

# DOPRINOS CESTOVNOG PROMETA ONEČIŠĆENJU OKOLIŠA

---

**Peternel, Lucija**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*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:128:927555>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-23**



**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**

**LUCIJA PETERNEL**

**DOPRINOS CESTOVNOG PROMETA ONEČIŠĆENJU  
OKOLIŠA**

**ZAVRŠNI RAD**

**KARLOVAC, 2020.**

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
ODIJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

**LUCIJA PETERNEL  
DOPRINOS CESTOVNOG PROMETA ONEČIŠĆENJU  
OKOLIŠA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Mentor :**

**Dr.sc. Nikola Trbojević, prof.v.š.**

**KARLOVAC, 2020. godina**

# VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

## SIGURNOST I ZAŠTITA

**STUDIJ : Stručni studij sigurnosti i zaštite**

**USMJERENJE : Zaštita na radu**

### ZAVRŠNI ZADATAK

**Studentica : Lucija Peternel**

**Naslov teme : DOPRINOS CESTOVNOG PROMETA  
ONEČIŠĆENJU OKOLIŠA**

**Opis zadatka :**

**Cilj ovog završnog rada je procjena utjecaja prometa na okoliš u smislu ugrožavanja ekosustava. Analiza, tj. osnovna tema je utjecaj cestovnog prometa na okoliš kao čimbenika po intenzitetu i količini njegovog utjecaja na okoliš. Rad obuhvaća niz mjera u cilju smanjenja emisije štetnih utjecaja koji nastaju kao posljedica djelovanja cestovnog prometnog sektora i njegovog smanjenja.**

**Zadatak zadan :**

**03/2020**

**Rok predaje rada :**

**08/2020**

**Predvideni datum**

**obrane :**

**09/2020**

**Mentor :**

**dr. sc. Nikola Trbojević, prof.v.š.**

**Predsjednik ispitnog povjerenstva:**

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem mentoru profesoru Nikoli Trbojeviću na ukazanom povjerenju te pomoći pri izradi završnog rada. Zahvaljujem i nastavnicima i asistentima koji su mi prenijeli svoje znanje i iskustvo tijekom studija.

Zahvaljujem svojoj obitelji, prijateljima i kolegama koji su mi bili velika podrška tijekom čitavog studija.

## **SAŽETAK**

U ovom završnom radu obrađena je tematika vezana uz utjecaj prometa na okoliš, s posebnim naglaskom na utjecaj prometa na okoliš Karlovačke županije.

Danas je promet neizostavni dio našeg života, ali ujedno i jedan od većih čimbenika koji utječu na zagađivanje okoliša i ima negativan utjecaj na zdravlje čovjeka.

U ovom radu obrađene su osnovne teze i negativni čimbenici utjecaja prometa na okoliš. Obrađeni su pojedini čimbenici, kao što su buka, vibracija, onečišćenje zraka, kisele kise, utjecaj prometnica na kvalitetu vodnih resursa i niz drugih utjecaja s njihovim štetnim djelovanjem na kvalitetu življenja.

U radu su sadržane zakonske regulative i prikazani određeni europski dokumenti koji reguliraju tu materiju.

Dane su osnovne značajke prednosti željezničkog prometa nad drugim vrstama prometa.

## **ABSTRACT**

In this final paper, the topic is related to the impact of transport on the environment, with special emphasis on the impact of transport on the environment of Karlovac County. Today, traffic is an indispensable part of our lives, but also one of the major factors that affect environmental pollution and has a negative impact on human health. This paper deals with the basic theses and negative factors of traffic impact on the environment. Individual factors were addressed, such as noise, vibration, air pollution, acid rain, the impact of roads on the quality of water resources and a number of other impacts with their detrimental effect on the quality of life. The paper contains legal regulations and presents certain European documents that regulate this matter. The basic features of the advantages of railway transport over other types of transport are given.

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b>	
<b>1.1. O području karlovačke županije</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Prometnice karlovačke županije i broj registriranih vozila</b>	<b>3</b>
<b>2. PROMET I NJEGOV UTJECAJ NA OKOLIŠ</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Razvitak prometnog sustava</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Vrste prometa</b>	<b>5</b>
<b>2.2.1. Cestovni promet</b>	<b>5</b>
<b>2.2.2. Zračni promet</b>	<b>5</b>
<b>2.2.3. Željeznički promet</b>	<b>6</b>
<b>2.2.4. Nove vrste prometa</b>	
<b>3. FIZIČKO ZADIRANJE PROMETA U OKOLIŠ</b>	<b>8</b>
<b>4. UTJECAJ PROMETA NA ČOVJEKA I OKOLIŠ</b>	<b>10</b>
<b>4.1. Utjecaj buke na čovjeka i okoliš</b>	<b>10</b>
<b>4.1.1. Percepcija zvuka, prag čujnosti</b>	<b>10</b>
<b>4.1.2. Buka motornih vozila</b>	<b>13</b>
<b>4.1.3. Štetnost buke</b>	<b>14</b>
<b>4.1.4. Mjere smanjenja buke</b>	<b>15</b>
<b>4.2. Utjecaj vibracija na čovjeka i okoliš</b>	<b>21</b>
<b>4.2.1. Utjecaj vibracija na putnike</b>	<b>21</b>
<b>4.2.2. Izvor vibracija u vozilima</b>	<b>22</b>
<b>4.3. Utjecaj prometa na onečišćenje zraka</b>	<b>23</b>
<b>4.3.1. Ispušni plinovi motornih vozila</b>	<b>23</b>
<b>4.3.2. Utjecaj onečišćenja zraka na čovjeka</b>	<b>28</b>
<b>4.3.3. Utjecaj onečišćenja zraka na okoliš</b>	<b>29</b>
<b>4.3.4. Mjere za smanjenje ispušnih plinova</b>	<b>33</b>
<b>4.3.5. Zakonsko reguliranje emisije štetnih tvari u ispuhu</b>	<b>38</b>
<b>4.4. Utjecaj prometa na onečišćenje voda</b>	<b>40</b>
<b>4.4.1. Utjecaj prometnica na vodne resurse</b>	<b>40</b>
<b>4.4.2. Osnovni mehanizmi prodora efluenta u niže slojeve tla</b>	<b>43</b>
<b>4.4.3. Građevinsko-tehničke mjere posebne zaštite</b>	<b>44</b>

<b>5. PREDNOSTI ŽELJEZNIČKOG PROMETA</b>	<b>47</b>
<b>5.1. Energetska efikasnost željezničkog prometa</b>	<b>47</b>
<b>5.2. Buka i vibracije u željezničkom prometa</b>	<b>47</b>
<b>5.3. Sigurnost željezničkog prometa</b>	<b>48</b>
<b>5.4. Odabir</b>	<b>48</b>
<b>6. ZAKLJUČAK</b>	<b>49</b>
<b>7. LITERATURA</b>	<b>50</b>
<b>8. POPIS SLIKA</b>	<b>51</b>
<b>9. POPIS TABLICA</b>	<b>52</b>



## 1.UVOD

### 1.1. Uvodno o području Karlovačke županije

Karlovačka županija nalazi se u središnjoj Hrvatskoj i pokriva površinu od 3.622 km<sup>2</sup>. Zahvaljujući svom tranzitnom, prometnom i geostrateškom položaju jedna je od najvažnijih županija: Tu je sjecište i čvorište najvažnijih prometnica koje povezuju Europu s Jadranskom obalom. Karlovačka županija graniči s dvije susjedne države: Republikom Slovenijom i Republikom Bosnom i Hercegovinom, a u doticaju je i sa četiri županije: Zagrebačkom, Sisačko-moslavačkom, Primorsko-goranskom i Ličko senjskom županijom. U Karlovačkoj županiji živi 141.787 stanovnika (prema popisu iz 2001. godine). Obuhvaća 5 gradova: **Duga Resa** (12.114 stanovnika), **Karlovac** (59.395), **Ogulin** (15.054), **Ozalj** (7.932) i **Slunj** (6.096) te 17 općina: **Barilović** (3.095), **Bosiljevo** (1.486), **Cetingrad** (2.746), **Draganić** (2.950), **Generalski Stol** (3.199), **Josipdol** (3.987), **Kamanje** (konstituirana je 20. veljače 2004. godine.), **KrnjakLasinja** (1.938), **Neretić** (3.333), **Plaški** (2.292), **Rakovica** (2.623), **Ribnik** (583), **Saborsko** (860), **Tounj** (1.252) i **Žakanje** (3.193).



*Slika 1. Karlovačka županija*

Administrativno, političko, gospodarsko, kulturno i športsko središte županije je Grad Karlovac. Područje Karlovačke županije je slabije naseljeno od prosjeka Republike Hrvatska a prirodni prirast

stanovništvo je negativan. Na prostoru Karlovačke županije dotiču se različitosti prirodnih osobitosti alpskog, panonskog i kraškog ozemlja. Ljepote karlovačkih rijeka Kupe, Korane, Mrežnice i Dobre, šumovitost gorja Velike i Male Kapele, zelenilo kordunskog krša, tranzitni položaj i bogata povijesna baština trajne su vrijednosti na kojima počiva gospodarsko privređivanje i kvaliteta življenja njena stanovništva. Područje Karlovačke županije od starih je povijesnih vremena najvažnije tranzitno područje Hrvatske. Od svog osnutka (1579. godine), grad Karlovac postaje strateškim, gospodarskim i prometnim središtem i stanovnicom krajiške i civilne Hrvatske, čvorištem važnih prometnica. Uz povijesne ceste Karolinu, (Karlovac-Bakar, građena 1726.-1733.godine), Josephinu (Karlovac-Senj, 1775.-1779.) i Louisianu (Karlovac-Rijeka, 1805.-1813.) Karlovac dobiva suvremenu autocestu koja povezuje Srednju Europu i podunavske zemlje s Jadranskim morem. [ 1 ]



*Slika 2. Grad Karlovac*

## **1.2. Prometnice Karlovačke županije i broj registriranih vozila**

Karlovačka županija zbog svog smještaja i geografskog položaja bogata je prometnicama, pa tako preko njenog područja prolaze glavne autoceste kojih ima sveukupno 79 km, državne ceste prostiru se na 375 km, županijske ceste na 557 km, a lokalnih cesta ima 703 km.

*Tablica 1. Ceste Karlovačke županije u km*

Županija karlovačka	Autoceste AC	Državne ceste DC	Županijske ceste ŽC	Lokalne ceste LC	UKUPNO
km	79	375	557	703	1714

Opće je poznato da se svake godine povećava broj vozila na našim prometnicama, pa tako prema podacima Policijske uprave karlovačke u proteklih pet godina bilježi se povećanje registriranih vozila za otprilike oko 2000 vozila svake godine. Tako je 2002. godine registrirano 47 304 vozila, 2003. godine 49 906 vozila, 2004. godine registrirano je 51 714 vozila, za 2005. godinu bilježi se 53 796 registriranih vozila, a da bi 2006. godine taj broj bio 55 609 vozila.

*Tablica 2. Broj registriranih vozila*

Županija karlovačka	2002.g.	2003.g.	2004.g.	2005.g.	2006.g.
Broj registriranih vozila	47 304	49 906	51 714	53 796	55 609

## **2. PROMET I NJEGOV UTJECAJ NA OKOLIŠ**

### **2.1. Razvitak prometnog sustava**

Povećanje životnog standarda te prometna kultura doveli su do povećanog broja automobila koji prometne mreže ne mogu kvalitetno uslužiti. Zbog navedenog dolazi do velikih zagušenja u prometnom sustavu. Problem je nastao zbog toga što razvitak prometnih sustava nije adekvatno pratio

gospodarski razvoj. U sustave javnog gradskog prijevoza nije bilo većih ulaganja te se zbog neudobnosti prijevoza (zastarjela infrastruktura i vozni park) velik dio potencijalnih korisnika služi osobnim automobilima. Adekvatnim daljnjim razvojem javnog prijevoza te razvojem prigradske željeznice, došlo bi do povećanog korištenja ovih vrsta prijevoza, te bi se smanjila upotreba osobnih automobila. Na taj način bi došlo do značajnih smanjenja gužvi u prometnom sustavu te bi se smanjio i negativan utjecaj prometa na okoliš. Stoga je vrlo bitno utjecati na korisnike sustava na smanjenu upotrebu osobnih automobila i na povećanu upotrebu javnog prijevoza čime se doprinosi stvaranju grada po mjeri čovjeka.

Utjecaj prometa na suvremeno društvo je nemjerljiv. Današnja pokretljivost ljudi, roba i usluga vodi suvremeno društvo prema tzv. "mobilnom društvu". Razvoj prometa u takvoj situaciji mora biti usklađen s načelima održivog razvitka koja su već određena na globalnoj, međunarodnoj razini. Održivi promet je promet koji ne ugrožava javno zdravlje ili eko-sustave i konzistentno zadovoljava prijevoznu potražnju kroz :

1. racionalno korištenje prirodno obnovljivih izvora energije i
2. racionalno korištenje neobnovljivih izvora.

Od samih početaka ljudske civilizacije čovjek je imao potrebu za putovanjem. Jednako važan bio je transport ljudi i robe. U počecima se većina prometa odvijala kopnom (cestovni) ili vodama (pomorski ili riječni promet). S razvojem ljudskog znanja i tehnologije došlo je do otkrića željeznice koja je polako počela preuzimati veliki udio prometa. Naposljetku razvio se i zračni promet. Istraživanja su pokazala da stanovnici razvijenih zapadnih zemalja u prosjeku dnevno putuju 1-1,5 sati (što uključuje 3-4 povratna putovanja, s trajanjem najdužeg putovanja između 40-50 minuta), i za to troše 10-15% osobnih prihoda, a godišnje ostvare 3 do 4 povratna putovanja izvan svog prebivališta.

### **2.2.1. Cestovni promet**

Automobilski promet imao je veliku ulogu u razvoju ljudskog društva. Prijelaz na automobilski promet utjecao je na formiranje velikih gradova (u SAD-u je korištenje automobila dovelo do urbanizacije 60% stanovništva), međutim istraživanja su pokazala da okolinu najviše zagađuju motorna vozila i to više od 50%. U atmosferu se izbacuje velika količina ugljikovih oksida (CO i CO<sub>2</sub>), dušikovih oksida (NO<sub>x</sub>), sumporni oksid (SO<sub>2</sub>), olova i olovnih spojeva te velika količina krutih čestica, čađa i teških metala. Tako je npr. koncentracija CO na nekim križanjima u Zagrebu čak 35

mg/m<sup>3</sup>, što je za 3,5 puta više od svjetskih standarda (10 mg/m<sup>3</sup>)!

Automobilski promet smanjuje kvalitetu okoline i otpadnim tvarima koje nastaju trošenjem automobilskih guma i površinskih slojeva kolnika. Velik dio prometnica, osim autocesta, nema adekvatno riješen problem odvodnje oborinskih voda. Zbog toga zagađene vode s kolničkih površina odlaze u okolno tlo te može doći do zagađenja podzemnih voda.

Negativna uloga prometa ne očituje se samo emisijom štetnih plinova, već bukom i vibracijama, zauzimanjem obradivih površina i vizualnim degradiranjem prostora.

### **2.2.2. Zračni promet**

Intenzivan razvoj zračnog prometa je u nekim područjima doveo do opterećenja okoline do gornjih podnošljivih granica. Glede aerozagađenja najveća je polucija prvih deset minuta kod polijetanja i kod slijetanja zrakoplova. Udio civilnog zračnog prometa u odnosu na sve druge izvore procjenjuje se na oko 1%. Međutim, osim ovog direktnog zagađenja avionski promet ima dva globalna i pogubna efekta. Utječe na smanjenje ozonskog omotača oko Zemlje i time direktno povećava količinu i energiju sunčeve insolacije naročito UV spektra koji ima kancerogeno djelovanje na kožu čovjeka. Indirektni učinak je povećanje globalne radijacije na populaciji ispod ruta avionskih linija (gdje je i objektivno zabilježena viša učestalost malignoma koji ovise o sunčevoj radijaciji).

Buka kao drugi značajni vid polucije sa podvostručenjem broja putnika svakih 5 godina raste za 3 dB, a kod mlaznih aviona za 8 dB. Ovoj poluciji valja dodati i vojne avione za koje su emisije uglavnom nepoznate. Način na koji zračne luke saniraju problem buke je taj da određeni zrakoplovi koji stvaraju više buke od ostalih polijeću i slijeću u zračnu luku sa one strane piste koja je udaljenija od naselja.

Opasnost po okolinu od vojnih aviona koji prevoze nuklearno oružje, kemikalije ili biološka oružja nije potrebno posebno isticati.

### **2.2.3. Željeznički promet**

Utjecaj željezničkog prometa na stanje okoline manje je invanzivan i obuhvaća manje prostora od cestovnog prometa. Od otvaranja prve pruge 1825. godine razvoj klasične željezničke tehnologije

rezultirao je u sve bržim, čistim i rentabilnijim pogonskim načinima, a maksimum je postignut ostvarenjem tzv. TGV ideje.

Prednosti željezničkog prometa vezane su uz manje emisije štetnih plinova ( tablica 3.) u usporedbi s drugim prometnim sredstvima. Jedna od rijeđe spominjanih prednosti željeznice je niska potrošnja prostora . Tlo je osnova života na Zemlji, a odlika je željeznice da malo «troši» prostor.

*Tablica 3. Emisija štetnih plinova*

Prometna grana	Putnički prijevoz		Teretni prijevoz	
	Emisija štetnih plinova ( g/putnik/km)		Emisija štetnih plinova ( g/tona tereta/km)	
	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
<b>Željeznički promet</b>	<b>3</b>	<b>0.01</b>	<b>2.8</b>	<b>0.004</b>
Cestovni promet	87	0.48	53.0	0.700
Zračni promet	243	1.63	-	-

Dvokolosiječna pruga zauzima prostor širok oko 15 metara, a u jednome satu njome je moguće provesti isti broj ljudi i tereta kao autocestom od 16 trakova širokom 122 metra.

Zaštiti od buke u zemljama članicama EU pridaje se vrlo velika pozornost, prije svega radi postizanja kakvoće življenja i radi zaštite ljudskog zdravlja. Više od 80% buke iz komunalnih izvora otpada na buku što je stvaraju prijevozna sredstva u prometu. Od toga 18% otpada na tračnička vozila, 50% na cestovna vozila i 13% na zrakoplove. Željeznički prijevoz stvara manje buke nego cestovni ili zračni promet. Kod prijevoza iste količine tereta i istoga broja putnika željeznički promet u prosijeku stvara od 25 do 50% manje buke.

#### **2.2.4. Nove vrste prometa**

Povijesno gledano, nove tehnologije prijevoza (parna lokomotiva, benzinski motor, mlazni avion) sa sve većim brzinama i mogućnošću transporta sve većeg broja putnika, pojavljivale su se u razmacima od oko 60 godina. Slijedeći taj ritam, novi način prijevoza trebao bi se pojaviti oko 2000. godine. Razvoj novih tehnologija i rezultati dosadašnjih istraživanja pokazali su da najviše izgleda da zamijeni neke od današnjih oblika prijevoza ima sustav koji koristi princip magnetske levitacije (ili tzv.

maglev).

Kakve će utjecaje ovaj novi vid prijevoza imati na ekosustave tek treba istražiti dugoročno. [ 2 ]



*Slika 3. Japan Rail Maglev – magnetno levitacijski vlak*

### **3. FIZIČKO ZADIRANJE PROMETA U OKOLIŠ**

Razvoj prometa odražava se sve većim iskorištenjem površina u prometne svrhe. Oko 1 -3 % površine zemlje zauzima prometna mreža s ukupnim prometnim sustavom i to najčešće one prostore koji su potrebni za druge namjene. U gradovima prometna mreža zauzima čak 20 - 50 % ukupne urbane mreže. Za potrebe parkiranja tj. izgradnju podzemnih i nadzemnih garaža trebalo bi rezervirati općenito oko 13,5 % površine gradskog zemljišta. Potrebna je površina za parkirališni prostor jednog osobnog vozila otprilike 10 m<sup>2</sup>. Na tom prostoru moglo bi se postaviti deset bicikla, pet osoba bi moglo tu boraviti, mogla bi se postaviti čekaonica za javni promet i si. Za izgradnju jednog kilometra gradske

autoceste s tri prometne trake u svakom smjeru, potrebno je najmanje 25 000 m<sup>2</sup> prostora. Na tom prostoru može se sagraditi više od 60 stambenih zgrada. Za gradnju jednog čvorišta potrebno je oko 40 ha površine na kojoj je moguće sagraditi oko 1000 stambenih zgrada. Izgradnjom prometnica obavlja se također presijecanje kontinuiteta biljnog pokrova. Prometnice sjećaju velike vegetacijske komplekse u manje dijelove. Na taj način zemljište gubi svoj kontinuitet i postaje jače izloženo djelovanju čovjekove industrijske djelatnosti. Stoga planiranje i izgradnju suvremenih prometnica treba posebno proučiti s ekološkog stajališta kako se ne bi nepotrebno uništavalo visokovrijedno zemljište. Ceste bi trebalo graditi na mjestima gdje već postoji trajno razdvajajuće djelovanje, bilo prirodno bilo umjetno (planinski masiv, rijeka, željeznice i si.). Na takvim mjestima već postoji razdvajanje okoline, te će izgradnjom ceste biti još neznatno povećano. [ 3 ]

Cestovna infrastruktura može zadirati u:

- prirodni okoliš
- kulturni okoliš
- područja rekreacije
- područja izgradnje.

Zadiranje u prirodni okoliš odnosi se na površine zemljišta i vodenih tokova, uključujući biljni i životinjski svijet koji tamo živi. To može eventualno djelovati kao zapreka stazi za seobu životinja, utječući tako na ekološku ravnotežu. U tim slučajevima treba predvidjeti objekte za prijelaz divljači, kao i odgovarajuće ograde.

Zadiranje u kulturni okoliš odnosi se na područja od povijesnog i arheološkog značenja. Takav okoliš mogu predstavljati građevine ili način življenja. Projekt ceste može utjecati na kulturni okoliš na način da uklanja pojedinačne objekte kao što su drevni spomenici ili građevine.

Zadiranje u područje rekreacije može imati za posljedicu gubitak ili smanjenje rekreativne podobnosti putova putem smanjenja površine zemljišta namijenjenog za rekreativne potrebe a time i utjecaja na kakvoću života. To mogu biti i manje prepreke, koje za posljedicu imaju otežani pristup ili mogućnost ulaza u rekreativno područje.

Zadiranje u područje izgradnje može predstavljati prolaz ceste kroz nastanjeno područje, ili ispreplitanje s tim područjem, što ima za posljedicu uništenje postojećih posjeda, razdvajanje gradova i naselja, stvaranje barijere koje otežavaju razvitak područja u budućnosti.

Analiza zadiranja u okoliš uobičajeno se zasniva na procjeni kakvoće prirodnog ili kulturnog krajolika



i na tome kako ga se može sačuvati. U postupku procjene treba razlučiti one značajke koje su podložne trpljenju od zadiranja u okoliš i odrediti u kojoj mjeri one mogu biti izložene štetnim utjecajima. Mjere zaštite koje mogu ublažiti zadiranje u okoliš mogu biti mijenjanje vertikalnog i horizontalnog položaja trase ceste, vođenje ceste kroz tunel, pripremanje širokih zona vegetacije koje će nadomjestiti staze za seobu životinja, postavljanje zaštitnih zidova i paravana, itd.

Osim fizičkih zadiranja u okoliš, važno je odrediti utjecaj fizičke promjene s obzirom na zabrinutost javnog mišljenja zbog vizualnog utjecaja ceste, koliko će mnogo ljudi biti pogođeno time, te općenito dojam javnosti. Vidik vozača s ceste može biti također važan. široke ceste zauzimaju mnogo zemljišta, mogu imati visoke nasipe i pokose, duboke usjeke, mostove i mogu dati krajoliku novo obilježje presijecanjem krajolika i stvaranjem značajnog utjecaja na okoliš. Analiza vizualne kakvoće krajolika uključuje više aspekata. Krajolik treba raščlaniti prema njegovoj karakterističnoj topografiji, vegetaciji, korištenju zemljišta i izgradnji. Analiza treba razjasniti doseg do kojeg će cesta činiti dojam na krajolik u smislu hoće li pojačati značajke krajolika ili će mu biti podređena i prilagoditi se krajoliku s estetskog i kulturološkog stajališta. Kod procjene je bitno da se vrednovanje obavi primjenom kriterija koji se smatraju važnim sa stajališta lokalnog stanovništva, a ne onih neupućenih. Naročita pozornost mora biti iskazana za poljoprivredno zemljište u smislu da se ono može nastaviti kultivirati ili će se njegovo korištenje promijeniti u budućnosti. Mjere ublažavanja koje se mogu poduzeti kada je riječ o vizualnom utjecaju i smetnji uključuju prilagodbu trase ceste općenito prostoru i obilježjima krajolika, otkrivanje atraktivnih vidika ili prirodnih značajki nekoga kraja, projektiranje pokusa nasipa i usjeka tako da se uklapaju u okolinu, projektiranje barijera protiv buke tako da su skladno povezane s okolicom, uporaba građevnih materijala koji pristaju uz okoliš, itd.

#### **4. UTJECAJ PROMETA NA ČOVJEKA I ZAGAĐIVANJE OKOLIŠA**

Stalni gospodarski rast, živa gospodarska aktivnost, povećanje proizvodnje, prometa i potrošnje sve više zagađuje i destabilizira čovjekov okoliš i iscrpljuje obnovljive, a pogotovo neobnovljive prirodne resurse. Posljedice se uočavaju na svakom koraku: klimatske promjene (globalno zatopljenje), povećanje ozonskih rupa, kisele kiše, istrebljenje biljnih i životinjskih vrsta, stalno smanjivanje obradivog tla (zbog izgradnje prometnica - oko 20 milijuna hektara na godinu), progresivno iscrpljivanje neobnovljivih izvora energije, sve veći nedostatak pitke vode, sve veće zagađenje zraka, vode i tla itd.

Uvjetovan sve bržim gospodarskim rastom i razvojem, promet u svijetu i u Hrvatskoj naglo raste što se

odrazilo na sve veće zauzimanje prostora, povećanje buke i vibracija, neracionalan utrošak energije, onečišćenje vode i tla te negativno djelovanje na ukupnost okoliša.

#### **4.1. Utjecaj buke na zdravlje i okoliš**

Ne postoji pojam koji bi jednoznačno definirao što je buka. Buku je teško definirati zato što se njezina percepcija veže uz onoga koji je zamjećuje, a to može biti vrlo nesigurno mjerilo. Potrebno je služiti se fizikalnim mjerama, koje nisu subjektivne, koje pomažu da se pojam buke učini prihvatljivim i razumljivim. Prema Zakonu o zaštiti buke, buka je "svaki zvuk, govor (šum) koji utječe na psihičko i fizičko stanje djelatnika - čimbenika u prometnom procesu, industriji - radnom prostoru "

Provedena istraživanja pokazala su da buka, nastala kao proizvod rada motora svih vrsta s obzirom na druge izazivače šumova, zauzima treće mjesto na ljestvici ugrožavanja čovjekova okoliša (iza vode i zraka). Buka motornih vozila ne opterećuje samo osoblje i putnike vozila nego i stanovnike u velikim gradovima i naseljima uz prometnice. Od svih izvora komunalne buke u velikim gradovima najveći postotak oko 80% otpada na prometnu buku. Jedna od glavnih karakteristika prometne buke je njezin promjenjiv karakter s kratkotrajnim, dosta naglim intenzivnim oscilacijama koje izazivaju razne fiziološke promjene. Zbog tog razloga se danas posvećuje sve veća pozornost ograničavanju buke vozila.

Nepriгуšeni usisni i ispušni sustavi su najveći izvor buke. Njihovim prigušivanjem razina buke se može znatno umanjiti. Osim toga, izvor buke na vozilima su: razvodni i klipni mehanizmi, razni pomoćni uređaji, proces izgaranja i djelovanje tlakova tijekom kompresije i izgaranja na prijenosne mehanizme. Buka nastaje od vibracija dijelova vozila, od kotrljanja kotača, aerodinamičkih izvora itd. Razina buke ovisi i o tehničkom stanju pojedinih uređaja na motornom vozilu.

##### **4.1.1. Percepcija zvuka, prag čujnosti i glasnoća**

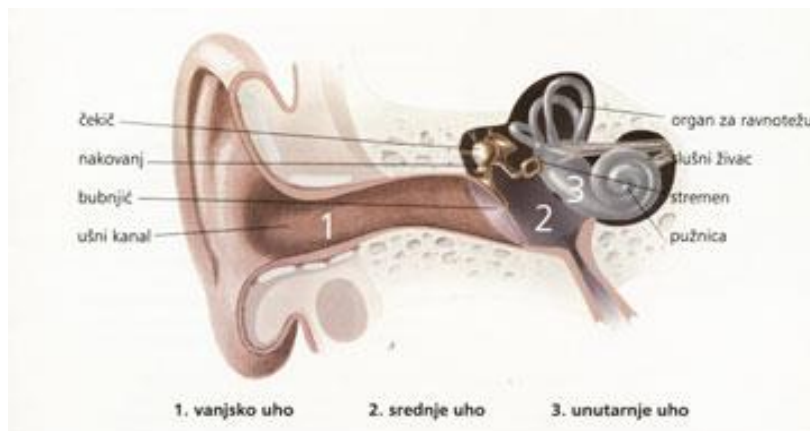
Zvuk je u fizičkom smislu mehanički titraj u plinovitoj, tekućoj ili čvrstoj sredini.

Zvukom se u užem smislu naziva sve ono što se čuje, odnosno zamjećuje sluhom.

Zvuk ima dva značenja:

1. subjektivno ili psihološko (zvuk je vezan za slušni osjet)
2. objektivno ili fizikalno (zvučni val koji se siri i onda kad nema uha koje bi taj zvučni val otkrio).

Ljudsko uho sastoji se od triju glavnih dijelova: vanjskog, srednjeg i unutarnjeg uha. Vanjsko uho prilagođava otpor bubnjića prema zvuku. To prilagođavanje izvrsno je kod frekvencije zvuka od 800 Hz, a prilično je slabo za frekvencije manje od 400 Hz. Za čovjeka čujne su samo neke frekvencije. Tako čovjekovo uho može čuti samo frekvencije od 16 do 20 000 Hz. Ostale frekvencije zvučnog vala ljudsko uho ne registrira kao tonove. Neke životinje čuju, registriraju i više frekvencije. Pas registrira i frekvencije od 50 kHz, macka od 65 kHz, a dupini čak do 150 kHz. Područje frekvencija nižih od 16 Hz naziva se infrazvukom, a ono iznad 20 000 Hz ultrazvukom. Uho osjeća zvuk kao promjenu tlaka. Vibracije bubnjića prenose se preko čekića na nakovanj i tako se tlak prenosi u srednje uho, a živčana percepcija zvuka konačno se smješta uzduž pužnice u unutarnjem uhu. Unutarnje uho napunjeno je limfom i tu dolazi do daljnje analize zvuka. Tu se isto tako obavlja analiza vrste frekvencije. Niske frekvencije najudaljenije su od ovalnog prozorčića. Minimalni intenzitet zvuka koji čovjek može čuti naziva se prag čujnosti. Prag čujnosti ovisi o frekvenciji i različit je za čiste i zvukove širokoga frekvencijskog spektra. Npr. prag čujnosti na frekvenciji 50 Hz je za oko 50 dB zvučnog tlaka ovisi od praga čujnosti na frekvenciji od 1000 Hz. [ 4 ]

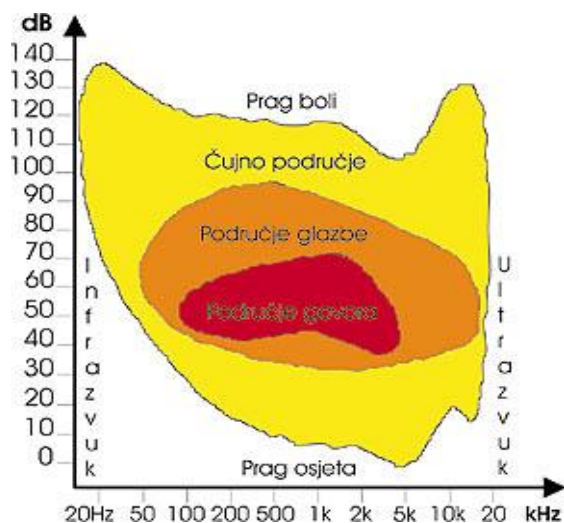


*Slika 4. Prikaz dijelova ljudskog uha*

Krivulja praga čujnosti se kod ljudi razlikuju, a ovise i o dobnoj granici, zdravlju itd. Već je rečeno da prag čujnosti ovisi o frekvenciji zvučnog signala. To znači da se jednakom zvučnom tlaku može dogoditi da neki izvor zvuka čujemo, a neki ne čujemo. Drugim riječima, dva tona jednakih zvučnih tlakova mogu imati različite glasnoće.

Glasnoća nekog zvuka mjeri

se uspoređujući je sa glasnoćom tona frekvencije 1000 Hz.



Slika 5. Osnovna područja ljudskog osjeta sluha

#### 4.1.2. Buka motornih vozila

U stvaranju buke motorna vozila su na prvom mjestu. U naseljenim je mjestima buka koju izaziva cestovni promet znatno veća od buke iz svih drugih izvora zajedno. Stručnjaci upozoravaju na to da buka u velikim gradovima skraćuje život svakog građanina za deset godina. Prosječna razina buke što je izazivaju pojedina prometna vozila iznosi:

- osobna vozila 70 dB
- kamioni 85 - 90 dB
- motorkotači, tramvaji i željeznički vlakovi 90 dB
- zrakoplovi 110-140dB

Razina buke ovisi i o gustoći prometa i udjelu teretnih vozila, pa pri udjelu teretnih vozila do 10% povećava se razina buke za 2,5 dB, a pri udjelu teretnih vozila od 40% za 6 dB.

Glavni izvor buke kod motornih vozila su ispušni i usisni sustavi, klipni mehanizam, razvodni mehanizam i neki pomoćni uređaji sa svojim pogonom na vozilu. U kretanju vozila javlja se aerodinamička buka te buka guma kotaca i zupčanika u transmisiji. Izgaranje odnosno tijekom izgaranja bitno utječe na razinu buke vozila. U gradskoj vožnji najviše je bučan motor, na autocesti dominiraju gume, a kod punog opterećenja najviše se čuju ispuh i usis.

Kod starih vozila glavni je izvor buke motor s ispušnim sustavom. Kod motora novije konstrukcije ispušni sustavi su danas više prigušni te stvaraju sve manje buke. S druge pak strane, gume postaju sve glasnije. Kako bi se smanjio otpor kotrljanja, gazeća je površina guma sve kruća. Zbog povećanja sigurnosti površina kolnika se izvodi Nagli porast tlaka izraženiji je kod opterećenog motora predstavlja pobudnu silu za vibracije dijelova cilindarsko klipne grupe te stvaranju buke. Razlike u razini buke za Otto i Diesel motore proizlazi i iz konstruktivnih osobitosti prostora za izgaranje. Neadekvatno izabrane i tijekom eksploatacije povećavane zračnosti radnih sklopova povećavaju intenzitet razine buke. Povećavanje zračnosti klipa kod Diesel motora s 0,1 na 0,3 mm dovodi do povećanja buke na frekvenciji od 3 kHz za - 7 dB Pojedini uređaji na vozilu pridonose povećanju buke vozila i motora hrapavija, pa struganje guma nadglasava motor. Buka motora nastaje pri djelovanju plinova na klip u tijeku procesa kompresije i ekspanzije u cilindru motora, a to proizvodi vibracije vanjskih zidova bloka motora koji emitiraju buku. Buka motora u tijesnoj je vezi s brojem okretaja. Pri većem broju okretaja povećava se i razina buke. Tako npr. jedan automobil sa 114000 okretaja u minuti proizvodi podjednaku buku kao 32 automobila sa 2000 okretaja u minuti.

Diesel motori pri istom broju okretaja pokazuju veću razinu buke nego Otto motori.

Pojedini nagli porasti tlaka u cilindrima stvaraju značajne pobudne sile dijelova i sklopova motora sto rezultira njihovim vibracijama i bukom. Udarno djelovanje ventila na sjedište, udari klipa u košuljici sustav ubrizgavanja i zupčanički pogoni rezultiraju frekvencijama vibracija od 1000 do 4000 Hz. [ 5 ]

#### **4.1.3. Štetnost buke**

Buka predstavlja dosta složene oscilacije, kako po frekvencijama tako i po amplitudama. Čisti ton ima sinusnu oscilaciju. Osim osnovne oscilacije, ton ima i više frekvencija od kojih zavisi boja tona. Ako je osnovna frekvencija viša i zvuk je viši.

Osjetljivost uha ne ovisi samo o jačini buke nego i o frekvenciji zvučnog vala. Uho je najosjetljivije na tonove od 2000 do 3000 Hz. Pri manjim i većim frekvencijama osjetljivost se smanjuje. Frekvencija ispod 20 Hz i iznad 20000 Hz čovjek ne može čuti. Budući da postoji različita osjetljivost uha pri raznim frekvencijama, mora se uzeti u obzir i subjektivna osjetljivost tj. subjektivna razina buke koja se izražava u fonima. Određena razina buke nije uvijek jednaka subjektivna smetnja i ne izaziva uvijek neugodan osjećaj. Fiziološka razina buke određuje se eksperimentalno po točno utvrđenom postupku. Ljestvica u fonima podudara se s decibelnom ljestvicom samo kod frekvencije

1000 Hz. Ako je složen zvuk, u kojem osim čistih tonova postoje i drugi, na čovjeka pored jačine i visine, utječe i boja zvuka. Ispitivanja su pokazala da postoje kritična frekventna područja. Neprijatnost zvuka je veća u području viših frekvencija. Pri radu, buka najviše smeta govornom sporazumijevanju. Buka umara čovjeka i smanjuje mu radni kapacitet. Istraživanja su pokazala da buka utječe na krvni tlak. Prolazak automobila pokraj spavaće sobe povećava čovjeku krvni tlak. Ona utječe na san i na mišićnu napetost. Dosadašnja su istraživanja pokazala da već razina buke od 50 dB prekida san, a ona od 65 dB izaziva poremećaj u radu vegetativnog živčanog sustava, što se očituje u suženju krvnih žila, povećanju krvnog tlaka, ubrzanom disanju itd. Pri razini buke 75 - 80 dB povećava se broj crvenih krvnih tjelešaca, dolazi do poremećaja u regulaciji šećera u krvi i nekih srčanih komplikacija. Buka veća od 90 dB oštećuje sluh, a ona iznad 120 dB izaziva akutno oštećenje sluha i osjećaj bola. Intenzivna buka smanjuje i oštrinu vida, izaziva glavobolju, vrtoglavicu i razdražljivost. Buka motora i vozila ne smeta samo osoblju nego i putnicima.

S medicinskog stajališta, razlikuju se dvije vrste štetnog djelovanja buke: auralno i ekstrauralno.

Auralno djelovanje buke, izravno na organ sluha, poznato je već od ranije. Suvremena prometna sredstva i druge tehnike u prometnom sustavu uzrokuju pojavu sve većeg broja radnih mjesta praćenih pretjeranom bukom i sve veći broj djelatnika s oštećenim sluhom. Znanstveno je dokazano da su kod približno 4 % mladih djelatnika, koji rade 3-4 godine u bučnom okruženju, nastale ozljede koje se više ne mogu izliječiti.

Ekstrauralno djelovanje buke na organizam čovjeka očituje se u utjecaju na neurovegetativni sustav: povećava se napetost i krvni tlak, poremećuje se rad srca, pluća, želuca i endokrinog sustava. Smanjuje se imunobiološka otpornost, stvara osjećaj straha, smanjuje pozornost i proizvodnost rada (cak za 25 - 30 %), što je kod radnog osoblja – vozač vrlo opasno zbog sigurnosti i zaštite sudionika u prometu, pa i okoline uopće. S obzirom na to da se ekstrauralno djelovanje kod čovjeka očituje znatno ranije nego oštećenje sluha, može se reci da ga uzrokuje svaki zvuk koji čovjeku ili djelatniku u promet šteti.

Ako je buka veće razine djelovanja od 66 dB, sužavaju se krvne žile, a time produljuje vrijeme reagiranja, što je za radno osoblje u prometnom sustavu, osobito za vozače, vrlo važno. Pri razini buke od 95 - 100 dB i frekvenciji 50 -5000 Hz smanjuje se vidna površina i vidno polje, kao i sposobnost raspoznavanja boja (posebno crvene). Stoga je granica razine buke za profesionalne djelatnike tijekom samostalnoga radnog procesa - uz uvjet da im je osiguran i omogućen odmor bez buke - oko 80 dB. Propisi o dopuštenoj buci različiti su kod nas i u svijetu. Dopuštena buka u skladu sa

propisima iznosi 60 dB (A) danju i 55 dB (A) noću. [ 4 ]

#### **4.1.4.Mjere u smanjenju buke**

##### **4.1.4.1.Smanjenje buke u vozilu**

Na smanjenje buke motora i vozila u cjelini može se utjecati povoljnim tijekom procesa izgaranja, podešavanjem pojedinih sustava (napajanje gorivom, paljenjem i si.). Odgovarajućim konstrukcijskim rješenjima može se smanjiti buka i svesti u granice propisane normama. Neprigušeni usisni i ispušni sustavi su najveći izvor buke. Njihovim prigušivanjem razina buke se može znatno umanjiti. Koriste se akustični filter koji imaju uzdužni ispušni cijev, konstruiranu od pregradaka i razdijeljenih kanala. Njima se smanjuje visoki tlak ispušnih plinova. Buku stvaraju i zupčanički parovi motora i transmisije.

Stišavanje buke motora možemo postići i samom konstrukcijom kućišta motora. Zidovi kućišta motora trebaju biti napravljeni od visoko prigušnih materijala te trebaju biti što krući, izvedeni nekoliko puta deblji nego što je to normalno, i to od lijevanog magnezija. Smanjenje visokofrekvencijske buke kod magnezijskog kućišta iznosi 10 -12 dB. Suvremeni su automobili opterećeni sa 50 -100 kg izolacijskog materijala (uglavnom polimera). Zvučna izolacija smanjuje buku, ali težinom opterećuje automobil te se tako povećava potrošnja goriva i emisija ispušnih i štetnih plinova.

Pri kretanju motornih vozila stvara se buka i prilikom kotrljanja kotač, te zbog strujanja zraka oko vozila. Kao jedan od načina da se smanji razina buke pneumatika je primjena odgovarajućeg dizajna, prije svega izbjegavanje postavljanja poprečnih žljebova na gume i zabrana ponovnog nanošenja novog sloja, odnosno protektiranja guma. Tim mjerama može se smanjiti emisija buke za 12 - 15 dB. Kod teretnih vozila buka nastaje i od komprimiranog zraka u zračnim instalacijama.

Od svih do sada navedenih razloga u mnogim se zemljama poklanja osobita pozornost mjerenju buke i ograničavanju buke motornih vozila na određenu fiziološko - tehničku dopustivu razinu buke za čovjeka. Dopusštena razina buke određuje se propisima i pravilnicima.

##### **4.1.4.2. Smanjenje buke prometnog toka**

Polazeći od činjenice da buku najviše izaziva prometni tok sa svojim značajkama, neophodno je provesti mjere za njezino sprečavanje i smanjenje. Potpuno, brzo i sigurno otklanjanje buke je

nemoguće. Postupno rješavanje pojedinačnih izazivača buke, kako je dosad i činjeno, daje uspješne rezultate. U suvremenim uvjetima, koristi se osmišljena regulacija prometnog sustava, uz racionalnu semaforizaciju, ustroj jednosmjernog kretanja nekim ulicama (najčešće vremensko) i zabrana kretanja vozila za opskrbu i teretnih vozila, što može na određen način pridonijeti smanjenju buke.

S obzirom na jaku buku, potrebno je provesti:

- organizaciju unutarnjeg gradskog prometa ( robnog ) na kamionski prijevoz i na druga vozila manje nosivosti ( 1,5 tona),
- izgradnju metroa, te tako rasteretiti gradski promet,
- dislokaciju stambenih zona od gradskog središta i bučnijih prometnih sredstava, skladišta, spremišta, remiza i garaža,
- modernizaciju i uvođenje "zelenog vala" svugdje gdje je to moguće, koji omogućuje prolaz vozilima bez duljeg zadržavanja,
- u mirnim, tihim stambenim zonama, u "mirnim ulicama", u kojima povremeni prolazak vozila izaziva nagle skokove razine buke izgrađuju se mjestimice neravnine na prometnom kolniku ( prave se niski umjetni pragovi) kako bi se onemogućila brza vožnja,
- izradu umjetnih barijera. Zadaća im je da apsorbiraju ili reflektiraju buku koja dolazi od prometnih tokova. One ujedno i snizuju buku do oko 10 dB. Barijere se grade od različitog materijala s eventualno apsorpcijskim površinama prema prometu. Ako konfiguracija terena dopušta, to mogu biti i zemljani nasipi neposredno uz prometnicu,
- izvedbu zidova zgrada sa zvučnom izolacijom i poboljšanim ostakljivanjem.

Iznalaženje troškovno prihvatljivog rješenja za smanjenje smetnji od buke ceste podrazumijeva uravnoteženje između razine buke i poboljšanja okoliša, s jedne strane, i viših troškova tehničkih rješenja uključujući otkup obezvrijeđenog zemljišta ili zgrada, s druge strane. [ 6 ]





*Slika 6 i slika 7. Primjeri zaštite od buke – bukobrani na prometnicama*

#### **4.1.5. Zakonsko reguliranje buke u motornim vozilima**

##### **4.1.5.1. Prikaz pojedinih ECE pravilnika (Economic Commission for Europe)**

Cestovna motorna vozila koja se uvoze ili proizvode u našoj državi moraju udovoljiti određenim tehničkim zahtjevima koji se potvrđuju u postupku homologacije. Republika Hrvatska je prihvatila međunarodnu obavezu za primjenu dokumenata Ekonomske komisije Ujedinjenih naroda kod nas poznatih kao ECE pravilnici. ECE pravilnici u kojima se odnose odredbe o homologaciji motornih vozila u pogledu buke su :

ECE pravilnik br. 51

ECE pravilnik br. 41

ECE pravilnik br. 9

ECE pravilnik br. 63

**Pravilnik br. 51** - sadrži propise koji se odnose na buku sto je proizvode motorna vozila s najmanje četiri kotača. Ovaj pravilnik se intenzivno mijenja; dopuštena razina buke se smanjuje, cesto se uvode novi zahtjevi pri postupcima mjerenja itd.

**Pravilnik br. 41** - sadrži propise Sto se odnose na buku koju proizvode motocikli na dva kotača osim

onih kod kojih najveća projektirana brzina ne prelazi 50 km/h

**Pravilnik br. 9** - sadrži propise što se odnose na buku koju proizvode motorna vozila s tri kotača

**Pravilnik br. 63** - sadrži propise što se odnose na buku koju emitiraju mopedi s dva kotača čija najveća projektirana brzina nije veća od 50 km/h

#### 4.1.5.2. Prikaz pojedinih EEC smjernica

EEC smjernice su u pravilu strože od prethodno opisanih ECE pravilnika i počinju se ranije primjenjivati. Sadržaj EEC smjernica u načelu se može podijeliti u dva dijela: osnovni i dodatni dio. Osnovni dio sadrži pravne aspekte u kojima se definiraju obveze države članica u svezi s provedbom opisanog u dodacima. Dodatni dio sadrži detaljne tehničke opise propisanih ispitivanja kao što su npr. procedure ispitivanja, granične dozvoljene vrijednosti, popisi uređaja, sadržaj dokumentacije, shematski prikazi itd. EEC smjernice koje pokrivaju područje buke dijele se u dvije kategorije:

- EEC smjernice koje se odnose na dopuštenu razinu buke i ispušni sustav motornih vozila
- EEC smjernice koje se odnose na dopuštenu razinu buke i ispušni sustav motocikala
- EEC smjernice koje se odnose na dopuštenu razinu buke i ispušni sustav motornih vozila :
  - osnovna 70/157/EEC i
  - dopunske 81/334/EEC,  
84/424/EEC,  
89/491/EEC,  
92/97/EEC,  
96/20/EEC

Navedene smjernice definiraju sljedeća područja:

- homologacijsko ispitivanje razine buke tipa motornog vozila,
- homologacijsko ispitivanje ispušnih sustava kao zasebnih tehničkih cjelina,
- kontrolu sukladnosti proizvodnje i
- specifikacije ispitnog traka.

EEC smjernice koje se odnose na dopuštenu razinu buke i ispušni sustav motocikala: osnovna 78/1015/EEC dopunske 87/56/EEC, 89/235/EEC

Navedene smjernice definiraju sljedeća područja:

- homologacijsko ispitivanje razine buke motocikala i
- homologacijsko ispitivanje ispušnih sustava ili njihovih komponenata kao zasebnih tehničkih cjelina.

*Tablica 4.: Dopuštene granične vrijednosti razine buke*

KATEGORIJA VOZILA	dB(A)
Vozila namijenjena prijevozu putnika, koja nemaju više od 9 sjedala uključujući vozačevo sjedalo	74
Vozila namijenjena prijevozu putnika, koja imaju više od 9 sjedala uključujući vozačevo sjedalo i čija najveća dopuštena masa ne prelazi 3,5 tone: - snaga motora manja od 150 kW - snaga motora ne manje od 150 kW	78 80
Vozila namijenjena prijevozu putnika, koja imaju više od 9 sjedala uključujući vozačevo sjedalo; vozila namijenjena prijevozu robe: - maksimalne dopuštene mase koja ne prelazi 2 tone - maksimalne dopuštene mase koja prelazi 2 tone (do 3,5 tone)	76 77
Vozila namijenjena prijevozu robe Čija najveća dopuštena masa prelazi 3,5 tone: - snage motora manje od 75 kW - snage motora veće od 75 kW (do 150 kW) - snage motora veće od 150 kW	77 78 80

Navedene dopuštene granične vrijednosti razine buke imaju tendenciju poštovanja svakom novom donesenom smjernicom. Vrijednosti iz tablice br.2. podudaraju se s ECE pravilnikom 51 koji se trenutno primjenjuje u Republici Hrvatskoj. [ 7, 8 ]

#### **4 . 2. Utjecaj vibracija na čovjeka i okoliš**

Široko uvođenje u život suvremenog čovjeka modernih transportnih sredstava dovelo je do toga da se čovjek sve češće izlaže utjecaju akustičkih oscilacija (buke) i mehaničkih oscilacija (vibracija). Sa vibracijama se susrećemo svakodnevno npr. na posao idemo sredstvima gradskog prometa (automobilom, tramvaj...) dok se nalazimo na poslu ili kod kuće djeluju na nas vibracije od kretanja vozila u gradskom prometu, od radova na cesti itd. Suvremena vozila predstavljaju vrlo složen oscilatorni sustav, koji pod djelovanjem vanjskih sila, zatim zbog rada pogonskog motora i transmisije, nepravilnost oblika kotaca, pomicanja tereta i strujanja zraka oko karoserije vozila, mehanički i akustički oscilira. Tako stvorene oscilacije prenose se na putnike u vozilu, ali i na okolni prostor. Oscilacije kojima je izloženo čovjekovo tijelo u toku vožnje u transportnim sredstvima ulaze u niz najrasprostranjenijih i po intenzitetu najizraženijih štetnih utjecaja. Mehaničke oscilacije ne djeluju naravno štetno samo na ljudski organizam. One štetno djeluju i na životinjske i biljne organizme, kao i na mehaničke i građevinske konstrukcije. Tako npr. mehaničke oscilacije izazivaju pojavu zamora materijala i lomove pojedinih dijelova vozila, dime je smanjena sigurnost prometa, uništavaju ceste i pruge , oštećuju mostove i zgrade itd. Prema izvršenim ispitivanjima u većini slučajeva vibracije će prije postati nepodnošljive za čovjeka nego što će doći do mehaničkih oštećenja okolnih zgrada. Danas se veliki dio prometnica izvodi na mostovima. Konstrukcije tih mostova obično su takve da izdrže velika statička i dinamička opterećenja *izazvana* kretanjem vozila po mostu. Vibracije koje zbog tih opterećenja nastaju prenose se preko potpornih zidova na zemljano tlo i susjedne građevine, kao i na sama vozila. Posebno je nepovoljan slučaj ako kod prijelaza vozila preko mosta dođe do poklapanja uzbudnih frekvencija s vlastitim frekvencijama mosta. U tom slučaju dolazi do rezonancije i vibracije se višestruko povećavaju. Intenzitet vibracijske uzbude ovisi o neuravnoteženosti pneumatika, neravnosti podloge, načina rada motora i si.

#### **4.2.1. Utjecaj vibracija na putnike u vozilu**

Mehaničke oscilacije stvorene kretanjem vozila i radom pogonskog motora, prenose se s vozila na čovjeka u njemu, dakle na organe ljudskog tijela koji onda također počinju oscilirati. Posebno nepovoljan slučaj javlja se kad se frekvencija mehaničkih oscilacija vozila poklopi s vlastitom frekvencijom pojedinih organa ljudskog tijela, zbog toga jer tada dolazi do pojave rezonancije čija posljedica je osciliranje pojedinih organa s vrlo velikim amplitudama. Naravno da osciliranje pojedinih organa ljudskog tijela unosi smetnje u rad tih organa što se očituje pojavom određenih tegoba. Te tegobe izazivaju pojačano psihofizičko naprezanje ljudi u vozilu dime se oni ubrzano zamaraju što umanjuje radnu sposobnost. Nastali umor vozača utječe na sposobnost vožnje što opet dovodi do povećane opasnosti od nastanka nesreće. Ako djelovanje vibracija potraje dulje ili ako one prekorače određenu jačinu, mogu se očekivati i oštećenja kod putnika ili vozača. Takva oštećenja mogu nakon prestanka djelovanja vibracija nestati, ali kod dugotrajnog djelovanja vibracija koje se češće pojavljuju, mogu ostati trajna oštećenja. Dugotrajno djelovanje vibracija može izazvati napadne grčeve krvnih žila, nedovoljno protjecanje krvi, vegetativna živčana oboljenja i poremećaje kod kostiju. Prema izvršenim istraživanjima, utjecaj oscilacija na organizam čovjeka ovisi o: frekventnog spektra oscilacija, amplituda, vremena izlaganja oscilacijama i pravcu djelovanja.

Štetnost utjecaja vibracija na čovjekov organizam je razmjeran prema količini energije vibracija koja je upućena u organizam. Među osnovne elemente, čiji zadatak je smanjenje štetnog utjecaja vibracija na vozača i putnike, treba ubrojiti gume, sustav vješanja automobila, vješanje motora, sjedište vozača i sjedište putnika.

#### **4.2.2. Izvor vibracija u vozilima**

Izvor vibracija koje se pojavljuju u automobilima možemo podijeliti na unutarnje i vanjske. Među unutarnje izvore ubrajamo vibracije motora i elemenata koji prenose snagu na kotače automobila (mjenjačka kutija, kvačilo, pogonsko vratilo i si.). U klipnim motorima s unutarnjim izgaranjem uzimaju se u obzir prije svega vibracije motora kao cjeline, te torzione vibracije vratila i razvodnog mehanizma. Ove vibracije su prouzročene promjenom tlaka i smjese goriva u cilindrima, te periodički promjenljivim ubrzanjima pokretnih elemenata motora. Konstruktori nastoje postići po mogućnosti najveće smanjenje vibracija motora putem uravnoteživanja njegovih masa i primjenom odgovarajućeg vješanja. U motorima sa većim brojem cilindara postoji ravnomjerni rad i može se postići bolje

uravnoteženje.

Izvor vanjskih vibracija su neravnine kolnika, atmosferske prilike i drugi faktori, pri čemu vibracije izazvane stanjem kolnika imaju ovdje najveći značaj. Na svim cestama, čak i na najbrižljivije izrađenima, stvaraju se neravnine. Uslijed njihovog djelovanja pojavljuju se vibracije, koje usprkos amortiziranju od strane sustava vješanja automobila, osjete se na upravljaču i osjete ih putnici u automobilu. Automobilske gume trebaju između ostalog ublažiti udarce kotaca o neravnine kolnika i smanjiti vibracije. Smanjivanje vibracija zavisi od veličine zračne komore i od tlaka u zračnicama guma. Najbolje amortizirajuće uvjete možemo postići kod velikog volumena zračne komore i uz odgovarajući, razmjerno mali tlak zraka u gumama. Potrebno je i pripaziti na dobro uravnoteženje kotača, koje se sastoji u pravilnom rasporedu mase kotača prema njegovoj osovinu oko koje se okreće.



*Slika 8. Neravnine i izbočine po cestama često su posljedica vibracija*

### **4.3. Utjecaj prometa na onečišćenje zraka**

Brzi razvoj društva i sve veća eksploatacija prirodnih dobara nameće povećanje proizvodnje i daljnji razvoj prometa, porasti će i količina otrovnih tvari koje se ispuštaju u zemljinu atmosferu ukoliko se tom problemu ne suprotstavi svjesno društvo u cjelini svojim aktivnostima. Onečišćenja zraka od cestovnog prometa mogu imati lokalni, regionalni i globalni utjecaj na okoliš. Zagađenje čovjekova okoliša cestovnim prometom naročito se manifestira u naseljenim mjestima, osobito u

gradskim središtima gdje je koncentracija prometa veća, a samim time veće je i zagađenje i degradacija čovjekova okoliša. Emisije štetnih tvari utječu količinom i sadržajem putem kojeg lokalni zrak biva onečišćen, što povratno ima izravno štetno djelovanje na zdravlje ljudi, na vegetaciju i na zgrade. Stupanj onečišćenja zraka na nekom mjestu ovisi o brojnim čimbenicima, uključujući vrste vozila, gorivo što ga koriste, volumen prometa, način vožnje, meteorološka stanja (vjetar, temperatura, itd.), topografiju, širinu ulice, vegetaciju uzduž ceste, itd. Zna se da samo jedan automobil nakon prijeđenih 20 000 km u normalnim uvjetima vožnje, izbaci u okoliš više od 1000 kg otpadnih tvari goriva. Kancerogene tvari koje se nalaze u ispušnim plinovima izrazito štetno djeluju na ljudsko zdravlje, flora i faunu. Stalna emisija teških metala (najviše iz tetraetil benzina) utječe na uvećanje njihove uobičajene koncentracije u tlu i u flori uz cestu čak 10 puta preko dopuštenih koncentracija. Na sreću pri suvremenom pogledu na svijet i borbi za ekološku ravnotežu, mnoge zemlje su strogim propisima smanjile upotrebu olovnih benzina. [ 9 ]

#### **4.3.1. Ispušni plinovi motornih vozila**

##### **4.3.1.1. Sastav ispušnih plinova motornih vozila**

Ispušne plinove cestovnih motornih vozila možemo podijeliti na škodljive i neškodljive.

U ispušnom plinu mogu se izdvojiti sljedeći neškodljivi sastojci:

- dušik ( $N_2$ )
- vodena para ( $H_2O$ )
- kisik ( $O_2$ )
- ugljik (IV) oksid  $CO_2$

Škodljivi sastojci ispušnih plinova su :

- ugljik (II) oksid (CO)
- ugljikovodici (CH)
- sumpor (IV) oksid ( $SO_2$ )
- dušični oksidi (NO.)
- olovo (Pb) i olovni spojevi
- dim i cada

U tablici br. 5. možemo vidjeti udio ispušnih plinova kod vozila s Otto i Diesel motorom.

*Tablica 5.: Tipični kemijski sastav ispušnih plinova cestovnih vozila*

<i>Komponente</i>	<i>Vozilo s Otto motorom (%)</i>	<i>Vozilo s Diesel motorom (%)</i>
Dušik N <sub>2</sub>	74-77	76-78
Kisik O <sub>2</sub>	0,3-8	2-18
Vodena para	3-5,5	0,5-4
CO <sub>2</sub>	5-12	1-10
CO	5-10	0,01-0,5
NO <sub>x</sub>	0-0,8	0,0002 - 0,5
Ugljikovodici	0,2-3	0,009 - 0,5
Aldehidi	0-0.2	0,001 -0,009
Cada, g/m <sup>3</sup>	0 - 0,04	0,1-1,1

Neškodljivi sastojci ispušnih plinova su :

#### Ugljik (IV) oksid (CO<sub>2</sub>)

Ugljik (IV) oksid je bezbojan neutrovan plin, proizvod izgaranja ugljika i organskih spojeva uz dovoljnu prisutnost kisika te disanja ljudi i životinja, a zelene biljke ga troše i preraduju u složene organske spojeve. Ugljik (IV) oksid je jedan od glavnih sastojaka emisije stakleničkih plinova gdje je zastupljen oko 60 %.

#### Dušik (N<sub>2</sub>)

U motor dolazi sa usisnim zrakom, svojim najvećim dijelom ne sudjeluje u procesu izgaranja i izlazi ponovno van u taktu ispuha.

#### Kisik (O<sub>2</sub>)

U motor dolazi sa usisnim zrakom. Jedan je od glavnih sudionika procesa izgaranja. U ispušnim plinovima pojavljuje se u slučaju lošeg miješanja gorive smjese u prostoru izgaranja tako da se sav kisik ne potroši u oksidaciji goriva.



### Vodena para (H<sub>2</sub>O)

Vodena para i ugljik (IV) oksid su produkti svakog procesa izgaranja i nastaju kao produkti oksidacije (izgaranja) ugljikovodika goriva s kisikom iz usisnog zraka.

Škodljivi sastojci ispušnih plinova su :

### Ugljik (II oksid (CO))

Bezbojan plin, zagušljiva mirisa. Ugljik (II) oksid (CO) nastaje kao produkt nepotpunog izgaranja kad u gorivoj smjesi nema dovoljno kisika ( bogata smjesa) za potpunu oksidaciju ugljika (C) u ugljik (IV) oksid (CO<sub>2</sub>). CO je otrovan plin, a ima veliku sklonost vezivanja na hemoglobin u krvi i to oko 250 puta više od kisika. Kemijskom reakcijom nastaje karboksihemoglobin, koji izaziva sljedeće reakcije:

- 1% - poslije nekoliko udisaja pada se u nesvijest
- 0,5 % - blaže trovanje, glavobolja za 1 sat
- 0,1 % - otezano disanje i udaranje srca
- 0,0016% - bezopasna koncentracija

Iz toga se vidi da treba provesti razne mjere radi boljeg izgaranja, tj. da nastane produkt potpunog izgaranja CO<sub>2</sub> koji nije otrovan. Maksimalna dopuštena koncentracija iznosi 50 ppm (parts per milion). Kod vozila koja se ne kreće, a motor radi, ta se vrijednost povećava do 200 ppm. Zbog velike otrovnost CO, ne smije se dopustiti rad motora i emisije ispušnih plinova u zatvorenim prostorima. Osim negativnog djelovanja na ljudsko zdravlje ima i negativan utjecaj na okoliš, zato se tom plinu posvećuje osobita pozornost.

### Ugljikovodici

Ugljikovodici se nalaze u pogonskom gorivu. Zbog nepotpunog izgaranja kroz ispušne plinove dospijevaju u zrak. Za ugljikovodike parafinskog i oleofinskog reda karakteristično je da su ispušni plinovi neugodnog mirisa i nadražujućeg djelovanja. Dovode do sekundarne kemijske reakcije i stvaranja "smoga". Same pare ugljikovodika djeluju na središnji živčani sustav i imaju narkotičko djelovanje. Iz skupine ugljikovodika treba izdvojiti skupinu aromatskih spojeva, posebno benzen koji je

mного toksičniji od ostalih aromata. Motorni benzin u prosjeku sadrži 2,5 vol % benzena koji u gorivu služi kao antidetonator. Više od 90 % ispuštenog benzena potječe od cestovnog prometa. Benzen kod čovjeka može uzrokovati rak krvi, kostiju, tumor slezene, jetre i bubrega, ako se radi o prekoračenju dopuštenih koncentracija.

#### Dušični oksid (NO.)

Dušični oksidi su otrovni, zagušljivi plinovi koji nastaju izgaranjem goriva u motoru pri visokim tlakovima i temperaturama. Prvi se stvara NO, a za vrijeme izgaranja uz visak kisika nastaje u ispušnom plinu otrovan NO<sub>2</sub>. U većim koncentracijama NO<sub>2</sub> je plin crvenožute boje zagušljiva mirisa. Koncentracija od 30 ppm uzrokuje za dva sata zapaljenje ždrijela, dušnika i bronhija, uz pojavu glavobolje i kašlja. Brzo prodire u pluća gdje se spaja s hemoglobinom proizvodeći spojeve koji blokiraju njegovu normalnu funkciju. U prisutnosti CO, NO<sub>2</sub> izaziva smrtna trovanja.

#### Olovo i spojevi olova (Pbl)

Olovni se spojevi u benzinskom gorivu pojavljuju u obliku aditiva za poboljšanje otpornosti detonacijama. Benzini izgaranjem oslobađaju okside olova koji se mogu naći u prizemnim slojevima zraka te onečišćuju okoliš. Za vrijeme vožnje od 40 do 110 km/h emitira se 5 - 60 mikrograma olova na litru ispušnih plinova. Dva glavna puta unošenja olova u organizam su digestivni i respiratorni. Smatra se da sadržaj olovnog aerosola od motornih vozila raste 5% na godinu u gradskom okolišu. Pojava kroničnog bronhitisa povezuje se sa aero zagađenjem, što objašnjava da je ova bolest češća u centru grada nego na periferiji. Olovo ima opće poznato otrovno djelovanje i posebno su osjetljivi fetusi, mala djeca i anemične osobe. Da bi se smanjila štetnost olova u ispušnom plinu Otto motora uvode se bezolovni benzini kao i alternativna goriva.

#### Sumpor (IV) oksid (SO<sub>2</sub>)

Bezbojan plin kisela okusa. Nalazimo ga u ispušnom plinu osobito kod diesel motora. Sadržaj sumpora u diesel gorivu je deset puta veći nego u motornom benzinu, ekspanzija potrošnje dieselskog goriva rezultirala je povećanom emisijom SO<sub>2</sub> iz prometa. Njegova velika opasnost ju u tome što oksidira u atmosferi u SO<sub>3</sub>, koji u kontaktu s vodom prelazi u sulfatnu kiselinu koja izaziva nastanak kiselih kisa. Sumpor (IV) oksid negativno djeluje na čovjeka i biljke te uzrokuje koroziju. Istaloženi

sulfati vrlo štetno djeluju na ljude zato što ih čovjek udiše u obliku iznimno finih čestica koje obrambeni plućni mehanizam ne može iskašljati. Sadržaj  $\text{SO}_2$  i njegova količina ne ovisi o samom motoru, nego potječe od količine sadržaja sumpora u gorivu.

### Čađa i dim

Čađa je tvrdi filtrat ispušnih plinova koji se sastoji od čestica ugljika. Izgaranjem goriva uz dodatak kisika dolazi do termičke razgradnje. Cijepanjem ugljikovodika nastaje čađa koja se sastoji iz aglomerata ugljika i djelomično iz ugljikovodika. Stvaranje čađe nastaje uz manjak kisika, kroz nepotpuno miješanje goriva i zraka i visoku temperaturu. Čađa ne ovisi samo o uvjetima izgaranja nego i o gorivu. Gorivo s visokim odnosom ugljika i vodika sklona su kod manje zraka stvarati čađu. Čađa i dim su ozbiljni problem ispušnih plinova Diesel motora. Dim se promatra s gledišta ometanja vidljivosti na prometnicama a time smanjuje sigurnost prometa. Na dim se vezu vrlo toksične stvari koje su kancerogene. [ 10 ]

### **4.3.2. Utjecaj onečišćenog zraka na čovjeka**

Najznačajnije djelovanje onečišćenog zraka je na ljudsko zdravlje. Anemične osobe i mala djeca su osobito osjetljiva, kao i osobe s kroničnim bolestima pluća i srca. Najočigledniji utjecaj koji zagađeni zrak ima na ljudsko zdravlje su bolesti respiratornih organa (astma, bronhitis, emfizem, rak pluća) jer zagađivači iz atmosfere udisanjem najlakše ulaze u tijelo. Čovjek u minuti, pri mirovanju, udahne 15-18 puta, pri čemu se sa svakim udisajem unosi u pluća oko 0,5 litara zraka, što iznosi prosječno oko 11 500 litara na dan. Ako se sa zrakom koji se udiše unosi i zagađivač, respiratorni sustav ima nekoliko načina obrane od ulaska stranih tijela. Već se u nosu zaustave veće čestice, koje se uhvate u dlačice i dolaze u sloj sluzi koja oblaže nosnu šupljinu i dušnik. Čestice manje od nekoliko  $\mu\text{m}$  prolaze kroz gornji dio respiratornog sustava bez zaustavljanja. Neke od tih čestica talože se na zidovima bronhija, dok sitnije prodiru duboko u pluća. Dubina prodiranja plinovitih zagađivača u plućno tkivo ovisi ponajprije o njegovoj topljivosti. Oni koji su topljivi apsorbiraju se u gornjem dijelu respiratornog sustava. Npr. od najčešćih plinovitih zagađivača sumporni dioksid je u vodi najtopljiviji ( 11,3 g/100 ml pri 293 K.), pa se više od 90% ukloni već u nosu i dušniku. Ostali zagađivači su znatno manje topljivi (ugljik (II) oksid - 0,0038; dušični oksid - 0,006; ugljik (IV) oksid - 0,16; kisik -0,004g na 100 ml<sup>1</sup>). Zagađivači uneseni u pluća izazivaju različite tegobe koje ne mogu biti karakteristične za samo jedan zagađivač. Npr. i sumpor (IV) oksid i formaldehid nadražuje nos i grlo i povećavaju

otpornost prolazu zraka, a dušični dioksid i ugljik (II) oksid umanjuju sposobnost hemoglobina u prenošenju kisika.

Ovisno o trajanju izlaganja, učinci zagađivača mogu biti akutni i kronični. Akutni se manifestiraju brzo, nakon kratkotrajnog izlaganja (najviše nekoliko dana ), najčešće u vrijeme pojačanog aerozagađenja, kao Sto je bila dolina rijeke Meuse, Belgija, 1930; Donora, SAD, 1948; Poza Rica, Meksiko, 1950; London, Engleska, 1952 i 1962; Tokyo, Japan, 1970; u kojima je smrtno stradalo više tisuća ljudi. [9]

Kronični učinci zagađenog zraka postaju vidljivi tek nakon duljeg perioda djelovanja, pa su time i teže uočljivi. Broj smrtnih slučajeva, koji se mogu povezati sa zagađenim zrakom samo u SAD-u se procjenjuje na oko 50 000 na godinu. [ 10 ]

### **4.3.3. Utjecaj onečišćenog zraka na okoliš**

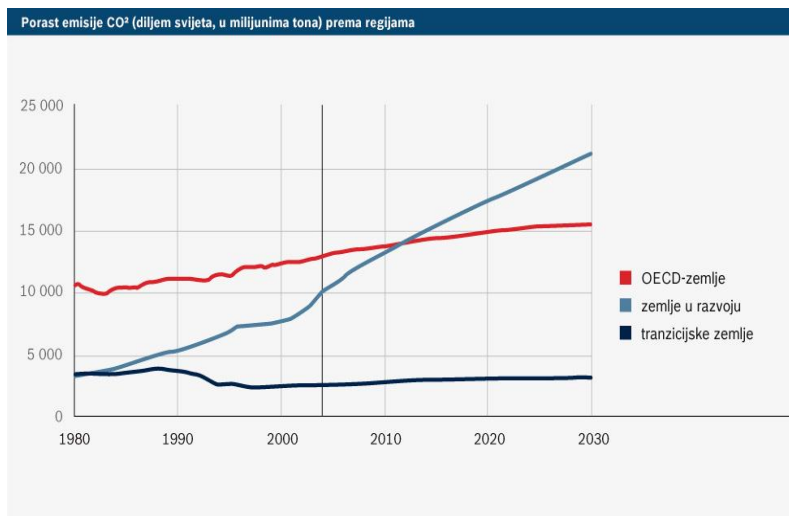
#### **4.3.3.1. “ Staklenički plinovi “ i globalno zatopljenje**

"Staklenički" plinovi prirodno se nalaze u atmosferi, ali je porast njihove koncentracije, u zadnje vrijeme, uglavnom rezultat ljudskih aktivnosti. Emisija stakleničkih plinova smatra se jednim od najvećih problema današnjice u zaštiti zraka prije svega treba istaknuti ugljik dioksid CO<sub>2</sub>, metan CH<sub>4</sub> i dušikov dioksid N<sub>2</sub>O. Znatan dio emisije stakleničkih plinova dolazi iz prometa (oko 26%) kao posljedica izgaranja fosilnih goriva. Najveća opasnost dolazi od povećane količine CO<sub>2</sub>, koji u atmosferi propušta sunčeve zrake, apsorbira toplinsko zračenje sa zemlje i dovodi do toga da se donji slojevi atmosfere i površina zemlje griju, što dovodi do globalnog zagrijavanja. Ovaj proces poznat je kao efekt staklenika. Povećane količine CO<sub>2</sub> u zraku nepovoljno utječu na biljke, a na životinje djeluju nadražujuće. Posljedice laganog porasta temperature čovjek ne osjeća, ali one mogu biti katastrofalne: suša, nestašica vode, opasnost od širenja pustinja, promjene u flori i fauni, porast broja uragana i poplava, požari, povećanje zdravstvenih tegoba itd. Procjenjuje se da je CO<sub>2</sub> odgovoran za oko 50 % globalnog zatopljenja, iako je u ukupnoj emisiji stakleničkih plinova zastupljen oko 60 %.

Najviše emisija CO<sub>2</sub> u prometu dolazi od cestovnog prometa (oko 77 % u zemljama CEI; u Republici Hrvatskoj oko 90 % ovisno o godini od toga su osobna vozila odgovorna za približno polovicu emisija. Ne postoji tehnologija koja bi omogućila uklanjanje CO<sub>2</sub> iz ispušnih plinova. Budući da izgaranjem fosilnih goriva nastaje CO<sub>2</sub> bit će potrebno smanjiti potrošnju fosilnih goriva razvojem automobila sa smanjenom potrošnjom goriva ili promjenom ponašanja u prometu, kao i upotrebom alternativnih goriva. Današnja vozila imaju sve manju emisiju ispušnih plinova, ali njihova sve veća brojnost snažno pridonose povećanju ukupne količine emisije CO<sub>2</sub>.



*Slika 9. Utjecaj globalnog zatopljenja*

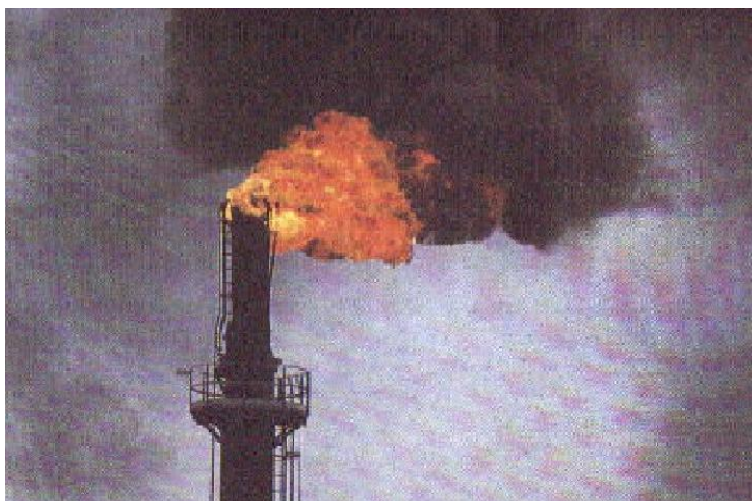


Slika 10. Porast emisije CO<sub>2</sub> prema regijama u svijetu

#### 4.3.3.2. Ozon i fotosmog

Ozon (O<sub>3</sub>) je plin koji je prirodno zastupljen u atmosferi na visinama 20 do 30 km od zemlje stvara zaštitni ozonski sloj koji ima značajnu ulogu apsorpiranja ultraljubičastih zrake koje nepovoljno djeluju na žive organizme. Ozon može biti i prisutan u nižim slojevima atmosfere (1-3 km iznad tla), tada se smatra onečišćivačem i može prouzročiti razne štetne zdravstvene probleme, kao što su kašalj, poteškoće prilikom disanja, glavobolje i lakše upale očiju te izaziva oštećenja na biljkama i razaranje materijala. Dušikovi oksidi (NO<sub>x</sub>), ugljik monoksid (CO), ugljikohidrati, sumpordioksid (SO<sub>2</sub>), čađa itd. utječu i sudjeluju u procesu stvaranja i razgradnje ozona, što izravno utječe na stvaranje "smoga", a neizravno pridonose stakleničkom efektu. Ozon se ne emitira izravno iz ispušnih plinova, već tijekom ljetnih razdoblja pri visokom tlaku i temperaturi zraka, te nedostatku vjetera dolazi do kemijskih reakcija raznih onečišćujućih plinova. Takva onečišćenja možemo vidjeti u gradskim ' Central European Initiative sredinama, a nazivaju se ljetni "smog" ili "fotosmog". Sastav smoga ovisi o mjesnim uvjetima i različit je od grada do grada. Tijekom zimskih mjeseci poseban problem u gradskim sredinama stvara ugljik monoksid, kada su i najveće emisije ovog plina zbog nepotpunog izgaranja (hladan start motora). Ugljik monoksid je plin, iznimno štetan za čovjeka. Njegovo štetno djelovanje očituje se u velikom afinitetu prema hemoglobinu, što blokira primanje kisika u krvi i njegov transport do stanica tkiva. Dovodi do oštećenja srca i krvnih žila, oštećenja mozga i na kraju do smrti. Time je opasan u tunelima

prilikom zastoja vozila, jer je teži od zraka, taloži se u najnižim slojevima atmosfere. [ 11 ]



*Slika 11. Pojava fotosmoga – vrlo štetna za čovjeka*

#### **4.3.3.3. Kisele kiše**

Glavni uzrok kiselih kiša je sumpor dioksid ( $\text{SO}_2$ ) koji u atmosferu dopijeva iz različitih izvora, a najznačajniji su izgaranje fosilnih goriva (industrija i kućna ložišta) te promet. U prometu nastaju pretežno u dizelskim motorima, korištenjem goriva koje sadrži sumpor. Sumporni dioksid u atmosferi oksidira u  $\text{SO}_3$ , koji u kontaktu s vodenom parom prelazi u sumpornu kiselinu, koja na zemlju pada s oborinama kao kiselu kišu. Posljedica kiselih kiša je povećanje kiselosti odnosno zakiseljavanje tla, što dovodi do propadanja vegetacije prvenstveno crnogoričnih šuma. Kisele kiše, te promijenjeni kemijski sastav zraka također su uzrok propadanja građevinskih objekata, kulturnih spomenika, te drugih gospodarskih vrijednosti, nastajanju kiselih jezera u kojima polako odumire biljni i životinjski svijet. Takva atmosfera i oborine ubrzavaju koroziju metala i karbonatnih stijena, pa su štete na kulturnoj baštini velike. U Hrvatskoj je kiselim kišama danas oštećeno oko 20 % šuma. [ 12 ]



*Slika 12. Utjecaj kiselih kiša na vegetaciju*

#### **4.3.4. Mjere za smanjenje ispušnih plinova**

Smanjenje emisije onečišćujućih tvari u okolni prostor složen je postupak koji se provodi kroz zakonodavne, institucionalne i upravljačke okvire. Mjere zaštite obuhvaćaju niz sredstva i mjera kao što su :

- prilagođavanje načina vožnje u okolini gdje se krećemo,
- korištenje vozila s katalizatorom,
- upotrebom čistijih energenata i alternativnih goriva,
- prometno planiranje,
- obnavljanje voznog parka,
- razvoj vozila koja štede energiju i
- odgoj i obrazovanje.



#### 4.3.4.1. Smanjenje emisije štetnih plinova primjenom katalizatora

Jedna od uspješnih metoda smanjenja emisije štetnih plinova je upotreba katalizatora. Zadaća katalizatora je da kemijskim reakcijama štetne tvari pretvara u manje štetne spojeve. Katalizator se primjenjuje samo na vozilima čiji motori imaju posebno priređen i prilagođen sistem napajanja s elektronskom regulacijom. To je uređaj oblika ispušnog lonca u kojem se sva tri nepoželjna sastojka ispušnog plina katalitički pretvaraju u neškodljive sastojke, te tako pročišćen plin odlazi u atmosferu. Nedostatak katalizatora je njegova neefikasnost kod hladnog motora. Da bi se katalizator zagrijao do oko 250°C, kada je učinkovitost pretvorbe oko 50% potrebno je oko 150 sekundi. U tom vremenu neučinkovitog katalizatora i hladnog motora koncentracije ugljik (II) -oksida i ugljikovodika su najveće.

Nakon prestanka djelovanja katalizatora štetna emisija je osjetno veća, nego kod vozila optimiziranih za rad bez katalizatora.

Razlikujemo nekoliko sustava rada katalizatora:

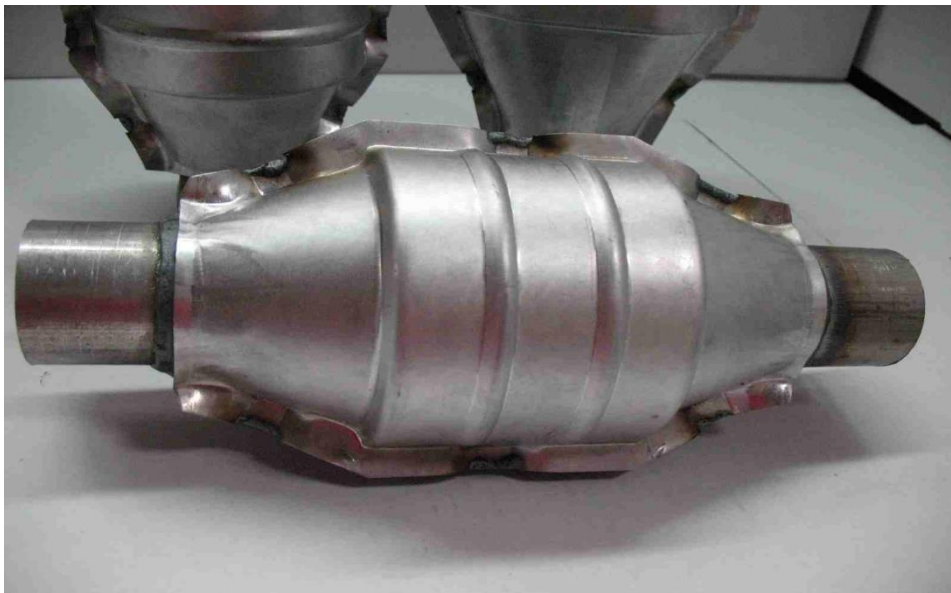
- oksidacijski sustav
- redukcijski sustav
- dvostruki sustav
- trostruki sustav

Oksidacijski sustav: Radi s viskom kisika i služi za oksidaciju ugljik (II) oksida i ugljikovodika u ugljik (IV) oksid i vodu. Redukcijski sustav služi za smanjenje dušičnih oksida. Dvostruki sustav uključuje oba katalizatora, obavljaju se kemijske reakcije oksidacije i redukcije, neovisno jedna o drugoj, dopunjuju se i istodobno smanjuju štetne tvari. Najčešće je u upotrebi trostruki sustav, gdje je katalizator tehnički najsavršeniji. Tim katalizatorom smanjuje se emisija svih triju štetnih komponenti ispušnog plina CO, NO, i CH. On u kombinaciji s X - regulacijom predstavlja danas najdjelotvorniji sustav za naknadno pročišćavanje ispušnih plinova benzinskih motora. Visoka razina redukcije i oksidacije ostvaruje se u vrlo uskom području bogatstva smjese goriva i zraka - približno stehiometrijski odnos ( $X=1$ ). To se može ostvariti elektronskom regulacijom pripreme smjese goriva i zraka na osnovi kontrole ispušnih plinova tzv. "Lambda sondom", koja je osjetljiva na sadržaj kisika u plinovima izgaranja. Za tako preciznu regulaciju bogatstva smjese goriva i zraka nužan je sustav za ubrizgavanje goriva. U trostrukom sustavu: Katalizator se sastoji od nosaca katalizatora, međusloja i katalitički aktivnog sloja - prevlaka plemenitog metala. S obzirom na to da aktivnu površinu

katalizatora čini plemeniti metal, na koji vrlo štetno djeluje olovo, nužno je korištenje bezolovnog benzina.

Katalizator u biti smanjuje energetska prag potreban za početak redukcije i oksidacije, te povećava brzinu reakcije. Pri tom se potrebna temperatura snižava za više od pola. Cjelokupni proces odvija se u tri faze: adsorpcija, kemijska reakcija i desorpcija. Adsorpcijom se obavlja transport štetnih komponenti i kisika do katalitičkih centara, gdje se stvaraju uvjeti za kemijske reakcije. Kemijske reakcije mogu se podijeliti u osnovi na oksidaciju ugljik (II) oksid, ne izgorjelih ugljikovodika te redukciju za pretvorbu dušičnih oksida.

Transport komponente nakon završene kemijske reakcije iz zone aktivnog centra predstavlja desorpciju. Za ispravan rad katalizatora od posebne važnosti su: temperature ispušnih plinova, optimalne vrijednosti koeficijenta viška zraka i brzina strujanja plinova kroz katalizator.



*Slika 13. Izgled katalizatora*

#### 4.3.4.2. Smanjenje štetnih plinova primjenom alternativnih goriva

Alternativna goriva za motorna vozila nalaze sve veću primjenu, jer se smanjuju prirodni resursi goriva, zaštita okoliša od štetnih komponenata ispušnog plina motornih vozila se povećava. Vrlo izražena zabrinutost za energetske potencijale na zemlji, ponajprije za naftu, osnovni energetski izvor za vozila, potakla je brojna istraživanja o mogućnostima novih oblika energije (električne, alkohol, bioplin, prirodni plin, vodik i dr.). Međutim, obzirom na brojne neriješene tehničko-tehnološke probleme, ta se vozila još ne primjenjuju u većoj mjeri, ali daljnjim razvojem tehnologije i ti će se problemi riješiti. Traženje alternative naftnih derivata kao gorivo za motorna vozila, posebno nakon kriza, koje su počele sedamdesetih godina, usavršila su se dopunska rješenja, ali nije se našla zamjena. Paralelno su vodena istraživanja o unapređenju goriva i vozila pa su uslijedili rezultati: goriva s manje onečišćivača, tisi motor, manja potrošnja. Sveukupni naponi omogućili su da se ne umani pojedinačna i grupna pokretljivost ljudi, unatoč stalnom rastu stanovništva, većoj potrošnji i rastu cijena. Zbog navedenih istraživanja i ocjena, posljednjih deset i više godina učinjeno je mnogo promjena kojima su unaprijeđene konstrukcije vozila i motora, unaprijeđena goriva i korištenje.

Osnovni kriteriji po kojima se provodi ocjenjivanje potencijalnog goriva su:

- mogućnost masovne proizvodnje, kao i proizvodnje iz obnovljenih izvora, čime se perspektiva goriva znatno povećava
- ukupni ekonomski aspekti primjene potencijalnog goriva, a time i specifična cijena, vrednuje se po energetske jedinici izravno utječu na prijelaz na alternativna goriva
- utjecaj na okoliš ima veće značenje, zbog toga jer se uvođenjem novih goriva postavljaju strogi propisi za njegovo očuvanje
- stupanj opasnosti pri manipulaciji je vezan za utjecaj goriva na okoliš, pri čemu se mora uzeti u obzir i tehnološki postupak proizvodnje i manipulacija pri eksploataciji
- specifičnost primjene smjese važan je kriterij nakon ispitivanja u realnoj eksploataciji [ 13 ]



*Slika 14. Ugradnja plinskog sustavu a automobil*

#### **4.3.4.3. Smanjenje štetnih plinova prometnim planiranjem**

Prometnim planiranjem mogu se bitno smanjiti štetni utjecaji cestovnog prometa u naseljenim područjima, neke od mjera kojih bi se trebalo pridržavati su:

- vođenjem prometa izvan središta grada,
- destimulacija uporabe osobnih vozila u svakodnevnom putovanju,
- favoriziranje javnog prijevoza,
- zamjena cestovnog prijevoza željezničkim,
- poboljšanje organizacije prijevoza,
- veća skrb za pješake i bicikliste i
- sprečavanje daljnjeg širenja grada.



*Slika 15 . Tramvaj – kao oblik gradskog prijevoza koji treba zamijeniti automobile*

#### **4.4. Utjecaj prometa na onečišćenje voda**

Cesta i promet mogu štetno utjecati na površinsku i podzemnu vodu, vodene tokove i jezera na više načina. Tako, primjerice, duboki usjeci mogu promijeniti razinu podzemne vode i prekinuti ustaljeni način vodnog toka. Na površini cestovnog kolnika talože se teški metali (cink, olovo, kadmij i dr.) te organske tvari, gume, ulje, bitumen i razne masnoće, koje mogu dovesti do onečišćenja podzemnih voda. Općenito uzevši, oko 75% zagađivanja okoliša nastaje izravno od vozila, a oko 25% čišćenjem i održavanjem prometnicama. Otjecanje površinske vode s kolnika kao i iz odvodnih uređaja za olujne vode može onečistiti površinsku vodu, a može štetiti i kakvoći podzemne vode. Sol za posipanje cesta može prodrijeti u površinsku i podzemnu vodu. Isto tako izgradnja objekata, poput mostova i nasipa, u vodnim tokovima može utjecati na tečenje i eroziju. Putem analize treba razjasniti utjecaj prometnog sustava na razinu podzemne vode i kakvoću vode, kao i tla, što sve može imati značajan učinak na okoliš. Potrebno je također imati uvid u sekundarne učinke za biljni i životinjski svijet zbog destrukcije zemljišta i močvara.

Negativan utjecaj cestovnog prometa na kvalitetu vode može biti zbog slijedećih uzroka:

- stalnim zagađivanjem proizvoda izgaranja goriva, istjecanjem ulja, trošenjem dijelova kočnih uređaja, pneumatika i dr.
- sezonskim zagađivanjem, koje nastaje zbog uporabe soli pri održavanju, pri građevinskim radovima i sl.

- povremenim nezgodama vozila što prevoze opasne tvari.

Pri planiranju trase novih prometnica izuzetno je važno po mogućnosti zaobići vodo-zaštitna područja, a ukoliko to nije moguće, potrebno je pri projektiranju i izvođenju radova poduzeti sve raspoložive mjere tehničke zaštite, budući da su posljedice ekoloških akcidenata izuzetno velike. Istraživanja pokazuju da se sa 100 km autoceste u okoliš mjesečno šalje cca 100 tona štetnih tvari.

Glavne vrste zagađivala cesta i njihov izvor prikazan je u tablici br. 6.

*Tablica 6.: Glavne vrste zagađivanja s ceste i njihov izvor*

<b>Zagađivač</b>	<b>Izvor</b>
a) Anorganski	
Olovo Nikal, vanadij Kadmij, cink, bakar, željezo, krom Mangan, brom, antimon	dodatak olovnom benzinu dodatak dizel gorivima dodatak automobilskim gumama dodatak motornim uljima
b) Organski	
Teško hlapivi lipofilni spojevi (mineralna ulja i masti) Poliaromatski ugljikovodici	maziva i zaštita ulja automobila nepotpuno izgaranja goriva

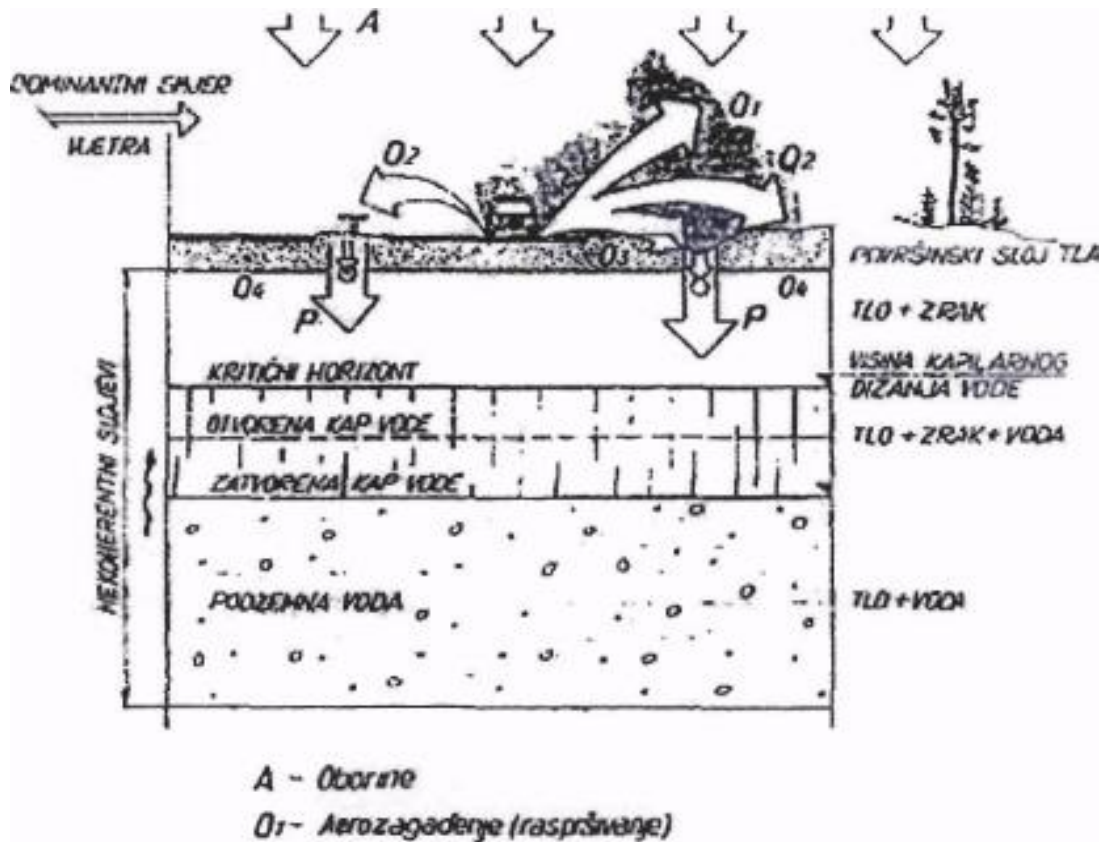
#### **4.4.1. Utjecaj prometnice na kvalitetne vodene resurse**

Istraživanja su pokazala da je prostor uz ceste s velikim prometnim opterećenjem, posebno dionice s visokim postotkom teretnih vozila, mogući izvor nepovoljnih i često štetnih efekata, čiji utjecaj degradirajuće djeluje na okoliš i općenito na kvalitetu životne sredine. Pri planiranju, projektiranju kao i izvođenju cestovnog objekta veoma je važno poznavati tipične zagađivače, njihov način transporta, utjecaj na okolinu, emisiju u utjecajnoj zoni te granične dopuštene koncentracije

emisijskog opterećenja u zoni utjecaja.

Na temelju tih pokazatelja i faktora okoliša kao što su:

- razina prometne usluge prometnice
- prometno opterećenje i udio terenskih vozila sa strukturom tereta
- geološke i hidrogeološke karakteristike
- hidrološke i meteorološke-klimatske karakteristike
- položaj trase s obzirom na izgrađenost i vegetaciju moguće je ocijeniti veličinu rizika, realnu opasnost od zagađenja i raspoloživo vrijeme intervencije, kojom bi se opasnost trebala otkloniti.



Slika 16.: Transport štetnih tvari s prometnih površina u okolni prostor

Na slici br. 16. prikazana je shema emisije, transporta i "unošenja" zagađivača s prometnih površina u okolni prostor s utjecajem dominantnog smjera vjetra. Uzorci onečišćenja pa i zagađenja prostora uz cestovnu prometnicu, posebno na sektoru s velikim postotkom teretnih vozila, mogu se prema vrsti nastanka svrstati u tri grupe:

- stalna zagađenja, koja nastaju od produkta izgaranja pogonskog goriva, gubitka ulja, goriva, maziva, trošenja dijelova kočnog sustava, pneumatika, kao i trošenja kolnika i sl.; to su zagađivači, koji su evidentirani u tragovima ili veoma niskim koncentracijama u pojasu izvan gradskih prometnica:
- sezonska ili periodična zagađenja od kojih su najvažnije soli što se upotrebljavaju za zimsko održavanje odnosno za sprečavanje zaleđivanja kolnika. U ovu grupu zagađenja mogu se ubrojiti i gradilišna zagađenja, koja se događaju pri nepažnji za vrijeme izvođenja radova, lošeg uskladištenja goriva i si.
- povremena zagađenja što nastaju trenutačno prilikom havarija specijalnih vozila, koja prevoze štetne i opasne tvari, među kojim su najučestalije nafta i njezini derivati.

Slučajni ali trenutačni i koncentrirani udari onečišćenja navedeni u trećoj grupi posebno su opasni, jer su takva zagađenja nepredvidiva i redovita s vrlo velikim intenzitetom, na relativno malom prostoru. Nafta, benzin, petrolej, plinsko ulje, kemijski proizvodi i si., ako se prevoze u blizini vodozaštitnih područja, u slučaju nezgode predstavljaju realnu opasnost i veliku mogućnost zagađenja vode. Za ilustraciju može se navesti primjer izlivanja 15 t nafte iz cisterne, a poznato je da se od jedne litre nafte može zagađiti milijun litara vode. Zastupljenost nafte i naftnih derivata po količini i učestalosti pojave u transportu, u odnosu na ukupni prijevoz štetnih i opasnih tvari, kreće se između 75 i 85% od ukupno prevezenog tereta svrstanog u kategoriju "štetne i opasne tvari". [13,14]

#### **4.4.2. Osnovni principi mehanizma prodora prolivenog efluenta u niže slojeve tla**

Za procjenu stupnja opasnosti od zagađenja podzemnih voda od procjeđivanja nafte ili njenih derivata do vodonosnih slojeva neophodno je poznavati geotehničke karakteristike tla na koju se uvjetno rečeno, prolio navedeni zagađivač. Sloj tla je privremeno do aktiviranja interventne službe i sanacijskih radova, jedina zaštita podzemne vode. Iz toga razloga za procjenu stupnja opasnosti od onečišćenja, kao i raspoloživog vremena do početka sanacijskih radova, neophodno je i najhitnije poznavati geotehničke karakteristike krovine i sloja tla iznad podzemne vode. Ta istraživanja redovito moraju pripadati u obavezne radove u sklopu projektiranja prometnice u vodozaštitnim područjima, jer u slučaju havarije najhitnije je znati raspoloživo vrijeme za interventne akcije. [14]

Pri istraživanju širenja prolivene ali ograničene količine efluenta na propusnu površinu



nužno je evidentirati i pratiti tri vrste zagađivača:

- vertikalno prodiranje efluenta u dublje slojeve tla do razine podzemne vode
- horizontalno, plošno širenje efluenta dominirajuće je u smjeru pada vodnog lica
- prodiranje zagađivača u okolni prostor odvija se i otapanjem zagađivača u višefaznom sustavu (tlo + voda + zrak + plin + ulje).

#### **4.4.3. Građevinsko-tehničke mjere posebne zaštite**

Ovim mjerama osigurava se efikasno funkcionalna i sigurna odvodnja kao i tehničke mjere zaštite pojasa uz cestu od prodora zagađivača u dublje slojeve tla posebno za slučaj incidentnih situacija vodeći računa o volumenu najvećih cestovnih vozila koja vrše prijevoz opasnih tvari koje mogu zagađivati vode, tlo i podzemlje:

- zatvoreni ili otvoreni sustav kontrolirane odvodnje vode s prometnih površina, pročišćavanje putem separatora i odvoda u recipijent izvan vodozaštitnog područja,
- posebni zahtjevi fluidne nepropusnosti razdjelnog pojasa, pokosa i nasipa i usjeka, prema posebnim uvjetima ugradnje slabo propusnog zemljanog materijala,
- zahtjevi za kvalitetu ugrađenog materijala u nasip ,
- posebni uvjeti bočnog osiguranja od mogućeg izlijetanja vozila na mostovima i vijaduktima kao i sigurni i efikasni odvodni sustav na tim objektima,
- u strogim uvjetima vodozaštite neophodno je izvesti posebno oblikovane betonske ograde ili zaštitne nasipe koji su po funkciji dvonamjenski i
- u ravničarskom terenu (aluvijalne doline rijeka) nužno je izvesti zaštitu pokosa nasipa i pojasa uz prometnice slabo propusnim zemljanom materijalom prema posebnim kriterijima i uvjetima ugradnje.

##### **4.4.3.1. Zaštitne mjere u toku eksploatacije održavanja prometnice**

Ove mjere odnose se na uskladištenje i korištenje minerala (soli, pesticida i umjetnog gnojiva i si.) koji u većim koncentracijama nepovoljno utječu na kvalitetu vodonosnika u zoni crpilišta pitke vode. Osim toga, tim mjerama treba biti regulirana kontrola oštećenja odvodnog-zaštitnog sustava ceste, sanacije i sve nužne intervencije koje su neophodne za očuvanje kvalitete podzemnih voda:

- lokacija i kriteriji za uskladištenje soli (minerala) i drugih kemikalija koje se upotrebljavaju u toku

održavanja cesta

- minimalizacija upotrebe klorida za odleđivanje kolnika
- minimalizacija doziranja svih upotrebljivanih za vodu štetnih kemikalija (pesticida, gnojiva...) u zoni prometnice
- formiranje službe nadziranja i dojava koja je u ukupnom sustavu zaštitne posebno značajna jer omogućuje pravodobnu intervenciju i sanaciju ugroženog prostora, te pripreme operativnog plana za slučaj hitnih intervencija
- pravilnik kojima se regulira rad na održavanju odvodnog i zaštitnog sustava za sva postojeća ili planirana crpilišta na - području općine ili grada

Pravilnikom se definiraju sve aktivnosti koje izravno utječu na funkcionalnost, efikasnost i sigurnost ukupnoga zaštitnog sustava.

#### 4.4.3.2. Biljni uređaji u zaštiti podzemnih voda od utjecaja s ceste

Kao jedna od efikasnih metoda u pročišćavanju kolničkih voda svakako se nameće uporaba biljnih uređaja koji obavljaju proces pročišćavanja otpadnih voda aerobnim i anaerobnim bakterijama, močvarnim biljkama i raznim mješavinama supstrata. Dosadašnja istraživanja i dostupni podaci govore u prilog biljnih uređaja za pročišćavanje slivnih voda s cesta kao metodi kompatibilnoj s okolišem. [15]

*Tablica 7.: Koncentracija osnovnih parametara na ulazu i izlazu biljnog uređaja s horizontalnim tokom otpadne vode*

Parametar	Izražen kao	Ulaz	Izlaz	Učinkovitost
PH		7,5	7,95	
Suspendirane čestice mg/1		350	6	98,3
ml	O <sub>2</sub>	165	37'	78
BPKmig/1	O <sub>2</sub>	45	7	85
Ukupni P mg/1	P	0,84	0,26	70

Organski Nmg/1	N	6,56	2,78	57,7
Amonijak - N mg/1	N	3,76	-0,56	68
Nitritni - N mg/1	N	0,018	0,673	Nitrifikacija
Nitratni - N mg/1	N	0,04	2,45	Nitrifikacija

## 5. PREDNOSTI ŽELJEZNIČKOG PROMETA

Prednosti željezničkog prometa vezane uz manje emisije štetnih plinova u usporedbi s drugim prometnim granama. Što je već prikazano u Tablici 3. , a ujedno i vodeća prednost ispred ostalih grana prometa.

### 5.1. Energetska efikasnost željezničkog prometa

Potrošnja energije u pojedinim prometnim granama.

*Tablica br 8. Potrošnja energije u prometu*

Potrošnja naftnih ekvivalenat a (u 106 tona)	Cestovni i promet	Zračni promet	Željeznički promet	Pomorski promet	Riječni promet
	437,11	65,60	34,97	60,24	11,79
Postotak (%)	71,70	10,70	5,70	9,90	1,90

## 5.2. Buka i vibracija željezničkog prometa

Za buku i vibracije što ih stvara željeznički promet karakteristično je da traju kratko, da se mjere sekundama i da djeluju povremeno u određenim vremenskim razmacima kada prolaze vlakovi.

Za razliku od buke u cestovnom prometu koja se pojavljuje bez ikakva pravila, buka u željezničkom prometu uvijek je otprilike iste glasnoće i istog karaktera.

Željeznički promet stvara manje buke nego cestovni ili zračni promet. Kod prijevoza iste količine tereta i istog broja putnika željeznički promet u prosjeku stvara od 25 do 50 % manje buke.

## 5.3. Sigurnost željezničkog prometa

Tehnologija željezničkog prometa omogućava postizanje velikih brzina uz visok stupanj sigurnosti.

Broj osoba poginulih i ozlijeđenih u željezničkom prometu znatno je manji nego u cestovnom prometu.

Sigurnost u željezničkom prometu 24 puta je veća u usporedbi sa sigurnošću pri prijevozu osobnim automobilom i 2,5 puta veća pri prijevozu autobusom.

## Usporedba stanja prometne sigurnosti u Hrvatskoj

*Tablica .9: Stanje ozlijeđenih i poginulih u prometu [23]*

Opis	Željeznički promet	Cestovni promet
Broj poginulih osoba	48	656
Broj ozlijeđenih osoba	41	20.500
Broj teže ozlijeđenih osoba	41	4.497

## 5.4. Zašto odabrati upravo željeznički promet

Elektrificirana željeznica je najprihvatljiviji oblik prijevoza u budućnosti.

Planeri prometne politike u EU smatraju da je kombinirani prijevoz jedan od instrumenata važnih za smanjivanje potrošnje energije i emisije ugljičnog dioksida u teretnom prijevozu.

U budućnosti kombinirani prijevoz uvelike može pridonijeti zaštiti klime i održavanju okoliša jer se

na taj način znatno rasterećuju prometnice, čuva cestovna infrastruktura, atmosfera zaštićuje od onečišćenosti, ostvaruje velika ušteda energije (nafte i naftnih derivata čije su zalihe ograničene) te prostor zaštićuje od devastiranja. [16]

## 6. ZAKLJUČAK

Promet se pokazao kao jedan od najvažnijih privrednih grana koja zapošljava veliki broj ljudi i koja najefikasnije utječe na stimuliranje proizvodnje. Stoga je razvoj tog sustava od izuzetnog značenja za nacionalni razvoj, a planiranje prometne infrastrukture bitan činilac u tom razvoju. Međutim, nema sumnje da promet zaposjeda velike površine, koristi ogromne količine energije, oduzima živote mnogim ljudima, uzrokuje ozbiljna zagađenja zraka, vode i tla, stvara veliku buku i vibracije, itd. Porast zahtjeva za prijevozom, posebno brz porast broja vozila u cestovnom prijevozu (broj motornih vozila u svijetu raste znatno brže od rasta stanovništva), ima mnoge negativne učinke na okolinu, tako da je zaštita od negativnog učinaka cestovnog prometa postala nužnost našeg vremena. Neke standardne mjere zaštite od negativnih utjecaja cestovnog prometa su:

- ekonomske mjere zaštite kao što su porezi ili pristojbe, naknade za ceste, naplate za parkiranje.
- mjere zaštite koje utječu na učestalost i način putovanja, kao što su ograničenja korištenja zemljišta, poboljšanje javnog prijevoza, ograničenja površina za parkiranje.
- mjere koje preusmjeravaju cestovni promet kao što su cestovne obilaznice, tuneli i zoniranje.
- zaštitne ili mjere poboljšanja, kao što je sprečavanje buke ili pročišćavanje zraka u tunelu.
- mjere što se odnose na vozila kao što su zahtjevi za emisiju buke i plinova iz vozila.

Osim mjera zaštite treba se posvetiti razvoju mjernih sustava, istraživanju uzroka i veličine buke, ispušnih plinova i otpada od prometa. Istraživanja se trebaju odnositi na zaštitu čovjeka, floru, faunu i klimu a posebna pozornost treba se posvetiti odgoju i obrazovanju, tj. ekološkoj svijesti sudionika u prometu.

## 7. LITERATURA

1. Web stranica Karlovačke županije :  
[www.kazu.hr](http://www.kazu.hr)
2. Web stranica Veleučilišta u Šibeniku ( “ Utjecaj prometa na okoliš “ – nastavni program )  
[www.vus.hr/Nastavni materijali/Ekologija vjezbe 03-04/VJEZBA 19..pdf](http://www.vus.hr/Nastavni_materijali/Ekologija_vjezbe_03-04/VJEZBA_19..pdf)
3. Zlatić M.: Utjecaj cestovnog prometa na čovjekovu okolinu urbanih područja, Zagreb, 1988.
4. Sršen M.: Utjecaji cestovnog prometa na okoliš i mjere ublažavanja, Zagreb, 2002.
5. Bukljaš Z.: Suvremena motorna vozila s aspekta štetnosti djelovanja na čovjeka i njegovu okolinu, Zagreb, 1986.
6. Missoni E., Mlinaric - Missoni E.: Prometna medicina, FPZ, Zagreb, 2002.
7. Božičević J.: Cestovna mreža i njezin utjecaj na okolinu, Zagreb, 1986.
8. Izvješće o radu i temeljni sigurnosni pokazatelji  
PU karlovačke
9. Kovačević D., Jurum - Kipke J., Maković B.: Utjecaj prometa na okoliš i klimatske promjene tijekom prošlosti, Zagreb, 2002.
10. Simunović LJ., Bošnjak L, Božičević L, Pancirov L: Utjecaj cestovnog prometa na onečišćenje zraka, Zagreb, 2017.
11. Stmberger N.: Smanjenje emisije ispušnih plinova kod benzinskih motora, Zagreb, 1988.
12. Orlov M., Grgas N.: Onečišćenje atmosfere automobilskim transportom, Zagreb, 2018.
13. Božičević J.; Promet i ekologija, Zagreb, 1986.
14. Legac L, Božinski E.: Poduzete mjere vodozaštite i program praćenja onečišćenja u koridoru auto-  
ceste oko Zagreb, Zagreb, 1986.
15. Golubić J.: Promet i okoliš, FPZ, Zagreb, 1999.
16. Web stranica Hrvatskih željeznica :  
<http://www.hznet.hr/>

## 8. POPIS SLIKA

Slika 1. Karlovačka županija

Slika 2. Grad Karlovac

Slika 3. Japan Reil Maglev – magnetno levitacijski vlak

Slika 4. Prikaz dijelova ljudskog uha

Slika 5. Osnovna područja ljudskog osjeta sluha

Slika 6. i slika 7. Primjeri zaštite od buke – bukobrani na prometnicama

Slika 8. Neravnine i izbočine po cestama često su posljedica vibracija

Slika 9. Utjecaj globalnog zatopljenja

Slika 10. Porast emisije CO<sub>2</sub> prema regijama u svijetu

Slika 11. Pojava fotosmoga – vrlo štetna za čovjeka

Slika 12. Utjecaj kiselih kiša na vegetaciju

Slika 13. Izgled katalizatora

Slika 14. Ugradnja plinskog sustava u automobile

Slika 15. Tramvaj – kao oblik gradskog prijevoza koji treba zamijeniti automobile

Slika 16. Transport štetnih tvari s prometnih površina u okolni proctor



## **9. POPIS TABLICA**

Tablica 1. Ceste Karlovačke županije u km

Tablica 2. Broj registriranih vozila

Tablica 3. Emisija štetnih plinova

Tablica 4. Dopuštene granične vrijednosti razine buke

Tablica 5. Tipični kemijski sastav ispušnih plinova cestovnih vozila

Tablica 6. Glavne vrste zagađivala s ceste i njihov izvor

Tablica 7. Koncentracija osnovnih parametara na ulazu i izlazu biljnog uređaja s horizontalnim tokom  
otpadne vode

Tablica 8. Potrošnja energije u prometu

Tablica 9. Stanje ozljeđenih i poginulih u prometu