

# Analiza pneumatika kao aktivnog elementa sigurnosti cestovnih vozila

---

Međurečan, Tomislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:065323>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-15**



*Repository / Repozitorij:*

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



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **ZAVRŠNI RAD**

### **ANALIZA PNEUMATIKA KAO AKTIVNOG ELEMENTA SIGURNOSTI CESTOVNIH VOZILA**

### **ANALYSIS OF TYRE AS AN ACTIVE ROAD SAFETY ELEMENT**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Željko Šarić

Student: Tomislav Međurečan

JMBAG: 0135257420

Zagreb, rujan 2023.



Sveučilište u Zagrebu  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI Vukelićeva  
4, 10000 Zagreb  
PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ

Prijediplomski studij: Promet  
Katedra: Zavod za cestovni promet  
Predmet: Cestovna prijevozna sredstva

### ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Pristupnik: Tomislav Međurečan  
Matični broj: 0135257420  
Smjer: Cestovni promet

Zadatak: Analiza pneumatika kao aktivnog elementa sigurnosti cestovnih vozila

Engleski naziv zadatka: Analysis of tyre as an active road safety element

#### Opis zadatka:

Pneumatici kao aktivni elementi sigurnosti cestovnih vozila su od velikog značaja za sigurnost cestovnog prometa jer preuzimaju cjelokupnu masu vozila, prijanjaju uz podlogu i održavaju stabilnost vozila. Cilj ovog završnog rada je istražiti kako pneumatici kao aktivni elementi sigurnosti cestovnih vozila mogu smanjiti mogućnost nastanka prometne nesreće i što sve utječe na ispravnost pneumatika jer neispravni pneumatici mogu biti uzrok nastanka prometne nesreće.

Nadzorni nastavnik:  
\_\_\_\_\_

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:  
\_\_\_\_\_

Djelovođa:  
\_\_\_\_\_

## **ANALIZA PNEUMATIKA KAO AKTIVNOG ELEMENTA SIGURNOSTI CESTOVNIH VOZILA**

### **SAŽETAK**

Sigurnost cestovnog prometa se povećava aktivnim elementima sigurnosti cestovnih vozila jer su oni tehnička rješenja koja smanjuju mogućnost nastanka prometne nesreće. Pneumatici su jedni od aktivnih elemenata i imaju veliki značaj za sigurnost cestovnog prometa. Zbog povećanja razine sigurnosti cestovnog prometa važno je koristiti ljetne pneumatike za vrijeme ljeta, a zimske pneumatike za vrijeme zimskih uvjeta. Bitno je voditi brigu o dubini gazne površine pneumatika jer smanjenjem dubine gazne površine se povećava duljina puta kočenja, a pri lošim vremenskim uvjetima još se više produljuje put kočenja i može nastati prometna nesreća. Uz ispravne pneumatike na vozilu, bitna je i ispravnost upravljačkog mehanizma, kočnica, svjetlosnih i signalnih uređaja. Prikazane su značajke suvremenih pneumatika i njihov utjecaj na ispravnost i vijek trajanja pneumatika. Analizirano je kako dubina gazne površine i različiti pneumatici utječu na duljinu puta kočenja. Tehnički pregledi smanjuju broj vozila s neispravnim pneumaticima u cestovnoj prometnoj mreži.

**KLJUČNE RIJEČI:** pneumatici; sigurnost; aktivni elementi; put kočenja

## **ANALYSIS OF TYRE AS AN ACTIVE ROAD SAFETY ELEMENT**

### **SUMMARY**

Road safety is increased by active road safety elements because they are technical solutions that reduce the possibility of an accident. Tyres are one of the active elements and have a great significance for road safety. To increase the level of road safety, it is important to use summer tyres in the summer and winter tyres in winter conditions. It is important to take care of the depth of the tread surface of the tyres because reducing the depth of the tread surface increases the braking distance, and in poor weather conditions, the braking distance is even further extended and an accident can occur. In addition to proper tyres on the vehicle, the proper operation of the steering mechanism, brakes, lighting and signaling devices are also important. The features of modern tyres and their impact on the safety and service life of tyres are shown. It is analyzed how the depth of the tread surface and different tyres affect the braking distance. Technical inspections reduce the number of vehicles with defective tyres in the road network.

**KEYWORDS:** tyres; safety; active elements; braking distance

## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OPĆENITO O PNEUMATICIMA</b> .....	<b>3</b>
<b>3. AKTIVNI ELEMENTI SIGURNOSTI CESTOVNIH VOZILA</b> .....	<b>5</b>
3.1 KOČNICE .....	5
3.2 UPRAVLJAČKI MEHANIZAM .....	6
3.3 PNEUMATICI .....	6
3.4 SVJETLOSNI I SIGNALNI UREĐAJI .....	7
3.5 UREĐAJI KOJI POVEĆAVAJU VIDNO POLJE VOZAČA.....	8
3.6 KONSTRUKCIJA SJEDALA .....	10
3.7 USMJERIVAČI ZRAKA .....	10
3.8 UREĐAJI ZA GRIJANJE, HLAĐENJE I PROVJETRAVANJE UNUTRAŠNJOSTI VOZILA.....	11
3.9 VIBRACIJE VOZILA .....	11
3.10 BUKA .....	11
3.11 NAPREDNI SUSTAVI ZA POMOĆ PRI UPRAVLJANJU VOZILOM (ADAS).....	11
3.11.1 Sustav protiv blokiranja kotača (ABS) .....	12
3.11.2 Sustav kontrole proklizavanja (TCS) .....	13
3.11.3 Elektronički program stabilnosti (ESP) .....	14
3.11.4 Sustav automatskog kočenja (AEB).....	15
3.11.5 Sustav zadržavanja vozila u prometnom traku (LKA).....	16
3.11.6 Sustav nadzora mrtvog kuta (BSA).....	17
3.11.7 Sustav prepoznavanja prometnih znakova (TSR) .....	18
3.11.8 Sustav za upozoravanje vozača u slučaju pospanosti (DDD) .....	19
<b>4. PREGLED ISTRAŽIVANJA O ZNAČAJKAMA SUVREMENIH PNEUMATIKA</b> .....	<b>20</b>
4.1 KONSTRUKCIJA PNEUMATIKA .....	20
4.2 OZNAKE NA PNEUMATIKU .....	23
4.3 TLAK U PNEUMATICIMA .....	24
4.4 RAZLIKA IZMEĐU LIJETNIH I ZIMSKIH PNEUMATIKA.....	24
4.5 VIJEK TRAJANJA PNEUMATIKA .....	26
<b>5. UTJECAJ PNEUMATIKA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA</b> .....	<b>31</b>

5.1 RUN FLAT PNEUMATICI .....	31
5.2 UTJECAJ DUBINE GAZNE POVRŠINE NA DULJINU PUTA KOČENJA .....	32
5.3 USPOREDBA DULJINE PUTA KOČENJA LJETNIH I ZIMSKIH PNEUMATIKA .....	35
5.4 NEISPRAVNOSTI NA VOZILIMA UTVRĐENE NA TEHNIČKOM PREGLEDU .....	36
<b>6. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>39</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>41</b>
<b>POPIS SLIKA.....</b>	<b>43</b>
<b>POPIS GRAFIKONA.....</b>	<b>43</b>
<b>POPIS TABLICA .....</b>	<b>44</b>

## 1. UVOD

Sigurnost cestovnog prometa se povećava aktivnim elementima sigurnosti cestovnih vozila jer su oni tehnička rješenja koja smanjuju mogućnost nastanka prometne nesreće. Jedan od aktivnih elemenata su pneumatici čija je uloga preuzimanje cjelokupnog opterećenja vozila, prijanjanje uz podlogu i održavanje stabilnosti vozila. Tehnički pregledi smanjuju broj vozila s neispravnim pneumaticima u cestovnoj prometnoj mreži. Koliko su zapravo pneumatici značajni za sigurnost cestovnog prometa prikazano je u ovom završnom radu.

Cilj ovog završnog rada je istražiti kako pneumatici kao aktivni elementi sigurnosti cestovnih vozila mogu smanjiti mogućnost nastanka prometne nesreće i što sve utječe na ispravnost pneumatika jer neispravni pneumatici mogu biti uzrok nastanka prometne nesreće.

Završni rad je podijeljen u šest poglavlja:

1. Uvod
2. Općenito o pneumaticima
3. Aktivni elementi sigurnosti cestovnih vozila
4. Pregled istraživanja o značajkama suvremenih pneumatika
5. Utjecaj pneumatika na sigurnost cestovnog prometa
6. Zaključak

Prvo poglavlje uvodi u sadržaj završnog rada.

U drugom poglavlju se definiraju pneumatici i prikazuju zahtjevi koji im se postavljaju.

Treće poglavlje prikazuje sve aktivne elemente sigurnosti cestovnih vozila i način na koji pojedini aktivni elementi smanjuju mogućnost nastanka prometne nesreće.

Četvrto poglavlje sadrži pregled istraživanja o značajkama suvremenih pneumatika i njihov utjecaj na ispravnost i vijek trajanja pneumatika.

U petom poglavlju analiziran je utjecaj pneumatika na sigurnost cestovnog prometa. Prikazani su suvremeni run flat pneumatici koji pozitivno utječu na sigurnost cestovnog



prometa. Kako dubina gazne površine i različiti pneumatici utječu na duljinu puta kočenja koja je vrlo bitna za sigurnost cestovnog prometa kako ne bi došlo do prometnih nesreća. Analizirane su neispravnosti osovina, ovjesa, naplataka i pneumatika na tehničkim pregledima.

U zadnjem poglavlju je iznesen zaključak koji sadrži sve spoznaje do kojih je doveo ovaj završni rad.

## 2. OPĆENITO O PNEUMATICIMA

Pneumatik je aktivni element sigurnosti cestovnih vozila koji povezuje vozilo s podlogom i jedan od najznačajnijih elemenata aktivne sigurnosti cestovnih vozila i kao takav mora ispunjavati mnoge složene zahtjeve.

Zahtjevi koji se postavljaju na pneumatik su [1]:

- preuzeti težinu vozila,
- ublažiti i prigušiti udarce i vibracije,
- prenijeti pogonske, kočione i bočne sile vođenja,
- mali otpor kotrljanja,
- precizan prijenos upravljačkih sila na podlogu,
- otpornost trošenju,
- mala buka i vibracije,
- dobra svojstva prilikom gubitka tlaka.

Pneumatik je gumirani omotač unutar kojega se nalazi određeni medij, zrak, dušik ili ugljikov dioksid koji je pod konstantnim tlakom [2].

Pneumatici se za određeno vozilo biraju na temelju raznih zahtjeva poput namjene pneumatika, vrste pneumatika, dimenzija naplatka, nosivosti pneumatika, brzine kretanja vozila, profila pneumatika i klase efikasnosti [2].

Kotači omogućuju kretanje motornih vozila po površini i preuzimaju opterećenje cijelog vozila. Sklop kotača sastoji se od glavine kotača s kotrljajućim ležajem, naplatka i pneumatika. Naplatak i pneumatik su dva osnovna dijela kotača. Naplatak se s četiri do šest vijaka pričvršćuje na glavinu kotača [2].

Naplatak kotača se sastoji od obruča i tanjura. Obruč je vanjski dio na koji naliježe pneumatik, a tanjur unutarnji dio koji se povezuje s glavinom kotača. Tanjur ima oblik više nosećih krakova. Oblik krakova osigurava ventilaciju zraka zbog hlađenja diska ili bubnja za kočenje i smanjenje otpora zraka. Naplatci se izrađuju od čeličnog lima ili aluminijske legure.

U odnosu na aluminijske naplatke, čelični naplatci su otporniji na udarce i oštećenja. Aluminijski naplatci su oko tri puta lakši od čeličnih naplataka i bolji su vodiči topline koja nastaje prilikom kočenja [2]. Na slici 1. prikazan je čelični naplatak.



Slika 1. Čelični naplatak

Izvor: [3]

### 3. AKTIVNI ELEMENTI SIGURNOSTI CESTOVNIH VOZILA

Elementi sigurnosti cestovnih vozila se dijele na aktivne i pasivne. Aktivni elementi sigurnosti cestovnih vozila su tehnička rješenja vozila koja smanjuju mogućnost nastanka prometne nesreće, a pasivni elementi sigurnosti cestovnih vozila su rješenja koja ublažuju posljedice prometne nesreće [4].

Aktivne elemente sigurnosti cestovnih vozila čine [4]:

- kočnice,
- upravljački mehanizam,
- pneumatici,
- svjetlosni i signalni uređaji,
- uređaji koji povećavaju vidno polje vozača,
- konstrukcija sjedala,
- usmjerivači zraka,
- uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila,
- vibracije vozila,
- buka,
- napredni sustavi za pomoć pri upravljanju vozilom.

#### 3.1 Kočnice

Kočnice služe za usporavanje kretanja vozila ili potpuno zaustavljanje. Njihova ispravnost je vrlo bitna zbog sigurnosti cestovnog prometa. Zbog veće sigurnosti u prometu, vozila moraju imati dvije međusobno nezavisne kočnice, ručnu i nožnu [4].

Nožna kočnica djeluje na sve kotače neposredno. Kočiti je moguće uz pomoć disk kočnica, bubanj kočnica i mješovitog sustava. Kod mješovitog sustava na prednjim kotačima su ugrađene disk kočnice, a na stražnjim bubanj kočnice. Disk kočnice se najčešće ugrađuju na cestovna vozila jer su djelotvornije pri naglom kočenju. Bubanj kočnice su učinkovite pri laganom kočenju [4].

Blokiranje kotača pri naglom kočenju može ugroziti sigurnost cestovnog prometa jer blokiranje prednjih kotača onemogućava upravljanje vozila, a blokiranje stražnjih kotača uzrokuje zanošenje vozila. Kako bi se povećala sigurnost cestovnog prometa i spriječilo blokiranje kotača na vozila se ugrađuju uređaji protiv blokiranja kotača koji ograničuju veličinu sile kočenja na vrijednost pri kojoj ne nastaje blokiranje [4].

### **3.2 Upravljački mehanizam**

Neispravnost upravljačkog mehanizma je jedan od uzroka nastanka prometnih nesreća. Neki od uzroka neispravnosti upravljačkog mehanizma su velika zračnost u pojedinim elementima upravljačkog mehanizma, lom dijelova, neispravnost sigurnosne brave kola upravljača koja može zaključati kolo upravljača i onemogućiti njegovo okretanje i time se može ugroziti sigurnost cestovnog prometa [4].

Bitno je na vrijeme zamijeniti istrošene dijelove upravljačkog mehanizma. Pri čelnom sudaru, najteže ozljede vozača nastaju zbog udara prsnog koša vozača u kolo upravljača i glave u vjetrobransko staklo. Ublaživanje ozljeda pri čelnom sudaru postiže se ugradbom upravljača osovine koja se sastoji od više dijelova i sadrži elastični uređaj koji amortizira energiju udara [4].

### **3.3 Pneumatici**

Pneumatici imaju veliku ulogu u sigurnosti cestovnog prometa jer preuzimaju cjelokupno opterećenje vozila i bitni su zbog prijanjanja kotača na podlogu. Ispravni pneumatici imaju dobar gazni sloj kod kojega je bitna dubina gazne površine. Mala dubina gazne površine može ugroziti sigurnost cestovnog prometa zbog duljeg puta kočenja. Pneumatici se dijele na dijagonalne i radijalne [4].

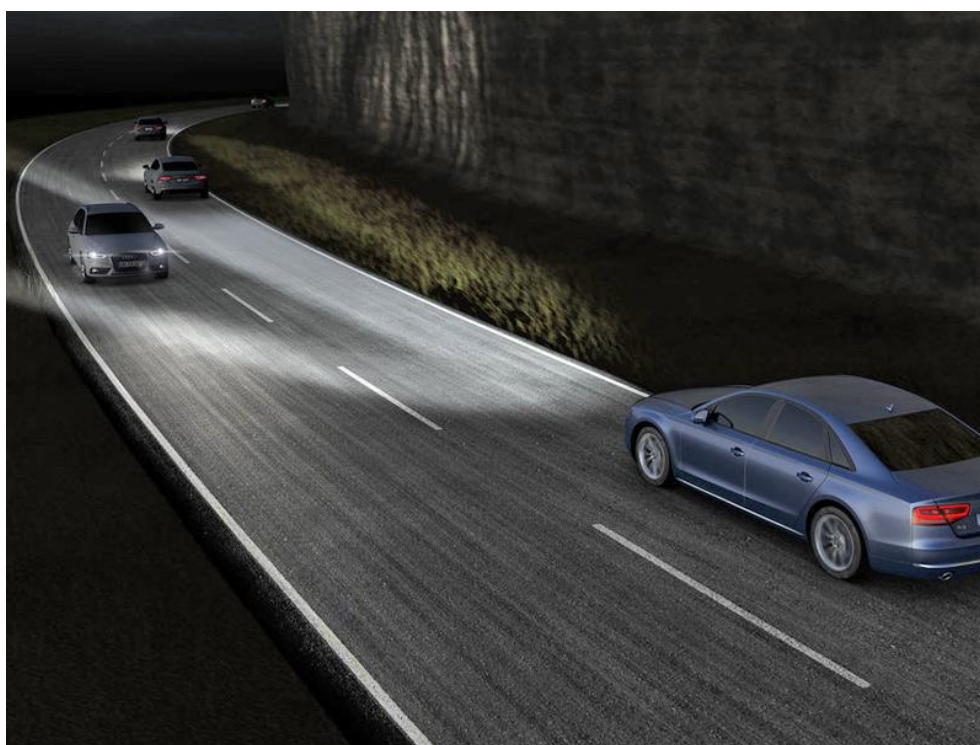
Prednosti radijalnih pneumatika su [4]:

- za vrijeme vožnje manje se griju, a vijek trajanja im je dulji,
- bolje je iskorištenje snage motora pri većim ubrzanjima,
- veća je stabilnost vozila,
- kraći je put kočenja,
- smanjuju potrošnju goriva,

-za oko 25 posto su sigurnije na mokroj cesti i omogućuju lakše upravljanje vozilom.

### 3.4 Svjetlosni i signalni uređaji

Svjetlosni i signalni uređaji služe za osvjetljavanje ceste pred vozilom, označuju položaj vozila na cesti i daju odgovarajuće signale. Na prednju stranu vozila se ugrađuju duga svjetla, kratka svjetla, svjetla za maglu, prednja svjetla za označivanje vozila i pokazivači smjera. Na stražnju stranu vozila se ugrađuju stop svjetla, stražnja svjetla za označivanje vozila, pokazivači smjera, svjetlo za osvjetljivanje registarske oznake i za vožnju unatrag [4].



Slika 2. Svjetlosni uređaji

Izvor: [5]

Slika 2. prikazuje koliko su bitni svjetlosni uređaji zbog osvjetljavanja ceste i pravovremenog uočavanja prometne signalizacije, drugih vozila i prepreka na cesti.

Duga svjetla omogućavaju osvjetljavanje ceste i prometne signalizacije. Svjetlosni snop je bijele ili žute boje, duljine 100 metara. Kratka svjetla su bijele ili žute boje, duljine od 40 do 80 metara, a svjetlosni snop je oboren koso prema dolje. Svjetla za maglu služe za osvjetljavanje ceste po magli i u nepovoljnim vremenskim uvjetima. Svjetlosni snop je bijele

ili žute boje, duljine do 15 metara. Prednja i stražnja svjetla za označivanje vozila moraju biti takvog intenziteta da su uočljiva pri normalnoj vidljivosti. Prednja svjetla su bijele ili žute boje, a stražnja crvene [4].

Pokazivači smjera su narančaste boje, a moraju biti uočljivi noću pri normalnoj vidljivosti s udaljenosti najmanje 300 metara. Konstantni i treptavi signali privlače više pažnje. Brzo treptanje nije povoljno jer može zaslijepiti druge sudionike u prometu. Stop svjetla su crvene boje i moraju biti uočljiva pri normalnoj vidljivosti s udaljenosti 300 metara. U okviru stražnjeg stakla postavljaju se dodatna stop svjetla koja djeluju istovremeno s postojećim stop svjetlima. Ona smanjuju vjerojatnost nalijetanja stražnjeg vozila za skoro 50% zbog svoje uočljivosti. Nepravilna uporaba svjetlosnih uređaja uzrokuje prometne nesreće [4].

Sa stajališta sigurnosti, svjetlosni i signalni uređaji moraju zadovoljavati sljedeće uvjete [4]:

- za vrijeme vožnje noću moraju rasvjetljavati cestu i njezinu bližu okolinu,
- moraju omogućavati promet vozila i u uvjetima slabe vidljivosti (magla i snijeg),
- moraju upozoravati ostale sudionike u prometu o svakoj promjeni pravca i brzine kretanja vozila,
- stalni svjetlosni izvori ili reflektirajuća svjetla moraju obilježavati vozila s prednje i sa stražnje strane.

### **3.5 Uređaji koji povećavaju vidno polje vozača**

Uređaji koji povećavaju vidno polje vozača su [4]:

- prozorska stakla na vozilu,
- brisači vjetrobranskog stakla,
- retrovizori.

Na slici 3. su prikazani uređaji koji povećavaju vidno polje vozača. Prozorska stakla omogućuju praćenje vozila ispred i iza vozila. Brisači vjetrobranskog stakla najčešće služe za

micanje kiše s vjetrobranskog stakla kako bi se omogućila što bolja vidljivost vozaču. Retrovizori imaju veliku ulogu kod povećanja vidnog polja vozača.



Slika 3. Uređaji koji povećavaju vidno polje vozača

Izvor: [6]

Vjetrobranska i bočna prozorska stakla moraju biti prozirna i ne smiju iskrivljivati sliku. Obojena prednja stakla su pogodna jer smanjuju zasljepljivanje i toplinu, ali smanjuju vidljivost [4].

Brisači vjetrobranskog stakla omogućavaju vidljivost u lošim vremenskim uvjetima. Oni čiste manju površinu od površine vjetrobranskog stakla. Vozila su često opremljena i brisačima na stražnjem staklu. Kod onečišćenih prednjih svjetla jačina svjetla se smanjuje i do 50% [4].

Vozačka zrcala ili retrovizori omogućuju vozaču praćenje prometa iza vozila. Zrcala moraju biti pravilno namještena kako bi osigurala maksimalnu preglednost ceste iza vozila. Loše namještena vozačka zrcala čest su uzrok prometnih nezgoda zbog neuočavanja drugih vozila. Vozila moraju imati tri zrcala, jedno u unutrašnjosti vozila i po jedno izvana sa svake strane vozila. Vanjsko zrcalo pokraj vozača pričvršćeno je na vrata, i to što bliže očima radi bolje vidljivosti i lakšeg namještanja. Zbog povećanja vidnog polja, proizvode se dvodijelna zrcala s razlomljenom površinom. Takva zrcala zakrenuta su tako da se dopunjuju i na taj način povećavaju vidno polje vozača [4].



### 3.6 Konstrukcija sjedala

Konstrukcija sjedala u vozilu je važna jer mora omogućiti udobno sjedenje, pridržavati vozača pri djelovanju centrifugalne sile u zavoju, omogućiti dobru vidljivost i optimalnu udaljenost od kola upravljača. Sjedala za vozača se konstruiraju tako da omogućuju namještanje u horizontalnom i vertikalnom smjeru [4].

### 3.7 Usmjerivači zraka

Usmjerivači zraka su dijelovi školjke vozila koji smanjuju otpor zraka i povećavaju stabilnost vozila pri velikim brzinama. Smanjenjem otpora zraka povećava se brzina kretanja vozila, a smanjuje potrošnja goriva. Pri velikim brzinama smanjuje se težina prednjeg dijela vozila, pa ugradbom usmjerivača zraka zrak pritišće na prednji dio školjke [4].

Usmjerivači zraka koriste se za skretanje zraka preko krova na stražnje staklo koje je zbog toga čistije. Čistoća stražnjeg stakla je bitna zbog uočavanja drugih sudionika u prometu. Način postavljanja usmjerivača zraka zahtijeva posebna ispitivanja i testiranja u zračnom kanalu. Loše postavljen usmjerivač zraka može smanjiti otpor zraka i negativno utjecati na uzgon ili obratno [4].



Slika 4. Strujanje zraka na vozilu

Izvor: [7]

Slika 4. prikazuje strujanje zraka na vozilu koja se ispituju u zračnim kanalima zbog utvrđivanja otpora zraka. Pravilno postavljeni usmjerivači zraka povećavaju stabilnost vozila pri velikim brzinama.

### **3.8 Uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila**

Grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila utječe na radnu sposobnost vozača. Pri temperaturi nižoj od 13 stupnjeva celzijevih i višoj od 30 stupnjeva celzijevih radna sposobnost vozača se smanjuje. Srednja temperatura u vozilu po zimi bi trebala biti od 17 stupnjeva celzijevih do 22 stupnja celzijevih, a ljeti do 28 stupnjeva celzijevih. Uređaji za grijanje u većini su vozila izvedeni tako da istovremeno služe za provjetravanje i hlađenje. Grijanje se podešava promjenom brzine ventilatora, a topao zrak se usmjeruje na vjetrobranska stakla kako bi se spriječilo njihovo zamrzavanje i zamagljivanje [4].

### **3.9 Vibracije vozila**

Vibracije vozila mogu negativno utjecati na vozača. Vozač i putnici su djelomično izolirani od izravnog djelovanja vibracija uz pomoć naslona i sjedala. Vibracije se prenose na čovjeka putem stopala na ostale dijelove tijela. Vibracije školjke imaju najjači utjecaj na organizam čovjeka [4].

### **3.10 Buka**

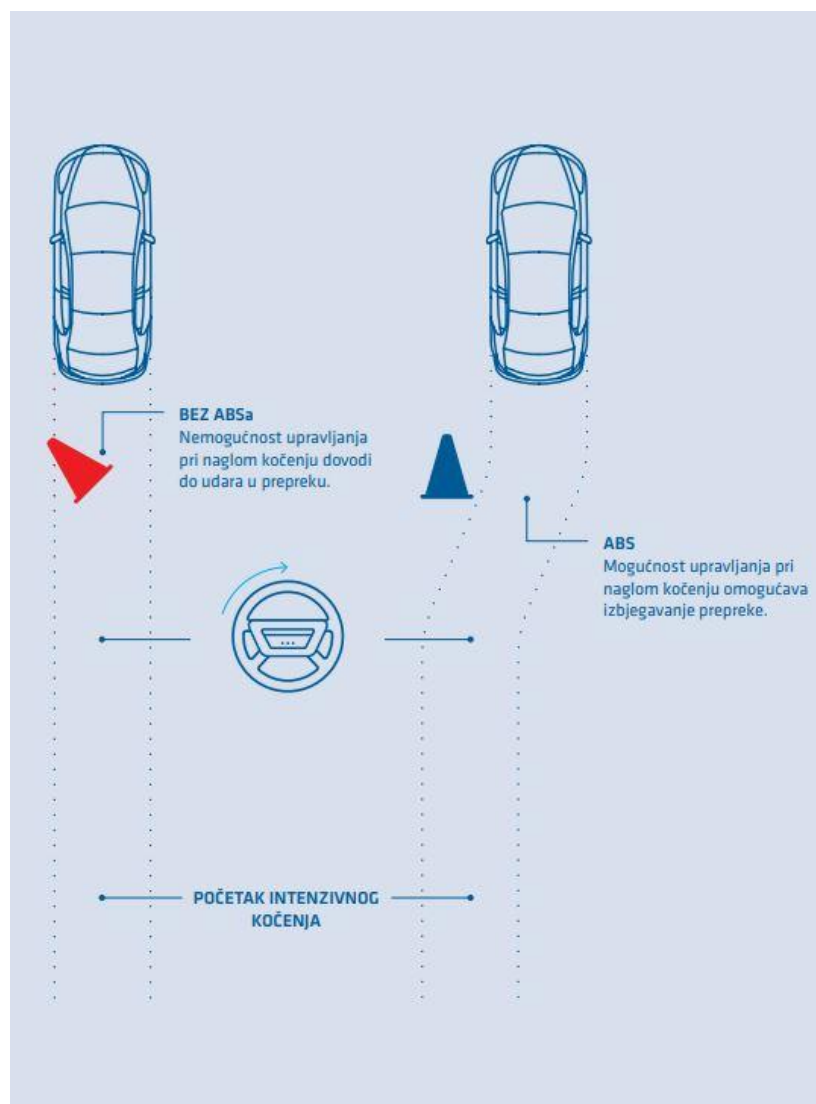
Buka djeluje na živčani sustav i unutarnje organe. Može izazvati glavobolju, vrtoglavicu, razdražljivost i smanjuje radnu sposobnost vozača. Djelovanje buke iznad 80 dB štetno je za organ sluha. Buka koja nastaje uz sjedalo vozača autobusa iznosi 100 do 115 dB. U prostoru za putnike buka ne bi smjela prelaziti 70 dB. Primjenom akustične izolacije između prostora za smještaj motora i prostora za putnike buka se može smanjiti konstrukcijom vozila [4].

### **3.11 Napredni sustavi za pomoć pri upravljanju vozilom (ADAS)**

Napredni sustavi za pomoć pri upravljanju vozilom su elektronički sustavi koji pomažu vozaču tijekom upravljanja vozilom. Cilj takvih sustava je povećanje sigurnosti na cestama smanjujući mogućnost ljudske pogreške. Vozilo može biti opremljeno različitim sustavima koja upozoravaju vozača na potencijalne opasne situacije u prometu, dok pojedini sustavi reagiraju umjesto vozača [8].

### 3.11.1 Sustav protiv blokiranja kotača (ABS)

Sustav protiv blokiranja kotača (slika 5.) regulira kočni tlak pojedinih kotača u ovisnosti o njihovoj brzini vrtnje i time sprječavaju blokiranje kotača. Glavni zadatak je osigurati upravljivost vozilom prilikom intenzivnog kočenja. Sustav osigurava maksimalno kočenje vozila pri kojem ne dolazi do blokiranja kotača. Kotač se intenzivno koči neposredno do trenutka kada bi blokirao, a nakon toga se kočenje kratkotrajno prekida da se kotač nastavi okretati. Na taj način ne dolazi do blokiranja i gubitka upravljivosti vozila. Pri intenzivnom kočenju, posebice na mokroj podlozi, može doći do blokiranja kotača što može izazvati klizanje vozila i gubitak upravljivosti [8].

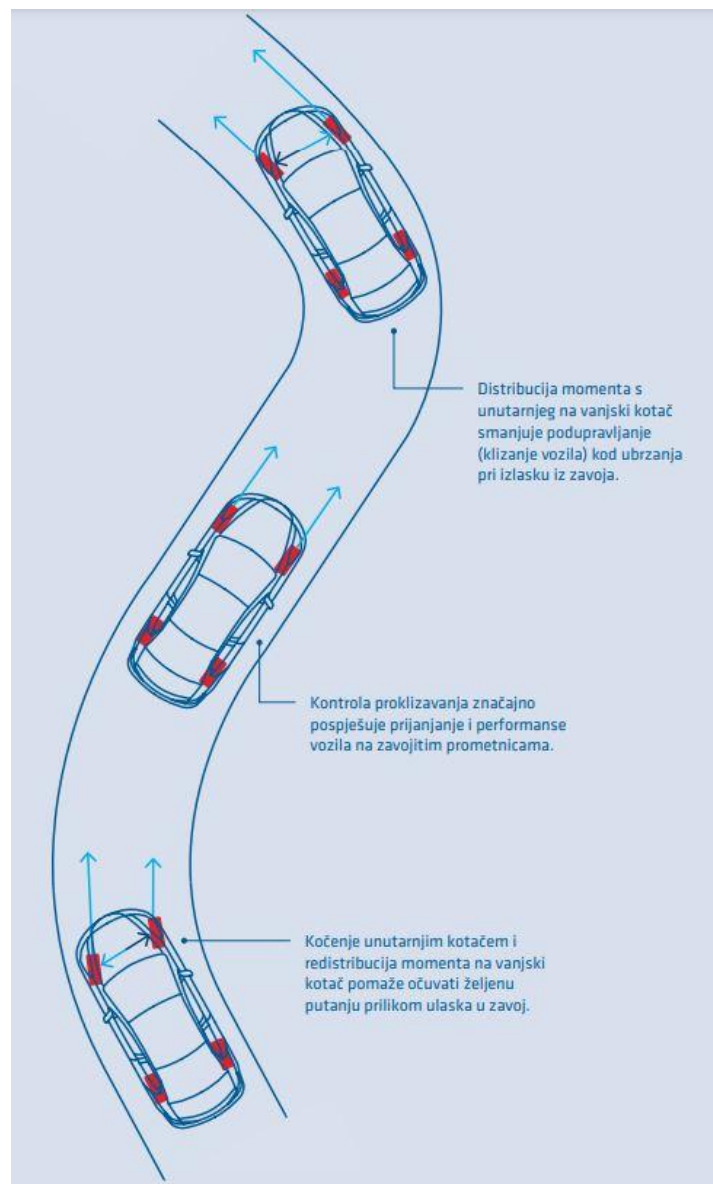


Slika 5. Sustav protiv blokiranja kotača (ABS)

Izvor: [8]

### 3.11.2 Sustav kontrole proklizavanja (TCS)

Sustav kontrole proklizavanja (slika 6.) sprječava proklizavanje pogonskih kotača pri kretanju i ubrzavanju vozila. Zadatak sustava je osigurati trajni prijenos pogonskog momenta s kotača na podlogu. Moment koji se može prenijeti na podlogu ograničen je svojstvima pneumatika i podloge. Sustav se najčešće koristi kod vozila sa stražnjim pogonom i kod vozila s većim okretnim momentom kako ne bi došlo do proklizavanja pogonskih kotača. Sustav utječe na rad motora i kočnica. Kada sustav prepozna nagli porast brzine vrtnje kotača, smanjuje se snaga motora i time se kontrolira proklizavanje [8].

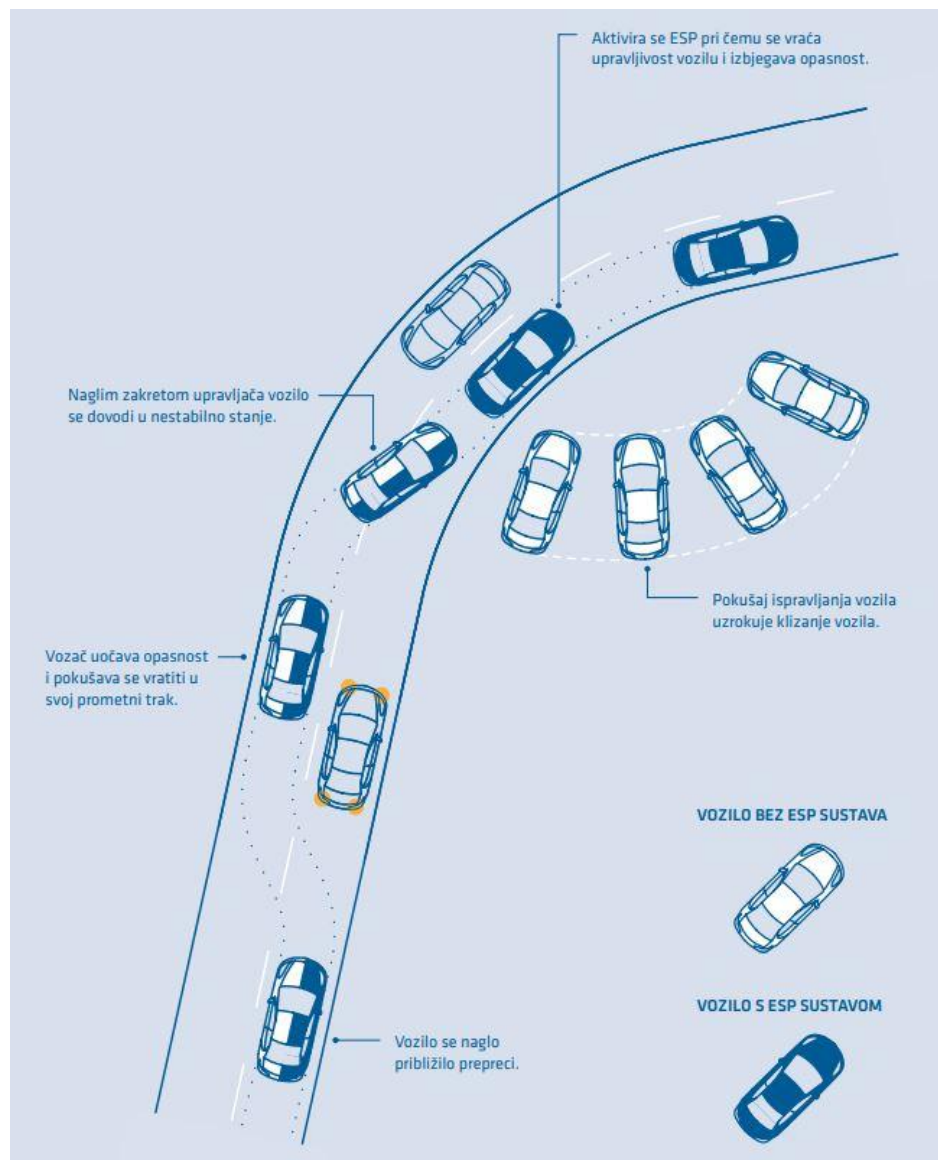


Slika 6. Sustav kontrole proklizavanja (TCS)

Izvor: [8]

### 3.1.1.3 Elektronički program stabilnosti (ESP)

Elektronički program stabilnosti (slika 7.) kočenjem pojedinih kotača i intervencijom na upravljački sustav postiže uzdužnu i poprečnu stabilizaciju vozila čime se sprječava zanošenje vozila oko vertikalne osi. Zadatak sustava je prilikom gubitka stabilnosti vozila, pokušati vozilo zadržati na željenoj putanji. Sustav se uključuje ciljanim kratkotrajnim kočenjem jednog od suprotnih kotača i na taj način stvara stabilizirajući moment oko osi vozila i vraća vozilo na željenu putanju. U slučaju kad vozilo ulazi u oštri zavoaj, prilikom gubitka stabilnosti, sustav uključuje i koči jedan od kotača kako bi stabilizirao vozilo [8].

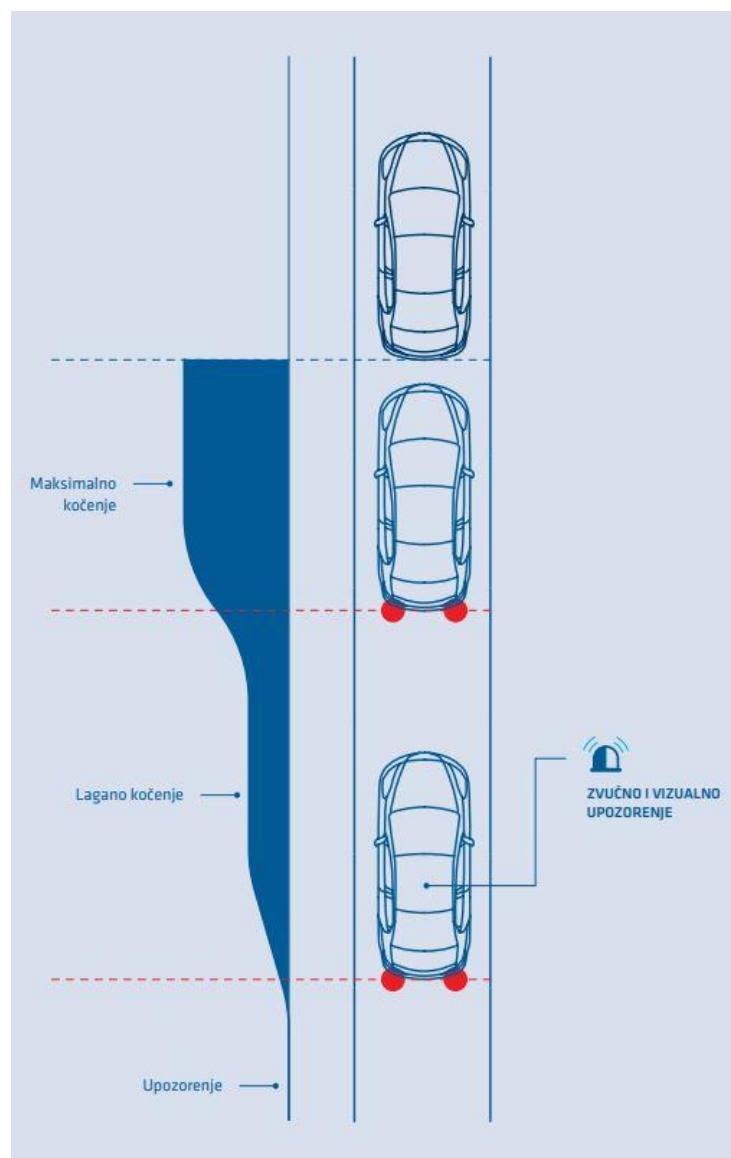


Slika 7. Elektronički program stabilnosti (ESP)

Izvor: [8]

### 3.1.1.4 Sustav automatskog kočenja (AEB)

Sustav automatskog kočenja (slika 8.) smanjuje broj prometnih nesreća, odnosno brzine nalijetanja na prepreku. Sustav se aktivira ako vozač ne reagira samostalno. Sustav koristi senzore ugrađene na prednji dio vozila koji prate udaljenosti prepreka na prometnici ispred vozila. Ovisno o više čimbenika od kojih su najznačajniji brzina vozila i udaljenost od prepreke, kontrolna jedinica detektira mogućnost sudara. Ako vozač ne reagira i vozilo prepozna da postoji opasnost od sudara, tada će ovaj sustav automatski aktivirati kočnice. Neki sustavi aktivirat će kočnice punom silom, dok će drugi postupno smanjivati brzinu vozila. Cilj je smanjiti brzinu kretanja vozila prije sudara ili ga izbjeći [8].

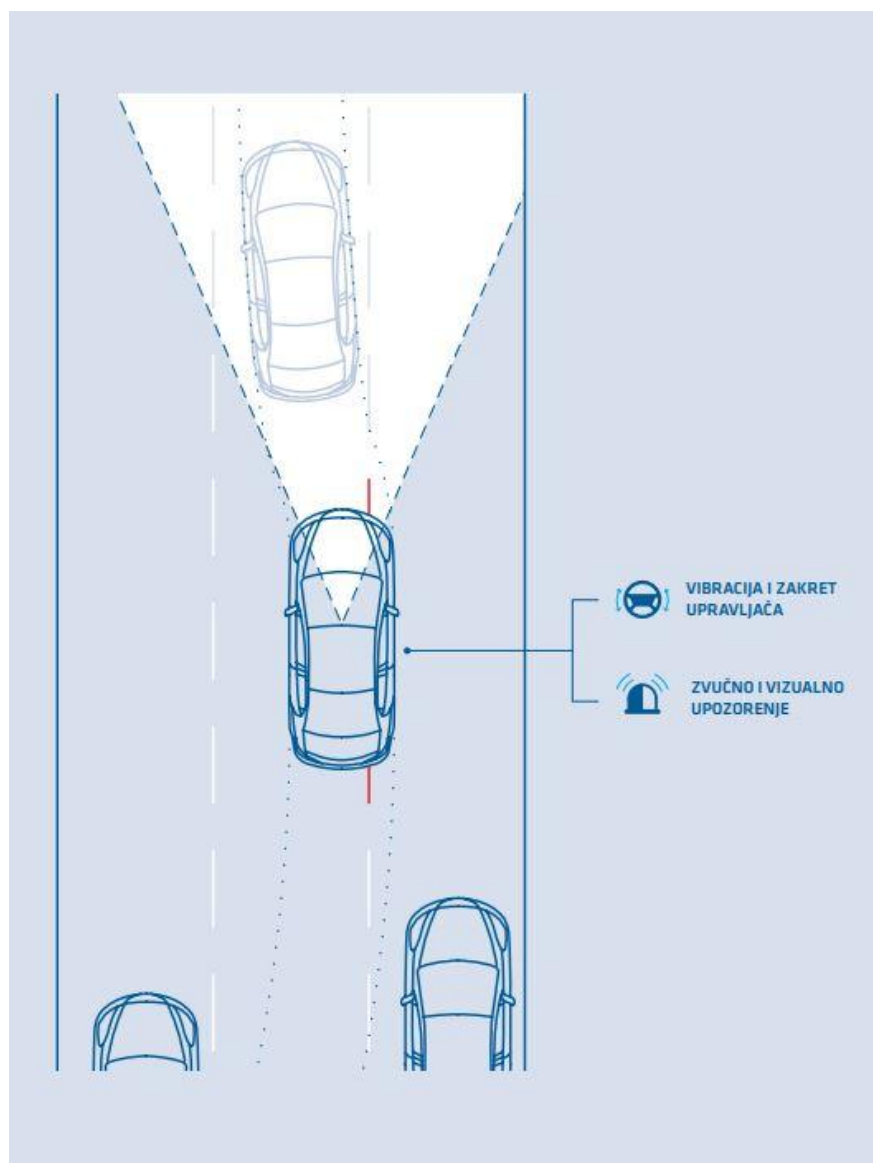


Slika 8. Sustav automatskog kočenja (AEB)

Izvor: [8]

### 3.11.5 Sustav zadržavanja vozila u prometnom traku (LKA)

Sustav zadržavanja vozila u prometnom traku (slika 9.) ima veliko značenje u sprječavanju slijetanja vozila s ceste ili nenamjerne promjene prometnog traka. Postoje dvije razine rada sustava, samo upozorenje bez dodatne akcije promjene smjera i aktivan rad sustava u kojem sustav samostalno korigira smjer vozila i vraća ga u prometni trak. Kad se vozilo približi crti koja razdjeljuje prometne trakove, a vozač nije naznačio da to čini namjerno uključivši pokazivač smjera, sustav vizualnim ili zvučnim signalom, podrhtavanjem upravljača ili sjedala upozorava vozača na opasnost. Izostane li reakcija vozača, sustav će umjesto njega lagano zakrenuti upravljač da bi se vozilo vratilo na pravu putanju [8].

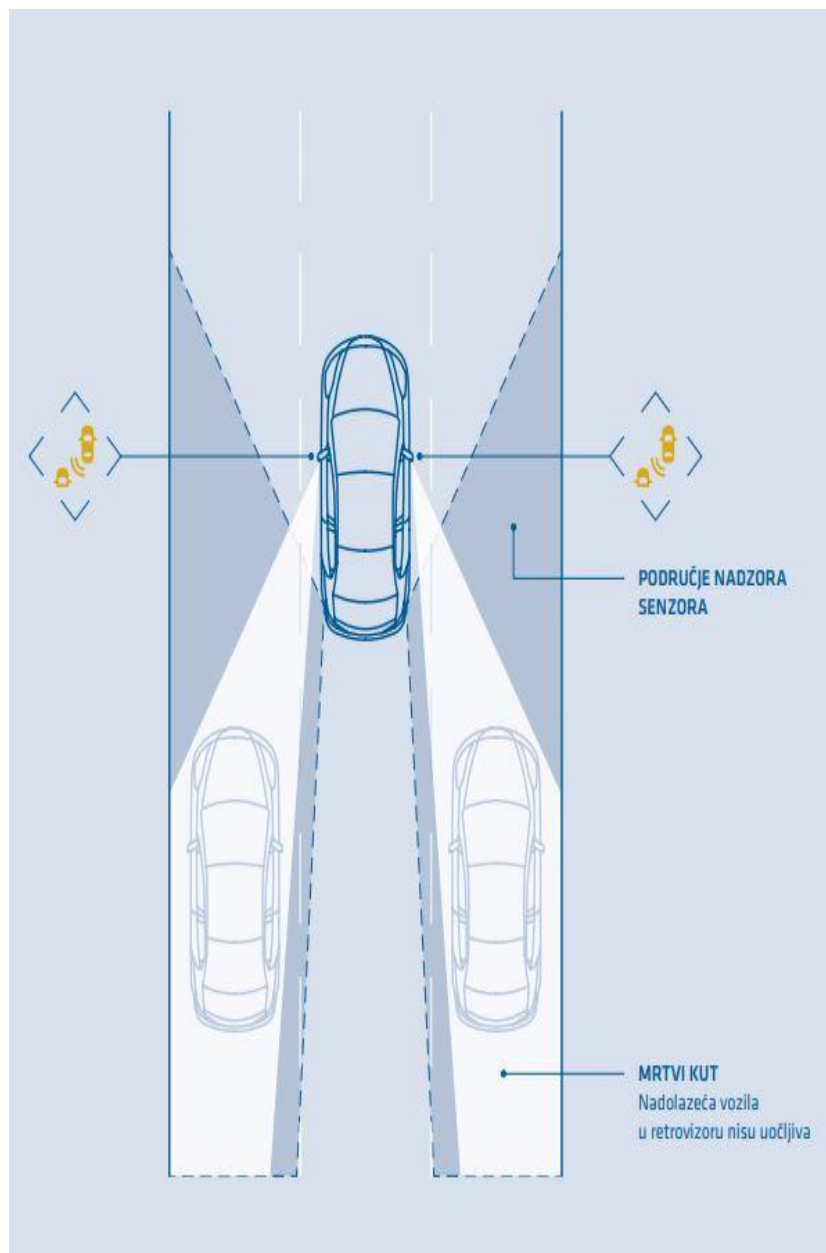


Slika 9. Sustav zadržavanja vozila u prometnom traku (LKA)

Izvor: [8]

### 3.11.6 Sustav nadzora mrtvog kuta (BSA)

Sustav nadzora mrtvog kuta (slika 10.) služi upozoravanju vozača prilikom promjene prometnog traka o vozilima koja se nalaze u mrtvom kutu ili će se uskoro pojaviti u tom području. Dva radarska senzora, najčešće ugrađena u stražnji dio vozila, nadziru područje koje vozač ne može vidjeti u vanjskim zrcalima. Upozorenje da nije sigurno započeti pretjecanje pojavljuje se u obliku svjetlosnog signala na vanjskom ogledalu, a u trenutku kad se uključi pokazivač promjene smjera, unutar vozila uključuje se i zvučni signal [8].



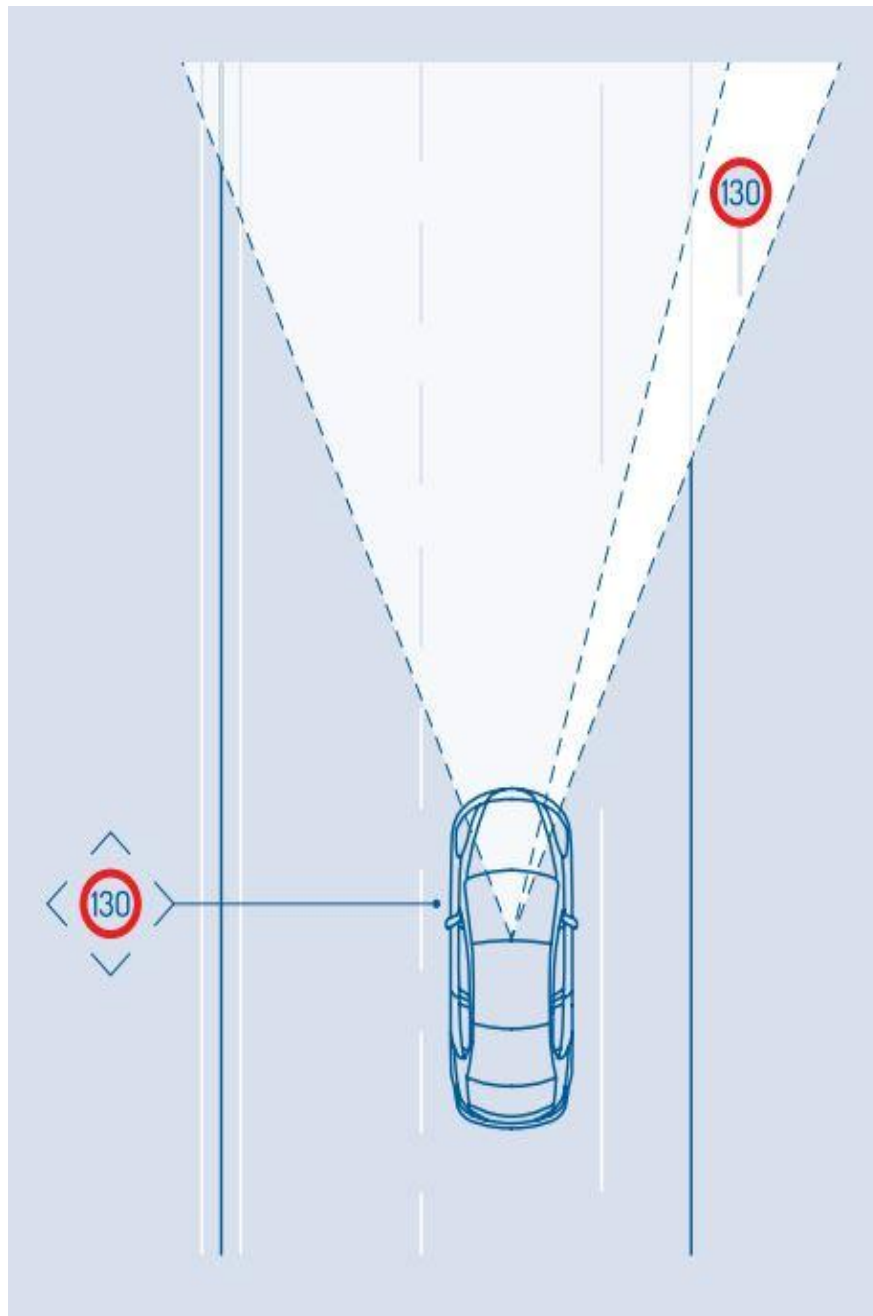
Slika 10. Sustav nadzora mrtvog kuta (BSA)

Izvor: [8]



### 3.11.7 Sustav prepoznavanja prometnih znakova (TSR)

Sustav prepoznavanja prometnih znakova (slika 11.) služi upozoravanju vozača na ograničenja i upozorenja na prometnicama. Ovaj sustav omogućava vozilu da prepozna prometne znakove i na taj način obavještava vozača. Sustav koristi kameru najčešće smještenu u kućištu unutarnjeg zrcala koja skenira prometne znakove koji se nalaze ispred vozila. Ograničenja se prikazuju na zaslonu s instrumentima [8].

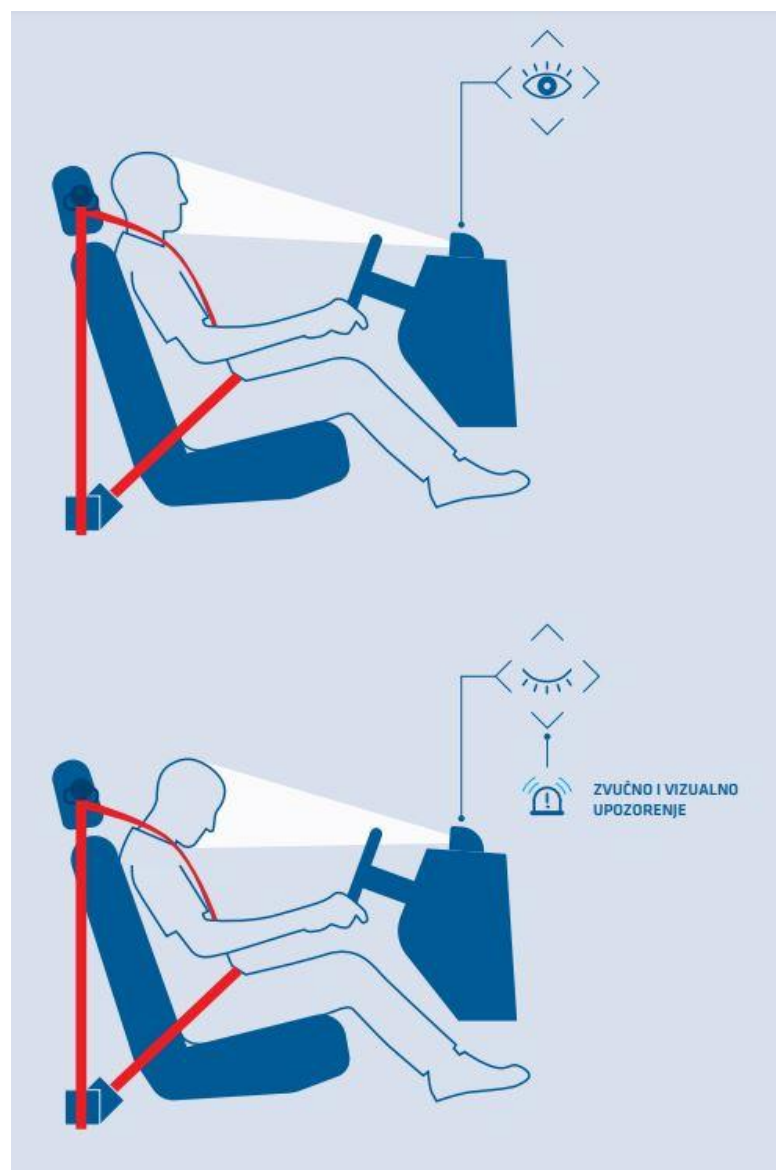


Slika 11. Sustav prepoznavanja prometnih znakova (TSR)

Izvor: [8]

### 3.11.8 Sustav za upozoravanje vozača u slučaju pospanosti (DDD)

Sustav za upozoravanje vozača u slučaju pospanosti (slika 12.) prati aktivnost vozača i upozorava ga zvučnim signalom i grafičkim simbolima na kontrolnoj ploči da mu je potreban odmor. Sustav nadzire koliko često vozač zakreće upravljačem u ovisnosti o zavojima na cesti. Napredniji sustavi koriste računalni vid za promatranje lica vozača putem ugrađene kamere u vozilu. Algoritmi također prate vrijeme od zadnjeg pokretanja i aktivnosti vozača te se na temelju različitih parametara donosi preporuka vozaču o potrebi za odmorom. Najjednostavniji sustavi samo prate vrijeme vožnje, a sofisticirani koriste brojne senzore i algoritme umjetne inteligencije [8].



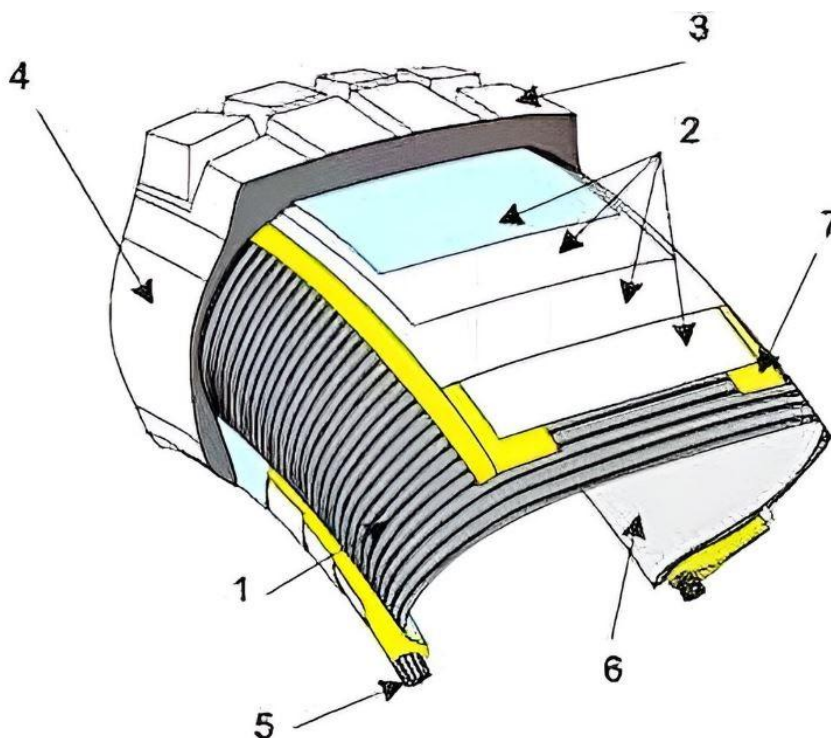
Slika 12. Sustav za upozoravanje vozača u slučaju pospanosti (DDD)

Izvor: [8]

## 4. PREGLED ISTRAŽIVANJA O ZNAČJKAMA SUVREMENIH PNEUMATIKA

### 4.1 Konstrukcija pneumatika

Osnovni dijelovi omotača su armatura, pojas, gazna površina, bočnica i žičana jezgra. Sigurnost konstrukcije pneumatika temelji se na čvrstoći pneumatika prilikom složenog opterećenja i nepropuštanju zraka [2].

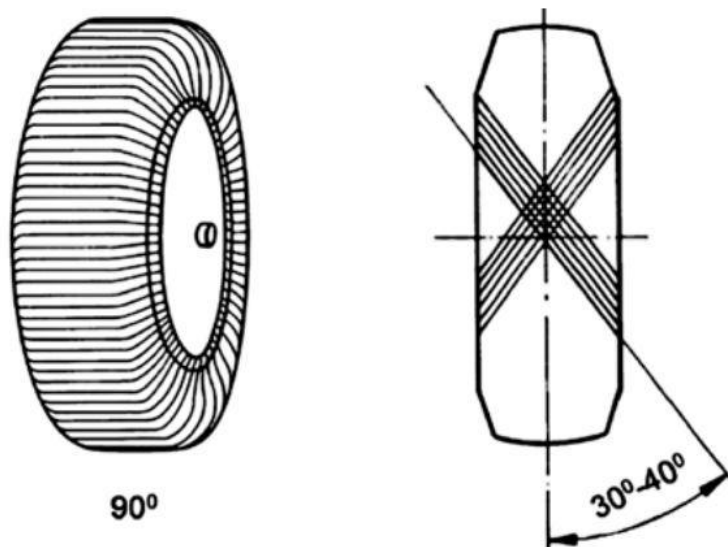


Slika 13. Presjek pneumatika

Izvor: [2]

Slika 5. prikazuje presjek pneumatika koji sadrži sljedeće dijelove [2]:

- armatura (karkasa) (1),
- pojasevi (2),
- gazna površina (3),
- bočnica (4),
- žičana jezgra (noga pneumatika) (5),
- nepropusni sloj (6),
- remen (7).



Slika 14. Shema radijalnog i dijagonalnog pneumatika

Izvor: [2]

Pneumatik se pod opterećenjem deformira i održava konstantan tlak i pritisak na podlogu. Nakon prestanka opterećenja vraća se u svoj početni oblik. Noseći dio pneumatika je armatura (karkasa) koja se sastoji od poprečnih omotača, slojeva za ojačanje koji su izrađeni od različitih vrsta vlakana, najlona, poliestera i čelika. Armatura preuzima glavni dio opterećenja pneumatika koje nastaje zbog djelovanja vertikalnih i horizontalnih sila u kontaktu s podlogom [2].

Pojas se nalazi iznad armature. Pojas se sastoji od slojeva uloženi aramidnih ili čeličnih vlakana. Pojas ukrućuje gazni sloj i sprječava velike deformacije pneumatika. Između pojasa i gumenog sloja gazeće površine stavlja se pojas međusloja mješavine koja se sastoji od tvrde gume i čađe. Međusloj prigušuje udarce, štiti armaturu i sprječava elektrostatički naboj vozila [2].

Remen je obodno ugrađeni pojas koji ojačava i ukrućuje gazni sloj.

S obzirom na položaj nosećih vlakana armature, ovisno o veličini kuta koji vlakna zatvaraju s uzdužnom osi pneumatika, pneumatici se dijele na radijalne i dijagonalne. Na slici 6. prikazani su položaji nosećih vlakana na radijalnom i dijagonalnom pneumatiku. Slojevi nosećih vlakana kod radijalnih pneumatika postavljeni su radijalno u odnosu na uzdužnu os, pod kutom od 90 stupnjeva. Kod dijagonalnih pneumatika slojevi nosećih vlakana su postavljeni dijagonalno, jedan preko drugoga pod kutom od 30 do 40 stupnjeva [2].

Radijalni pneumatici omogućavaju ravnomjeran pritisak kotača na podlogu. Na cestovna vozila ugrađuju se radijalni pneumatici jer osiguravaju prijenos tangencijalnih i bočnih sila. Dijagonalni pneumatici se koriste na vozilima poput traktora, radnih i specijalnih vozila [2].

Pneumatici se proizvode od prirodnog i umjetnog kaučuka. Proizvođači pneumatika miješaju obje vrste kaučuka i dodaju aditive za bolja svojstva. Dodavanjem silike (kremena kiselina) postiže se veća sposobnost prijanjanja gaznog sloja na mokroj površini uz manji otpor kotrljanja [2].

Gazna površina je vanjski dio pneumatika koja se izrađuje od čvrste gume zbog otpornosti na trošenje i prijanjanje. Gazni sloj se profilira kanalima čija je svrha povećanje prijanjanja pneumatika na mokroj površini. Oblik profila i materijal gaznog sloja utječu na otpor kotrljanja, prijanjanje i buku pneumatika. Uzdužni blokovi služe za držanje pravca kretanja vozila, a poprečni blokovi prenose vučnu ili kočnu silu. Dezen s manjom površinom kanala se koristi za suhe podloge i omogućava bolje prijanjanje, manje trošenje i bočno klizanje. Dezen s većom površinom i dubinom kanala se koristi za mokre podloge i služi za brže izbacivanje vode ispod kotača. Za različite podloge koristi se univerzalni dezen koji sadrži uske kanale na sredini i dublje kanale s vanjske strane gazeće površine [2].

Bočnica pneumatika štiti armaturu od vanjskih utjecaja i oštećenja. Bočnice su debljine od 1,5 do 3,5 mm. Na bočnici se nalaze sve bitne oznake za izbor pneumatika [2].

Žičana jezgra pneumatika osigurava nasjedanje pneumatika na naplatak i brtvljenje uz rame naplatka čime se osigurava prijenos vučnih, kočnih i bočnih sila [2].

Pneumatik je iznutra obložen nepropusnim ljepljivim viskoznom premazom, koji brtvi oštećenja od čavala. Brtveni sloj okružuje čavao i sprječava gubitak zraka. Po prijeđenoj kilometraži vozila ili intervalu vremena dolazi do pada tlaka zraka u pneumaticima. Pneumatici koji se pune dušikom će imati konstantan tlak tri do četiri puta duže od pneumatika koji se pune zrakom jer su molekule dušika veće i sporije prolaze kroz pore pneumatika. Pneumatici koji se pune dušikom smanjuju deformaciju pneumatika i otpor kotrljanja što doprinosi manjoj potrošnji goriva [2].

## 4.2 Oznake na pneumatiku

Na bočnoj strani pneumatika otisnute su oznake koje pružaju razne informacije o pneumatiku kao što su naziv proizvođača, datum proizvodnje, vrsta pneumatika, smjer montaže, širina i visina pneumatika, tip pneumatika, promjer naplatka, indeks nosivosti i indeks brzine [2].



Slika 15. Oznake na pneumatiku

Izvor: [2]

Slika 7. prikazuje oznake na pneumatiku. Broj 205 označava širinu pneumatika pod tlakom u milimetrima, broj 55 označava visinu profila pneumatika u postotku (odnos visine i širine pneumatika), R je oznaka za radijalni tip pneumatika, 16 je oznaka za promjer naplatka u colima, broj 91 je indeks nosivosti i slovo V je oznaka maksimalne brzine 240 km/h.

Indeks nosivosti (tablica 1.) pokazuje najveće opterećenje pneumatika, odnosno nosivost po kotaču u skladu s tlakom. Indeks brzine (tablica 2.) pokazuje brzinu vozila do koje se pneumatici mogu koristiti [2].

Tablica 1. Indeks nosivosti

Indeks	65	69	70	74	80	82	84	88	91	94	98	102	104	107	109
Nosivost (kg)	290	325	335	375	450	475	500	560	615	670	750	850	900	975	1030

Izvor: [2]

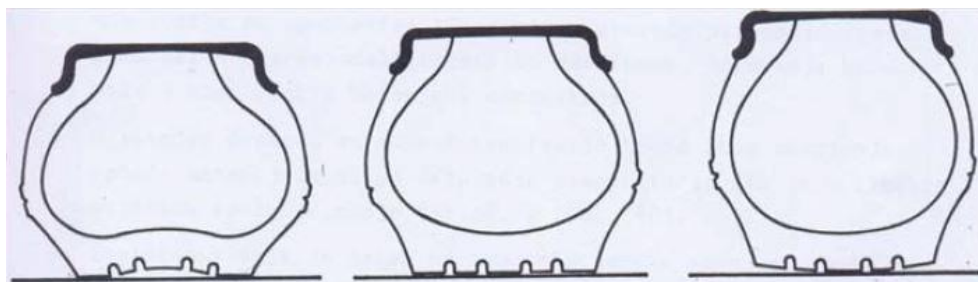
Tablica 2. Indeks brzine

Indeks brzine	L	M	N	P	Q	R	S	T	U	H	V	W	Y
Brzina (km/h)	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	240	270	300

Izvor: [2]

### 4.3 Tlak u pneumaticima

Optimalan tlak zraka u pneumaticima je važan zbog stabilnosti vozila, ravnomjernog trošenja gazne površine pneumatika i potrošnje goriva. Tlak zraka ovisi o opterećenju kotača i radnoj temperaturi pneumatika. Veća masa vozila zahtijeva i veći tlak u pneumaticima. Osobno vozilo koje stalno vozi četiri putnika treba imati veći tlak zraka u pneumaticima od istog vozila koje vozi samo vozač [2].



Slika 16. Utjecaj manjeg, optimalnog i većeg tlaka u pneumaticima na gaznu površinu

Izvor: [9]

Na slici 8. prikazan je utjecaj manjeg, optimalnog i većeg tlaka u pneumaticima na gaznu površinu. Vidljivo je da se pneumatik s manjim tlakom deformira i troši na rubnim dijelovima, pneumatik s optimalnim tlakom je u potpunosti s cijelom gaznom površinom u dodiru s podlogom, a pneumatik s većim tlakom se najviše troši po sredini gazne površine.

Pri normalnom opterećenju i propisanom tlaku zraka, otisak pneumatika je ravnomjeren, kao i njegovo trošenje. Veći tlak zraka i velika brzina kretanja vozila uzrokuje veće trošenje središnjeg dijela pneumatika. Manji tlak uzrokuje veće trošenje bočnih dijelova pneumatika, posebice pri velikim brzinama kretanja vozila. Ukoliko tlak u pneumaticima svih kotača nije ispravan, pneumatici se nejednoliko troše [2].

### 4.4 Razlika između ljetnih i zimskih pneumatika

Za vrijeme zimskih uvjeta koriste se jednaki zimski pneumatici na svim kotačima ili jednaki ljetni pneumatici s najmanjom dubinom profila od 4 mm i lanci za snijeg. Zimski uvjeti traju od 15. studenoga do 15. travnja slijedeće godine [2].

Ljetni pneumatici imaju veću dodirnu površinu s cestom i zbog toga mogu prenijeti veće vučne ili kočne sile. Ljetni pneumatici kada je temperatura ispod sedam stupnjeva celzijevih gube na elastičnosti i svojstva prijanjanja za podlogu. Gazna površina ljetnih

pneumatika tijekom zimskih uvjeta otvrdne, te zbog manje širine utora, prianjanje na cesti je lošije i dulji je put kočenja. Nominalna dubina kanala ljetnih guma iznosi 8 mm, a najmanja dopuštena iznosi 1,6 mm [2].



Slika 17. Gazna površina ljetnih i zimskih pneumatika

Izvor: [10]

Slika 9. prikazuje razliku između gaznih površina ljetnih i zimskih pneumatika.

Zimski pneumatici su elastični pri niskim temperaturama do -30 stupnjeva celzijevih. Zimski pneumatici se razlikuju od ljetnih pneumatika po dezenu gazećeg sloja i smjesi od koje se proizvodi gazeći sloj. Imaju bolje prianjanje u hladnim, vlažnim i snježnim zimskim uvjetima. Smjesa gazećeg sloja zimskih pneumatika sadrži prirodnu gumu i siliku koji smanjuju efekt otvrdnjavanja, gubitak elastičnosti i povećavaju ljepljivost [2].

Zimski pneumatici imaju manju dodirnu površinu i široke odvodne kanale za vodu. Gazna površina je mekana i osigurava bolje prianjanje na cesti tijekom niskih temperatura, a na suhoj cesti se brzo troši. Zimski pneumatici su otporni na pojavu vodenog klina jer brzo dolaze u dodir s cestom zbog širokih kanala za vodu. Gazna površina je 25% ispunjena kanalima za vodu koji omogućuju izbacivanje vode i snijega. Nominalna dubina kanala



zimskih pneumatika iznosi od osam do deset milimetara, a najmanja dopuštena dubina iznosi četiri milimetra [2].

#### **4.5 Vijek trajanja pneumatika**

Eksploatacijski uvjeti utječu na vijek trajanja pneumatika, koji ovisi o tlaku u pneumaticima, opterećenju, brzini kretanja vozila, stanju i kvaliteti cestovne površine, vremenskim uvjetima i kvaliteti vožnje [9].

Manji tlak u pneumaticima od optimalnog uzrokuje intenzivnije trošenje gazne površine pneumatika, pregrijavanje i raslojavanje zbog neravnomjerne raspodjele tlaka u ravnini kontakta. Pneumatik se deformira tako da se srednji pojas iskrivljuje prema unutra, a cijeli se teret prenosi na rubove gazne površine [9].

Veći tlak u pneumaticima od optimalnog cijelo opterećenje prenosi na srednji pojas pneumatika i taj se dio intenzivnije troši [9].

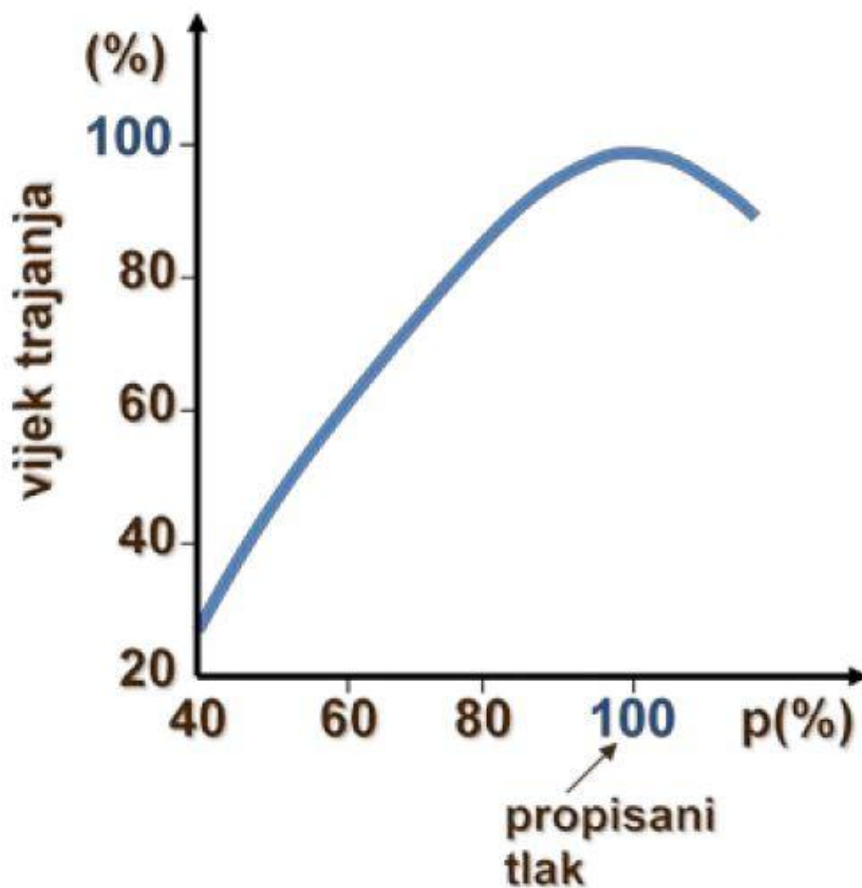
Pri velikim brzinama kretanja vozila pneumatici se znatnije zagrijavaju i dolazi do povećanog trošenja gazne površine jer se zagrijavanjem smanjuje otpornost na trošenje [9].

Utjecaj putnih i vremenskih uvjeta ovisi o stanju cestovne površine, uzdužnom i poprečnom nagibu ceste i broju zavoja [9].

Neravnine na cesti povećavaju dinamičko opterećenje pneumatika, a povećano trošenje pneumatika se javlja pri vožnji na usponima i nizbrdicama zbog preraspodjele tereta po osovinama, djelovanja bočnih sila i čestih kočenja i ubrzanja [9].

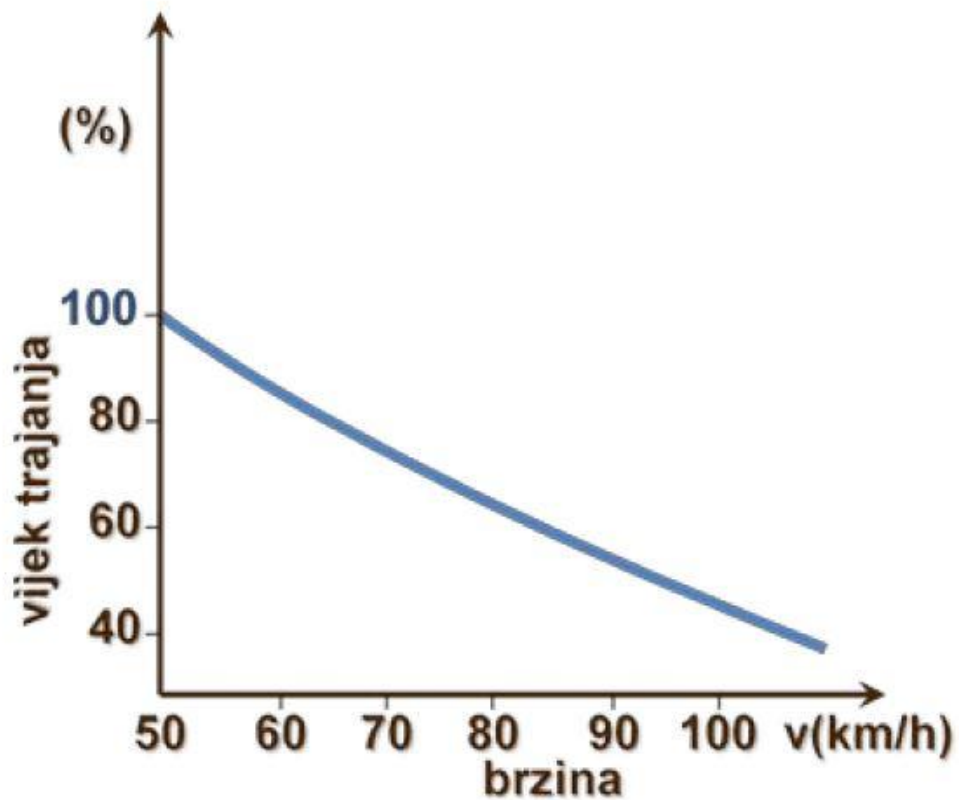
Intenzivnije trošenje pneumatika zbog smanjenja čvrstoće materijala je u ljetnom periodu, a u zimskim uvjetima intenzitet trošenja je manji [9].

Jedan od glavnih uzroka smanjenja vijeka trajanja pneumatika je način vožnje. Naglo kretanje vozilom s mjesta, naglo kočenje, prekoračenje dozvoljenih brzina, velike brzine kretanja vozila u zavojima i preko prepreka uzrokuju manji vijek trajanja pneumatika [9].



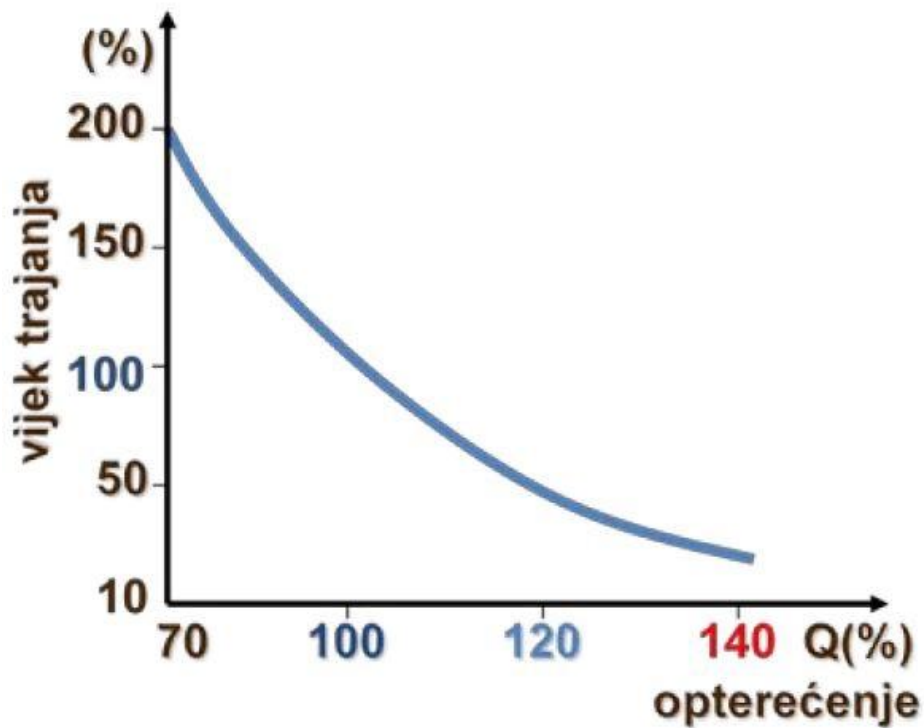
Grafikon 1. Utjecaj tlaka na vijek trajanja pneumatika, [9]

Grafikon 1. prikazuje utjecaj tlaka u pneumaticima na vijek trajanja pneumatika. Propisani tlak omogućuje dulji vijek trajanja pneumatika, a smanjenjem ili povećanjem tlaka smanjuje se vijek trajanja pneumatika. Što je manji tlak u pneumaticima, sve je manji vijek trajanja. Bitno je voditi brigu o optimalnom tlaku u pneumaticima ne samo zbog vijeka trajanja pneumatika već zbog sigurnosti cestovnog prometa jer neispravnim tlakom u pneumaticima gaza površina pneumatika nije u potpunom kontaktu s podlogom i prilikom kočenja potreban je dulji put kako bi se vozilo zaustavilo.



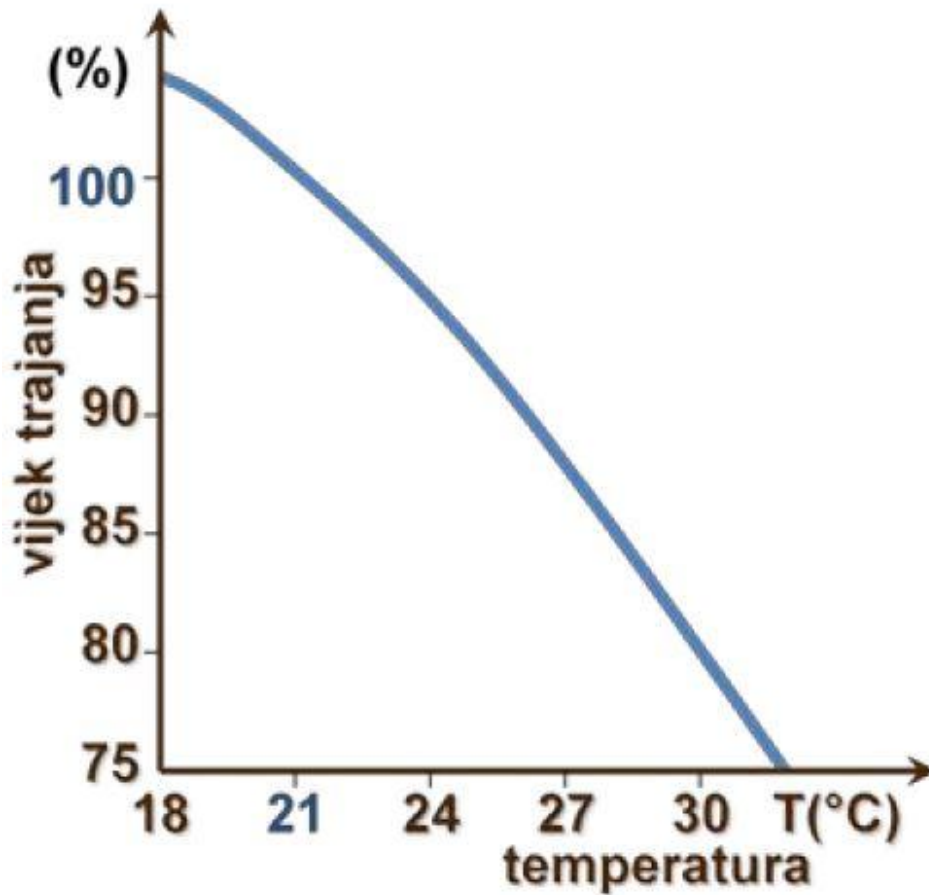
Grafikon 2. Utjecaj brzine kretanja vozila na vijek trajanja pneumatika, [9]

Grafikon 2. prikazuje utjecaj brzine kretanja vozila na vijek trajanja pneumatika. Pri malim brzinama kretanja vozila pneumatici se najmanje troše, a pri velikim brzinama dolazi do povećanog trošenja pneumatika i time se smanjuje vijek trajanja pneumatika.



Grafikon 3. Utjecaj opterećenja na vijek trajanja pneumatika, [9]

Grafikon 3. prikazuje utjecaj opterećenja na vijek trajanja pneumatika. Veliko opterećenje pneumatika negativno utječe na vijek trajanja. Pneumatike je potrebno što manje opterećivati kako bi dulje trajali i manje se trošili.



Grafikon 4. Utjecaj temperature na vijek trajanja pneumatika, [9]

Grafikon 4. prikazuje utjecaj temperature na vijek trajanja pneumatika. Povećanjem temperature, vijek trajanja pneumatika naglo opada.

## 5. UTJECAJ PNEUMATIKA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

Pneumatici imaju značajan utjecaj na sigurnost cestovnog prometa. Run flat pneumatici povećavaju sigurnost cestovnog prometa jer omogućuju daljnju vožnju bez zamjene pneumatika. Pneumatici s različitim dubinama gazne površine imaju različite duljine puta kočenja. Svaki dodatni metar kod puta kočenja može ugroziti sigurnost cestovnog prometa. Neispravni pneumatici su jedan od uzroka nastanka prometnih nesreća i veliku ulogu u smanjenju broja vozila s neispravnim pneumaticima imaju tehnički pregledi.

### 5.1 Run flat pneumatici

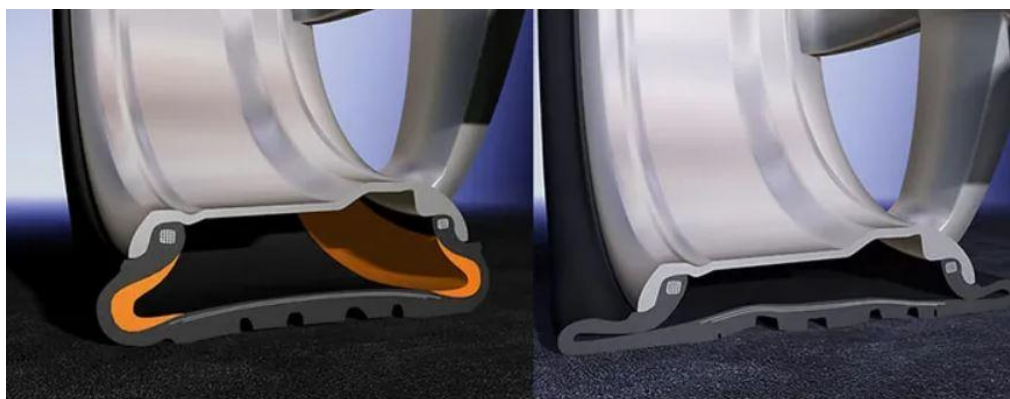
Run flat pneumatici (slika 18.) su suvremeni pneumatici koji omogućuju kretanje vozila s puknutim pneumatikom. Pneumatici s run flat tehnologijom imaju ojačanja na bokovima koji djeluju kao potpora kako bi pneumatik donekle zadržao svoj oblik prilikom naglog ispuštanja tlaka zraka i na taj način vozilo ostaje donekle stabilno i upravljivo do posjete vulkanizeru i zamjene pneumatika. Postoje i run flat pneumatici s potpornim prstenom koji pričvršćen na naplatak kotača i drži masu vozila u slučaju gubitka tlaka iz pneumatika. Potporni prsten je najčešće izrađen od metala ili gume [11].

Prednosti run flat pneumatika su [11]:

- veća sigurnost,
- veća upravljivost vozila,
- mogućnost odlaska vulkanizeru vozeći se s puknutim pneumatikom.

Nedostaci run flat pneumatika su [11]:

- veća buka,
- veća potrošnja goriva,
- manja udobnost vožnje,
- veća cijena pneumatika,
- nemogućnost popravka run flat pneumatika već je potrebna kupovina novog run flat pneumatika.



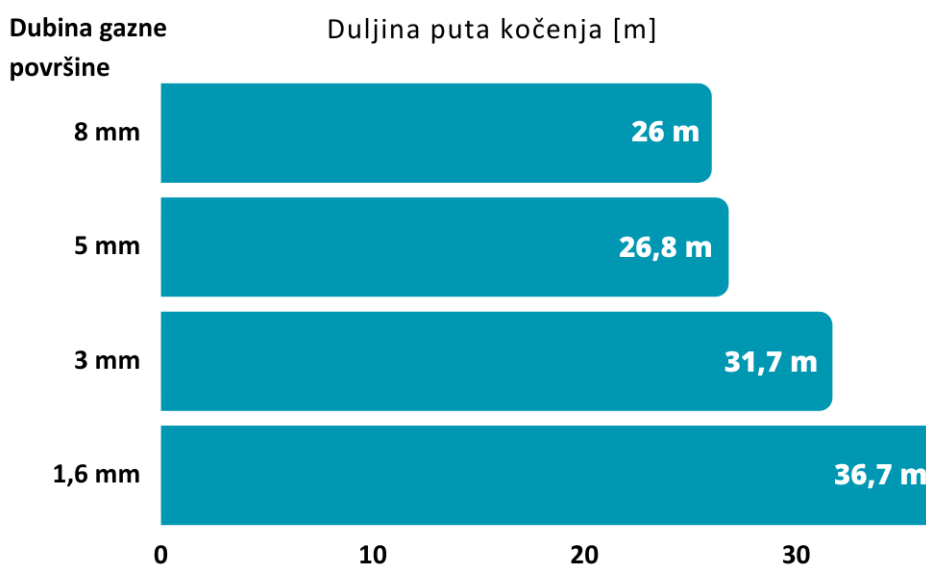
Slika 18. Run flat pneumatik

Izvor: [12]

## 5.2 Utjecaj dubine gazne površine na duljinu puta kočenja

Dubina gazne površine utječe na duljinu puta kočenja. Što je veća dubina gazne površine, manji je put kočenja. Vremenski uvjeti utječu na duljinu puta kočenja.

### Utjecaj dubine gazne površine na duljinu puta kočenja pri brzini 80 km/h



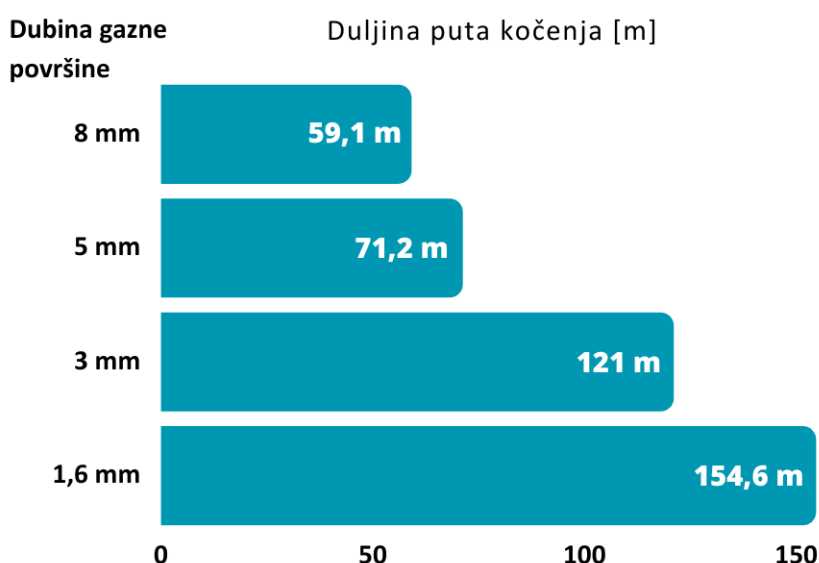
Grafikon 5. Utjecaj dubine gazne površine na duljinu puta kočenja pri brzini 80 km/h

Izvor: [13]

Grafikon 5. prikazuje utjecaj dubine gazne površine na duljinu puta kočenja u zimskim uvjetima na mokroj asfaltnoj površini pri brzini kretanja vozila od 80 km/h. Najmanju duljinu puta kočenja koja iznosi 26 metara imaju novi zimski pneumatici s

dubinom gazne površine od 8 mm. Duljina puta kočenja sa zimskim pneumaticima s dubinom gazne površine od 5 mm iznosi 26,8 metara. Znatno dulji put kočenja od 31,7 metara imaju zimski pneumatici s dubinom gazne površine od 3 mm. Najdulji put kočenja imaju zimski pneumatici s dubinom gazne površine od 1,6 mm koji iznosi 36,7 metara. Razlika između duljine puta kočenja zimskih pneumatika s dubinom gazne površine od 8 mm i 1,6 mm iznosi 10,7 metara [13].

### Utjecaj dubine gazne površine na duljinu puta kočenja pri brzini 120 km/h



Grafikon 6. Utjecaj dubine gazne površine na duljinu puta kočenja pri brzini 120 km/h

Izvor: [13]

Grafikon 6. prikazuje utjecaj dubine gazne površine na duljinu puta kočenja u zimskim uvjetima na mokroj asfaltnoj površini pri brzini kretanja vozila od 120 km/h. Najmanju duljinu puta kočenja koja iznosi 59,1 metara imaju novi zimski pneumatici s dubinom gazne površine od 8 mm. Duljina puta kočenja sa zimskim pneumaticima s dubinom gazne površine od 5 mm iznosi 71,2 metara što je 12,1 metara dulje u odnosu na zimske pneumatice s dubinom gazne površine od 8 mm. Znatno dulji put kočenja od 121 metar imaju zimski pneumatici s dubinom gazne površine od 3 mm što je dvostruko dulji put kočenja u odnosu na nove zimske pneumatice s dubinom gazne površine od 8 mm. Najdulji put kočenja imaju zimski pneumatici s dubinom gazne površine od 1,6 mm koji iznosi 154,6



metara. Razlika između duljine puta kočenja zimskih pneumatika s dubinom gazne površine od 8 mm i 1,6 mm iznosi 95,5 metara [13].

Aquaplaning je pojava stvaranja vodenog klina ispod kotača zbog kojeg dolazi do gubitka kontakta kotača s površinom jer kotač ne može istisnuti vodu na svom putu, što uzrokuje plivanje kotača i nestabilnost vozila. Istrošeni pneumatici brzo gube stabilnost na mokroj cesti [2].

Faktori koji utječu na pojavu aquaplaninga su [2]:

- dubina vode,
- dubina gazne površine pneumatika,
- brzina kretanja vozila.

Pri velikim brzinama kretanja vozila i dubini vode preko 3 mm, smanjuje se prisanjanje i postoji mogućnost pojave aquaplaninga [2].

U slučaju kiše, nastaje sloj vode (1- 5 mm). Ispod kotača stvara se vodeni klin koji kod većih brzina uzrokuje vertikalnu silu koja podiže kotač i gubi se kontakt između pneumatika i ceste. Dolazi do zanošenja vozila i gubitka stabilnosti vozila jer nema mogućnosti vuče i kočenja. Rizik od pojave aquaplaninga smanjuje se dubinom gazne površine pneumatika i hrapavošću ceste. Istrošeni pneumatici povećavaju rizik nastanka aquaplaninga [2].



Slika 19. Aquaplaning

Izvor: [14]

Slika 10. prikazuje nastanak aquaplaninga. Pri maloj brzini kretanja vozila, vozilo je u kontaktu s podlogom, povećanjem brzine dolazi do graničnog kontakta s podlogom i pri velikoj brzini kotač gubi potpuni kontakt s podlogom i dolazi do aquaplaninga. Pojava aquaplaninga ugrožava sigurnost cestovnog prometa zato je bitno da ceste imaju izveden poprečni nagib zbog odvodnje vode i da su pneumatici ispravni sa što većom dubinom gazne površine.

### 5.3 Usporedba duljine puta kočenja ljetnih i zimskih pneumatika

Ljetni i zimski pneumatici imaju različito prianjanje za površinu u zimskim uvjetima. Kiša i niska temperatura negativno utječu na performanse ljetnih pneumatika, a takvi vremenski uvjeti odgovaraju zimskim pneumaticima.

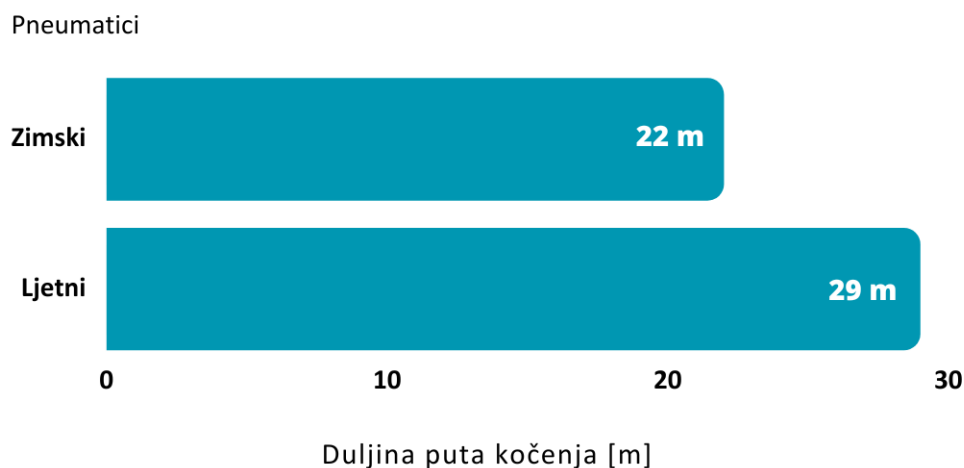
Automobili sa zimskim i ljetnim pneumaticima pri brzini od 40 km/h kreću se sigurno kroz zavoj po mokroj asfaltnoj površini [15].

Pri brzini od 50 km/h automobil sa zimskim pneumaticima po mokroj asfaltnoj površini u zavoju se kreće sigurno bez zanošenja vozila, a automobil s ljetnim pneumaticima izlijeće iz zavoja zbog lošeg prianjanja pneumatika za površinu. Vozilo koje izlijeće iz zavoja ugrožava sigurnost cestovnog prometa jer može sletjeti u provaliju pored ceste ili odbijanjem od rubnog kamena prijeći u suprotni prometni trak i time ugroziti druge sudionike u prometu [15].

Zbog povećanja sigurnosti cestovnog prometa važno je za vrijeme zimskih uvjeta koristiti zimske pneumatike, a u vrijeme ljeta i velikih vrućina koristiti ljetne pneumatike. Sigurnost se može povećati defenzivnom vožnjom i prilagođavanjem brzine kretanja vozila uvjetima na cesti.

Grafikon 7. prikazuje usporedbu duljine puta kočenja ljetnih i zimskih pneumatika u zimskim uvjetima na mokroj asfaltnoj površini pri brzini kretanja vozila od 40 km/h. S obzirom da su zimski pneumatici prilagođeni zimskim uvjetima postižu manju duljinu puta kočenja koja iznosi 22 metra, a ljetni pneumatici u istim uvjetima postižu duljinu puta kočenja koja iznosi 29 metara što je 7 metara dulje u odnosu na zimske pneumatike [15].

## Usporedba duljine puta kočenja ljetnih i zimskih pneumatika u zimskim uvjetima pri brzini 40 km/h



Grafikon 7. Usporedba duljine puta kočenja ljetnih i zimskih pneumatika u zimskim uvjetima pri brzini 40 km/h

Izvor: [15]

### 5.4 Neispravnosti na vozilima utvrđene na tehničkom pregledu

Svi sklopovi koji se pregledavaju na tehničkom pregledu moraju biti ispravni, ali pojedini sklopovi izravno utječu na sigurnost cestovnog prometa. Pojedini sklopovi sa stajališta sigurnosti su značajniji u odnosu na druge sklopove koji se pregledavaju.

Aktivni elementi sigurnosti cestovnih vozila smanjuju mogućnost nastanka prometne nesreće, ali ako su neispravni mogu biti uzrok nastanka prometne nesreće.

Za aktivnu sigurnost najznačajniji sklopovi su [16]:

- uređaji za osvijetljavanje i svjetlosnu signalizaciju,
- osovine, ovjes, naplatci i pneumatici,
- uređaj za kočenje,
- uređaj za upravljanje.

Najčešće greške kod uređaja za osvijetljavanje i svjetlosnu signalizaciju su krivo podešena svjetla, da pojedino svjetlo ne radi, preslabo svijetli ili se spajaju pojedine

svjetlosne grupe. Česta neispravnost je naknadno ugrađena žarulja koja nije homologirana. Takva nepravilnost ometa ostale sudionike u prometu i zaslijepljuje vozače iz suprotnog smjera [16].

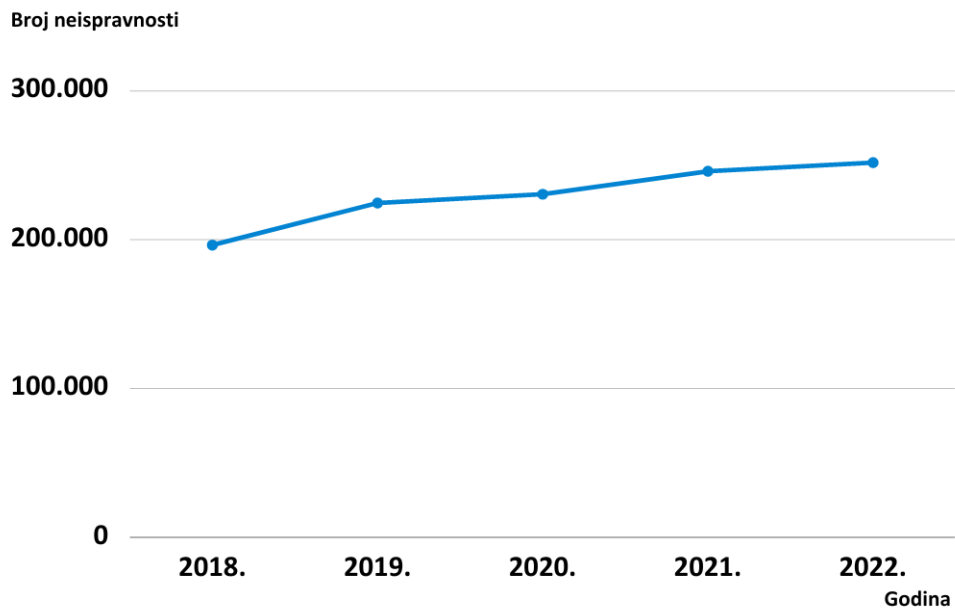
Elementi ovjesa i kotača su vrlo bitni jer je vozilo preko tih elemenata povezano s podlogom. Ako su ovjes i pneumatik neispravni tada se ne može prenijeti sila kočenja na podlogu bez obzira koliko su kvalitetne kočnice. Neispravnosti na pneumaticima su istrošenost, ispucale ili različiti pneumatici na jednoj osovini [16].

Ispravnost uređaja za kočenje je vrlo bitna jer omogućava usporavanje i zaustavljanje vozila. Na tehničkom pregledu provjerava se sila kočenja na valjcima za kočenje. Najčešća neispravnost je nedovoljna sila kočenja i razlika između kočne sile na lijevom i desnom kotaču iste osovine [16].

Najveći broj neispravnosti kod uređaja za upravljanje su na polugama i zglobovima upravljača. Najčešće greške na tom dijelu su velika zračnost i ispućane zaštitne gume zglobova [16].

Grafikon 8. je prikazan broj neispravnosti na vozilima koja uključuju neispravne osovine, ovjes, naplatke i pneumatike utvrđenih na tehničkom pregledu koji raste s godinama. U 2018. godini utvrđeno je 196396 neispravnosti na vozilima vezanih za neispravne osovine, ovjes, naplatke i pneumatike. U 2019. godini došlo je do porasta broja neispravnosti na vozilima i iznosi 224650, u 2020. godini je bilo utvrđeno 230573 neispravnosti, 2021. godine je broj neispravnosti iznosio 245996, a u 2022. godini broj je porastao na 251805 neispravnosti na vozilima [17].

### Broj neispravnosti na vozilima utvrđenih na tehničkom pregledu (osovine, ovjes, naplatci i pneumatici)



Grafikon 8. Broj neispravnosti na vozilima utvrđenih na tehničkom pregledu

Izvor: [17]

## 6. ZAKLJUČAK

Pneumatici kao aktivni elementi sigurnosti cestovnih vozila su značajni za sigurnost cestovnog prometa jer smanjuju mogućnost nastanka prometne nesreće. Uz neispravne pneumatike, glavni uzročnici nastanka prometnih nesreća su neispravne kočnice, upravljački mehanizam, svjetlosni i signalni uređaji.

Napredni sustavi za pomoć pri upravljanju vozilom imaju za cilj povećanje sigurnosti na cestama smanjujući mogućnost ljudske pogreške.

Zbog povećanja razine sigurnosti cestovnog prometa važno je koristiti ljetne pneumatike za vrijeme ljeta, a zimske pneumatike za vrijeme zimskih uvjeta. Ljetni pneumatici imaju veću dodirnu površinu s cestom i zbog toga mogu prenijeti veće vučne ili kočne sile. Ljetni pneumatici kada je temperatura ispod sedam stupnjeva celzijevih gube na elastičnosti i svojstva prianjanja za podlogu, a zimski pneumatici su elastični pri niskim temperaturama do -30 stupnjeva celzijevih, imaju bolje prianjanje u hladnim, vlažnim i snježnim zimskim uvjetima jer imaju široke odvodne kanale. Bitno je voditi brigu o dubini gazne površine pneumatika jer smanjenjem dubine gazne površine se povećava duljina puta kočenja, a pri lošim vremenskim uvjetima još se više produljuje put kočenja i može nastati prometna nesreća. Potrebno je redovito provjeravati tlak u pneumaticima kako bi vozilo imalo što bolje prianjanje s podlogom i kako bi se pneumatici ravnomjerno trošili.

Eksploatacijski uvjeti utječu na vijek trajanja pneumatika, koji ovisi o tlaku u pneumaticima, opterećenju, brzini kretanja vozila, stanju i kvaliteti cestovne površine, vremenskim uvjetima i kvaliteti vožnje. Načinom vožnje se može smanjiti vijek trajanja pneumatika i pneumatici se mogu neravnomjerno trošiti.

Run flat pneumatici su suvremeni pneumatici koji omogućuju kretanje vozila s puknutim pneumatikom jer imaju ojačanja na bokovima koji djeluju kao potpora kako bi pneumatik donekle zadržao svoj oblik prilikom naglog ispuštanja tlaka zraka i na taj način vozilo ostaje donekle stabilno i upravljivo do posjete vulkanizeru. Upotrebom run flat pneumatika na vozilima povećava se sigurnost cestovnog prometa jer prilikom puknuća pneumatika održavaju stabilnost i upravljivost vozila.

Razlika između duljine puta kočenja zimskih pneumatika pri brzini kretanja vozila od 80 km/h s dubinom gazne površine od 8 mm i 1,6 mm iznosi 10,7 metara što može uvelike

utjecati na razinu sigurnosti cestovnog prometa. Razlika između duljine puta kočenja zimskih pneumatika pri brzini kretanja vozila od 120 km/h s dubinom gazne površine od 8 mm i 1,6 mm iznosi 95,5 metara što može rezultirati katastrofalnim posljedicama zbog nemogućnosti pravovremenog zaustavljanja vozila.

Tehnički pregledi smanjuju broj vozila s neispravnim pneumaticima u cestovnoj prometnoj mreži. Svi sklopovi koji se pregledavaju na tehničkom pregledu moraju biti ispravni zbog sigurnosti cestovnog prometa. Broj neispravnosti na vozilima koja uključuju neispravne osovine, ovjes, naplatke i pneumatike utvrđenih na tehničkom pregledu raste s godinama što se može odraziti na veći broj prometnih nesreća jer većina vozila koja se pregledavaju na tehničkim pregledima su se neposredno prije tehničkog pregleda kretala na cesti i time ugrožavali sigurnost cestovnog prometa.

## LITERATURA

- [1] Kučinić T. *Ovjes, sustav kočnica, pneumatik*. [Prezentacija] Cestovna prijevozna sredstva. Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. 2021.
- [2] Mikulić D. *Motorna vozila*. Velika Gorica: Veleučilište Velika Gorica; 2020.
- [3] Vulkal. *Čelični naplatak*. Preuzeto s: <https://www.vulkal.hr/celicni-naplatak> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [4] Cerovac V. *Tehnika i sigurnost prometa*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2001.
- [5] Ciak Auto. *Svjetlosni uređaji*. Preuzeto s: <https://ciak-auto.hr/novosti/11933> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [6] Autodeal. *Uređaji koji povećavaju vidno polje vozača*. Preuzeto s: <https://www.autodeal.com.ph/articles/car-features/how-get-better-driving-in-rain> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [7] Porsche. *Strujanje zraka na vozilu*. Preuzeto s: [https://newsroom.porsche.com/en\\_US/products/taycan/aerodynamics-18554.html](https://newsroom.porsche.com/en_US/products/taycan/aerodynamics-18554.html) [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [8] Centar za vozila Hrvatske. *Napredni sustavi za podršku vozaču pri upravljanju vozilom*. Preuzeto s: [https://www.cvh.hr/media/3641/adas\\_web.pdf](https://www.cvh.hr/media/3641/adas_web.pdf) [Pristupljeno: rujan 2023.]
- [9] Jurić I. *Održavanje cestovnih vozila*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu; 2010.
- [10] Motointegrator. *Ljetni i zimski pneumatiki*. Preuzeto s: <https://motointegrator.com/hr/hr/upute/gume/sve-o-ljetnim-i-zimskim-gumama-razlike-kada-ih-mijenjati-dubina-gaznog-sloja-sve-na-jednom-mjestu> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [11] Gumishop. *Run flat pneumatiki*. Preuzeto s: <https://www.gumishop.hr/savjeti/sto-znaci-runflat.html> [Pristupljeno: rujan 2023.]
- [12] Tiresbook. *Run flat pneumatiki*. Preuzeto s: <https://tiresbook.com/run-flat-tires-how-do-they-work/> [Pristupljeno: rujan 2023.]



- [13] Tyrehub. Duljina puta kočenja. Preuzeto s: <https://www.tyrehub.co.nz/blog/testing-braking-distance-at-various-tread-depths/> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [14] Rosava. Aquaplaning. Preuzeto s: [https://rosava.com/en/useful\\_tips/akvaplanuvannya-sho-neobhidno-znati-kozhnomu](https://rosava.com/en/useful_tips/akvaplanuvannya-sho-neobhidno-znati-kozhnomu) [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [15] Oryx asistencija. Ljetni i zimski pneumatici. Preuzeto s: <https://www.oryx-asistencija.hr/savjeti-za-vozace/test/ljetne-gume-zimski-uvjeti-12047> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [16] Matan I. Analiza aktivnih elemenata sigurnosti cestovnih vozila. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti; 2015. Preuzeto s: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:075529> [Pristupljeno: srpanj 2023.]
- [17] Centar za vozila Hrvatske. *Statistika*. Preuzeto s: <https://www.cvh.hr/gradani/tehnicki-pregled/statistika/> [Pristupljeno: srpanj 2023.]

## POPIS SLIKA

Slika 1. Čelični naplatak.....	4
Slika 2. Svjetlosni uređaji.....	7
Slika 3. Uređaji koji povećavaju vidno polje vozača.....	9
Slika 4. Strujanje zraka na vozilu .....	10
Slika 5. Sustav protiv blokiranja kotača (ABS) .....	12
Slika 6. Sustav kontrole proklizavanja (TCS).....	13
Slika 7. Elektronički program stabilnosti (ESP).....	14
Slika 8. Sustav automatskog kočenja (AEB) .....	15
Slika 9. Sustav zadržavanja vozila u prometnom traku (LKA) .....	16
Slika 10. Sustav nadzora mrtvog kuta (BSA) .....	17
Slika 11. Sustav prepoznavanja prometnih znakova (TSR) .....	18
Slika 12. Sustav za upozoravanje vozača u slučaju pospanosti (DDD) .....	19
Slika 13. Presjek pneumatika .....	20
Slika 14. Shema radijalnog i dijagonalnog pneumatika .....	21
Slika 15. Oznake na pneumatiku .....	23
Slika 16. Utjecaj manjeg, optimalnog i većeg tlaka u pneumatiku na gaznu površinu	24
Slika 17. Gazna površina ljetnih i zimskih pneumatika .....	25
Slika 18. Run flat pneumatik .....	32
Slika 19. Aquaplaning .....	34

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Utjecaj tlaka na vijek trajanja pneumatika, [9] .....	27
Grafikon 2. Utjecaj brzine kretanja vozila na vijek trajanja pneumatika, [9].....	28
Grafikon 3. Utjecaj opterećenja na vijek trajanja pneumatika, [9].....	29

Grafikon 4. Utjecaj temperature na vijek trajanja pneumatika, [9] .....	30
Grafikon 5. Utjecaj dubine gazne površine na duljinu puta kočenja pri brzini 80 km/h .....	32
Grafikon 6. Utjecaj dubine gazne površine na duljinu puta kočenja pri brzini 120 km/h .....	33
Grafikon 7. Usporedba duljine puta kočenja ljetnih i zimskih pneumatika u zimskim uvjetima pri brzini 40 km/h.....	36
Grafikon 8. Broj neispravnosti na vozilima utvrđenih na tehničkom pregledu .....	38

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Indeks nosivosti.....	23
Tablica 2. Indeks brzine .....	23

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_ završni rad  
(vrsta rada)

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Analiza pneumatika kao aktivnog elementa sigurnosti cestovnih vozila, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 4. rujna 2023.

Tomislav Međurečan  
(ime i prezime, potpis)

