju suočiti sustavi zadržavanja na prednjim i zadnjim sjedalima tijekom sudara. Ovakve deceleracije mogu voditi do ozbiljnih ozljeda, pogotovo prsnog dijela ranjivih, malih i starijih putnika.

Euro NCAP testira vozila u čvrstu prepreku pri brzini od 50 km/h. Male ženske lutke smještene su u vozačko sjedalo i na zadnje putničko sjedalo. Ovaj test, prikazan na slici 24, postavlja visoke zahtjeve na sustave zadržavanja na prednjim i zadnjim sjedalima. Stroga su ograničenja postavljena na deceleraciju prsa i na kut skretanja prsa, što potiče proizvođače opremanju više sofisticiranih zadržavača. Ovo ispitivanje nadopunjuje ispitivanje pomaknute defomacije kao balans između sustava zadržavanja koji je dovoljno krut kako zadržao mušku lutku pri brzini od 64 km/h i onog koji je dovoljno udoban da na maloj ženskoj lutki ne učini teške ozlijede zbog deceleracije. Uveden je 2015. godine. [28]

¹⁵ FWRB – Full Width Rigid Barrier



Slika 24. Predodžba FWRB testiranja, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/frontal-impact/full-width-rigid-barrier/[28]

3.1.2 Bočni sudar

Bočni sudari drugi su najčešći uzroci teških ozljeda i smrti u prometu. U usporedbi sa frontalnim sudarom, postoji vrlo malo prostora u unutrašnjosti vozila za apsorpciju energije tako da su česte teške ozlijede glave i prsnog koša.

Bočna mobilna prepreka¹⁶

U Euro NCAP testovima, deformabilna prepreka montirana je na kolica koja jure pod pravim kutom brzinom od 60 km/h prema strani automobila u mirovanju. U vozilu su smještene lutke muškarca na vozačkom mjestu, te dječja lutka smještena u dječjoj sjedalici na stražnjoj klupi vozila.

Ovaj test, prikazan na slici 25, osigurava postojanje adekvatne zaštite kritičnih dijelova tijela. Ona je omogućena ojačavanjem strukture vozila oko B-stupa (između vrata), ugradnjom bočnih udarnih zračnih jastuka ili zračnih zavjesa, kao i razvojem struktura koje apsorbiraju energiju smještenih u sjedala i panele vrata. Vrijeme aktiviranja zračnih jastuka mora biti pažljivo kontrolirano kako bi se pružila najveća moguća zaštita. Ovaj test je predstavljen 1997., a nadograđen 2020. godine. [29]

¹⁶ engl. SMB – Side Mobile Barrier



Slika 25. Predodžba SMB testiranja, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/lateral-impact/side-mobile-barrier/ [29]

Bočni stup¹⁷

Neki bočni sudari uključuju vozila koja putuju bočno prema čvrstom objektu uz cestu kao što je stablo ili stup. Često se to događa zbog gubitka kontrole bilo zbog neiskustva vozača, brzine, loše procjene zavoja ili skliskih uvjeta. Takve nesreće su ozbiljne i često uzrokuju teške ili smrtne ozlijede.

U Euro NCAP-ovom testu, prikazanom na slici 26, automobil se giba bočno brzinom od 32 km/h prema čvrstom i uskom stupu. Automobil je smješten pod pravim kutom na pravac kretanja, ili kako se radi od 2015. na dalje, pod malim kutom od okomice. U vozilima gdje je ugrađen središnji zračni jastuk koji štiti putnike od međusobnog sudaranja, smještaju se dvije odrasle lutke na prednja sjedala. U vozilima koja nemaju središnji zračni jastuk, jedna je lutka smještena na vozačko sjedalo.

Ovo je ozbiljan test koji pokazuje mogućnost vozila da štiti vozačevu glavu. Kako je opterećenje na automobil lokalno, deformacije mogu biti velike pa stup može duboko ući u putnički dio vozila. Bez učinkovite zaštite, stup može udariti glavu prouzročivši ozbiljne ozlijede. Zračni jastuci za glavu, često ugrađeni iznad bočnih prozora, no mogu biti ugrađeni i u sjedala kod prsnog koša ili glave,

¹⁷ engl. SP – Side Pool

postali su uobičajeno rješenje, no potrebna je velika pouzdanost kako bi se osigurala učinkovitost takvih uređaja. Takvi testovi uvedeni su 2001., a usavršeni 2020. godine. [30]



Slika 26. Predodžba SP testiranja, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/lateral-impact/side-pole/ [30]

Sudar sa suprotne strane¹⁸

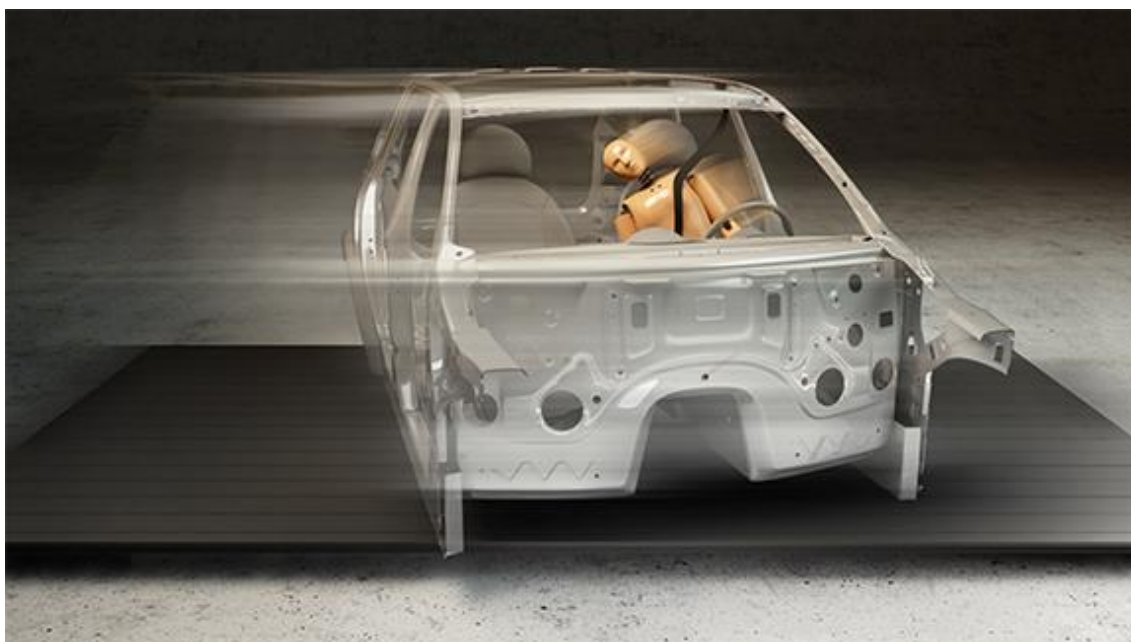
Bočni sudari, prikazani na slici 27, predstavljaju četvrtinu svih sudara pa Euro NCAP izvodi testove sa vozačke strane automobila. Gotovo polovina putnika ozlijeđenih u bočnim sudarima su sa suprotne strane od one koja je sudarena. Takve nesreće mogu uzrokovati ozbiljne nesreće, ovisno o pomicanju vozača i sjedi li koji putnik na suvozačkom sjedalu ili ne.

Neki proizvođači automobila uvode protumjere kako bi izbjegli ozljede takvih sudara. Općenito, one se izvode kao središnje smješteni zračni jastuci koji se aktiviraju vertikalno između dva prednja putnika kako bi im ograničila kretanje na putnika sa suprotne strane od sudara i pružila zaštitu od udara između dva prednja putnika.

U vozilima koja su opremljena središnjim zračnim jastukom, Euro NCAP postavlja dvije lutke na prednja dva sjedala te se ispitivanje provodi zajedno sa SP ili SMB testiranjem. Također, izvode se dodatna ispitivanja tako da se cijelo

¹⁸ engl. FSI – Far-Side Impact

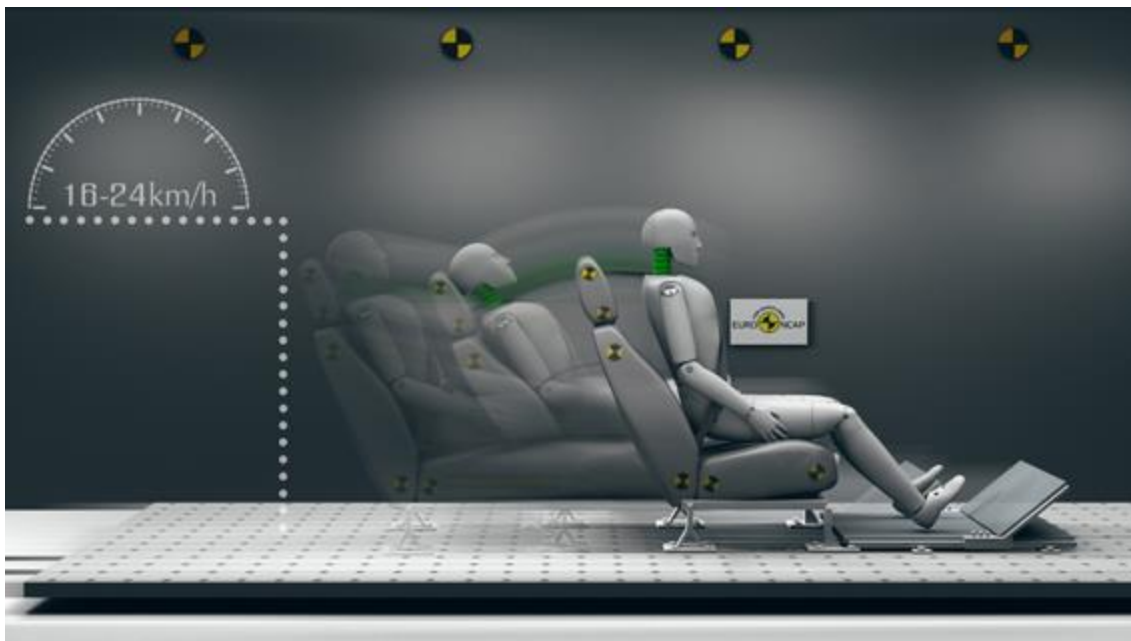
vozilo smjesti na skije. Skije simuliraju akceleraciju koja se osjeti u *SP* ili *SMB* testiranjima, izlažući jednu lutku, smještenu na suprotnu stranu, sličnim uvjetima kao u pravom ispitivanju. U obadva ispitivanja mjere se podaci dobiveni iz lutke vezani za sile i deceleraciju prilikom sudara dobiveni u glavi i vratu, ali i prsnom košu i abdomenu, te se rezultati uračunavaju u dobivena ispitivanja. Ovakvo testiranje uvedeno je 2020. godine. [31]



Slika 27. Predodžba FSI testiranja, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/lateral-impact/far-side-impact/ [31]

3.1.3 Stražnji sudari

Trzajne ozljede vrata povezane su sa brzom i povećanom distorzijom kralježnice mogu biti dugotrajne, teške za saniranje i krajnje štetne za putnike. One su česte, najčešće se događaju u malim brzinama i stražnjim sudarima. Dok takvi sudari rijetko fatalno završavaju, posljedice trzajnih ozljeda vrata mogu imati veliki utjecaj na osobu i društvo, sa godišnjom štetom od 10 milijuna eura u Europi. Sjedala i nasloni za glavu testiraju se na skijama sa malim brzinama i lutkama. Izvode se dva testa, prikazani u slici 28, procjenjujući ozljede vrata, kao i geometriju prednjih i zadnjih naslona za glavu. [32]



Slika 28. Predodžba testiranja trzajne ozljede vrata, izvor: cdn.euroncap.com/media/1798/web_illustrations_tests_whiplash_v006.jpg [32]

3.1.4 Spašavanje i izvlačenje

Tradicionalni pogled na zaštitu od sudara odnosio se kako vozilo štiti svoje putnike tijekom sudara koristeći se zonama gužvanja, sredstvima zadržavanja i zračnim jastucima. Nedavnim usavršavanjima i korištenjem tehnologija naprednih sustava podrške, izbjegavanje sudara postalo je važan dio sigurnosti sa sustavima koji pomažu vozaču ostati u svojoj traci, održavati primjerenu brzinu pa čak i intervenirati i kočiti ako vozač ne reagira na vrijeme. No, sve važniju stavku sigurnosti u današnje vrijeme predstavlja sigurnost nakon sudara¹⁹ koja igra ključnu ulogu u preživljavanju sudara: ona pomaže brzini reagiranja hitnih službi da lociraju nesreću te da se medicinski pobrinu za ozlijeđene. Kako su se kroz godine materijali ojačavali, dodavane zone gužvanja, ugrađeni zračni jastuci na volanu, upravljačkoj ploči, boku i sjedalima vozila, te korištenjem jakih zatezači, sigurnosnog stakla, sigurnosnog pojasa i sl., način na koji putnici ostaju zarobljeni u vozilu postaje sve kompliciraniji što dovodi do toga da izvlačenje putnika postaje sve teže i teže. Korištenje ojačanih čelika zahtjeva korištenje specijalizirane opreme za rezanje, dok sve veće korištenje zračnih jastuka i sigurnosnih pojasa predstavlja sve veću opasnost za one zarobljene u

¹⁹ engl. *post-crash safety*

vozilu kao i za one koji ih pokušavaju osloboditi. Iz toga razloga, Euro NCAP nagrađuje vozila za koja su njihovi proizvođači priredili „spasilački obrazac“²⁰. Taj obrazac, prikazan na slici 30, je spreman za korištenje hitnim službama kojima pomaže identificirati potencijalne opasnosti kao što su lokacije zračnih jastuka, sigurnosnih pojasa, zatezača i kritičnih zavora, kao i najbolja mjesta za rezanje i otvaranje strukture. Time se štedi vrijeme za oslobađanje putnika što doprinosi vjerojatnosti preživljavanja. [33]



Slika 29. Predodžba eCall sustava, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/rescue-and-extrication/ [33]

Također, dodatne bodove vozila mogu zaraditi ako su opremljena sa ePozivom²¹ i/ili sustavom naknadnog kočenja²². eCall, prikazan na slici 29, je sustav koji automatski prepoznaje nesreću i koji obavještava hitne službe. Jednostavni sustavi pružaju informacije o lokaciji nesreće kako bi hitne službe što brže došle, dok napredniji sustavi pružaju informacije o ozbiljnosti nesreće i sudaru. *Multi-collision braking* sustav sprečava sekundarne sudare, koristeći kočnice kako bi zaustavilo vozilo od sudara sa drugim vozilom ili opasnošću uz cestu. Ovi sigurnosni sustavi uvedeni su 2020. godine. [33]

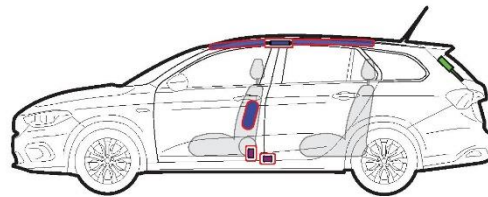
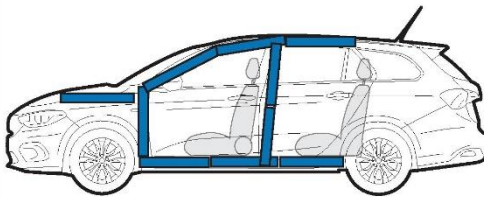
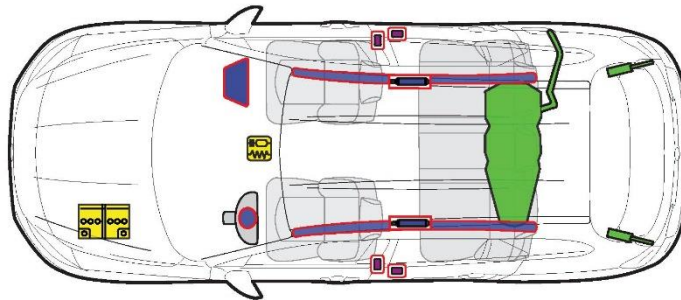
²⁰ engl. „rescue sheet“

²¹ engl. eCall

²² engl. multi-collision braking; sprečava nastavak „slobodnog kretanja“ vozila nakon prvotnog sudara ukoliko vozač nema vozilo pod kontrolom



TIPO SW



Legende

	Airbag		Gasgenerator		Gurtstraffer		SRS-Steuergerät		Fußgängerschutzsystem
	Automatisches Überrollschutzsystem		Gasdruckfeder/vorgespannte Feder		Hochfester Bereich		Bereich, der besondere Aufmerksamkeit erfordert		
	Niederspannungsbatterie		Superkondensator, Niederspannung		Kraftstofftank		Gastank		Sicherheitsventil
	Hochspannungs-Batteriensatz		Hochspannungs-Stromkabel/Komponente		Hochspannungs-Notausschalter		Hochspannungs-Sicherungskasten		Superkondensator, Hochspannung

FCA Italy SpA

ID No.	Version No.	Page N°
	06/2017	1/1

Slika 30. Predodžba spasilačkog obrazca, Fiat Tipo SW, izvor: www.fiat.de/content/dam/fiat/de/rettungsdatenblaetter-pdf/Fiat_Tipo_5Tuerer_Kombi.pdf [34]

3.2 Zaštita dječjih putnika

Procjena zaštite putnika djece pokriva tri područja: zaštitu koju pružaju dječje sjedalice u frontalnim i bočnim sudarima, mogućnost vozila da prilagodi dječje zatezače i sjedala različitim veličinama i dizajnima, te mogućnosti sigurnog prijevoza djece u automobilu .

3.2.1 Učinak dječjih sigurnosnih sjedalice²³

Godišnje u cestovnim prometnim nesrećama na europskim cestama pogiba 1000 djece. Euro NCAP preporuča svim roditeljima prijevoz djece u dječjim sjedalicama primjerenim njihovoj dobi i veličini.

Proizvođač vozila zakonski je obavezan pružiti informaciju o korištenju dječje stolice. Od početaka testiranja, dječje lutke predstavljaju jednoipolgodišnje i trogodišnje dijete koja su smještena na stražnjem sjedalu automobila, u dječjim sjedalicama preporučenom od strane proizvođača automobila. 2016. godine je konfiguracija testa promijenjena tako da dječje lutke predstavljaju šestogodišnje i desetogodišnje dijete, smještene na prilagođenom sjedalu ili jastuku.

Glavni kriteriji mjereni kod lutaka tijekom testa su kretanja glave, opterećenje vrata i ubrzanje prsnog koša. Nagrađuje se vozilo ako ispitni kriteriji ostanu na niskoj razini ili ako niti jedna lutka ne izlete sa sjedala ili ne napravi neki jaki kontakt, udarac, sa interijerom vozila tijekom sudara. Ovo osigurava da djeca ostanu zaštićena tijekom sudara. Test, predložen slikom 31, je uveden 1997., a nadograđen 2016. godine. [35]

²³ engl. CRS Performance



Slika 31. Predodžba CRS testiranja, izvor: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/child-occupant-protection/crs-performance/> [35]

3.2.2 Odredbe za vozila

Sve dječje sjedalice moraju proći određene testove prije nego odu na prodaju. Najnoviji europski standard za dječje sjedalice je poznat kao i-Size. Sve i-Size dječje sjedalice koriste ISOFIX, predloženi slikama 32, sustav prikopčavanja dječjih sjedalice koji ih direktno povezuje sa šasijom automobila. Euro NCAP potiče dostupnost i-Size sustava spremnih za korištenje u vozilima zajedno sa drugim dodatcima koji povećavaju siguran prijevoz djece. Nagrađuje se vozilo koje je opremljeno ISOFIX spojnicama na različitim pozicijama sjedenja, natpisom „i-Size“, prekidačem za isključivanje prednjeg zračnog jastuka sa jasnim uputama za korištenje, ugrađenim dječjim sjedalicama itd. Ovakva ispitivanja uvedena su 1997., a nadopunjena 2016. godine. [36]



Slika 32. Mjesto vezivanja dječje sjedalice sa vozilom



3.2.3 Provjera ugradnje dječjih sjedalice

U svakodnevnim situacijama, pogrešna montaža dječjih sjedalice može drastično smanjiti njihovu učinkovitost. Pogrešna uporaba dječjih sjedalice može biti zbog pogreške vlasnika ili zbog nepodudaranja dječje sjedalice i vozila. Kako bi se rizici od pogrešne uporabe smanjili na minimum, Euro NCAP provodi ispitivanje montaže dječje sjedalice.

Testiranje se provodi tako što se odabrane dječje stolice montiraju na vozilo. Prilikom testiranja, provjerava se dužina pojasa, smještaj kopče pojasa, dostupnost ISOFIX-a te stabilnost dječjih sjedalice u tipičnim uvjetima u vozilu, predloženi slikom 33. Euro NCAP također potiče smještaj dječjih stolica i prijevoz novorođenčeta u suprotnom smjeru od smjera vožnje. Vozilo se nagrađuje ako

se dječje stolice mogu pravilno i jednostavno ugraditi na sve prikladne sjedeće pozicije u vozilu. Priručnik vozila mora jasno spomenuti sjedeće pozicije na kojima se dječje stolice ne smiju montirati. [37]



Slika 33. Predodžba CRS ispitivanja, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/child-occupant-protection/crs-installation-check/ [37]

3.3 Zaštita ranjivih skupina u prometu (VRU)²⁴

Kao što se ispituje kako dobro automobil štiti svoje putnike, Euro NCAP testira kako dobro će zaštititi ranjive skupine u prometu, pješake i bicikliste, sa kojima se mogu sudariti.

U ovim se ispitivanjima procjenjuje potencijalni rizik za ozljede glave, kukova te gornjeg i donjeg djela nogu pješaka. Automobili mogu dobiti dodatne bodove ukoliko imaju autonomno hitno kočenje²⁵ koje može prepoznati pješake i bicikliste.

3.3.1 Udarac u glavu

Oko 14 posto svih nastradalih u prometu u Europi su pješaci, od kojih djeca i stariji predstavljaju najveći rizik. Pješaci čine jednu od glavnih kategorija ranjivih sudionika u prometu, koja uključuje i bicikliste i motocikliste.

Najviše se nesreća sa pješacima događa u gradovima gdje su brzine umjerene. Glava, donji dio tijela i noge najčešće su ozlijeđeni dijelovi tijela. Kako

²⁴ engl. – Vulnerable Road User (VRU) Protection

²⁵ engl. AEB – Autonomous Emergency Braking

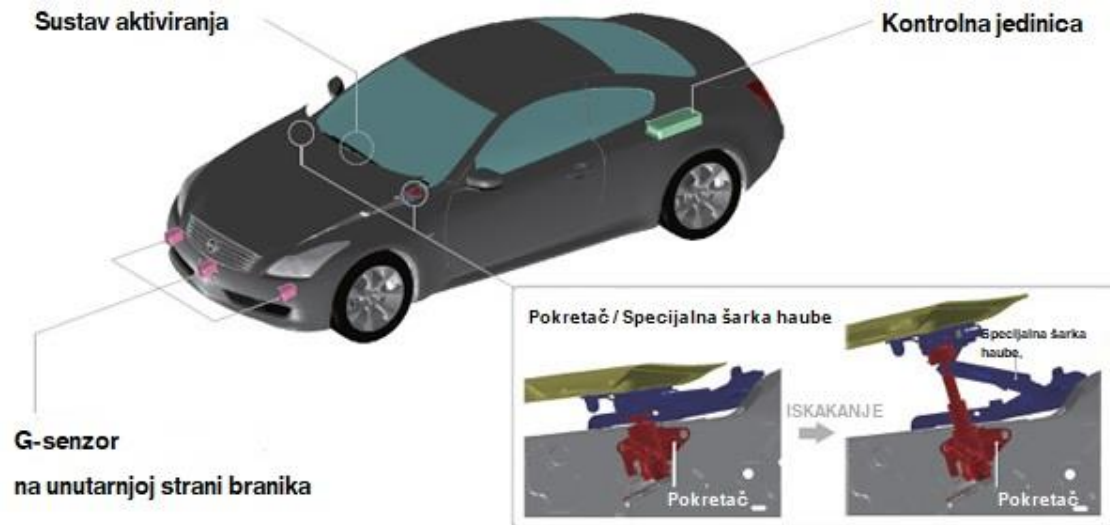
bi procijenili potencijalni rizike ozljeda glave u nekom naletu vozila na odraslog ili dijete, provodi se niz testova pri brzini od 40 km/h koristeći odraslu ili dječju glavu kao sredstvo udarca, predočeni slikom 34. Mjesta se udaraca procjenjuju i zaštita se ocjenjuje kao dobra, adekvatna, marginalna, slaba ili loša.

Ovo testiranje promovira strukture koje upijaju energiju, uklanjaju deformacije te sustave zaštite poput *pop-up*²⁶ poklopaca motora i vanjskih zračnih jastuka, predočenih slikom 35, 36 i 37. Ovaj test je predstavljen 1997., a unaprijeđen 2013. godine. [38]



Slika 34. Predodžba simulacije naleta vozila na glavu pješaka, izvora: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/head-impact/ [38]

²⁶ engl. odskočni poklopci motora, haube, koji se prilikom udarca sami odskoče od zakočenog položaja te time amortiziraju udarac pješaka o automobil



Slika 35. Predodžba osnovnih dijelova pop-up haube, Mazda, izvor: www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/puehfpp.html [39]



Slika 36. Predodžba načina rada pop-up haube, Mazda, izvor: www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/puehfpp.html [39]



Slika 37. Predodžba rada vanjskog zračnog jastuka na Volvu V40, prvom automobilu koji je njime opremljen, izvor: volvocars.com (2013.) [40]

3.3.2 Udarac u gornji dio noge

Oblik ruba haube odnosno poklopca motora može odigrati ključnu ulogu u ishodu sudara vozila sa pješakom i pridonijeti ozljedama kukova i bedrene kosti.

Kako bi procijenili potencijalni rizik ozljeda kukova (zdjelica) i bedrene kosti u događajima kada vozilo udara u odraslog pješaka, provodi se niz testova pri brzini od 40 km/h koristeći gornji dio nogu odraslog čovjeka kao sredstvo udarca, predloženih slikom 38. Mjesta se udaraca procjenjuju i zaštita se ocjenjuje kao dobra, adekvatna, marginalna, slaba ili loša. Ispitivanje promovira strukture koje apsorbiraju energiju i korištenje oblika koji više smanjuju ozljede. Ispitivanje je uvedeno 1997., a unaprijeđeno 2015. godine. [41]



Slika 38. Predodžba Simulacije naleta vozila na gornji dio nogu pješaka, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/upper-leg-impact/ [41]

3.3.3 Udarac u donji dio noge

Tipične ozljede od udaraca noge o branik uključuju prijelom nogu, koljena i ligamenata. Takve ozljede nogu rijetko su fatalne, no često su povezane sa trajnim medicinskim oštećenjima.

Kako bi procijenili potencijalni rizik ozljeda nogu u događajima kada vozilo udara pješaka, provodi se niz testova pri brzini od 40 km/h koristeći ljudsku nogu kao sredstvo udarca, predloženo slikom 39. Ispitivanje promovira strukture koje apsorbiraju energiju i korištenje oblika koji više smanjuju ozljede nogu. Ispitivanje je uvedeno 1997., a usavršeno 2015. godine. [42]



Slika 39. Simulacija naleta vozila na donji dio nogu pješaka, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/lower-leg-impact/ [42]

3.3.4 AEB²⁷ pješaci

Brzina je ključni faktor u određivanju ishoda ozljeda nakon naleta automobila na ranjivog sudionika u prometu. Mnogi su automobili sada opremljeni sustavom autonomnog kočenja u nuždi koji sigurno zaustavi automobil prije nego pogodi ranjivog sudionika u prometu, najčešće pješaka ili biciklista, ili barem smanjiti brzinu udara.

Za detektiranje pješaka, Euro NCAP provodi tri scenarija nesreća u kojima pješak prelazi odmah ispred putanje testnog vozila: prvi u kojem pješak hoda u istom smjeru kao i vozilo, drugi u kojem pješak prelazi cestu za vrijeme skretanja automobila i treći u kojem se pješak nalazi iza automobila koji vozi u nazad. Svi ti scenariji predstavljaju situacije koje mogu završiti fatalnim ozljedama pješaka ukoliko automobil nije intervenirao da spriječi ili ublaži udar. Scenariji prelaska ceste su: odrasla lutka trči sa vozačeve strane vozila; odrasla lutka hoda sa suvozačke strane automobila (dva testiranja se provode za ovaj scenarij), i dječja lutka trči između parkiranih automobila sa suvozačke strane automobila. Dva se testiranja provode u uzdužnom scenariju: jedan sa pješakom poravnatim

²⁷ engl. Autonomous Emergency Braking – autonomno kočenje u nuždi, ili Automatic Emergency Braking – automatsko kočenje u nuždi

sa sredinom vozila, drugi sa pješakom pomaknutim u jednu stranu vozila. Uzdužni se scenarij i scenarij sa prelaskom ceste ponavljaju i u uvjetima smanjenje vidljivosti, lošeg osvjetljenja, jer se u takvim situacijama i najviše pješačkih nesreća i događa. Dva se scenarija koriste kada pješak prelazi cestu u koju automobil skreće: prvi u kojem automobil skreće u svoju bližu stranu, drugi u kojem automobil skreće u svoju dalju stranu. Ove dvije verzije istog scenarija predstavljaju različite izazove zbog relativnih kutova i udaljenosti između testnog automobila i pješaka. Zadnji scenarij je vožnja u nazad. Puno pješaka, posebice djece, nastrada ili pogine vožnje u nazad vozila prema njima. Euro NCAP-ovi testovi ponavljaju takve situacije sa različitim brzinama vozila i objekta testiranja. Sva testiranja predočena su slikama 40, 41, 42, 43 i 44.

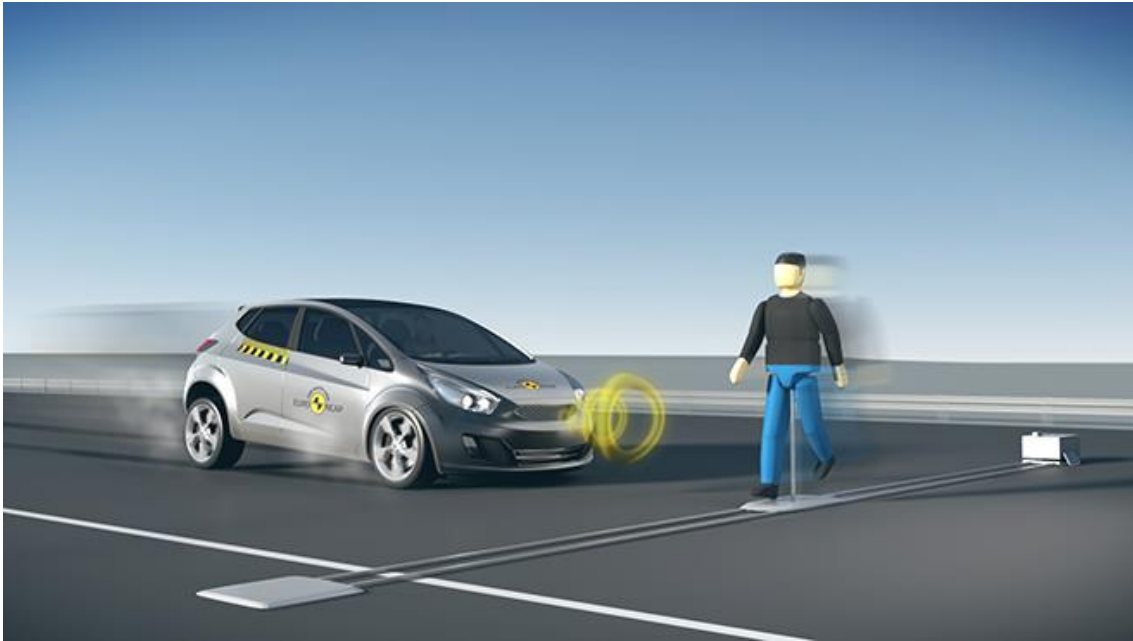
Koristi se posebno dizajnirana lutka pješaka koja ima pomične kukove kako bi replicirala ljudske kretnje u hodanju. Od automobili koji uspješno prođu ispitivanje očekuje se da imaju značajno smanjen rizik za nesreće sa pješacima u stvarnim uvjetima vožnje. U nekim slučajevima, AEB pješačka tehnologija ne može u potpunosti izbjeći sudar. Iz toga razloga, Euro NCAP samo nagrađuje tehnologije u kojima testovi naleta na pješake pokazu da automobil ima dizajn prednjeg djela vozila (maske) koji oprašta pogreške. Ovakav test uveden je 2016., a usavršen je ispitivanjima u zavoju 2020. godine. [43]



Slika 40. Ispitivanja izbjegavanja naleta na pješaka prilikom vožnje u nazad, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-pedestrian/ [43]



Slika 41. Ispitivanje izbjegavanje naleta na pješaka prilikom skretanja vozila, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-pedestrian/ [43]



Slika 42. Ispitivanja izbjegavanja naleta vozila prilikom prelaska pješaka preko ceste, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-pedestrian/ [43]



Slika 43. Ispitivanje izbjegavanja pješaka u uvjetima smanjene vidljivosti, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-pedestrian/ [43]



Slika 44. Ispitivanje izbjegavanja naleta vozila na djecu prilikom iznenadnog prelaska ceste iza parkiranog vozila, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-pedestrian/ [43]

3.3.5 AEB biciklisti

Za detekciju biciklista, Euro NCAP provodi testiranje u nekoliko scenarija u kojima biciklisti prelaze preko putanje testnog vozila: biciklist je ispred automobila i prilazi mu sa bliže strane te bi bio udaren ako automobil ne izbjegne sudar; druga slična situacije je vidljivost prema biciklistu blokirana parkiranim vozilima i gdje biciklist dolazi sa dalje strane testnog vozila prema njegovoj putanji. Također, provode se dva različita testiranja gdje biciklist putuje u istome smjeru kao testno vozilo. Takvi scenariji reprezentiraju tipične situacije u kojima se može dogoditi fatalna nesreća između automobila i biciklista, a svaka predstavlja izazov AEB sustavu u pogledu razine „vidljivosti“ i brzine reakcije. Iz tog razloga, proizvođači moraju kreirati sustave kako bi izbjegli sudare ili smanjili njihovu ozbiljnost, bilo kočeći ili koristeći autonomno upravljanje u nuždi²⁸ (AES). Kao i AEB, AES intervenira samo kada je sudar nemoguće izbjeći. Primjenjuje se kratko, ali jako skretanje volana, obično uz kočenje, kako bi se izbjegao sudar. Slični sustavi, poznatiji kao hitna upravljačka podrška²⁹ preuveličava radnju skretanja vozača u slučaju nužde, kako bi se izbjegao sudar.

²⁸ engl. AES – Autonomous Emergency Steering

²⁹ engl. ESS – Emergency Steering Support

Posebno dizajnirana meta biciklista se koristi u ovim testovima. Bicikli su montirani na pokretnim platformama, a lutka biciklista se pokreće u ritmu ljudskog pedaliranja, predočeno slikama 45, 46 i 47. Uočavanje biciklista je tehnički kompliciranije u usporedbi sa pješakom jer su njihove brzine veće: proizvođači vozila moraju koristiti senzore sa širim vidnim poljem i sa manjim vremenom obrade podataka kako bi se donijela odluka kočiti ili ne. Euro NCAP daje najveće ocijene ako je sudar u potpunosti izbjegnut. U nekim slučajevima, AEB sustav ne može zaustaviti vozilo u potpunosti te se daje nekoliko bodova zbog smanjenja brzine udarca koji imaju pozitivan učinak u rezultatu ozljeda. Ovo ispitivanje uvedeno je 2018., a usavršeno 2020. godine.



Slika 45. Predodžba ispitivanje izbjegavanja naleta vozila na biciklista zaklonjenog parkiranim vozilima, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-cyclist/ [44]



Slika 46. Izbjegavanje naleta vozila na biciklista koji vozi preko putanje vozila, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-cyclist/ [44]



Slika 47. Izbjegavanje naleta vozila na biciklista koji vozi putanjom vozila, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-cyclist/ [44]

3.4 Sigurnosna podrška

Ocjena sigurnosne podrške dobiva se pomoću testiranja najvažnijih vozačkih asistencijskih tehnologija koje daju podršku sigurnoj vožnji kako bi se izbjegle i ublažile nesreće. U ovim testovima, Euro NCAP provjerava funkcionalnost i/ili performanse tijekom normalne vožnje i u tipičnim scenarijima nesreća.

3.4.1 AEB automobil u automobil³⁰

Sudari automobila u automobil najčešći su oblik nesreća na europskim cestama. Tipični se sudari događaju u gradu ili na otvorenoj cesti gdje je vozač ometen i ne primjećuje da je promet ispred njega zaustavljen, usporava ili vozi smanjenom brzinom. Sustav autonomnog kočenja u nuždi (AEB) koristi senzore koji detektiraju postojanje potencijalne opasnosti ispred vozila i, ako vozač ne učini nešto na vrijeme, primjenjuje kočenje kako bi se izbjegao sudar ili smanjila njegova ozbiljnost. Obično, senzori (osjetnici) koji se koriste su kamere, radari³¹ i lidari³², a sustavi mogu ih koristiti pojedinačno ili u kombinaciji (poznatije kao senzorska fuzija) kako bi se dostigli zahtjevi postavljeni od strane proizvođača vozila. Najviše sustava kombinira autonomna kočenja sa prednjim upozorenjem na sudar, koji uzbunjuje (alarmira) vozača na potencijalnu opasnost kako bi reagirao na vrijeme. Samo onda kada vozač ne reagira na vrijeme sustav intervenira i poduzima sigurnosno kočenje, predočeno slikama 48 i 49. [45]

³⁰ engl. AEB Car-to-Car; autonomno kočenje u nuždi između automobila

³¹ engl. RADAR – *Radio Detection and Ranging*; otkrivanje i određivanje udaljenosti radiovalovima

³² engl. LIDAR – *Light Detection and Ranging*; otkrivanje i određivanje udaljenosti svjetlosnim valovima (laserima), drugi naziv im je optički radar (engl. *light radar*) i laserski radar



Slika 48. Predodžba ispitivanja zaustavljanja i izbjegavanja naleta na sporije vozilo pomoću AEB sustava, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/aeb-car-to-car/ [45]

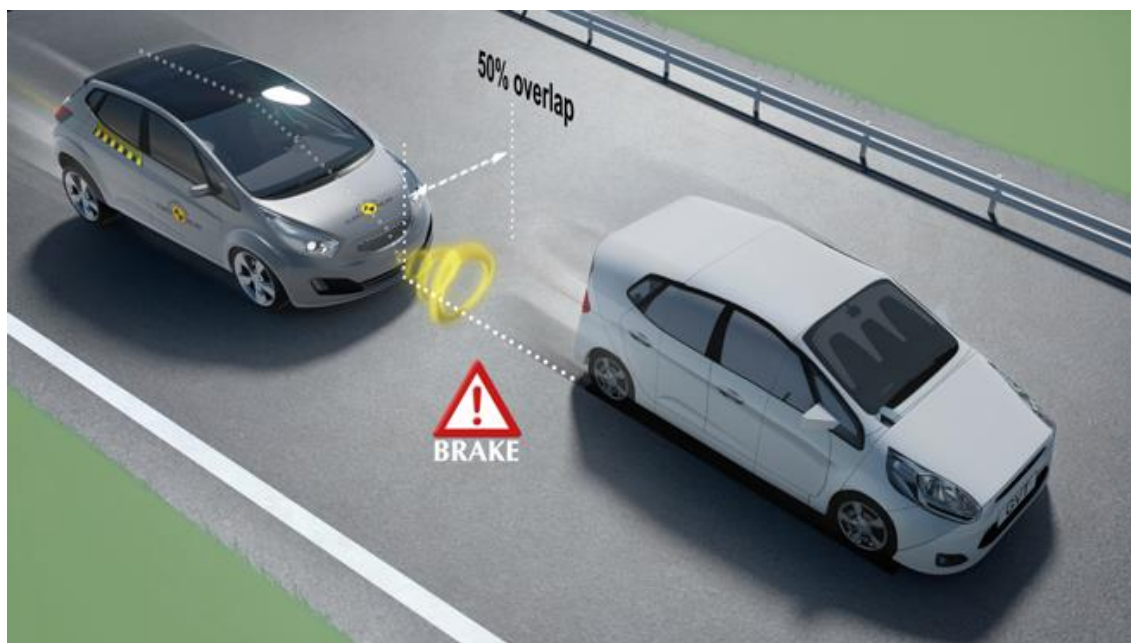
Kada su ove tehnologije prvi puta bile ponuđene javnosti, sustavi su obično bili podijeljeni između onih koji se koriste na malim brzinama i na onim koji se koriste na velikim brzinama. Sustavi na niskim brzinama obično su koristili kamere ili lidare kao senzore i bili su učinkoviti na uobičajenim gradskim brzinama na kojima se najčešće događaju trzajne ozljede vrata. Sustavi predviđeni za korištenje na visokim brzinama obično su koristili radare u suradnji sa kamerama kako bi mogli uočiti opasnosti na većim udaljenostima i dobiti na vremenu reakcije. Ovi sustavi pružaju opću zaštitu od svih ozljeda smanjujući ozbiljnost nesreća.

Kada je Euro NCAP prvi put testirao AEB sustave 2014. g., testovi su bili podijeljeni u dvije skupine, ocjenjujući zaštitu odraslih putnika u niskim brzinama (AEB City³³) i sigurnosnu podršku koja je učinkovita na visokim brzinama (AEB Interurban³⁴). Kroz vrijeme, razlika između ove dvije skupine je postala sve manje vidljiva. Senzorska tehnologija je dovoljno napredovala pa se tako jedan senzor mogao koristiti za sve brzine. Shodno tome, od 2020. g., Euro NCAP samo

³³ AEB City – autonomno kočenje u nuždi u gradskom prometu

³⁴ AEB Interurban – autonomno kočenje u nuždi u međugradskom prometu

ocjenjuje AEB *Car-to-Car* na svim brzinama. AEB sustavi za ranjive skupine u prometu kao što su pješaci i biciklisti se posebno ocjenjuju.



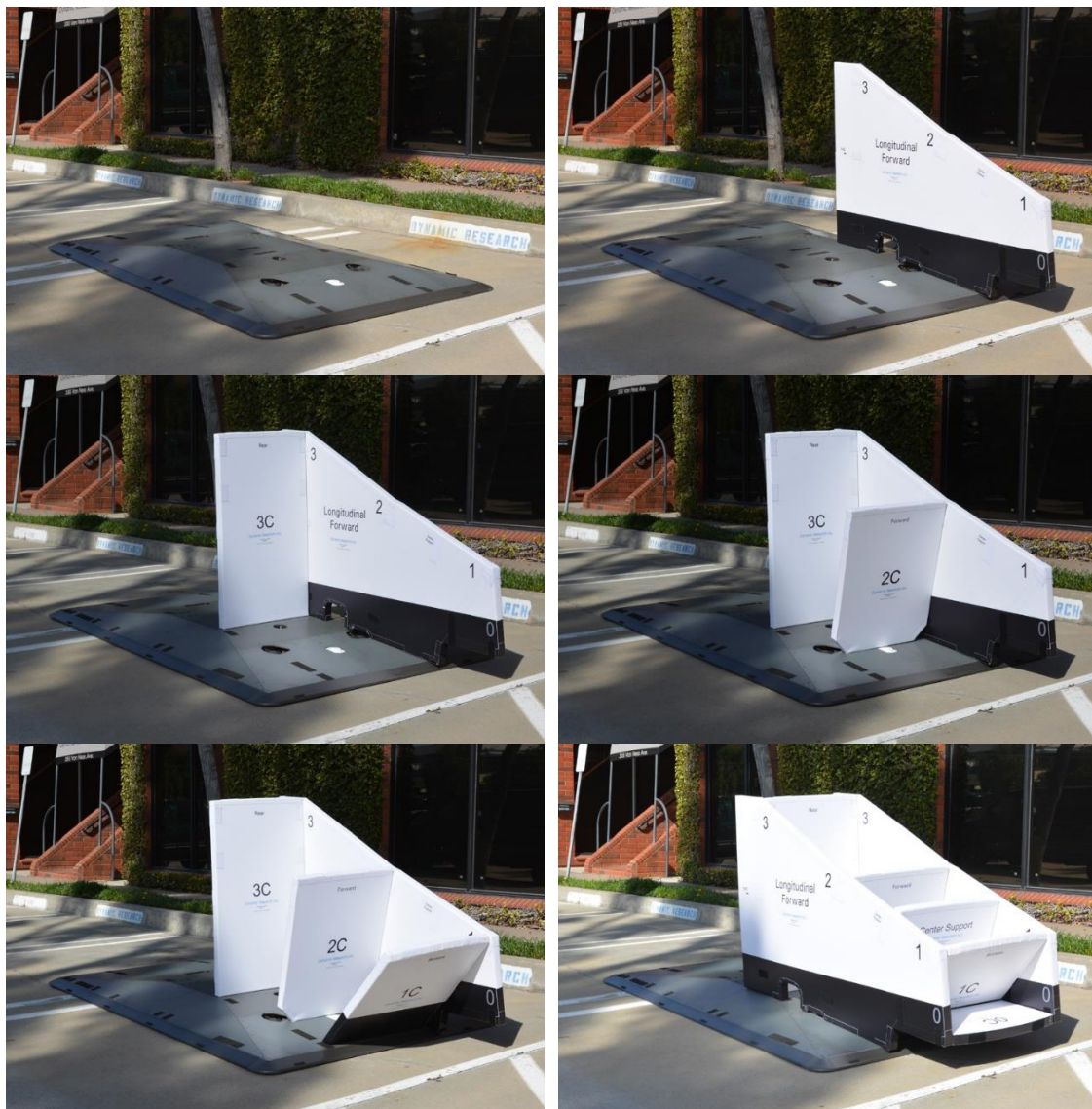
Slika 49. Ispitivanje i izbjegavanje naleta na zaustavljeno vozilo pomoću AEB sustava, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/aeb-car-to-car/ [45]

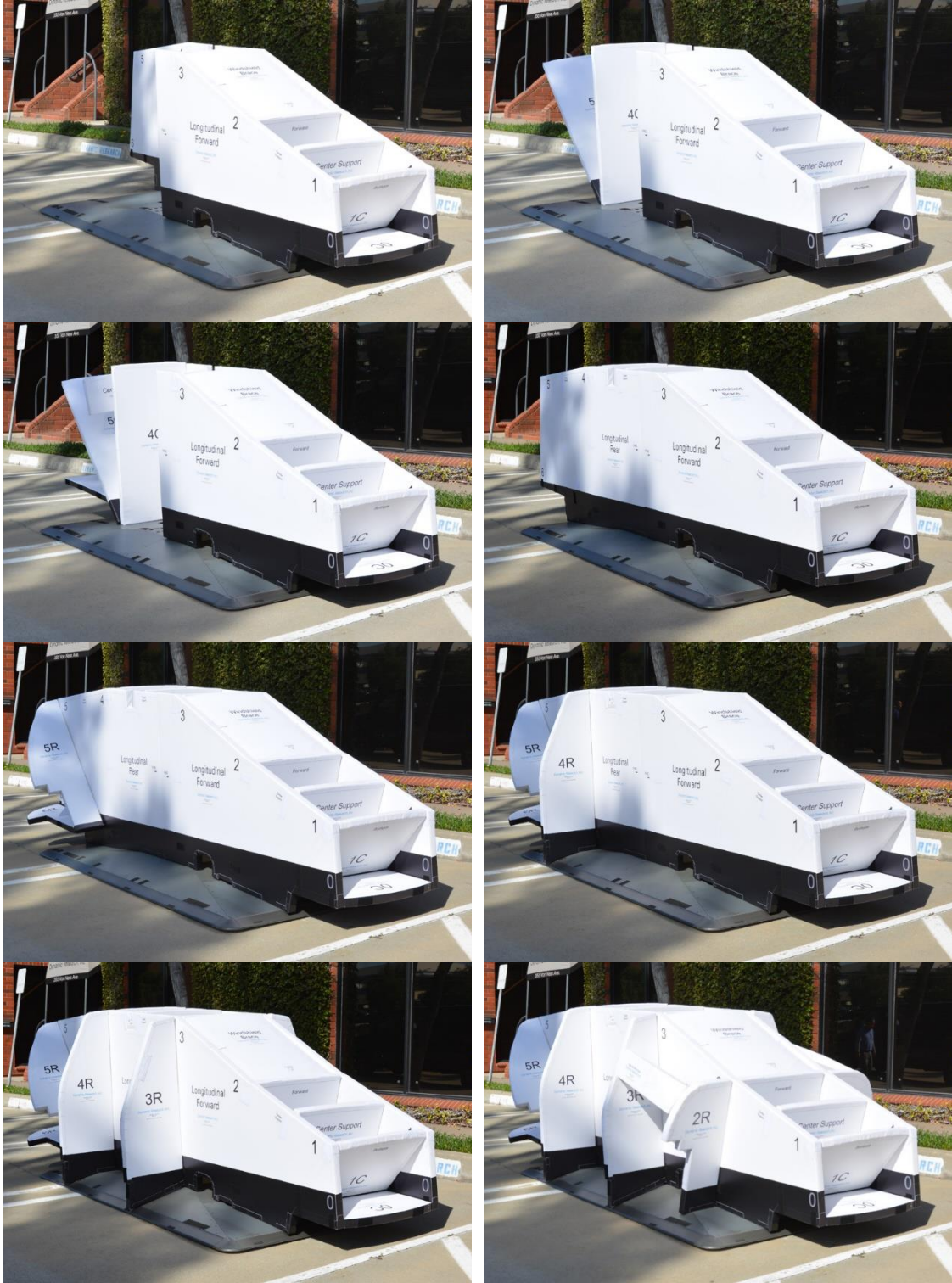
Tri se scenarija ispituju za automobil koji dolazi odostraga drugome vozilu: kada je ciljno vozilo zaustavljeno; kada se ciljno vozilo kreće manjom brzinom od testnog vozila; i kada ciljno vozilo usporava, i naglo i lagano, na različitim udaljenostima ispred testnog vozila. Za prva dva scenarija, zaustavljeno i sporokrećuće ciljno vozilo, ispiti se ponavljaju sa lijevo i desno neporavnatim vozilom, gdje je središnja linija testnog vozila nije u liniji sa središtem ciljnog vozila. Kako bi senzori testnog vozila „vidjeli“ stranu ciljnog vozila u ovim neporavnatim testovima, razvijena je posebno dizajnirana daljinski kontrolirana 3D meta, poznatija kao *Global Vehicle Target (GVT)*³⁵, predloženo slikama 50. U ovim testovima, najviše ocijene dobiva sustav koji može izbjeći sudar u svim testnim uvjetima ili može ozbiljno umanjiti ozbiljnost sudara. No, potrebno je naglasiti kako je AEB sustav podrške kojim se vozač ne smije previše oslanjati. U zahtjevnijim situacijama, aktivacija AEB-a možda nije dovoljna ili nije dovoljno brza kako bi se sudar izbjegao u potpunosti, iako se brzina sudara (udarca) može ozbiljnije smanjiti. Dobra zaštita putnika služi kako bi se izbjegle ozbiljnije

³⁵ engl. GVT – Global Vehicle Target; svjetsko ciljno vozilo

posljedice. Na manjim brzinama, ispitivanja sa stacionarnim vozilom koriste samo automatsko kočenje kao dio sustava, jer je premalo vremena da bi upozorenje vozaču bilo djelotvorno.

Od 2020. ispituje se dodatni scenarij. U njemu, testno vozilo skreće (npr. u ulicu) presjekavši putanju nadolazećeg vozila. Brzina testnog vozila i nadolazećeg vozila su različite, a ocjenjuje se koliko djelotvorno AEB sustav otkriva nadolazeću opasnost i zaustavlja vozilo na vrijeme. Ovi su testovi uvedeni 2014., a nadograđeni 2020. godine. [45]









Slika 50. Predodžba sastavljanja pouzdanog 3D vozila - GVT-a, izvor: <http://www.dri-ats.com/soft-car-360/> [46]

3.4.2 Praćenje stanja putnika

Sigurnosni pojas ostaje najvažnija sigurnosna oprema u vozilu. Bez njega, putnici nisu vezani pa drugi zaštitni uređaji poput zračnih jastuka ne mogu pravilno raditi bez kontrolirane, predvidljive kinematike koju sigurnosni pojas pruža.



Slika 51. Predodžba sustav praćenja stanja vozača koji prepoznaje umor vozača npr. nakon duge vožnje, te mu predlaže odlazak na odmorište, izvor: euroncap

Euro NCAP već godinama pozitivno ocjenjuje podsjetnike na zračne jastuke i slične sustave koji su djelom praćenja stanja putnika. Uz SBR³⁶ na slici 52, postoje nove tehnologije koje prate stanje vozača: njegovu budnost i sposobnost praćenja prometa. Umor vozača i zaokupljenost drugim stvarima mogu biti najveći faktor u nastanku prometnih nesreća, stoga moraju biti otkriveni izravnim praćenjem oka vozača, ili neizravnim praćenjem ponašanja vozača koje su karakteristične za vozača pod utjecajem opojnih sredstava, predočeno slikom 51.

³⁶ engl. SBR - Seat Belt Reminder; podsjetnik na sigurnosni pojas



Slika 52. Predodžba SBR sustava, upozoravanje na vezanje sigurnosnim pojasom, izvor: euroncap

3.4.3 Sustavi brzinske podrške³⁷

Prekomjerna je brzina važan uzrok i faktor ozbiljnosti u brojnim prometnim nesrećama. Ograničenjem brzine pokušava se brzina prometa držati na prikladnim razinama za određeni okoliš, osiguravajući sigurnost motociklista i ostalih sudionika u prometu. Prikladno određena, ograničenja brzine omogućuju efikasan protok prometa i pridonose sigurnijim uvjetima vožnje. Veće pridržavanje ograničenja brzine spriječilo bi brojne nesreće i ublažilo njihove posljedice.

Euro NCAP procjenjuje različite funkcije sustava brzinske podrške:

- informiranje vozača na postojanje ograničenja brzine;
- upozorenje vozaču kada brzina automobila iznad ograničenja brzine;
- aktivno sprečavanje prekoračenja brzine ili održavanje postavljene brzine.

Najnapredniji sustavi, bilo ograničivači brzine ili napredni adaptivni tempomati³⁸, predloženi slikom 53, kombiniraju njihove mogućnosti te se postavljanje ograničenja brzine jednostavno potvrđuje detektiranom brzinom

³⁷ engl. SAS – *Speed Assist Systems*

³⁸ engl. ACC – intelligent Adaptive Cruise Control

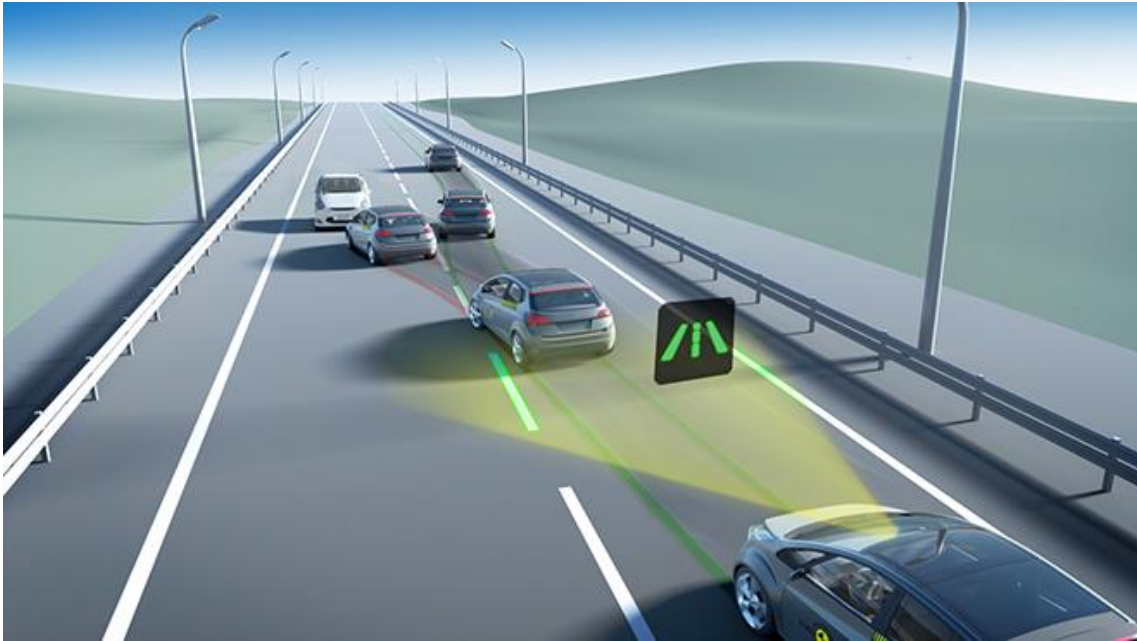
preko postavljenog znaka uz cestu ili digitalnom kartografskom bazom podataka. Funkcionalnost sustava se mora osigurati tako da sustav ne odvlači pažnju vozača sa ceste. Također, mora se dati suptilno upozorenje vozaču kada vozilo nije u mogućnosti kontrolirati zadanu maksimalnu brzinu. Za sustave koji aktivno kontroliraju brzinu, provode se testiranja koja osiguravaju da sustav radi ispravno. Ovakav test je uveden 2009., a nadograđen 2018. godine. [47]



Slika 53. Predodžba korištenja SAS tehnologije automatskog postavljanja brzine preko očitavanja znaka sa ceste ili kartografskih digitalnih podataka, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/speed-assistance/ [47]

3.4.4 Održavanje voznog traka

Brojne nesreće se događaju kada vozilo napusti svoju voznu traku, bilo postupno zbog nepažnje vozača, ili naglo zbog pogrešne procjene zavoja. Napuštanje vozne trake može voditi do ozbiljnih nesreća sa nadolazećim prometom ili preprekama na ili pokraj ceste.

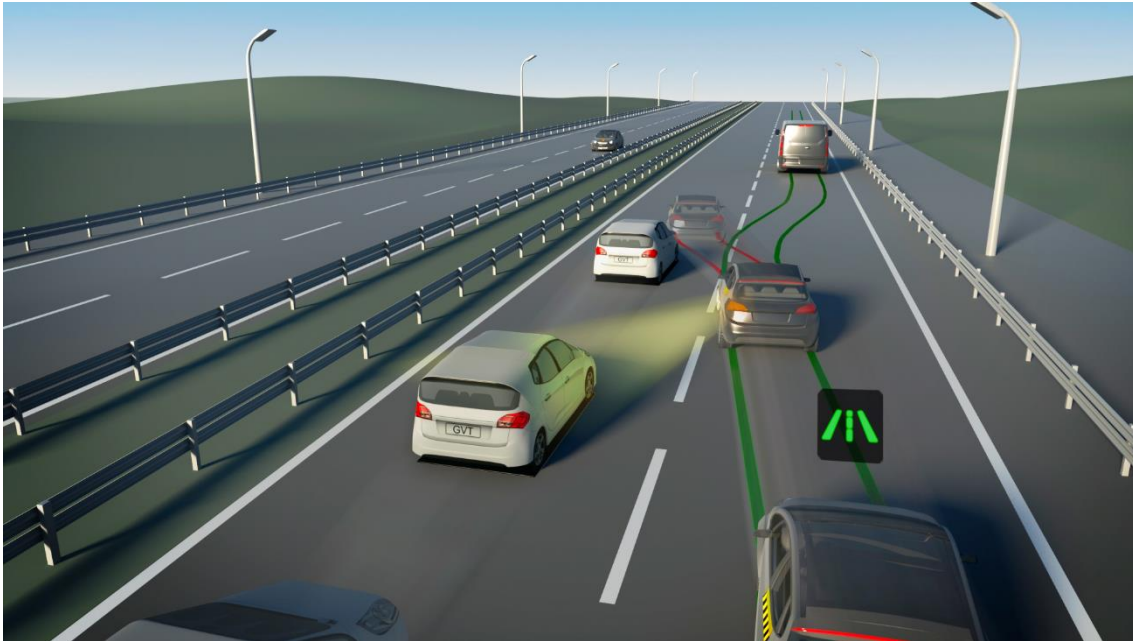


Slika 54. Prikaz aktiviranja ELK sustava na nadolazeći promet i vraćanja vozila u svoju traku, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/lane-support/ [48]

Sustav podrške očuvanja vozne trake³⁹ pomaže pri korekciji putanje vozila koji postupno skreće sa svoje trake. Najčešće se tada javlja upozorenje koje pokušava obavijestiti vozača da ispravi putanju vozila, istovremeno lagano skrećući kako bi se vozilo zaustavilo od napuštanja svoje trake, prikazano na slici 54 i 55. Sustav podrške očuvanja vozne trake u nuždi⁴⁰ intervenira puno agresivnije, i to samo kada je detektirana kritična situacija. Na primjer, ELK će jako skrenuti ako osjeti da će automobil sletjeti sa ceste. [48]

³⁹ engl. LKA – Lane Keep Assist system

⁴⁰ engl. ELK – Emergency Lane Keeping system

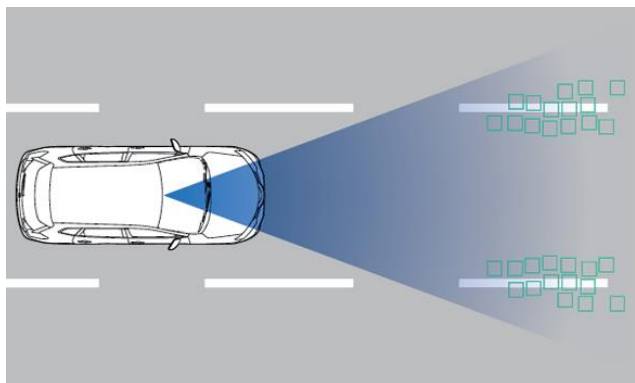


Slika 55. Prikaz aktiviranja ELK sustava prilikom pretjecanja koristeći sustav praćenje mrtvog kuta (BSM), izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/lane-support/ [48]

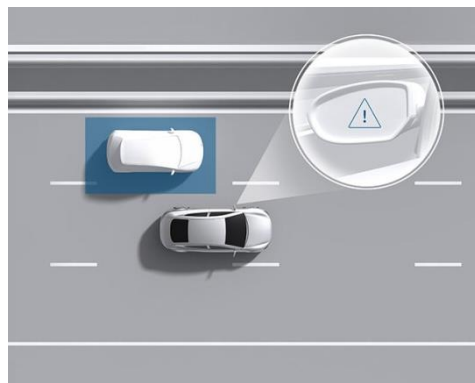
Euro NCAP ocjenjuje LKA i ELK sustave, koristeći standardni set ispitivanja na testnoj stazi. Oba su sustava testirana na različitim tipovima cestovnih oznaka, uključujući pune trake i isprekidane trake, te u situacijama gdje rub ceste nije obilježen nikakvom trakom, predočene slikama 58 i 59. Učinak se sustava ocjenjuje prema blizini vozila od ruba oznake trake ili ruba ceste za vrijeme intervencije. Dodatne bodove dobivaju automobili koji su opremljeni sustavom upozorenja napuštanja vozne trake⁴¹ i sustavom praćenja mrtvog kuta⁴². Sam način rada predočen je slikama 56 i 57. Ovaj test je uveden 2014., a nadopunjen 2018. godine. [48]

⁴¹ engl. LDW – Lane Departure Warning system

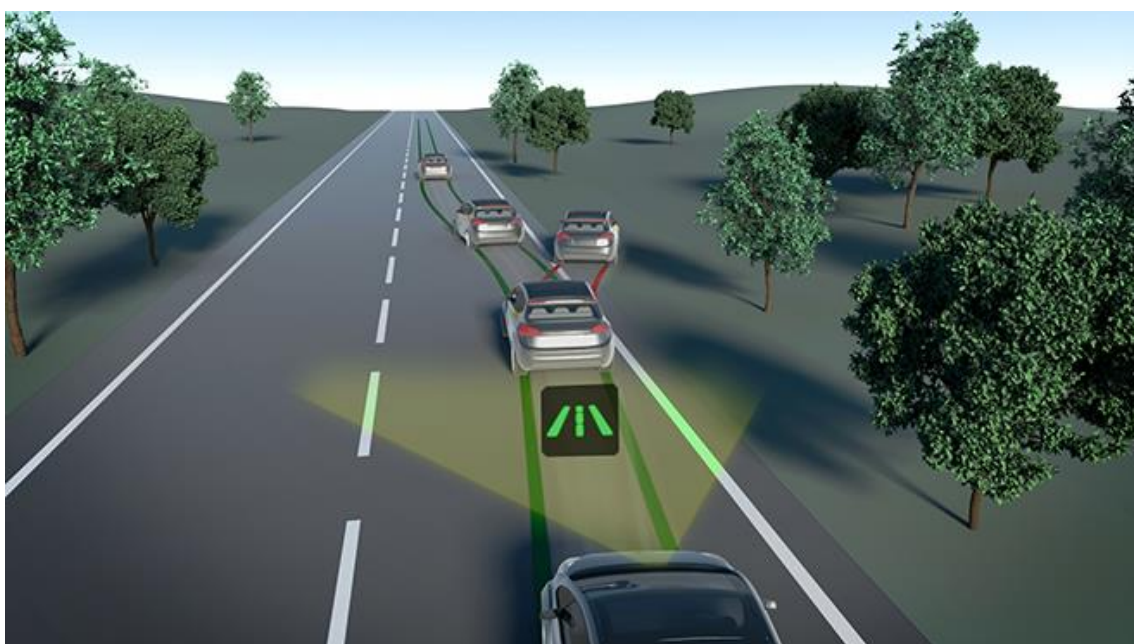
⁴² engl. BSM – Blind Spot Monitoring system



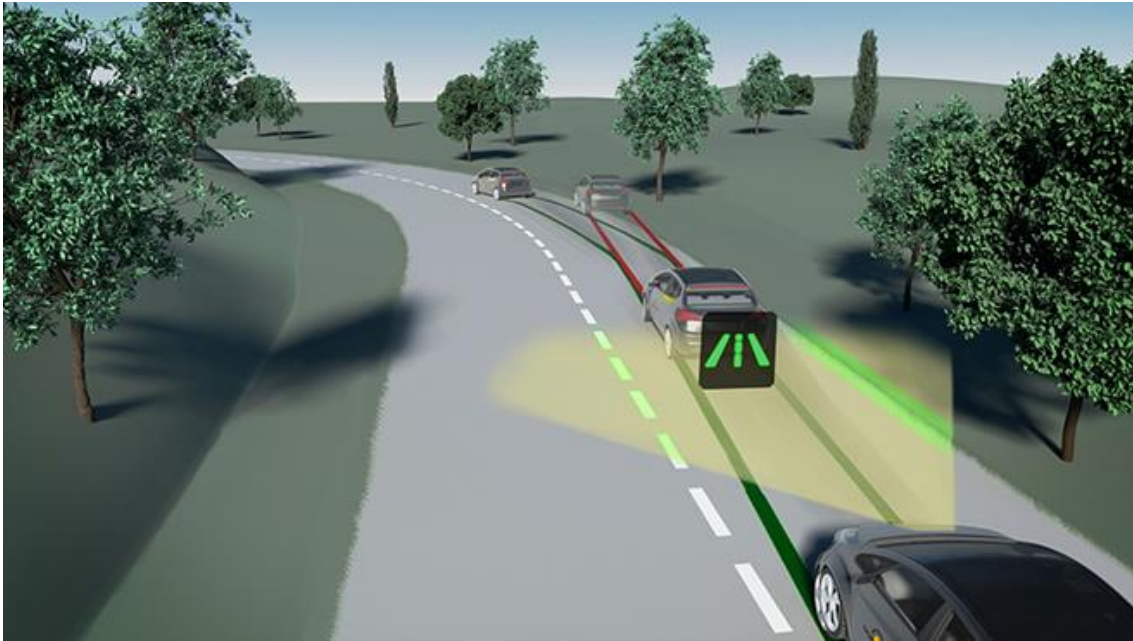
Slika 56. Način rada Nissanovog LDW sustava prepoznavanja traka, izvor: Nissan [49]



Slika 57. Način rada Boschovog BSM sustava, izvor: Bosch [50]



Slika 58. Prikaz održavanja vozne trake, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/lane-support/ [48]



Slika 59. Prikaz održavanja vozne trake i prepoznavanja ruba ceste, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/lane-support/ [48]

3.4.5 Elektronička kontrola stabilnosti⁴³

ESC je jako efikasan sustav koji pomaže vozaču održati kontrolu automobila, tako izbjegavajući ili umanjujući ozbiljnost sudara. ESC je tehnologija koji unapređuje stabilnost vozila detektirajući i smanjujući gubitak trenja sa podlogom.

Euro NCAP poticao je opremanje vozila ESC-om od 2009. godine. Između 2011. i 2013. provodila su se testiranja na svim automobilima opremljenim ESC-om. Sustav se ocjenjivao prema performansama u serijama ispitivanja naglih zavoja kao prilikom izbjegavanja prepreka na cesti.

Testovi su se izvodili pri brzini od 80 km/h sa naglim skretanjem kotača do 270 stupnjeva, kao što je predloženo slikom 60. Ocjenjivao se bočni pomak vozila, stabilnost i mogućnost vozila praćenja ravne putanje. Ugradnja ESC sustava 2014. postaje obavezna za sva nova vozila te je tako Euro NCAP prestao provoditi testiranja tog sustava (od 2016. godine). [51]

⁴³ engl. ESC – Electronic Stability Control



Slika 60. Predodžba ispitivanja ESC-a, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/previous-tests/esc/ [51]

4 Zakonska regulativa sigurnosnih sustava u Europskoj Uniji

Prema predviđanjima i podacima elmpacta za 2020., obvezom korištenja različitih sigurnosnih sustava u vozilima predviđa se ogroman broj smanjenja nesreća i ozljeda na europskim cestama. Prema elmpactu, najviše smrtnosti i ozljeda spriječit će se korištenjem ESC-a (elektroničke kontrole stabilnosti) i to za oko 3000 poginulih (-14 %) i oko 50 000 ozlijeđenih (- 6%) godišnje. Korištenje sustava upozorenja o brzini sa aktivnom papučicom gasa (*Speed Alert with active gas pedal*) (-5 %), ePoziva (*eCall*) (-4 %) i sustava za održavanje traka (-3 %) isto ima jake učinke na smanjenje tragičnih ishoda. Usporedno sa time, uvođenje ovih tehnologija smanjilo je potencijal prometnih gužvi za oko 15 % od svih gužvi u Europi nastalih zbog nesreća. [52]

Stoga je jasno da će se potpuni potencijal modernih tehnologija ostvariti njihovim masovnim uvođenjem u vozilima. Tako je 13. srpnja 2009. donesena Uredba⁴⁴ o općoj sigurnosti motornih vozila koja predviđa obaveznu ugradnju slijedećih sigurnosnih dodataka:

- Elektroničku kontrolu stabilnosti na svim vozilima (od 1. studenoga 2011. za nove tipove vozila i od 1. studenoga 2014. za sva nova vozila),
- Sustavi naprednog hitnog kočenja (*Advanced Emergency Breaking Systems*) i sustavi upozorenja na napuštane prometne trake (*Lane Departure Warning Systems*) na teškim vozilima (od 1. studenoga 2013. za sve nove tipove vozila i od 1. studenoga 2015. za sva nova vozila).

Ove će mjere smanjiti broj tragičnih nesreća za oko 5000 na godinu.

Jedan važan aspekt modernih tehnologija je njihovo sigurno korištenje za vrijeme vožnje. Sučelje čovjek-stroj (*human-machine interface*, HMI) je skup sredstava kojima vozač interaktira sa vozilom ili bilo kojim mobilnim alatom. Iz toga razloga je 1999. izdana, a zadnji put nadopunjena u svibnju 2008.

⁴⁴ Uredba (EZ) br. 661/2009 Europskog parlamenta i vijeća o zahtjevima za homologaciju tipa za opću sigurnost motornih vozila, njihovih prikolica i sustava, sastavnih dijelova i zasebnih tehničkih jedinica namijenjenih za takva vozila (661/2009/EZ)

Preporuka⁴⁵ Europske komisije koja je prepoznala povećanje korištenja mobilnih uređaja (tzv. nomadskih uređaja) u vozilima.

Ovom je Preporukom Europska komisija (EU) prepoznala porast opasnosti i samim time i nesreća zbog korištenja modernih tehnologija za vrijeme vožnje. Preporuka nalaže korištenje intuitivnih uređaja koji neće smetati vozačima prilikom vožnje, odnosno uređajima koji svojim dizajnom, oblikom ili smještajem neće odvrćati pogled ili pažnju vozača sa ceste, odnosno da sve vozaču potrebno za vožnju bude na dohvat ruke, unutar vidnog polja, ali istovremeno da ne smanjuje ili ne skreće pažnju vozača sa ceste na uređaje u vozilu. Preporuka je upućena proizvođačima vozila koji nude ugrađene naprave s informacijskim i komunikacijskim funkcijama, ponuditeljima dodatne opreme i nadogradnje, ponuditeljima mobilnih uređaja namijenjenih vozačima koji će se koristiti za vrijeme vožnje, proizvođačima dijelova koji omogućavaju vozačevo korištenje mobilnih uređaja za vrijeme vožnje (npr. nosači, sučelja i priključki) i proizvođačima programa (*software*) uključujući programske opreme ili informacija namijenjenih vozačima za uporabu za vrijeme vožnje, npr. prometne, putničke i navigacijske informacije, radijski programi sa prometnim informacijama. [53]

Osnovni sustavi, obvezni na svakome vozilu koji se prodaje u Europskoj uniji, uključuju elektroničku kontrolu stabilnosti (*Electronic Stability Control – ESC*), inteligentno prilagođavanje brzine (*Intelligent Speed Adaptation – ISA*), sustav izbjegavanja sudara (*Collision Avoidance System – CAS*), bočna kontrola i potpora (*lateral control/support*), otkrivanje mrtvog kuta (*blind spot detection*), izbjegavanje bočnog sudara, nadzor vozača, adaptivni tempomat (*Adaptive Cruise Control – ACC*), glasovno navođenje i navigacija, poboljšanje nadzora, sustav protiv blokiranja kotača (ABS), alkoholne blokade (*alcohol interlocks*), podsjetnik na sigurnosni pojas i sustavi nakon sudara (crne kutije i ePozivi). [52]

⁴⁵ Preporuka Europske komisije o sigurnim i učinkovitim automobilskim informacijskim i komunikacijskim sistemima: Nadopuna Europske deklaracije o načelima sučelja čovjek-stroj, akt br. C (2008) 1742, (2008/653/EU)

5 Zaključak

U današnjem užurbanom i povezanom svijetu gdje velika većina ljudi ima svoj automobil, sigurnost postaje sve veći i sve značajniji parametar prilikom odabira i kupnje novog vozila. Takav način života dovodi ljudske mogućnosti do svog maksimuma, te čovjek—vozač, zbog svoje iscrpljenosti obiteljskim i poslovnim brigama, dovodi sebe, svoje putnike i ostale sudionike u prometu, u opasnost, prometne nesreće koje često završavaju sa tragičnim posljedicama. Ne ide u prilog tom famoznom „ljudskom faktoru“ niti činjenica da su današnji automobili puno snažniji nego prije desetak, tridesetak ili pedesetak godina. Automobili su napravili ogroman tehnološki skok u zadnjih dvadesetak godina, no zakoni fizike su ostali neumoljivo isti. Ali tu su uskočile razne elektroničke i računalne komponente koje nam život čine sigurnijim. Od najobičnijih zona gužvanja automobila, ABS-a koji je put kočenja i kontroliranje automobila na skliskim podlogama učinio mogućim, sigurnijim i manje opasnim, ESP-a koji je „produžio životni vijek“ automobilima sa stražnjim pogonom, do raznih lasera i radija, lidara i radara, termovizijskih kamera, koji danas vide ono što mi ne možemo vidjeti i koji nas čuvaju od potencijalnih opasnosti na cestama.

No, sve veći razvoj elektronike nažalost prati i sve veće nasilno „trpanje“ modernih funkcija unutar automobilskog sučelja, bez ikakve logike i smisla, narušavajući skladan odnos prijašnjeg sučelja čovjek-stroj. Primjerice, moderni automobili često više nemaju ugrađene tipke, poluge ni kotačiće kojima se može vrlo brzo i jednostavno podešavati različite funkcije vozila. Osim što se sve više koriste digitalni zaslone umjesto analognih kazaljki, što smanjuje vidljivost ekrana prilikom jakog svjetla, kao i odvrćaju pozornost tijekom noći zbog blještanja, digitalni zaslone su često nevidljivi prilikom nošenja polariziranih leća na dioptrijskim ili sunčanim naočalima. Isto tako, zbog uklanjanja jednostavnih kotačića, gumba i polugica, koji su „ugurani“ u sučelje pametnog zaslona, „infotainmenta“, vozač više ne može lako i jednostavno bez skretanja pogleda sa ceste upravljati glazbom, ventilacijom ili svjetlima. Takve jednostavne mogućnosti se sada nalaze unutar različitih izbornika u ekranu *infotainmenta*. Stoga zabrana tipkanja i korištenja mobitela za vrijeme vožnje, što predstavlja jedno od

najopasnijih radnji koje netko može počinuti u vožnji, je isto kao i najobičnije uključivanje ventilacije u vozilu, ugođavanja klime, grijanja volana i sjedala, kao i promjene načina vožnje, jer u čemu je razlika između tipkanja na mobitel i tipkanja prema ekranu *infotainment*. Najgori primjer takvog nasilnog i opasnog „digitaliziranja“ vozila je novi VW Golf VIII, u kojem se više ne nalazi niti jedna tipka, što predstavlja ozbiljnu opasnost prilikom vožnje.

I sada kada je elektronika naizgled dosegla svoj vrhunac, u svijet sigurnosti na cestama dolazi nam mrežna povezanost, tehnologija koja je „do jučer“ bila rezervirana samo za vojsku. Putem najmodernije 5G tehnologije, automobili će internetom međusobno komunicirati, te sve ono što osjete oko sebe, prijavit će automobilima koji tek dolaze na to područje. Vozači, koji ionako već „nemaju vremena“ za vožnju, nego stalno tipkaju po svojim pametnim mobilima, računalima, vode duge razgovore za vrijeme vožnje što u današnje vrijeme predstavlja veliku opasnost po sigurnost svih sudionika u prometu, moći će se bezbrižno pouzdati u autonomnu vožnju svog automobila, pouzdanost njegovog računala i svih senzora koji će na najsigurniji način prevesti putnike od točke A do točke B. Vozač će u tome trenutku postati višak, i na kraju se „transformirati“ u običnog putnika.

No do te točke u automobilskoj industriji će proći još najmanje desetak godina i još puno inženjerskih inovacija, izuma i multidisciplinarnih tehnologija koje će to učiniti mogućim.

Popis slika

Slika 1. Predodžba projekcijskog HUD na vjetrobranskom staklu Volkswagenovog Golfa VIII (2020.), izvor: www.volkswagen.hr/novi-golf [3].....	3
Slika 2. Predodžba načina rada ABS-a, izvor: www.motor-works.com/blog/inside-the-tech--anti-lock-braking-system--abs [4]	4
Slika 3. Izgled dTPMS senora sa prednje i stražnje strane (VDO), izvor: commons.wikimedia.org/wiki/File:TPMS_front_side.jpg ; commons.wikimedia.org/wiki/File:TPMS_back_side.jpg [6].....	7
Slika 4. Predodžba kamere LDWS-a na VW Golfu, izvor: upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/Lane_Assist.jpg [8].....	9
Slika 5. Predodžba laserskog senzora na Audiju A8, izvor: www.audi-mediacycenter.com/en/technology-lexicon-7180/driver-assistance-systems-7184 [9]	10
Slika 6. Predodžba smještaja radarskog senzora ugrađenog na donjem desnom kraju branika Alfa Romea Giulije, izvor: www.magnetimarelli-campus.com/news/la-nuova-alfa-romeo-giulia-quadrifoglio-presente-al-salone-di-francoforte-adotta-technologie-realizzate-in-collaborazione-con-magneti-marelli/968/ [10]	12
Slika 7. Predodžba razina autonomne vožnje na engleskom jeziku, izvor: www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-%E2%80%9Clevels-of-driving-automation%E2%80%9D-standard-for-self-driving-vehicles [11]	13
Slika 8. Predodžba Valeovog sustava praćenja vozača, izvor: www.valeo.com/en/driver-monitoring [13]	16
Slika 9. Predodžba razine (ppm) ugljičnog dioksida u vozilu sa jednim putnikom, izvor: www.researchgate.net/figure/The-carbon-dioxide-concentration-and-increase-the-vehicle-speed-against-time-with-two_fig4_312194065 [14]	17
Slika 10. Predodžba razine (ppm) ugljičnog dioksida u vozilu sa dvoje putnika, izvor: www.researchgate.net/figure/The-carbon-dioxide-concentration-and-increase-the-vehicle-speed-against-time-with-two_fig4_312194065 [14].....	17
Slika 11. Predodžba sigurnosnih sustava koji prate stanje vozača u Nissanu, izvor: www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/dpcc.html [15].....	18
Slika 12. Predodžba Audijevog sustava praćenja mrtvog kuta, izvor: www.audi-mediacycenter.com/en/technology-lexicon-7180/driver-assistance-systems-7184 [16]...	19
Slika 13. Predodžba Audijevog sustava noćnog vida, izvor: www.audi-mediacycenter.com/en/technology-lexicon-7180/driver-assistance-systems-7184 [16]...	20
Slika 14. Predodžba Patent Allena Breeda, izvor: U. S. 5 071 161 [18].....	22
Slika 15. Predodžba patenta Johna W. Hetricka, izvor: U. S. 2 649 311 [19]	24
Slika 16. Eksperimenti o radu zračnih jastuka, Laboratorij za aeronautsku medicinu Japanske agencije za obranu, prosinac 1965., izvor: http://www.jahfa.jp/jahfa6/pala/person5-1.htm [20].....	25
Slika 17. Primjer idealnog smještaja zračnog jastuka, odnosno sustava "sigurnosne mreže" zračnih jastuka, izvor: http://www.jahfa.jp/jahfa6/pala/person5-1.htm [20].....	25
Slika 18. Nils Bohlin, izumitelj iz Volva. izvor: Volvo AB	27
Slika 19. Reklama za Volvo 130, prvi automobil sa sigurnosnim pojasem sa tri točke vezanja, izvor: Volvo AB	27

Slika 20. Patent Nilsa Ivara Bohlina koji je izmislio sigurnosni pojas sa tri točke vezanja za Volvo AB, izvor: U. S. 3 043 625 [23]	28
Slika 21. Predodžba modela THOR-50M, izvor: humanetics.humaneticsgroup.com/products/anthropomorphic-test-devices/frontal-impact/thor-50m/thor-50m [26].....	30
Slika 22. Predodžba MPDB testiranja, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/frontal-impact/mobile-progressive-deformable-barrier/ [25]	31
Slika 23. Predodžba ODB testiranja, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/previous-tests/offset-deformable-barrier [27]	32
Slika 24. Predodžba FWRB testiranja, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/frontal-impact/full-width-rigid-barrier/[28] 33	
Slika 25. Predodžba SMB testiranja, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/lateral-impact/side-mobile-barrier/ [29] ...	34
Slika 26. Predodžba SP testiranja, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/lateral-impact/side-pole/ [30]	35
Slika 27. Predodžba FSI testiranja, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/lateral-impact/far-side-impact/ [31]	36
Slika 28. Predodžba testiranja trzajne ozljede vrata, izvor: cdn.euroncap.com/media/1798/web_illustrations_tests_whiplash_v006.jpg [32].....	37
Slika 29. Predodžba eCall sustava, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/rescue-and-extrication/ [33].....	38
Slika 30. Predodžba spasilačkog obrazca, Fiat Tipo SW, izvor: www.fiat.de/content/dam/fiat/de/rettungsdatenblaetter-pdf/Fiat_Tipo_5Tuerer_Kombi.pdf [34].....	39
Slika 31. Predodžba CRS testiranja, izvor: https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/child-occupant-protection/crs-performance/ [35]	41
Slika 32. Mjesto vezivanja dječje sjedalice sa vozilom	42
Slika 33. Predodžba CRS ispitivanja, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/child-occupant-protection/crs-installation-check/ [37]	43
Slika 34. Predodžba simulacije naleta vozila na glavu pješaka, izvora: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/head-impact/ [38].....	44
Slika 35. Predodžba osnovnih dijelova pop-up haube, Mazda, izvor: www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/puehfpp.html [39]	45
Slika 36. Predodžba načina rada pop-up haube, Mazda, izvor: www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/puehfpp.html [39]	45
Slika 37. Predodžba rada vanjskog zračnog jastuka na Volvu V40, prvom automobilu koji je njime opremljen, izvor: volvocars.com (2013.) [40]	45
Slika 38. Predodžba Simulacije naleta vozila na gornji dio nogu pješaka, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/upper-leg-impact/ [41]	46
Slika 39. Simulacija naleta vozila na donji dio nogu pješaka, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/lower-leg-impact/ [42]	47

Slika 40. Ispitivanja izbjegavanja naleta na pješaka prilikom vožnje u nazad, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-pedestrian/ [43]	49
Slika 41. Ispitivanje izbjegavanje naleta na pješaka prilikom skretanja vozila, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-pedestrian/ [43]	49
Slika 42. Ispitivanja izbjegavanja naleta vozila prilikom prelaska pješaka preko ceste, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-pedestrian/ [43]	50
Slika 43. Ispitivanje izbjegavanja pješaka u uvjetima smanjene vidljivosti, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-pedestrian/ [43]	50
Slika 44. Ispitivanje izbjegavanja naleta vozila na djecu prilikom iznenadnog prelaska ceste iza parkiranog vozila, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-pedestrian/ [43].....	51
Slika 45. Predodžba ispitivanje izbjegavanja naleta vozila na biciklista zaklonjenog parkiranim vozilima, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-cyclist/ [44]	52
Slika 46. Izbjegavanje naleta vozila na biciklista koji vozi preko putanje vozila, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-cyclist/ [44]	53
Slika 47. Izbjegavanje naleta vozila na biciklista koji vozi putanjom vozila, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-cyclist/ [44]	53
Slika 48. Predodžba ispitivanja zaustavljanja i izbjegavanja naleta na sporije vozilo pomoću AEB sustava, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/aeb-car-to-car/ [45].....	55
Slika 49. Ispitivanje i izbjegavanje naleta na zaustavljeno vozilo pomoću AEB sustava, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/aeb-car-to-car/ [45]	56
Slika 50. Predodžba sastavljanja pouzdanog 3D vozila - GVT-a, izvor: http://www.driats.com/soft-car-360/ [46]	60
Slika 51. Predodžba sustav praćenja stanja vozača koji prepoznaje umor vozača npr. nakon duge vožnje, te mu predlaže odlazak na odmorište, izvor: euroncap.....	61
Slika 52. Predodžba SBR sustava, upozoravanje na vezanje sigurnosnim pojasom, izvor: euroncap	62
Slika 53. Predodžba korištenja SAS tehnologije automatskog postavljanja brzine preko očitavanja znaka sa ceste ili kartografskih digitalnih podataka, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/speed-assistance/ [47].....	63
Slika 54. Prikaz aktiviranja ELK sustava na nadolazeći promet i vraćanja vozila u svoju traku, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/lane-support/ [48].....	64
Slika 55. Prikaz aktiviranja ELK sustava prilikom pretjecanja koristeći sustav praćenje mrtvog kuta (BSM), izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/lane-support/ [48]	65

Slika 56. Način rada Nissanovog LDW sustava prepoznavanja traka, izvor: Nissan [49]	66
Slika 57. Način rada Boschovog BSM sustava, izvor: Bosch [50].....	66
Slika 58. Prikaz održavanja vozne trake, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/lane-support/ [48].....	66
Slika 59. Prikaz održavanja vozne trake i prepoznavanja ruba ceste, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/lane-support/ [48]	67
Slika 60. Predodžba ispitivanja ESC-a, izvor: www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/previous-tests/esc/ [51].....	68

Popis tablica

Tablica 1. Cestovne prometne nesreće u 2019., izvor: DZS [1].....	1
Tablica 2. Pregled razina autonomne vožnje za cestovna vozila, izvor: www.sae.org/standards/content/j3016_201401/preview [12].....	14

Literatura

- [1] DZS, »REGISTRIRANA CESTOVNA VOZILA I CESTOVNE PROMETNE NESREĆE U 2019.,« Državni zavod za statistiku, 16 travanj 2020. [Mrežno]. Available: https://www.dzs.hr/Hrv_Eng/publication/2020/05-01-04_01_2020.htm. [Pokušaj pristupa 15 srpanj 2020].
- [2] CVH, »Pregled starosti prema vrstama vozila registriranim u 2019. godini,« Centar za vozila Hrvatske, [Mrežno]. Available: https://www.cvh.hr/media/3211/s01__pregled_starosti_vozila_prema_vrstama_vozila_2019.pdf. [Pokušaj pristupa 2020 srpanj 15].
- [3] »Volkswagen Novi Golf VIII,« Volkswagen , [Mrežno]. Available: <https://www.volkswagen.hr/novi-golf>. [Pokušaj pristupa 7. listopada 2020.].
- [4] »INSIDE THE TECH: ANTI-LOCK BRAKING SYSTEM (ABS),« ROCKVILLE AUTO REPAIR MOTOR WORKS, [Mrežno]. Available: <https://www.motor-works.com/blog/inside-the-tech--anti-lock-braking-system--abs->. [Pokušaj pristupa 2020. listopada 20.].
- [5] »Alfa Romeo 156 GTA: vruća talijanska strojčina,« Auto klub; Jutarnji list, 7. travnja 2016.. [Mrežno]. Available: <https://www.jutarnji.hr/autoklub/vremeplov/alfa-romeo-156-gta-vruca-talijanska-strojcina-1277576>. [Pokušaj pristupa 20. listopada 2020.].
- [6] Lumu, »Wikipedija TPMS,« wikipedia.org, [Mrežno]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TPMS_front_side.jpg; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TPMS_back_side.jpg.
- [7] »Driver assistance systems; Audi active lane assist,« AUDI AG, [Mrežno]. Available: <https://www.audi-mediacycenter.com/en/technology-lexicon-7180/driver-assistance-systems-7184>. [Pokušaj pristupa 13. listopada 2020.].
- [8] R. Kloepper, »Lane Assist Camera; Lane keeping assist VW Golf,« [Mrežno]. Available: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/Lane_Assist.jpg. [Pokušaj pristupa 13. listopada 2020.].
- [9] »Driver assistance systems; Laser scanner; Image No: A1711333,« AUDI AG, [Mrežno]. Available: <https://www.audi-mediacycenter.com/en/technology-lexicon-7180/driver-assistance-systems-7184>. [Pokušaj pristupa 13. listopada 2020.].
- [10] »IL CONTRIBUTO TECNOLOGICO MAGNETI MARELLI PER ALFA ROMEO GIULIA QUADRIFOGLIO,« Magneti Marelli, [Mrežno]. Available: <http://www.magnetimarelli-campus.com/news/la-nuova-alfa-romeo-giulia-quadrifoglio-presente-al-salone-di-francoforte-adotta-tecnologie-realizzate-in-collaborazione-con-magneti-marelli/968/>. [Pokušaj pristupa 14. listopada 2020.].
- [11] »Updated Visual Chart for “Levels of Driving Automation” Standard for Self-Driving Vehicles,« SAE International, [Mrežno]. Available: <https://www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-%E2%80%9Clevels-of-driving->

automation%E2%80%9D-standard-for-self-driving-vehicles. [Pokušaj pristupa 15. listopada 2020.].

- [12] SAE International, »SURFACE VEHICLE INFORMATION REPORT: Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems,« SAE International, sječanj 2014.. [Mrežno]. Available: https://www.sae.org/standards/content/j3016_201401/preview/. [Pokušaj pristupa 15. listopada 2020.].
- [13] »Driver Monitoring,« Valeo, [Mrežno]. Available: <https://www.valeo.com/en/driver-monitoring/>. [Pokušaj pristupa 21. listopada 2020.].
- [14] L. M. K. S. S. N. S. A. Goh Chew Cheik, »Monitoring of Carbon Dioxide (CO₂) Accumulation in Vehicle Cabin,« Universiti Malaysia Perlis, [Mrežno]. Available: https://www.researchgate.net/figure/The-carbon-dioxide-concentration-and-increase-the-vehicle-speed-against-time-with-two_fig4_312194065. [Pokušaj pristupa 23. listopada 2020.].
- [15] »Drunk-driving Prevention Concept Car,« Nissan Motor Corporation, [Mrežno]. Available: <https://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/dpcc.html>. [Pokušaj pristupa 27. listopada 2020.].
- [16] »Driver assistance systems,« AUDI AG, [Mrežno]. Available: <https://www.audi-mediacycenter.com/en/technology-lexicon-7180/driver-assistance-systems-7184>. [Pokušaj pristupa 28. listopada 2020.].
- [17] Leksikografski zavod Miroslav Krleža, »zračni jastuk,« Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, 2020.. [Mrežno]. Available: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=67445>. [Pokušaj pristupa 15. rujna 2020.].
- [18] A. Breed, »Air bag restraint system with venting means,« <https://patents.google.com/patent/US5071161A/en>. Patent US #5071161.
- [19] J. W. Hetrick, »Safety cushion assembly for automotive vehicles,« <https://patents.google.com/patent/US2649311A/en>. Patent US #2649311.
- [20] »Postignuća Yasuzaburou Koborija (japanski jezik),« JAHFA, Japan Automotive Hall of Fame (Japanska automobilska kuća slavnih), 2013. kolovoz 2013.. [Mrežno]. Available: <https://web.archive.org/web/20130802085217/http://www.jahfa.jp/jahfa6/pala/person5-1.htm>. [Pokušaj pristupa 15. rujna 2020.].
- [21] M. Bellis, »The History of Airbags,« ThoughtCo., [Mrežno]. Available: <https://www.thoughtco.com/history-of-airbags-1991232>. [Pokušaj pristupa 15. rujna 2020.].
- [22] T. Hrvatska, »Zračni jastuci - koliko su u biti sigurni,« 2020.. [Mrežno]. Available: <https://www.total.hr/zracni-jastuci-koliko-su-u-bitu-sigurni>. [Pokušaj pristupa 15. rujna 2020.].
- [23] B. N. Ivar, »Safety Belt«. Patent US3043625, 17. kolovoza 1959..
- [24] »Euro NCAP Timeline,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/about-euro-ncap/timeline/>. [Pokušaj pristupa 15. rujna 2020.].

- [25] »Mobile Progressive Deformable Barrier,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/frontal-impact/mobile-progressive-deformable-barrier/>. [Pokušaj pristupa 20. rujna 2020.].
- [26] »THOR-50M,« HUMANETICS, [Mrežno]. Available: <https://humanetics.humaneticsgroup.com/products/anthropomorphic-test-devices/frontal-impact/thor-50m/thor-50m>. [Pokušaj pristupa 20. rujna 2020.].
- [27] »Offset-Deformable Barrier,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/previous-tests/offset-deformable-barrier>. [Pokušaj pristupa 20. rujna 2020.].
- [28] »Full Width Rigid Barrier,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/frontal-impact/full-width-rigid-barrier/>. [Pokušaj pristupa 20. rujna 2020.].
- [29] »Side Mobile Barrier,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/lateral-impact/side-mobile-barrier/>. [Pokušaj pristupa 20. rujna 2020.].
- [30] »Side Pole,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/lateral-impact/side-pole/>. [Pokušaj pristupa 20. rujna 2020.].
- [31] »Far-Side Impact,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/lateral-impact/far-side-impact/>. [Pokušaj pristupa 20. rujna 2020.].
- [32] »Whiplash,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: https://cdn.euroncap.com/media/1798/web_illustrations_tests_whiplash_v006.jpg. [Pokušaj pristupa 20. rujna 2020.].
- [33] »Rescue and Extrication,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/rescue-and-extrication/>. [Pokušaj pristupa 20. rujna 2020.].
- [34] »Fiat Tipo SW rescue sheet,« FCA Italy SpA, [Mrežno]. Available: https://www.fiat.de/content/dam/fiat/de/rettungsdatenblaetter-pdf/Fiat_Tipo_5Tuerer_Kombi.pdf. [Pokušaj pristupa 21. rujna 2020.].
- [35] »CRS Performance,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/child-occupant-protection/crs-performance/>. [Pokušaj pristupa 21. rujna 2020.].
- [36] »Vehicle Provisions,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/child-occupant-protection/vehicle-provisions/>. [Pokušaj pristupa 21. rujna 2020.].

- [37] »CRS Installation Check,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/child-occupant-protection/crs-installation-check/>. [Pokušaj pristupa 21. rujna 2020.].
- [38] »Head Impact,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/head-impact/>. [Pokušaj pristupa 22. rujna 2020.].
- [39] »Pop Up Engine Hood For Pedestrian Protection,« Nissan Motor Corporation, [Mrežno]. Available: <https://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/puehfpp.html>. [Pokušaj pristupa 22. rujna 2020.].
- [40] »Passenger External Airbag,« Volvo, [Mrežno]. Available: volvocars.com.
- [41] »Upper Leg Impact,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/upper-leg-impact/>. [Pokušaj pristupa 22. rujna 2020.].
- [42] »Lower Leg Impact,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/lower-leg-impact/>. [Pokušaj pristupa 22. rujna 2020.].
- [43] »AEB Pedestrian,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-pedestrian/>. [Pokušaj pristupa 22. rujna 2020.].
- [44] »AEB Cyclist,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-cyclist/>. [Pokušaj pristupa 23. rujna 2020.].
- [45] »AEB Car-to-Car,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/aeb-car-to-car/>. [Pokušaj pristupa 24. rujna 2020.].
- [46] »Soft Car 360,« DRI Advanced Test Systems (DRI-ATS); Dynamic Research, Inc. , [Mrežno]. Available: <http://www.dri-ats.com/soft-car-360/>. [Pokušaj pristupa 24. rujna 2020.].
- [47] »Speed Assistance Systems,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/speed-assistance/>. [Pokušaj pristupa 25. rujna 2020.].
- [48] »Lane Support,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/lane-support/>. [Pokušaj pristupa 25. rujna 2020.].
- [49] »Lane Departure Warning,« Nissan Motor Corporation, [Mrežno]. Available: <https://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/OVERVIEW/ldw.html>. [Pokušaj pristupa 25. rujna 2020.].
- [50] »Blind spot detection,« Robert Bosch GmbH, [Mrežno]. Available: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/driver-assistance-systems/blind-spot-detection/>. [Pokušaj pristupa 25. rujna 2020.].

- [51] »Electronic Stability Control,« Euro NCAP, [Mrežno]. Available: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/previous-tests/esc/>. [Pokušaj pristupa 25. rujna 2020.].
- [52] EU, »Intelligent transport systems: Vehicle Safety Systems,« Europska komisija, [Mrežno]. Available: https://ec.europa.eu/transport/themes/its/road/application_areas/vehicle_safety_systems_en. [Pokušaj pristupa 15 srpanj 2020.].
- [53] EU, »Preporuka EK (2008/653/EZ),« Europska komisija, 26 svibanj 2020. [Mrežno]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN-SL/TXT/?uri=CELEX:32008H0653>. [Pokušaj pristupa 15 srpanj 2020.].
- [54] »Updated Visual Chart for "Levels of Driving Automation" Standard for Self-Driving Vehicles,« SAE International, [Mrežno]. Available: <https://www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-%E2%80%9Clevels-of-driving-automation%E2%80%9D-standard-for-self-driving-vehicles>. [Pokušaj pristupa 14. listopada 2020.].