

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**ANALIZA HRUPA V CESTNEM PROMETU NA CESTI
ARJA VAS–VELENJE**

SAŠA MIŠKIĆ

VELENJE, 2015

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**ANALIZA HRUPA V CESTNEM PROMETU NA CESTI
ARJA VAS–VELENJE**

SAŠA MIŠKIĆ

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: izr. prof. dr. NIKOLA HOLEČEK

VELENJE, 2015



Številka: 726-18/2015-2

Datum: 11. 9. 2015

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študent Visoke šole za varstvo okolja **Saša Miškić** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Analiza hrupa v cestnem prometu na cesti Arja vas – Velenje.

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Analysis of noise in road traffic on the road Arja vas – Velenje.

Mentor: **izr. prof. dr. Nikola Holeček.**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom VŠVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Izr. prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan

Visoka šola za varstvo okolja
Trg mladosti 7 | 3320 Velenje
t: 03 898 64 10 | f: 03 89864 13 | e: info@vsvo.si
www.vsvo.si



IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani/a Saša Miškić, vpisna številka 34110083,

študent/ka visokošolskega strokovnega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije,

sem avtor/ica diplomskega dela z naslovom

ANALIZA HRUPA V CESTNEM PROMETU NA CESTI ARJA VAS–VELENJE,

ki sem ga izdelal/a pod:

- mentorstvom izr. prof. dr. Nikole Holečka

- somentorstvom _____/_____.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektoriral/a Dušica Ferme;
- dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

Datum: ____ . ____ . _____

Podpis avtorja/ice: _____

ZAHVALA

Za pomoč, usmerjanje in strokovne nasvete pri nastajanju tega diplomskega dela se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Nikoli Holečku.

Posebna zahvala gre staršem, ki so verjeli vame, me tekom študija spodbujali in mi stali ob strani.

Zahvaljujem se tudi prijateljem za spodbudne besede in moralno podporo.

IZVLEČEK

Hrup je nezaželen, moteč in tudi zdravju škodljiv zvok. Moti nas pri delu, počitku, učenju itd. Povzročajo lahko resne okvare in bolezni, tudi če smo pogosto izpostavljeni nižjim ravnom hrupa. Nekatere izmed teh so: naglušnost, izguba sluha, živčnost, travme, srčne bolezni ... Med vsemi vrstami oz. viri hrupa pa je najbolj problematičen hrup cestnega prometa. Ta hrup, ki ima sicer več virov, povzročajo vozila z vožnjo po cesti. Med njimi so najbolj pomembni hrup motorja, hrup zaradi kotaljenja pnevmatik po vozišču in hrup zaradi aerodinamičnega upora zraka. Raven hrupa je odvisna predvsem od hitrosti in od vrste vozila. V splošnem največji hrup ustvarjajo težki tovornjaki in motorna kolesa.

Na preobremenjeni cesti Arja vas–Velenje, po kateri se dnevno vozi preko 16.000 cestnih vozil različnih vrst, je hrup prekomeren. To so pokazale meritve ob sami cesti. Ker hrupa ni možno popolnoma izničiti, ampak le znižati, se proti njemu borimo z različnimi protihrupnimi ukrepi. Potrebna je dobra zvočna izolacija stavb. Odvisno od prostora, lokacije, finančnih možnosti, videza pokrajine pa se odločamo za različne vrste protihrupnih ograj, protihrupne zemeljske nasipe, nasade ali predore.

Ključne besede: hrup, cestni hrup, raven hrupa, cesta Arja vas–Velenje, meritve hrupa, protihrupni ukrepi

ABSTRACT

Noise is unwanted, disturbing and harmful sound. It bothers us while working, resting, learning, etc. It can cause serious defects and diseases even if we are often exposed to lower levels of noise. Some of these include: deafness, hearing loss, anxiety, trauma, heart diseases... Along all types and sources of noise, the road traffic noise is the most problematic one. This noise, which does have numerous sources is created by vehicles driving on the road. Among them are the most important engine noise, tire noise and aerodynamic noise due to air resistance. The level of noise depends primarily on the speed and the type of vehicle. In general, the maximum noise is generated by heavy trucks and motorcycles.

On the overloaded road Arja vas–Velenje, after which the daily commute over 16,000 road vehicles of various types, the noise is excessive. This was also confirmed by measurements along the road. Since noise can't be completely nullified but only reduced, the different kinds of noise protection measures are used. Buildings need good sound insulation. Depending on distance, location, finance possibilities, the appearance of the landscape... we select an appropriate noise protection such as different types of noise barriers, noise protection earthworks, plantations or tunnels.

Keywords: noise, road noise, noise level, road Arja vas–Velenje, noise measurements, noise protection measures

KAZALO

| | |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1 Kratak opis problema | 1 |
| 1.2 Metode dela | 2 |
| 1.3 Hipotezi..... | 3 |
| 2 HRUP | 3 |
| 2.1 Definicija hrupa..... | 3 |
| 2.2 Frekvenca, valovna dolžina in hitrost zvoka | 3 |
| 2.3 Delitev elementarnih virov hrupa..... | 4 |
| 2.4 Škodljivi učinki hrupa..... | 4 |
| 3 CESTNI HRUP | 6 |
| 3.1 Zakonodaja | 6 |
| 3.2 Značilnosti hrupa prevoznih sredstev | 9 |
| 3.3 Hrup pri cestnih motornih vozilih | 10 |
| 3.3.1 Hrup stoječega vozila s prižganim motorjem | 10 |
| 3.3.2 Hrup cestnih vozil med vožnjo..... | 11 |
| 3.3.3 Hrup zaradi aerodinamičnega upora zraka | 11 |
| 3.3.4 Hrup zaradi različnih asfaltnih zmesi v Sloveniji..... | 12 |
| 3.3.5 Hrup zaradi kotaljenja pnevmatik..... | 15 |
| 3.4 Ravni hrupa in mejne vrednosti za zunanji hrup cestnih vozil | 16 |
| 3.5 Stanje na cesti Arja vas–Velenje..... | 17 |
| 3.6 Protihrupni ukrepi..... | 19 |
| 3.6.1 Protihrupni nasipi..... | 22 |
| 3.6.2 Protihrupne ograje..... | 23 |
| 3.6.3 Predori in vkopi | 26 |
| 3.6.4 Protihrupni nasadi..... | 26 |
| 4 MERITVE..... | 26 |
| 4.1 Opis merilne opreme | 26 |
| 4.2 Meritve hrupa ob cesti Arja vas–Velenje..... | 28 |
| 4.3 Analiza meritev..... | 34 |
| 5 PREDLOGI ZA ZMANJŠANJE HRUPA | 34 |
| 6 RAZPRAVA IN SKLEPI..... | 37 |
| 7 POVZETEK..... | 38 |
| 8 SUMMARY | 39 |
| VIRI IN LITERATURA..... | 40 |

KAZALO SLIK

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1: Primeri ravni hrupa | 2 |
| Slika 2: Zračni tokovi okoli vozila med vožnjo | 12 |
| Slika 3: Vozna površina z asfaltno zmesjo iz drobirja v bitumenskem mastiksu DBM 11s | 13 |
| Slika 4: Vozna površina z asfaltno zmesjo iz drobirja v bitumenskem mastiksu DBM 8s | 14 |
| Slika 5: Vozna površina z asfaltno zmesjo bitumenskega betona BB 11s | 14 |
| Slika 6: Merjenje hrupa pnevmatik z merilno prikolico | 15 |
| Slika 7: Energijska nalepka za pnevmatike | 16 |
| Slika 8: Cesta Arja vas–Velenje pri odcepu za Dobrno | 19 |
| Slika 9: Prečni prerez zemeljskega protihrupnega nasipa | 22 |
| Slika 10: Primera kovinske protihrupne ograje | 23 |
| Slika 11: Primer betonske protihrupne ograje | 24 |
| Slika 12: Primer lesene protihrupne ograje | 24 |
| Slika 13: Primer transparentne protihrupne ograje | 25 |
| Slika 14: Primer protihrupne ograje iz umetnih vlaken | 25 |
| Slika 15: Primer nasada Belega gabra kot protihrupne zaščite | 26 |
| Slika 16: Inštrument za merjenje hrupa Brüel & Kjær, tip 2238 Mediator | 27 |
| Slika 17: Certifikat o kalibraciji merilnega inštrumenta dne 11. 9. 2015 | 28 |
| Slika 18: Lokacija merilnih mest na karti | 29 |
| Slika 19: Merjenje cestnega hrupa na cesti Arja vas–Velenje na parkirišču NC Velenjka..... | 29 |
| Slika 20: Grafični prikaz jakosti hrupa na vseh merilnih točkah pri NC Velenjka ob 13. uri | 33 |
| Slika 21: Grafični prikaz jakosti hrupa na vseh merilnih točkah pri BS Petrol ob 13. uri | 33 |
| Slika 22: Zatravljen zemeljski protihrupni nasip ob cesti Arja vas–Velenje v naselju Bevče...35 | |
| Slika 23: Nagnjena transparentna protihrupna ograja | 35 |

KAZALO TABEL

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Posamezne ravni hrupa, učinki na zdravje ljudi in posamezni viri hrupa | 6 |
| Tabela 2: Mejne dnevne in nočne ravni za posamezna območja | 8 |
| Tabela 3: Kritične dnevne in nočne ravni za posamezna območja | 8 |
| Tabela 4: Mejne dnevne in nočne ravni za posamezni vir hrupa v posameznem območju | 8 |
| Tabela 5: Mejne konične ravni za posamezna območja | 9 |
| Tabela 6: Mejne vrednosti za zunanji hrup cestnih vozil, merjeno na razdalji 7,5 m od osi vožnje vozila | 17 |
| Tabela 7: Povprečno dnevno število posameznih vrst vozil na cesti Arja vas-Velenje | 19 |
| Tabela 8: Izmerjene vrednosti cestnega hrupa na parkirišču NC Velenjka..... | 31 |
| Tabela 9: Izmerjene vrednosti cestnega hrupa pri bencinskem servisu Petrol | 32 |

1 UVOD

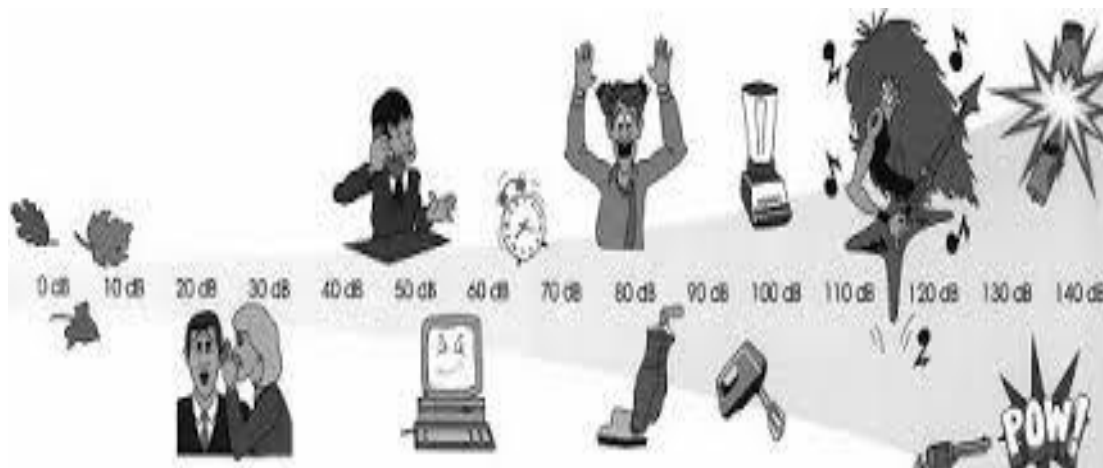
V današnjem sodobnem času predstavlja hrup velik problem za okolje. Hrup je pravzaprav zvok, ki ga neradi slišimo, saj je moteč, lahko tudi boleč in celo škodljiv za naše zdravje. V grobem poznamo dve vrsti hrupa, in sicer naravni in antropogeni hrup. Eden največjih povzročiteljev hrupa, za katerega je kriv človek, je nedvomno promet. Najbolj problematičen izmed vseh vrst prometa pa je vsekakor cestni promet. Ob nenehnem naraščanju števila vozil, torej povečanem prometu, je tudi problem cestnega hrupa vedno večji. Emitirani hrup, ki ga neko cestno vozilo ustvarja, ima veliko izvorov oz. je odvisen od mnogih dejavnikov. Na nekaterih cestah v Sloveniji je ta problem še posebej izrazit, ker ne obstaja nujno potrebna avtocestna povezava do določenega kraja ali regije. Ena izmed teh cest je tudi cesta Arja vas–Velenje, ki je močno obremenjena predvsem zaradi velikih podjetij, ki jih najdemo v Šaleški dolini, ne nazadnje pa je Velenje s svojimi 34.000 prebivalci tudi peto največje mesto v Sloveniji. Cestni hrup je sicer samo eden izmed številnih problemov na tej cesti, a hkrati tudi eden tistih, zaradi katerega se prebivalci ob tej cesti največ pritožujejo. Zakonodaja določa mejne vrednosti ravni hrupa za določena območja in pogoje, prav tako pa tudi ukrepe za zmanjševanje hrupa. Žal marsikje težave, povezane s cestnim hrupom, še vedno niso rešene. Poznamo precej protihrupnih ukrepov, za katerega se bomo odločili, pa je odvisno od mnogih faktorjev. Vrednosti hrupa ob omenjeni cesti bodo pokazale lastne meritve.

1.1 Kratak opis problema

Kmalu po začetku opravljanja obvezne študijske prakse v podjetju Gorenje, in sicer v Akustičnem laboratoriju, kjer merijo hrup gospodinjskih aparatov, sem se odločil, da bo tudi moje diplomsko delo s področja hrupa. Ukvarjal se bom s hrupom cestnega prometa na cesti Arja vas–Velenje, kjer je le-ta zelo problematičen, saj je ta cesta preobremenjena. Ob omenjeni cesti bom tudi opravljal meritve hrupa z ustrežno merilno opremo.

»Hrup je neharmoničen zvok, ki je lahko kontinuiran, intermitenten ali impulzen. Isti zvok je lahko za nekoga prijeten, za drugega neprijeten – torej hrup. Na splošno je hrup definiran kot vsak nezaželen ali neprijeten zvok. V skladu z našim Pravilnikom o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Ur. l. RS, št. 7/01) je »hrup« vsak zvok, ki vzbuja nemir, moti človeka pri delu in škoduje njegovemu zdravju ali počutju. »Škodljiv hrup« je hrup, pri katerem dnevna ali tedenska izpostavljenost presega 85 dB(A), ali če konična raven presega 140 dB(C). Človeško uho je občutljivo za zvočne valove od 16 do 16.000 Hz. Najbolj občutljivo je za frekvence med 2 in 5 kHz. Slušna občutljivost človeškega ušesa ni odvisna le od zvočnega tlaka (ravni hrupa), temveč tudi od frekvence (višine tonov), ker pri sicer enaki moči zvočnega valovanja zaznava različne frekvence različno glasno« (Škibin idr. 2003, str. 480).

Slika 1 prikazuje primere glede na raven hrupa, s katerimi se srečujemo v vsakdanjem življenju.



Slika 1: Primeri ravni hrupa (Vir: Medmrežje 1)

»Po ocenah je vsak peti Evropejec izpostavljen ravnemu hrupu, ki jih znanstveniki in zdravniki označujejo kot nesprejemljive za zdravje.

V bivalnem in delovnem okolju lahko predstavlja hrup pomembno motnjo za človeka. Ugotovitve v svetu in doma kažejo, da je v urbanem okolju daleč najbolj moteč vir hrupa cestni promet. Splošno velja, da se ljudje pričnejo pritoževati in je moteno spanje, če je ponoči v prostoru hrup nad 30 dB(A). Na temelju te fiziološko pogojene stalnice in gradbeno-tehničnih podatkov so opredeljene meje ravni zvoka, podnevi 55 dB(A) in ponoči 45 dB(A), ki jih prebivalci sprejemajo brez večjih pritožb (v bivalnem okolju in na prostem v urbanem okolju).

Kot že omenjeno, je hrup vsak zvok, ki v naravnem in življenjskem okolju vzburja nemir, s tem pa moti človeka, škodi njegovemu zdravju, počutju ali pa škodljivo vpliva na okolje. Hrup prometa ima lahko različne škodljive učinke na zdravje ljudi, je najbolj razširjen in zelo moteč. Povzroča napetosti in včasih tudi usodne bolezni, zato ga je treba obravnavati enako resno kot druge načine onesnaževanja okolja. Slabšanje zdravja ljudi zaradi učinkov hrupa v cestnem prometu se bo zagotovo še nekaj časa nadaljevalo, se pa nasprotno varnost prometa zaradi uveljavljenih ukrepov izboljšuje.

Zmanjšanje hrupa je treba zagotoviti najprej na samem izvoru, tj. v proizvodnji pnevmatik in vozil. Uspešni ukrepi za zmanjšanje hrupa so tudi omejitve hitrosti vozil, predvsem v za hrup občutljivejših območjih in omejitve vožnje« (Cigale & Lampič, 2010).

1.2 Metode dela

Kot metode dela sem najprej uporabil deskriptivno metodo s študijem domače in tuje literature. Zbral sem podatke iz dokumentov, zakonov in pravilnikov ter opravil analizo obstoječega stanja v zvezi s temo naloge. Vsekakor sem uporabil tudi eksperimentalno metodo, saj sem opravljal meritve hrupa ob cesti. Na osnovi meritev in vedenja o mejnih vrednosti emitiranega obcestnega hrupa sem izdelal analizo problema in nakazal možne rešitve.

1.3 Hipotezi

H1: Hrup ob cesti Arja vas-Velenje presega določene ravni glede na aktualne predpise

H2: Hrup bi se z nekaterimi ukrepi znižal, potrebne ukrepe bom poskusil opredeliti v nalogi

2 HRUP

2.1 Definicija hrupa

Hrup je ena od oblik zvoka, ki je neprijetna za uho. Nastaja pod vplivom naravnih pojavov ali človekovih dejavnosti in predstavlja ogrožajoč faktor za okolje. Za hrup lahko rečemo, da je nezaželen moteč zvok, povzročen s strani nepravilnih vibracij v zraku. Je sklop sprememb tlaka, premikanja delcev zraka, mehanične napetosti ali kakšnega drugega naprezanja. Torej je slišna akustična energija, ki lahko škodljivo vpliva na fizično in psihično stanje ljudi. Z vidika ekologije vse obstoječe teorije definirajo hrup kot onesnaževalca okolja. Viri hrupa so lahko naravni ali antropogeni. Naravni viri hrupa so grmenje, potresi, veter, morsko valovanje, glasovi živali itd. Za njih je značilno, da niso stalni, čeprav vseeno lahko negativno vplivajo na človeka. Med antropogene vire hrupa prištevamo prometni hrup (cestni, železniški in zračni), industrijski hrup, hrup strojev in naprav, glasbeni hrup itd. Hrup kot pomemben onesnaževalec okolja vpliva tudi na živali, ki s pomočjo svojih čutov odkrivajo prisotnost plena ali plenilca ter otežuje komuniciranje med osebkami iste vrste. Negativno deluje tudi na njihovo reprodukcijo (Petrović idr., 2014).

Hrup torej predvsem negativno vpliva na ljudi in na njihovo zdravje. Učinek hrupa je odvisen od njegove stopnje. Čezmerni hrup lahko povzroča poleg poškodb sluha še mnoge bolezni, utrujenost, krvni tlak, psihofizične motnje, travme, vpliva na koncentracijo pri delu, zbranost pri učenju, počitku, motnje v krvnem obtoku itd. Če smo dlje časa izpostavljeni hrupu nad 80 do 90 dB(A), v največ primerih sledi poškodba ali celo izguba sluha. V takem okolju je nujno potrebno ukrepati proti hrupu, oziroma si prizadevati za njegovo zmanjšanje.

2.2 Frekvenca, valovna dolžina in hitrost zvoka

»Frekvenca je fizikalno določena s številom tlačnih sprememb na sekundo, pri katerih motnje zvočnega tlaka nihajo med pozitivno in negativno vrednostjo. Enota za frekvenco je $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$.

Valovna dolžina λ zvočnega valovanja je razdalja med analognima točkama nekega valovanja in je odvisna od vira valovanja ter od medija, v katerem se valovanje širi. Valovna dolžina je kvocient med hitrostjo zvoka in frekvenco zvoka.

$$\lambda = c/f = c \cdot T \quad \text{m,}$$

pri tem je c hitrost zvoka in T čas, ki je potreben za celoten cikel (perioda ali nihajni čas).

Zvočno valovanje se širi v mediju od izvora s hitrostjo zvoka c , ki je definirana kot:

$$c = \lambda \cdot f \quad \text{m/s.}$$

Hitrost zvoka ali hitrost širjenja akustične motnje ali vala skozi tekočino je funkcija termodinamičnih veličin stanja in tudi sama predstavlja veličino stanja. Izračunamo jo lahko s pomočjo naslednje enačbe:

$$c = \sqrt{\frac{k \cdot p}{\rho}} = \sqrt{k \cdot R \cdot T} \quad ,$$

pri tem je $k = c_p/c_v$ razmerje specifičnih toplot pri konstantnem tlaku in konstantnem volumnu (za zrak je pri običajnih temperaturah $k = 1,4$); ρ - gostota medija v kg/m^3 , R – plinska konstanta v J/kg K , T – absolutna temperatura v K , p – tlak v Pa « (Holeček, 2003, str. 6).

2.3 Delitev elementarnih virov hrupa

Hrup je nezaželen zvok, ki lahko prihaja iz enega ali več elementarnih virov hrupa. Strel iz puške je na primer en sam elementarni vir hrupa, hrup vozečega se avtomobila pa je vsota večjega števila elementarnih virov hrupa. Kako to ločimo, pa je odvisno tudi od tega, koliko smo oddaljeni od samega vira hrupa. Če stojimo ob cesti, slišimo več različnih virov hrupa, in sicer hrup, ki nastaja zaradi kotaljenja pnevmatik, aerodinamični hrup, hrup motorja itd. Na večji razdalji pa človeško uho zazna vse te vire hrupa kot en sam vir.

»Glede na mesto in/ali način nastanka delimo vire hrupa na tiste, ki nastanejo v zraku, imenujemo ga zvok v zraku ali aerodinamični hrup (angleško air borne), in na tiste, ki nastanejo v strukturi, imenovan strukturalni hrup (angleško structure borne). Strukturalni hrup se spet deli na mehanski, vibracijski in elektromagnetni. Hrup, nastal v kapljevinah, imenujemo hidrodinamični hrup« (Čudina, 2001, str. 43).

2.4 Škodljivi učinki hrupa

»Človeško uho kot specifičen receptor sprejema longitudinalno valovanje zraka in ga pretvarja v bioenergetski impulz, ki teče po posebnih progah do možganov. Proge so povezane z retikularno formacijo in hipotalamusom in preko teh s simpatikusom. Lokalizacijo zvoka (stereofonijo) omogoča kasnitev slušne zaznave v enem ušesu v odnosu na drugega. Resonanca sluhovoda v območju 2 do 5 kHz poveča tlak vstopajočega zvoka za kakih 12 dB. Mišici m. tensor tympani in m. stapedius z relaksacijo bobniča zmanjšata pritisk na ovalno okence in zaščitita uho pred premočnim hrupom (auralni refleks). Latenca tega refleksa znaša 35 do 150 ms, kar pomeni, da na strel in kratke zvočne impulze prekasno reagira. Relaksacija traja 3 do 5 sekund. Iz tega sledi, da je učinkovit za zvoke, ki si sledijo v razmaku kake sekunde in zmanjša intenziteto do 20 dB. Zvok vzdraži lasne celice v notranjem ušesu, ki prenesejo sporočilo v možgane. Če je hrup premočan in traja preveč časa, pride začasno ali trajno do okvare receptorskih celic. Po navadi nastaja okvara počasi in postopoma skozi več let. Okvara celic povzroči trajno okvaro sluha. Zelo močan hrup lahko tudi takoj okvari sluh (močni udarci ali poki).

Škodljive učinke hrupa delimo na ekstraauralne, ki se pojavijo pri hrupu do 70 dB(A) in avralne, ki se pri bolj občutljivih pojavijo že pri hrupu 71 do 90 dB(A), pri vseh pa se pojavijo pri hrupu nad 90 dB(A). Slušna prizadetost, ki jo povzroča hrup, je posledica propadanja čutnic Cortijevega organa. Izvid prazne tonske avdiometrije (ADG) je pri teh okvarah sensorineuralna slušna prizadetost, ki se v začetni fazi običajno grafično prikaže kot izpad med 3.000 in 6.000 Hz. Kasneje se okvara širi v višje in nato še v srednje frekventno območje. Možni vzroki sensorineuralne naglušnosti so poleg akustične travme lahko še: kraniocerebralna trauma, kronični otitis, meningoencefalitis, mumps, otroška paraliza, ošpice, davica, škrlatinka, hiperbilirubinemija, hipoksija partu, lues, TBC, toksoplazmoza, listerioza, citomegalija, nosečnostna toksikoza, talidomid, varicella, ototoksični antibiotiki: streptomycin,

kanamicin, neomicin, gentamicin; otosklerosis (dednost), zastrupitev s svincem, fosforjem, CO, metanolom in drugimi kemikalijami ...» (Škibin idr. 2003, str. 480).

»Hrup je zvok, ki nas moti, obremenjuje, ogroža in nam nazadnje tudi škodi. Ima različne učinke na človeka:

- psihološki – vodi do vznemirjenja, stresa in jeze (kar ima za posledico manjšanje delovne sposobnosti),
- zaznavni – vodi do zmanjšane sposobnosti zaznav, ker ovira naš sluh (pri zaznavanju besed ali opozorilnih signalov), s tem narašča tveganje za nezgode,
- fiziološki – je najobčutljivejši, ker povzroča okvare notranjega ušesa, ki so nepopravljive.

Škodljivi učinki hrupa na zdravje so odvisni od:

Akustičnih dejavnikov: jakosti zvoka, frekvence, trajanja zvoka, spektralne sestave zvoka, variacije v frekvenci zvoka, variacije v jakosti zvoka (kontinuirani, diskontinuirani, impulzni hrup), naraščanja hrupa.

Neakustičnih dejavnikov: asociativne vsebine zvoka, individualne občutljivosti (in druge osebne lastnosti poslušalca), preteklih izkušenj, potrebnosti hrupa, pričakovanja (pripravljenosti) na hrup, aktivnosti poslušalca, letnega časa, dobe dneva, vrste prostora.

Na splošno lahko posamezne učinke hrupa na zdravje razdelimo na:

- primarne učinke (pojavi se med obdobjem izpostavljenosti hrupu): zburjanje iz spanja zaradi hrupa v okolici (akutni učinek) ob nenadnem hrupu ali pa zaradi kopičenja posledic izpostavljenosti skozi hrup cele noči (kumulativne posledice – npr. čezmerno izločanje stresnih hormonov ponoči med spanjem v hrupu),
- sekundarne učinke (posledica primarnih): običajno se pojavijo že med izpostavljenostjo hrupu in trajajo še v obdobje po prenehanju delovanja hrupa (razdražljivost zaradi motene komunikacije) ali pa se pojavijo šele po prenehanju delovanja hrupa (utrujenost zaradi motenj spanja zaradi posledic hrupa),
- terciarne učinke: primarne in sekundarne učinke lahko nekaj časa toleriramo, po daljšem obdobju pa ti povzročijo, da se pojavijo različne bolezni, kronična razdražljivost in spremembe v obnašanju.

Hrup ni tako eksaktno merljiv kot zvok, ker ima človek lahko različen odnos do njega (odvisno od trenutne dejavnosti človeka, obdobja dneva – podnevi ali ponoči, in od psihičnega stanja). Največ ljudi je stresno prizadetih zaradi hrupa izven dela zaradi:

- cestnega hrupa (več kot 60 %),
- industrijskega hrupa v urbanem okolju (več kot 20 %),
- hrupa letal (več kot 14 %),
- hrupa železnice (več kot 6 %),
- hrupa v gospodinjstvu (več kot 8 %)« (Bilban, 2011).

Tabela 1: Posamezne ravni hrupa, učinki na zdravje ljudi in posamezni viri hrupa (Vir: Medmrežje 2)

| Raven hrupa (dB) | Učinki na zdravje | Viri hrupa | Varno poslušanje brez zaščite sluha |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 30 | Ni dolgoročnih učinkov na zdravje | Šepetanje | Varno |
| 40 | | Mirna pisarna, raven hrupa v naših domovih v nočnem času | |
| 50 | | Normalen govor | |
| 55 | | | |
| 60 | Učinki na kardiovaskularni sistem Motnje spanja Stres, če je hrup nezaželen Vznemirjenost Težave z zbranostjo in učenjem | Hrupna pisarna, lajanje psov | 8 h |
| 65 | | Prometna ulica | |
| 70 | | | |
| 75 | | | |
| 80 | Možna poškodba sluha pri trajnejši izpostavljenosti Tinitus – šumenje v ušesih | Sesalec za prah Zahteva po zaščiti sluha na delovnem mestu | 0,5 – 2 h |
| 85 | | Tovorna vozila, kosilnica, motor | |
| 90 - 99 | Tveganje za trajno poškodbo sluha v 4 urah | Vrtalna naprava (pnevmatska), slušalke | 2 – 15 min |
| 100 - 109 | Tveganje za trajno poškodbo sluha v 15 minutah | Koncert rockovske skupine | Pod 1 min |
| 110 - 119 | Prag bolečine | Petarde | 0 min (takojšnja nevarnost za okvaro sluha) |
| 120 - 129 | | Vzlet potniškega letala | |
| 130 - 139 | Nenadna poškodba slušnih organov pri enkratni izpostavljenosti | Strel s puško | |
| 140 - 149 | | | |

3 CESTNI HRUP

3.1 Zakonodaja

Zakon o varstvu okolja je temeljni dokument za pripravo strokovnih podlag, ki med drugim ureja varstvo okolja pred obremenjevanjem kot temeljni pogoj za trajnostni razvoj in v tem okviru določa temeljna načela varstva okolja, ukrepe varstva okolja, spremljanje stanja okolja in informacije o okolju.

Zakonodaja določa še naslednje predpise varstva okolja, ki se nanašajo na hrup cestnega prometa:

- Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju,
- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu hrupa za vire hrupa ter o pogojih za njegovo izvajanje,
- Uredba o ocenjevanju in urejanju hrupa v okolju,
- Pravilnik o zvočni zaščiti stavb.

»Stopnje varstva pred hrupom, določene glede na občutljivost posameznega območja naravnega ali življenjskega okolja (v nadaljevanju: območje) za učinke hrupa, so:

– I. stopnja varstva pred hrupom za območje, ki potrebuje povečano varstvo pred hrupom, to je:

- naravno območje, namenjeno turizmu in rekreaciji,
- neposredna okolica bolnišnic, zdravilišč in okrevališč,
- območje naravnih parkov.

– II. stopnja varstva pred hrupom za območje, kjer ni dopusten noben poseg v okolje, ki je moteč zaradi povzročanja hrupa, to je območje:

- ki je primarno namenjeno bivanju oziroma zgradbam z varovanimi prostori,
- čisto stanovanjsko območje,
- okolica objektov vzgojnovarstvenega in izobraževalnega programa ter programa osnovnega zdravstvenega varstva,
- območje igrišč ter javnih parkov, javnih zelenih in rekreacijskih površin.

– III. stopnja varstva pred hrupom za območje, kjer je dopusten poseg v okolje, ki je manj moteč zaradi povzročanja hrupa, to je:

- trgovsko-poslovno-stanovanjsko območje, ki je hkrati namenjeno bivanju oziroma zgradbam z varovanimi prostori in obrtnim ter podobnim proizvodnim dejavnostim (mešano območje),
- območje, namenjeno kmetijski dejavnosti ter javno središče, kjer se opravljajo upravne, trgovske, storitvene ali gostinske dejavnosti.

– IV. stopnja varstva pred hrupom za območje, kjer je dopusten poseg v okolje, ki je lahko bolj moteč zaradi povzročanja hrupa, to je:

- območje brez stanovanj, namenjeno industrijski ali obrtni ali drugi podobni proizvodnji, transportni, skladiščni ali servisni dejavnosti ter hrupnejšim komunalnim dejavnostim« (Ur. l. RS, št. 45/1995).

Tabela 2: Mejne dnevne in nočne ravni za posamezna območja (Vir: Ur. I. RS, št. 45/1995)

| Območje naravnega ali življenjskega okolja | Mejne ravni dB(A) | |
|--------------------------------------------|-------------------|--------------------|
| | Nočna raven L_n | Dnevna raven L_d |
| IV. območje | 70 | 70 |
| III. območje | 50 | 60 |
| II. območje | 45 | 55 |
| I. območje | 40 | 50 |

Tabela 3: Kritične dnevne in nočne ravni za posamezna območja (Vir: Ur. I. RS, št. 45/1995)

| Območje naravnega ali življenjskega okolja | Kritične ravni za dB(A) | |
|--------------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| | Nočna raven L_n | Dnevna raven L_d |
| IV. območje | 70 | 80 |
| III. območje | 59 | 69 |
| II. območje | 53 | 63 |
| I. območje | 47 | 57 |

Tabela 4: Mejne dnevne in nočne ravni za posamezni vir hrupa v posameznem območju (Vir: Ur. I. RS, št. 45/1995)

| Območje naravnega ali življenjskega okolja | Mejne ravni za vir hrupa dB(A) | |
|--------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| | Nočna raven L_n | Dnevna raven L_d |
| IV. območje | 68 | 68 |
| III. območje | 48 | 58 |
| II. območje | 42 | 52 |
| I. območje | 37 | 47 |

Tabela 5: Mejne konične ravni za posamezna območja (Vir: Ur. l. RS, št. 45/1995)

| Območje naravnega ali življenjskega okolja | Mejna konična raven hrupa dB(C) | |
|--------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| | Nočni čas od 22. do 6. | Dnevni čas od 6. do 22. |
| IV. območje | 90 | 90 |
| III. območje | 70 | 85 |
| II. območje | 65 | 75 |
| I. območje | 60 | 75 |

3.2 Značilnosti hrupa prevoznih sredstev

Hrup, ki ga emitirajo vse tri vrste prevoznih sredstev (cestna, tirnična in zračna), je v osnovi precej podoben. Namreč pri vseh teh vrstah vozil hrup nastaja predvsem zaradi aerodinamičnega hrupa, hrupa motorja in zaradi (razen deloma pri zračnih plovilih) kotaljenja koles po vozni površini. Skupni hrup, ki ga določeno prevozno sredstvo ustvarja, pa je seveda odvisen predvsem od same vrste prometnega sredstva, njegove zgradbe, velikosti, motorja in hitrosti, s katero se premika. Prevozna sredstva so torej sestavljeni multizvočni viri s posameznimi sestavnimi deli hrupa, katerih lastnosti se zelo spreminjajo, kar pa je odvisno od vozniških razmer, od oddaljenosti prevoznega sredstva od človeka in od bližnje okolice. Delež posameznega vira hrupa (hrup motorja, hrup zaradi kotaljenja pnevmatik in hrup zaradi aerodinamičnega upora zraka) pa je odvisen od pogojev vožnje ter predvsem od hitrosti vozila.

»Emitirani hrup je odvisen tudi od tega, ali prometno sredstvo stoji ali se premika. Pri stoječem prometnem sredstvu s prižganim motorjem je emitirani hrup rezultat delovanja pogonskega motorja in pomožnih agregatov. Ker pri mirujočem vozilu pogonski motor obratuje v prostem teku, to pomeni pri minimalnih vrtljajih, je nastali hrup minimalen. Podobno velja tudi za vse pomožne agregate, ki so poganjani prek pogonskega motorja.

Pri prometnih sredstvih med vožnjo se hrup poveča:

- zaradi višjih vrtljajev motorja in pomožnih agregatov,
- zaradi hrupa prenosnega mehanizma (transmisije) od motorja do koles ali propelerja,
- zaradi kotaljenja koles,
- aerodinamičnega upora vetra in
- zaradi povečanega strukturalnega hrupa.

Strukturalni hrup je posledica vzburjanja (vibracij) strukture in je med vožnjo večji:

- zaradi večjih hitrosti motorja in pomožnih agregatov,

- zaradi neravnin na cesti, pri cestnih vozilih; kakovosti, obrabe, neravnin in izvedb stikov na tirih, pri tirničnih vozilih; in spremenljivih zračnih tokov, pri zračnih plovilih,
- zaradi dodatnega vzbujanja strukture vozila zaradi aerodinamičnega upora zraka in zvočnega valovanja« (Čudina, 2001, str. 84).

Hrup motorja se pri vseh treh vrstah prevoznih sredstev najbolj poveča pri pospeševanju, saj se takrat tudi precej povišajo obrati motorja. To je še posebej izrazito pri tirničnih in zračnih vozilih oz. plovilih. Pri srednjih hitrostih (80–110 km/h) prevladuje hrup zaradi kotaljenja pnevmatik, ki ga z višanjem hitrosti kmalu doseže aerodinamični hrup. Le-ta pa prevlada pri visokih hitrostih, kar večinoma velja za avtoceste.

Vsesplošni zunanji hrup v naseljih se imenuje komunalni hrup. Največji delež komunalnega hrupa pa zagotovo pripada cestnemu prometu, katerega glavni vir so prevozna sredstva. Zaradi tega je hrup cestnega prometa največji okoljski problem na področju hrupa. Druga prevozna sredstva (zračna in tirnična) sicer emitirajo neprimerljivo višji nivo hrupa, a predstavljajo dokaj manjši problem, saj sta železniški in zračni promet precej lokacijsko in časovno omejena. Zaradi vedno večjega števila cestnih prevoznih sredstev in hkrati neposredne bližine poslušalcev je cestni hrup najbolj nadležen, zlasti v urbanih predelih.

Pri prevoznih sredstvih ločimo tudi notranji in zunanji hrup. Zunanji hrup slišijo poslušalci izven vozila, notranji pa potniki v notranjosti vozila. Viri hrupa so v obeh primerih isti, le da potniki v notranjosti hrup slišijo drugače kot tisti, ki so mu izpostavljeni zunaj. Pri današnjih sodobnih vozilih se proizvajalci trudijo, da bi kar se da znižali tako notranji kot tudi zunanji hrup, kar ne nazadnje zahtevajo določene mejne vrednosti.

3.3 Hrup pri cestnih motornih vozilih

»Hrup cestnih motornih vozil (avtomobilov, tovornjakov, avtobusov in motociklov) povzročajo pogonski motor, transmisija, podvozje, karoserija, pnevmatike in aerodinamični upor zraka. Relativni delež teh virov hrupa je odvisen od vrste vozila, od obratovalnih razmer, od voznih razmer in od akustike okolice. Pri različnih vozilih se posamezni zvočni viri razlikujejo glede na svojo velikost in zvočno moč ter glede na lego vgradnje in interno protihrupno zaščito. Hrup vozila se razlikuje tudi glede režima obratovanja, ali deluje na mestu ali med vožnjo, ali vozi v najnižji ali najvišji prestavi, ali pri ustrezni prestavi vozi z najnižjimi, vmesnimi ali maksimalnimi vrtljaji itn. Na hrup vozila vplivajo tudi vozne razmere. Poleg hitrosti vožnje je zelo pomembna vrsta cestišča (asfalt, beton, makadam, mokra ali suha cesta), kakovost pnevmatik (tip, profil, material in obraba platišč), hitrost vetra itn. Ne nazadnje je hrup zaradi cestnih vozil odvisen še od števila vozil, konfiguracije terena, odboja od protihrupnih ograj, stavb itn.« (Čudina, 2001, str. 85).

3.3.1 Hrup stoječega vozila s prižganim motorjem

»Hrup, ki ga ustvarja mirujoče cestno motorno vozilo s prižganim motorjem, je veliko nižji kot pri vožnji. Raven hrupa pa se tudi v tem primeru razlikuje glede na vrsto vozila (motorno kolo, avtomobil, avtobus, tovornjak). Emitirani hrup je najbolj odvisen od tipa motorja, v osnovi pa ustvarja predvsem njegov prosti tek, poleg tega pa še drugi sestavni deli vozila: izpuh z vsemi svojimi sestavnimi deli, notranji in zunanji ventilator, vse črpalke, klimatska naprava, zaganjalnik, alternator, vstopni sistem za zrak, morebitni kompresor itd. Ker pri

mirujočem motornem vozilu motor teče v prostem teku, pomeni, da so tudi vrtljaji motorja in tudi nekaterih drugih komponent minimalni. V tem primeru je nastali hrup minimalen.

K celotnemu hrupu stoječega vozila prispeva še hrup zaradi vibracij strukture oziroma strukturalni hrup karoserije, ki je včasih prevladujoč, zlasti pri starejših tovornih vozilih in avtobusih, ko pridejo vibracije motorja in karoserije v resonanco. Hrup stoječih vozil je moteč tudi zato, ker se pojavlja v naseljenih predelih, še najbolj pa v bližini semaforiziranih križišč in prehodov, kjer je skoraj vedno nekaj poslušalcev, za katere je ta hrup zelo nadležen« (Čudina, 2001, str. 85).

3.3.2 Hrup cestnih vozil med vožnjo

Hrup cestnega prometa je posledica vožnje velikega števila različnih vrst cestnih vozil. Običajno največji hrup povzročajo tovornjaki, nekoliko manjši motorna kolesa in avtobusi, najmanjši pa osebni avtomobili. Vseeno pa osebni avtomobili precej prispevajo k skupnemu cestnemu hrupu, saj je njihov delež okoli 80 % od vseh cestnih motornih vozil. Za avtomobile je značilno, da pri nižjih hitrostih (do 50 km/h), prevladuje hrup motorja, pri višjih hitrostih (nad 70 km/h) pa hrup, ki nastaja zaradi kotaljenja pnevmatik po vozišču. Za težja vozila velja, da hrup motorja prevladuje ne glede na hitrost vožnje. Tako lahko v splošnem razdelimo cestni hrup, ki prihaja iz dveh virov. Prvi vir hrupa je, kadar promet ne poteka tekoče in so zato hitrosti vozil nižje. Takrat hrup v glavnem izvira iz motorjev, izpušnih sistemov in menjalnikov vozil, še posebej pa je izrazit pri težkih vozilih, ki prispevajo znaten delež nizkofrekvenčnega hrupa. Ravni hrupa se tu razlikujejo bolj glede na število vrtljajev motorja kot na hitrost vozila. Drugi vir hrupa je, kadar promet poteka tekoče in nastaja zaradi interakcije med pnevmatikami in površino ceste. V tem primeru je nivo hrupa odvisen od hitrosti vozila, vozne površine ter vlažnosti ceste (Mahajan & Rajopadhye).

Pri visokih hitrostih osebnih avtomobilov se okoli njih ustvarijo zračni tokovi, kar ima prav tako za posledico hrup. Ta hrup takrat postane prevladujoč. Imenuje se hrup zaradi aerodinamičnega upora zraka in je značilen predvsem pri vožnji po avtocestah.

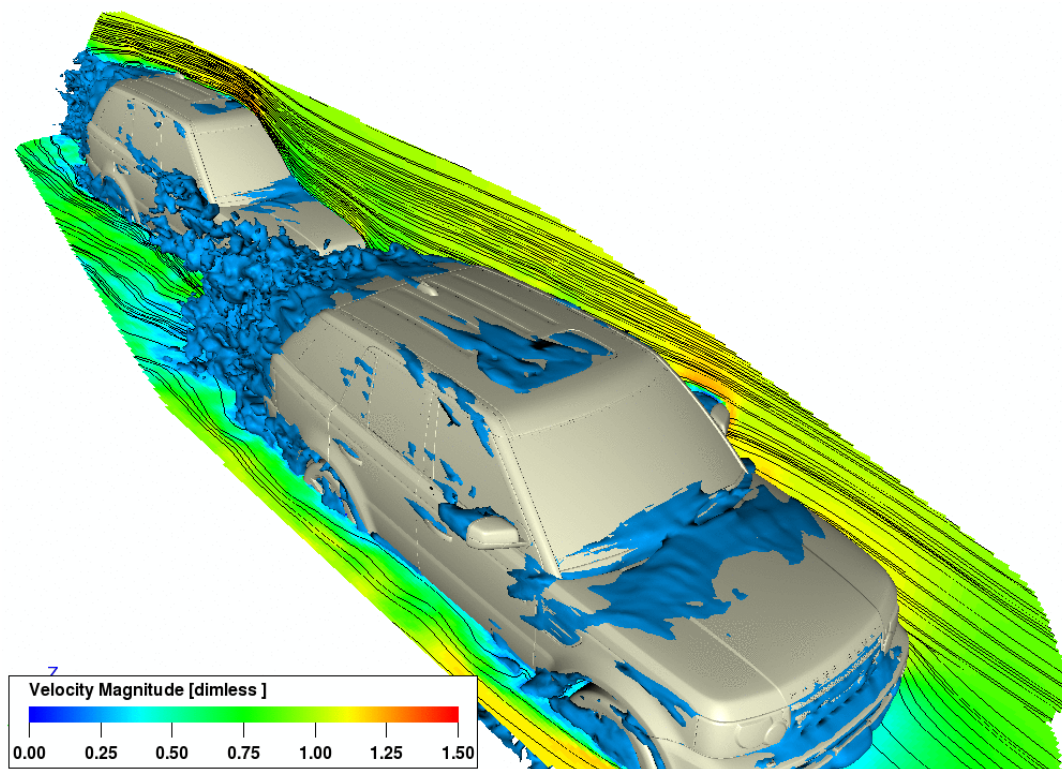
Omeniti je potrebno še preostale komponente oz. dejavnike, ki prispevajo relativno majhen delež hrupa med vožnjo vozila. Najbolj pomemben je strukturalni hrup, ki nastaja zaradi vibracij motorja in menjalnika ter zaradi tresljajev pri vožnji po slabši cesti. Te vibracije se tako posledično prenašajo na karoserijo vozila. Hrup ustvarjajo še pomožni agregati, ventilatorji, prenosni mehanizmi itd.

3.3.3 Hrup zaradi aerodinamičnega upora zraka

Pri vožnji vozilo rije skozi zrak in tako ustvari zračne tokove, ki potujejo okoli šasije, kot ponazarja Slika 2. To prispeva k povišanju hrupa tako v okolici kot v samem vozilu. Prav tako povzročajo tudi vibracije vozila v notranjosti in zunanosti. Štrleči deli, kot so zunanja ogledala ali antene ustvarjajo dodatne turbulence in hrup. Vsekakor pa je pri nastajanju aerodinamičnega hrupa precej odvisno od tega, kakšne oblike je vozilo. Čeprav je turbulentni tok okoli vozila glavni vzrok za aerodinamični hrup, je potrebno vedeti, da tudi najmanjši zračni tok lahko ustvari hrup. To so npr. lahko zračni tokovi pri maski vozila ali pokrovu motorja.

Pri hitrostih nad 130 km/h hrup zaradi aerodinamičnega upora zraka preseže hrup, ki ga povzroča kotaljenje pnevmatik. Zaradi komplicirane turbulence in razdeljenih zračnih tokov okoli šasije vozila je težko določiti aerodinamični zvok, ki pri temu nastaja. Avtomobilska industrija nenehno teži k temu, da oblikuje avtomobile, ki povzročajo čim manj

aerodinamičnega hrupa. Za meritve in testiranja uporabljajo posebne predore, kjer umetno ustvarjajo veter (Crocker, 2007, str. 1017).



Slika 2: Zračni tokovi okoli vozila med vožnjo (Vir: Medmrežje 3)

3.3.4 Hrup zaradi različnih asfaltnih zmesi v Sloveniji

»Hrup, ki nastaja med vožnjo cestnih vozil zaradi medsebojnega učinkovanja avtomobilskih pnevmatik in vozne površine, predstavlja pomembni del v okolje emitiranega hrupa. Lastnosti avtomobilskih pnevmatik po eni strani ter lastnosti obrabne plasti vozišč po drugi strani so s stališča hrupa, ki se med vožnjo vozil emitira v okolje, med seboj povezani do take mere, da se jih obravnava povezano. Emitirani hrup, ki nastaja med vožnjo vozil zaradi medsebojnega učinkovanja avtomobilskih pnevmatik ter obrabne plasti vozišča, je s stališča pnevmatik odvisen predvsem od oblike profiliranja tekalne površine pnevmatik, od velikosti pnevmatik ter od sestave pnevmatik, s stališča lastnosti vozne površine pa predvsem od hrapavosti, elastičnosti ter zvočnoabsorpcijske sposobnosti vozne površine« (Ramšak, 2003, str. 433).

DARS d.d. je leta 2002 naročil študijo, v kateri so merili hrup cestnega vozila med vožnjo po različnih asfaltnih površinah, ki jih imamo v Sloveniji. Nato so primerjali, v kolikšni meri se raven hrupa zaradi kotaljenja pnevmatik po različnih obrabnih plasteh razlikuje. Ugotovili so, da razlike obstajajo.

»Hrup smo merili s tremi merilniki zvoka, katerih mikrofoni so bili nameščeni ob vozišču na sredini posameznega 40 m dolgega preizkusnega odseka, in sicer 1,5 m od tal na pravokotni razdalji 4 m od sredine voznega pasu, po katerem se je vozilo. Običajno se v primerih, ko nas zanima absolutna raven emitiranega zvoka, izbere razdaljo 7,5 m od sredine voznega pasu, ker pa so nas zanimale ravni hrupa primerjalno glede na različne vrste obrabnih površin vozišč, smo po dogovoru z naročnikom izbrali razdaljo 4 m. Omenjena razdalja je zaradi možnih odstopanj dejanske linije vožnje od idealne linije po sredini merjenega voznega pasu sicer prekratka, vendar je bila s stališča korektne namestitve merilnih

mikrofonov glede na razmere na preskusnih odsekih, kjer so se izvajale meritve, ter glede na primerjalno naravo meritev najsprejemljivejša« (Ramšak, 2003, str. 433).

»Preskusno vozilo je pred začetkom posameznega odseka doseglo predvideno hitrost ter z ugasnjnim motorjem in v prostem teku prevozilo odsek, ob katerem so se nahajali merilni instrumenti. Meritve hrupa smo izvedli pri štirih značilnih hitrostih vozila, in sicer pri 50 km/h, 70 km/h, 90 km/h ter pri 110 km/h. Ob času vožnje po preskusnem odseku smo s tremi merilniki zvoka neodvisno registrirali ravni hrupa L_{AFmax} . Izvedli smo štiri ponovitve meritev z vsemi tremi merilniki zvoka za vsako hitrost vozila na vsakem preskusnem odseku, pri čemer sta bili vključeni obe smeri vožnje.

Meritve so se izvajale ob suhem vremenu, pretežno brez vetra (hitrost do 2 m/s) ter pri temperaturah zraka med 15 °C ter 34 °C.

Na podlagi rezultatov meritev lahko ugotovimo, da je emisija hrupa pri uporabi asfaltnih zmesi iz drobirja v bitumenskem mastiksu DBM 8s in DBM 11s za okoli 2 dB(A) nižja kot pri asfaltnih zmesih iz bitumenskega betona BB 11s. Meritve hrupa vožnje po površinski prevleki PP so pokazale ravni hrupa, ki so višje kot pri uporabi asfaltne zmesi DBM, toda nižje kot pri uporabi asfaltne zmesi BB 11s. Najnižje ravni hrupa pa smo po pričakovanju izmerili pri uporabi drenažnega asfalta DA 11s, in sicer v odvisnosti od hitrosti vozila za 3 dB(A) do 6 dB(A) nižje ravni hrupa kot pri najmanj hrupni asfaltni zmesi DBM« (Ramšak, 2003, str. 438).

Na slikah 3, 4 in 5 so prikazane tri najpogostejše vrste vozni površin cest v Sloveniji.



Slika 3: Vozna površina z asfaltno zmesjo iz drobirja v bitumenskem mastiksu DBM 11s (Vir: Medmrežje 4)



Slika 4: Vozna površina z asfaltno zmesjo iz drobirja v bitumenskem mastiksu DBM 8s (Vir: Medmrežje 5)



Slika 5: Vozna površina z asfaltno zmesjo bitumenskega betona BB 11s (Vir: Medmrežje 6)

3.3.5 Hrup zaradi kotaljenja pnevmatik

V najbolj razvitih in razvijajočih se državah je cestni promet glavni vir komunalnega hrupa. Hrup, ki ga ustvarjajo letala, je manj problematičen, saj vpliva le na manjša naselja blizu velikih letališč. Precejšnje povečanje cestnega prometa v Evropi, Severni Ameriki, na Japonskem in drugih državah kaže na to, da bo hrup cestnega prometa tudi v prihodnosti glavni vir komunalnega hrupa. Pritiski zakonodaje so precej vplivali na proizvajalce vozil zlasti v Evropi in na Japonskem, kar je rezultiralo nižjo raven hrupa, ki ga ustvarjajo moderna vozila. Interakcija med pnevmatikami in cesto, ki jo povzroča kotaljenje pnevmatik po površini ceste, je postal prevladujoč vir hrupa pri novih osebnih vozilih, in sicer pri širokem spektru vožnje s konstantno hitrostjo. Izjema je le vožnja v prvi prestavi. Podobna situacija je pri tovornjakih, ki vozijo po avtocestah.

Neka evropska študija je pokazala, da je vzrok za 60 % povzročene cestnega hrupa na mestnih cestah ravno interakcija med pnevmatikami in cesto. Na avtocestah, pri visokih hitrostih, je ta delež kar 80 %. Ves zunanji hrup, ki ga ustvarja motorno vozilo (hrup motorja, menjalnika, izpuha ... ter hrup zaradi kotaljenja pnevmatik), je močno odvisen od hitrosti vozila. Meritve kažejo, da hrup zaradi kotaljenja pnevmatik logaritmično narašča za 10 dB pri vsaki podvojitvi hitrosti. To pomeni, da je hrup pri hitrosti 40 km/h dvakrat večji kot pri hitrosti 20 km/h in štirikrat večji pri hitrosti 80 km/h. Študija je tudi pokazala, da ta vir hrupa povzroča več možnih mehanizmov, nekaj nestrinjanja je le pri njegovem relativnem pomenu. Mehanizme, ki ustvarjajo hrup, lahko razdelimo v dve skupini: vibracijski (udarci in oprijem) ter aerodinamični (premik zraka).

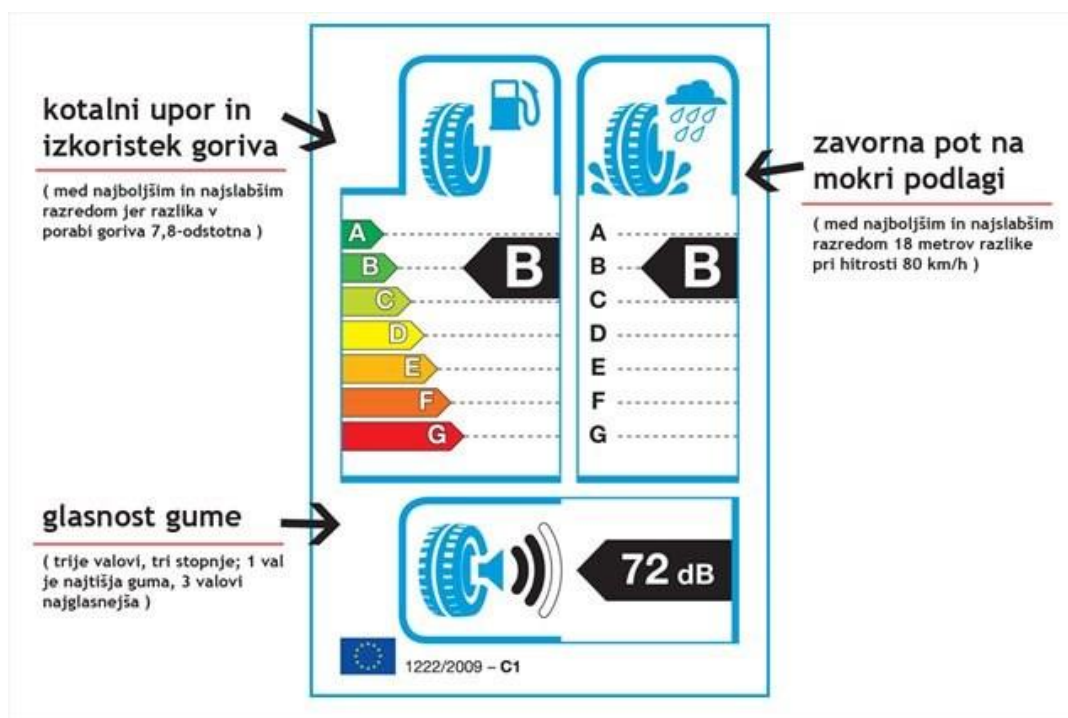
Obstaja pet glavnih metod za merjenje hrupa pnevmatik. Te so: z merilno prikolico (Slika 6), z vožnjo mimo, statistična metoda, z bobnom in metoda zvočne intenzivnosti.



Slika 6: Merjenje hrupa pnevmatik z merilno prikolico (Vir: Medmrežje 7)

Verjetno najboljša in hkrati najcenejša rešitev za zmanjšanje hrupa zaradi kotaljenja pnevmatik je uporaba porozne mešanice asfalta na površini ceste. Porozne ceste z mešanico asfalta z vsebnostjo zraka 20 do 30 odstotkov se vedno več gradijo v mnogih državah. Na teh cestah je hrup manjši za 5 do 7 dB, poleg tega se na njej težje zadržuje voda, s tem pa je tudi pršenje na vozila zadaj manjše. Če se zgradi cesta z največjo absorpcijo pri frekvencah med 800 in 1.000 Hz, potem je le-ta najbolj učinkovita pri zmanjšanju hrupa zaradi kotaljenja pnevmatik (Sandberg & Jerzy, 2007, str. 1054).

Od novembra 2012 je na območju EU pri prodaji novih pnevmatik obvezna pripadajoča energijska nalepka. Primer takšne nalepke prikazuje Slika 7. Na njej med drugim najdemo podatek o nivoju zunanje hrupnosti pnevmatik, izražen v decibelih.



Slika 7: Energijska nalepka za pnevmatike (Vir: Medmrežje 8)

3.4 Ravni hrupa in mejne vrednosti za zunanji hrup cestnih vozil

»Povprečno maksimalno raven hrupa L_p , ki ga povzroča mimovozeče osebno vozilo na razdalji 7,5 m od osi vozišča in pri vožnji s konstantno hitrostjo v v km/h po suhem asfaltu, lahko izračunamo za območje hitrosti vožnje od 40 do 200 km/h po naslednji enačbi:

$$L_p = 32 + 24 \log v \quad \text{dB(A)}.$$

Pod enakimi pogoji pa za tovorna vozila s skupno težo do 7,5 ton in za območje hitrosti vožnje od 50 do 80 km/h lahko izračunamo po naslednji enačbi:

$$L_p = 51 + 17 \log v \quad \text{dB(A)}.$$

Za tovornjake nad 7,5 ton pa prištejemo še 4 dB.

Notranji hrup osebnih avtomobilov in tovornjakov je odvisen od hitrosti vožnje, velikosti in leta izdelave, večji in novejši so v splošnem manj hrupni. Mejnih vrednosti za notranji hrup še ni.

Zunanji hrup cestnih vozil je zaradi njihovega velikega vpliva na obremenitev komunalnega hrupa pod stalnim pritiskom okoljevarstvenikov in zakonodajalcev. Mejne vrednosti za hrup cestnih vozil se stalno zaostrujejo in sproti prilagajajo stanju tehnike na tem področju. Pri nas uporabljamo mejne vrednosti, ki jih je predpisala Evropska skupnost za svoje področje in so, glede na tip vozila, maso in moč motorja, podane v spodnji razpredelnici« (Čudina, 2001, str. 98).

Tabela 6: Mejne vrednosti za zunanji hrup cestnih vozil, merjeno na razdalji 7,5 m od osi vožnje vozila (Vir: Čudina, 2001, str. 99)

| Vrsta vozila | dB(A) |
|-------------------------------------------------------|-------|
| Osebni avtomobili in kombiji do 9 sedežev | 74 |
| Avtobusi do 2 t | 76 |
| Avtobusi med 2 in 3,5 t | 77 |
| Avtobusi nad 3,5 t in moči motorja pod 150 kW | 78 |
| Avtobusi nad 3,5 t in moči motorja nad 150 kW | 80 |
| Tovornjaki do 2 t | 76 |
| Tovornjaki med 2 in 3,5 t | 77 |
| Tovornjaki nad 3,5 t in moči motorja do 75 kW | 77 |
| Tovornjaki nad 3,5 t in moči motorja med 75 in 150 kW | 78 |
| Tovornjaki nad 12 t in moči motorja nad 150 kW | 80 |
| Motocikli do 80 cm ³ | 75 |
| Motocikli med 80 in 175 cm ³ | 77 |
| Motocikli nad 175 cm ³ | 80 |
| Moped | 72 |

3.5 Stanje na cesti Arja vas–Velenje

Velenje je s svojimi 34.000 prebivalci peto največje mesto v Sloveniji in tudi zelo pomembno zaposlitveno središče. Zaradi tega so ceste, ki vodijo vanj, in tudi nekatere v samem mestu, zelo obremenjene. Posledica tega je, da se je v zadnjih letih tukaj bistveno zmanjšala kakovost življenjskega okolja, saj se je zaradi vedno večjega števila motornih vozil povečala tudi raven hrupa. Negativen vpliv se kaže tudi drugje v Šaleški dolini, in sicer v sosednjih dveh občinah, Šoštanj in Šmartno ob Paki. Glavni vzrok za intenziven promet je seveda tukajšnja industrija, še posebej podjetji TEŠ in Gorenje, ki sta bili v zadnji dekadni deležni velikih investicij. Te investicije so precej otežile življenjske razmere in delovno okolje v Savinjski statistični regiji, saj se tukaj pogosto pojavljajo tudi prometni zastoji. Poleg transporta za potrebe industrije so prisotne tudi dnevne migracije delavcev.

Eden največjih virov hrupa v svetu je vsekakor cestni promet, zaradi katerega se ljudje tudi največ pritožujejo, saj bistveno poslabšuje kakovost življenja. Zato ukrepi za zmanjševanje hrupa cestnega prometa prednjačijo pred ukrepi proti ostalim virom hrupa.

Cesta Arja vas–Velenje (na Sliki 8), imenovana tudi cesta smrti, je v pristojnosti Direkcije RS za ceste. Lokalne skupnosti in tudi policija že dlje časa opozarjajo, da je cesta dotrajana in da ni kos tolikšnemu številu vozil, ki se po njej vozijo ter da je potrebna rekonstrukcija. Za Koroško regijo in Šaleško dolino je ta 17 kilometrov dolga cesta edina povezava do avtoceste proti Ljubljani (Holeček idr. 2015, str. 1).

Nekdanji župan Mestne občine Velenje Srečko Meh je pred leti izjavil: »Lokalna ekonomija, velika podjetja, kot so Gorenje, Esotech, Premogovnik Velenje, TEŠ, ter sami prebivalci Šaleške doline so zelo odvisni od te edine cestne povezave, medtem ko je situacija na njej slaba. Vsak dan se po cesti Arja vas–Velenje vozi okoli 13.000 vozil, okoli 400 težkih tovornjakov, več kot tisoč majhnih vozil ter okoli 80 avtobusov. Ob predpostavki, da se bo število vozil povečevalo za 3 % letno, lahko na tej cesti leta 2021 pričakujemo okoli 25.000 vozil dnevno. Tako bomo soočeni z dejstvom, da bo povezava z avtocesto nemogoča, saj je na cesti veliko črnih točk. Od Velenja do Pirešice prehitevanje ni možno zaradi polne črte in omejitev hitrosti. Poleg tega imamo še problem z vodo na cesti in s tovornjaki, ki pripeljejo na cesto neposredno iz kamnoloma« (Meh, 2002).

»Koroški in savinjsko-šaleški gospodarstveniki, ki že dolgo opozarjajo na nujnost izgradnje hitre ceste, od nove slovenske vlade zahtevajo konkretne zaveze glede projekta. Med drugim zahtevajo, da se v enem letu določi celotna trasa ceste od avtoceste do meje z Avstrijo in da se izgradnja uvrsti v resolucijo o nacionalnem programu do leta 2020.

Od nove vlade zahtevajo, da se zaveže, da bo tretjo razvojno os uvrstila med gospodarske in razvojne prioritete in tako zagotovila skladen regionalni razvoj ter ustvarila možnosti za konkurenčnost gospodarstva v teh regijah in ohranitev delovnih mest. Zahtevajo tudi, da se vlada zaveže, da se v najkrajšem možnem času, ki ne sme biti daljši od enega leta, določi celotna trasa od avtoceste A1 do Avstrije, da se v nadaljnjih dveh letih izdela projektna dokumentacija in da se izgradnja tretje razvojne osi uvrsti v resolucijo o nacionalnem programu razvoja javne prometne infrastrukture do leta 2020, v skladu s finančnimi možnostmi.

Menijo, da je zahteva upravičena, saj cesto Velenje–Arja vas na dan prevozi 17.000 vozil, cesto Letuš–Šentrupert pa še dodatnih 7.600 vozil, skupaj torej 24.600 vozil« (Tinauer, 2014).



Slika 8: Cesta Arja vas–Velenje pri odcepu za Dobrno (Vir: Medmrežje 9)

Po podatkih DARS-a iz leta 2013 je povprečno število vozil, ki se dnevno vozijo po cesti Arja vas–Velenje prikazano v spodnji tabeli.

Tabela 7: Povprečno dnevno število posameznih vrst vozil na cesti Arja vas–Velenje (Vir: Medmrežje 10)

| Vrsta vozila | Število vozil na dan |
|------------------------------|----------------------|
| Motorji | 116 |
| Osebna vozila | 14.422 |
| Avtobusi | 69 |
| Lahki tovornjaki < 3,5 t | 1.159 |
| Srednji tovornjaki 3,5 – 7 t | 233 |
| Težki tovornjaki > 7 t | 115 |
| Tovornjaki s prikolico | 139 |
| Vlačilci | 276 |
| Vsa vozila | 16.529 |

3.6 Protihrupni ukrepi

Protihrupni ukrepi so se v svetu začeli prakticirati po izgradnji prvih avtocest. V Sloveniji smo prvo zakonodajo na tem področju dobili v osemdesetih letih prejšnjega stoletja. Takrat so tudi zgradili prvo protihrupno ograjo ob ljubljanski obvoznici.

Hrupu cestnega prometa se v neposredni bližini ceste nikakor ni možno popolnoma izogniti. To najbolj vedo tisti, ki bivajo v stanovanjskih stavbah ob prometnih cestah, in sicer tudi tam, kjer so bili izvedeni protihrupni ukrepi. Hrup se največkrat poveča bodisi zaradi izgradnje nove ceste bodisi zaradi izgradnje novih zgradb, kot so tovarne, trgovsko poslovni centri, stanovanjski bloki ipd. Takrat se po predpisih tudi izvedejo meritve hrupa. Tudi če se protihrupna zaščita takoj postavi oz. zgradi, pa lahko hrup samo omilimo, kajti delno lahko zaščitimo samo spodnje etaže, višja nadstropja pa ostanejo izpostavljena hrupu. Tu preostane samo, da se izbere kar se da boljša zvočna izolacija na fasadi, najboljša okna, vrata ...

Danes so na voljo različne vrste protihrupnih zaščit, katero izberemo, pa je odvisno od okolja, lokacije, terena, finančnih zmožnosti itd.

Pri protihrupnih ukrepih je potrebno upoštevati predvsem vir hrupa oz. stopnjo, da se lahko ta problem ustrezno rešuje. Tako poznamo naslednje ukrepe:

- primarni (na viru),
- sekundarni (na poti razširjanja hrupa od njegovega vira do občutljivega objekta),
- terciarni (na izpostavljenih objektih).

»Primarni ukrepi, izvedljivi pri cestnoprometnem hrupu, so organizacijski, tehnični in kombinirani. Kot primer prvih velja omeniti omejevanje hitrosti, ki pa se pri nas žal izvaja precej neučinkovito, še zlasti na avtocestah. Nadaljnji tovrsten ukrep je organizacija prometa, denimo omejitev vožnje težkih vozil in omejitev vožnje ponoči. Žal smo pri tem pogosto žrtev zunanjih pritiskov (recimo raznih avtoprevoznških lobijev, prav tako politikov nekaterih evropskih držav, katerih cilj je zgolj prehodnost naše države). Omeniti velja še eno vrsto ukrepov iz te skupine, namreč izobraževanje in spodbujanje voznikov k zmerni, bolj ekološki vožnji. Pri neenakomerni vožnji, ki jo spremljajo velika pospeševanja in zaviranja, se ne poveča zgolj poraba goriva, temveč tudi emisije škodljivih snovi v zrak in emisije hrupa. Skladno z drugim Newtonovim zakonom zahteva hitrejšo pospeševanje uporabo večjih sil in s tem energije, katere del se pretvori v povišano zvočno energijo, oddano v okolje, oziroma hrup.

Kot primarni tehnični ukrep se v svetu učinkovito izvaja predvsem gradnja manj hrupnih vozišč. Na tem področju se obeta znižanje emisij za 5 do 8 dB, še zlasti na avtocestah, kjer so večje hitrosti. Pomemben tehnični ukrep v tej smeri je še uporaba manj hrupnih gum. Po zahtevah EU je od leta 2012 za proizvajalce predpisano obvezno označevanje kategorij hrupnosti pnevmatik.

Kadar primarni ukrepi niso možni ali pa so težko izvedljivi, pridejo na vrsto sekundarni. Mednje sodijo zlasti posaditev širokih drevesnih pasov, postavitve zemeljskih nasipov in gradnja protihrupnih pregrad. K terciarnim ukrepom pa sodi predvsem povečanje zvočne izoliranosti občutljivih fasadnih elementov (okna, vrata) na izpostavljenih stavbah.

Zelo uspešen in najmanj sporen sekundarni ukrep so gozdni pasovi. Slovenija je namreč ena redkih držav z veliko raznovrstnostjo drevesnih vrst, iglastih in listnatih, ki omogočajo učinkovito, poceni in najmanj sporno rešitev čezmernega hrupa, to so drevesni pasovi; 10- do 20-metrski pas drevja, z razmiki med drevesi približno pol metra, na primer zniža raven cestnega hrupa za 2 do 3 dB, 120-metrski pas z enakimi razmiki pa že za okrog 7 dB.

Mehanizmi, ki vplivajo na zmanjšanje hrupa zaradi gostih drevesnih pasov, so odboj, sipanje in absorpcija hrupa, še zlasti v talni površini. Merilo za absorpcijo v tleh je pretočna upornost, to je razmerje med tlačnim gradientom in hitrostjo zraka. Izredno majhno pretočno upornost

ima na primer sveže zapadla snežna odeja. Od tod izvirajo splošno znane dušilne lastnosti hrupa takšne snežne odeje, bistveno manj znano pa je, da imajo podobno lastnost tudi z vegetacijo zrahljana gozdna oziroma humusna tla. Travnata tla imajo že desetkrat, stlačena zemlja približno stokrat in betonska tla več kot tisočkrat večjo pretočno upornost, s tem pa seveda upadajo tudi dušilne lastnosti za hrup pri tovrstnih podlagah.

Ne glede na navedeno se žal pri nas še vedno daje prednost gradnji raznih protihrupnih pregrad, ki so ne samo tehnično manj učinkovite, temveč tudi precej drage. In verjetno ravno v tem grmu tiči zajec, saj je pri nas zelo glasen lobi, ki se ukvarja z gradnjo protihrupnih pregrad. Da takšna gradnja ni poceni, priča že to, da izvajalci kvadratni meter takšne pregrade zaračunajo več sto evrov. Seveda je to donosna dejavnost, ki pa dostikrat ne upraviči vloženih sredstev, saj je zmanjšanje hrupa običajno precej skromno. Protihrupne pregrade, še zlasti ravne, kakršne gradijo pri nas, sodijo namreč med najmanj učinkovite ukrepe glede na vložena sredstva, a se žal pri nas še vedno daleč največ uporabljajo. Dodatno je pri nas opazna gradnja pregrad, nagnjenih stran od vozišča.

Takšna nagnjenost je v glavnem upravičena, če so na nasprotni strani ceste občutljivi objekti, zaradi zmanjšanja učinka zvočnih odbojev proti njim. Vendar je tovrstna nagnjenost pregrad pri nas opazna tudi na odsekih, kjer na nasprotni strani ceste ni nobenih objektov. To pa še dodatno zmanjša njihovo učinkovitost in poviša stroške, saj takšne pregrade potrebujejo močnejše temelje zaradi navornih učinkov, kar zahteva dodatno pozidavo terena, ki sicer ne bi bila potrebna.

Slabo učinkovitost naših pregrad skušajo projektanti in izvajalci enostavno nadomestiti s povečevanjem višine – tudi do 8 metrov, kar pa je zelo sporno. Povezano je namreč s številnimi dodatnimi stranskimi učinki, kot so precej višji stroški temeljenja, materiala in same gradnje, težje in dražje vzdrževanje, neracionalna poraba prostora, slabše življenjske razmere tamkajšnjih stanovalcev (na primer občuten upad dnevne svetlobe v bivalnih prostorih izpostavljenih objektov) in pokvarjen krajinski videz.

Drugače kot pri nas se danes po svetu bistveno več uporabljajo racionalne izvedbe protihrupnih pregrad. To so večinoma pregrade z uklonsko preoblikovanim vrhom oziroma s T, Y, puščičastimi in cilindričnimi profili. Takšne pregrade ponujajo za 2 do 5 dB boljše učinke od ravnih z enako višino. Še učinkovitejše so pregrade s QRD (*quadratic residue diffuser*), ki dajejo za okrog 7 dB boljše rezultate od ravnih. Opisane pregrade torej ob skoraj enakih stroških dajejo bistveno boljše rezultate kot ravne. Žal jih v Sloveniji tako rekoč ni; jih pa že kar nekaj let uspešno uporabljajo po svetu, tudi v sosednjih državah« (Deželak, 2015).

Vrste protihrupnih ukrepov v grobem, ki se v praksi lahko uporabljajo tudi kombinirano, pa so:

- protihrupni nasipi,
- protihrupne ograje,
- predori in vkopi,
- nasadi.

3.6.1 Protihrupni nasipi

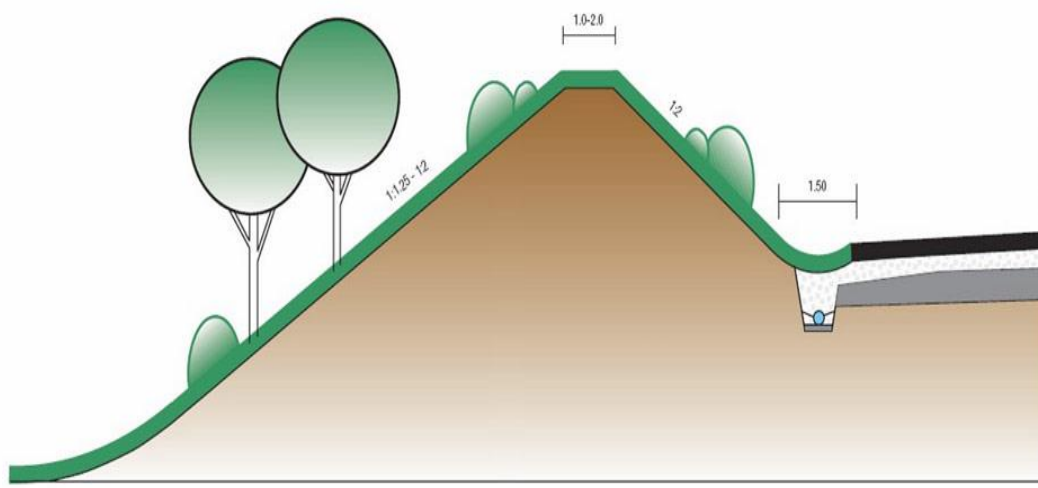
Protihrupni nasipi so najstarejša, a tudi zelo dobra rešitev v boju proti cestnemu hrupu. Imajo namreč številne prednosti, saj so enostavni, cenovno ugodni, ne potrebujejo temeljev in imajo naravni videz, ker jih je možno zatraviti oz. zasaditi. Hkrati se lahko izkoristi zemljina, ki se izkopa pri gradnji. Tako mimoidoči pogosto niti ne opazijo, da gre za nasipe, saj se marsikje zelo lepo vključujejo v prostor. Na sliki 9 vidimo prečni prerez zemeljskega protihrupnega nasipa.

Čeprav so trajna in cenovno ugodna rešitev, pa imajo protihrupni nasipi tudi nekatere slabosti, in sicer porabijo razmeroma veliko prostora, potrebno jih je redno vzdrževati in so tudi manj učinkoviti od nekaterih drugih ukrepov, npr. od protihrupnih ograj. Protihrupne ograje so namreč postavljene navpično, za razliko od nasipov, ki imajo naklon in zato nudijo boljšo zaščito pred hrupom.

V splošnem poznamo štiri vrste zemeljskih nasipov:

- nasipi iz armiranih zemljin,
- nasipi, obloženi z betonskimi (in drugimi elementi),
- zemeljske ograje.

ZEMELJSKI PROTIHRUPNI NASIP



Slika 9: Prečni prerez zemeljskega protihrupnega nasipa (Vir: Medmrežje 11)

3.6.2 Protihrupne ograje

Ta vrsta ukrepa se zagotovo največ uporablja. So najbolj učinkovit ukrep, zato se večinoma postavljajo ob avtocestah, kjer je zaradi višjih hitrosti tudi cestni hrup najvišji. Ker zavzemajo razmeroma malo prostora, se pogosto uporabljajo tudi v urbanih naseljih. Njihova učinkovitost je podobno kot pri nasipih odvisna od dolžine, višine in oddaljenosti od ceste. Biti morajo brez odprtin, saj lahko le tako izpolnijo določen pogoj, da znižajo hrup za najmanj 25 dB(A). Zelo pomemben je tudi material, iz katerega je ograja izdelana, kajti od le-tega je odvisna absorpcijska sposobnost ograje. Znano je namreč, da različni materiali različno absorbirajo zvok. Tako se odvisno od lokacije uporabljajo ograje iz določenega materiala, da dosežejo zadovoljiv učinek.

Materiali, iz katerih izdelujejo protihrupne ograje oz. vrste ograj, so:

- kovinske ograje: izdelane so iz dveh nerjavečih kovinskih plošč, med katere se vstavi steklena volna ali podoben material (Slika 10). Njihova prednost je, da imajo dolgo življenjsko dobo, so varne pred požari in so dokaj enostavne za vgradnjo. Nenaraven videz oz. neprilagodljivost v okolju ter podvrženost koroziji pa sta njeni pomanjkljivosti. Pri nas se pogosto uporabljajo.



Slika 10: Primera kovinske protihrupne ograje (Vir: Medmrežje 12)

- betonske ograje: v Sloveniji jih najdemo precej. Obstajajo absorpcijske in zvočno odbijajoče. Pri teh ograjah ni dileme glede zvočne izolacije, saj je gostota betona precejšnja. So zelo obstojne, vzdrževanja praktično ne potrebujejo in so zelo dobra zaščita proti vetru ter morebitnem požaru. Slabosti so neprilagodljivost naravnemu okolju, visoki stroški izdelave in zahtevna montaža. Na Sliki 11 je prikazana ena izmed različic betonske protihrupne ograje.



Slika 11: Primer betonske protihrupne ograje (Vir: Medmrežje 13)

- lesene ograje: so zgrajene iz obstojnega lesa, ki mora biti še globinsko zaščiten pred zunanjimi vplivi. Lahko so izdelane v celoti iz lesa ali v kombinaciji z jeklom ali betonom. Njihove prednosti so dobra absorpcija zvoka in naraven videz, slabosti pa visoki stroški vzdrževanja, neodpornost proti požaru in netrajnost. Primer lesene protihrupne ograje kaže Slika 12.



Slika 12: Primer lesene protihrupne ograje (Vir: Medmrežje 14)

- transparentne ograje: so izdelane iz prozornih materialov. Postavljajo se tam, kjer želimo ohraniti pogled na pokrajino. Njihova lastnost je, da ne absorbirajo zvoka, ampak ga le

odbijajo. Predstavljajo nevarnost za ptice, saj jih težko opazijo in se vanje zaletavajo. Ta problem rešujejo tako, da na te ograje lepijo motive ptic. Najpogosteje jih najdemo na visokih nasipih, mostovih, viaduktih ipd. Transparentne ograje je potrebno redno čistiti. Na sliki 13 vidimo primer transparentne protihrupne ograje na mostu.



Slika 13: Primer transparentne protihrupne ograje (Vir: Medmrežje 15)

- ograje iz umetnih vlaken: izdelane so iz različnih elementov in materialov iz umetnih mas (Slika 14). Napolnjeni so s stekleno volno ali podobnim materialom. So cenovno ugodne, enostavne za montažo in vzdrževanje. Njihova slabost je slaba protipožarna zaščita.



Slika 14: Primer protihrupne ograje iz umetnih vlaken (Vir: Medmrežje 16)

3.6.3 Predori in vkopi

Predori in vkopi omogočajo najboljšo zaščito pred cestnim hrupom, saj ga vzdolž celotne njihove dolžine popolnoma izničijo. Kot protihrupni ukrep se zelo redko gradijo, večinoma gre za druge razloge. Njihova slaba stran so visoki stroški izgradnje in precejšen poseg v naravo.

3.6.4 Protihrupni nasadi

Sami nasadi so v večini primerov dokaj pomanjkljiva zaščita pred cestnim hrupom, zato se v praksi po navadi uporabljajo v kombinaciji z nasipi ali s protihrupno ograjo. Zasaditev mora biti zelo gosta in dovolj visoka. Njihova prednost je, da gre za najbolj ekološki ukrep, ponujajo pa tudi dobro zaščito proti vetru. Na razpolago je veliko vrst rastlin, ki se lahko uporabijo kot zaščita proti hrupu. Nekatere med njimi so: beli gaber (Slika 15), maklen, češmin, lovorikovec, kalina ...



Slika 15: Primer nasada belega gabra kot protihrupne zaščite (Vir: Medmrežje 17)

4 MERITVE

4.1 Opis merilne opreme

Meritve cestnega hrupa sem opravljal z inštrumentom za merjenje hrupa znanega danskega proizvajalca Brüel & Kjær, tip 2238 Mediator (slika 16), ki je med najboljšimi tovrstnimi na trgu. Namenjen je merjenju okoljskega in industrijskega hrupa in je zelo enostaven za

uporabo. Inštrument je bil približno mesec dni pred opravljanjem meritev na kalibraciji, za kar je tudi izdan priložen certifikat (Slika 17). Njegove osnovne lastnosti so:

- usklajen je z vsemi mednarodnimi standardi (razred 1 do IEC in ANSI),
- hkrati meri povprečno in konično raven hrupa,
- nameščenih pet jezikov (angleščina, nemščina, francoščina, španščina in italijanščina),
- dva AUX DC izhodna / AC vhodna kanala,
- prenos podatkov in daljinski nadzor preko serijskega RS 232 vmesnika,
- merilni podatki se lahko prenesejo za nadaljnjo analizo,
- vgrajen korekcijski filter za neželene efekte,
- programski moduli za: merjenje ravni zvoka, okrepljeno merjenje ravni zvoka, rezanje ravni zvoka in 1/1 ter 1/3 frekvenčna analiza oktave (Vir: Brüel & Kjær).



Slika 16: Inštrument za merjenje hrupa Brüel & Kjær, tip 2238 Mediator (Vir: Lasten)



CERTIFIKAT O KALIBRACIJI / CERTIFICATE OF CALIBRATION

Certifikat št. / Certificate No: 275-262-15-1 Stran / Page 1 od/ of 22

MERILO / CALIBRATION OF:

| | | |
|----------------------------------|------------------|-------------|
| Merilnik / Sound Level Meter: | 2238-4188-B27126 | No: 2163610 |
| Mikrofon / Microphone: | 4188 | No: 2201026 |
| Datum prejema / Date of receipt: | 2015-09-10 | |
| Certifikat / Certificate No: | 275-262-15-1 | |

NAROCNIK / CLIENT:

UL, Fakulteta za strojninstvo
Askerceva cesta 6
1000 Ljubljana
Slovenija

Narocilo št. / Order No: 00335

POGOJI OKOLJA / CALIBRATION CONDITIONS:

| | |
|----------------------------|-------------------|
| Prilava / Preconditioning: | 6 hours at 23 °C |
| Temperatura: | 23.5 °C ± 3 °C |
| Zr. tlak: | 98.7 kPa ± 3 kPa |
| Relativna vlaga: | 42.0 %RH ± 20 %RH |

KALIBRACIJSKI POSTOPEK / PROCEDURE:

Kalibracija je bila izvedena skladno s standardoma SIST IEC 60651 in 60804 ter internim navodilom ML10N60.
Calibration was performed according to the standards: SIST IEC 60651 and 60804 and internal manual ML10N60.

REZULTATI / RESULTS:

Rezultati in merilna negotovost so navedeni na strani 2. / Results with uncertainty are stated from the page 2 onward.


Datum Kalibracije / Date of Calibration: 2015-09-11 Certifikat izdan / Certificate issued: 2015-09-11



Franc Celestina
Calibration Technician



Digitally Signed by Franc Celestina
Date: 14.09.2015 08:10



Luka Dolenc
Approved signatory

Digitally Signed by Luka Dolenc
Date: 2015.09.14 09:54:47 +0200

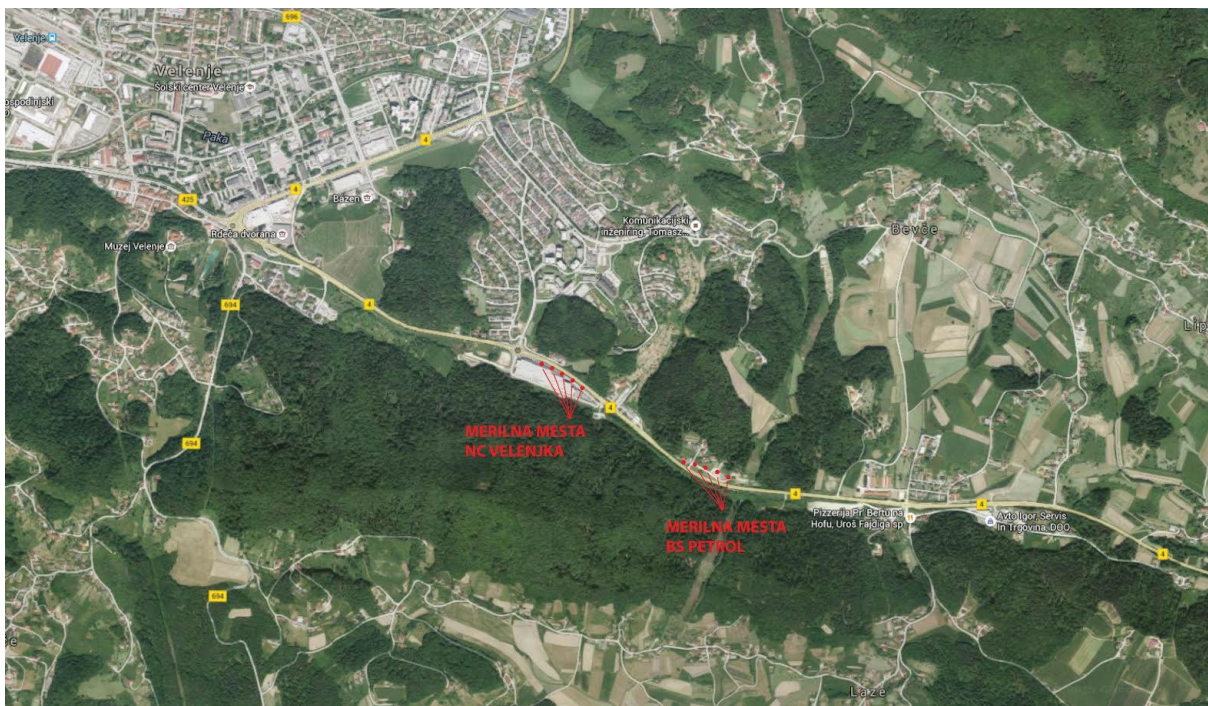
Reproduction of the complete certificate is allowed. Parts of the certificate may only be reproduced with approval of the Calibration Laboratory

Slika 17: Certifikat o kalibraciji merilnega inštrumenta dne 11. 9. 2015 (Vir: Lotrič meroslovje)

4.2 Meritve hrupa ob cesti Arja vas–Velenje

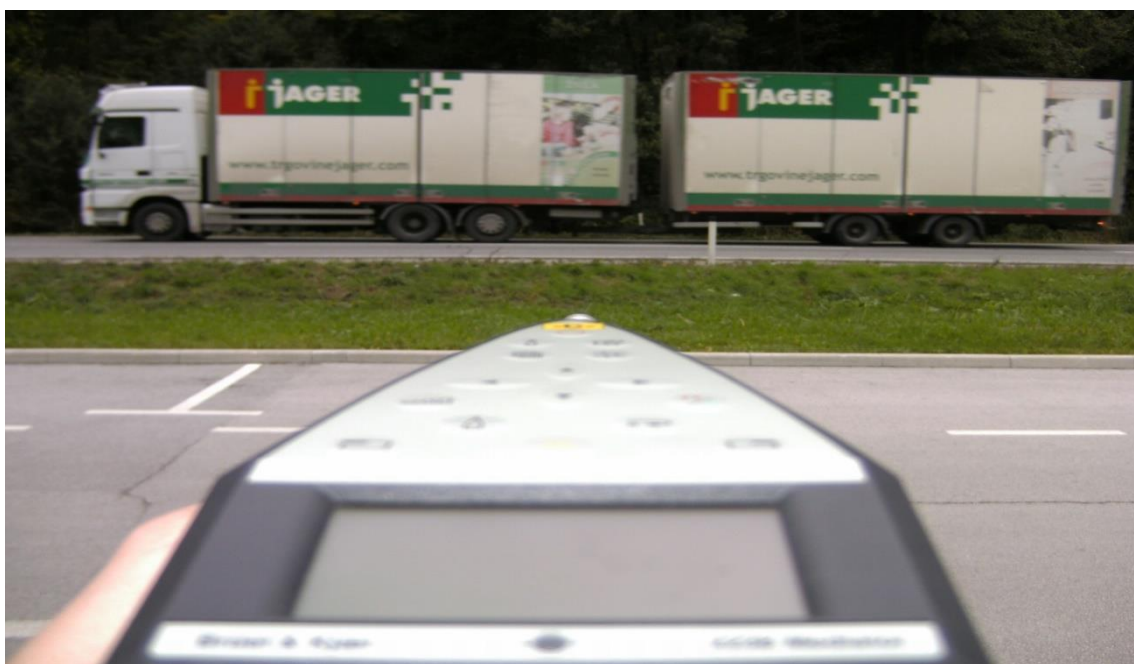
Meritve cestnega hrupa sem opravljal na dveh glavnih lokacijah, ki sta prikazani na Sliki 18. Merilni lokaciji sta bili v neposredni bližini Velenja, in sicer ob Celjski cesti:

- parkirišče nakupovalnega centra Velenjka,
- ob bencinskem servisu Petrol – Celjska cesta vzhod.



Slika 18: Lokacija merilnih mest na karti (Vir: Medmrežje 18)

Na vsaki izmed teh dveh lokacij sem izvajal meritve na petih različnih točkah, vzporedno s cesto. Vsaka točka je bila od sredine ceste oddaljena 15 metrov, razdalja od točke do točke pa 10 metrov. Lokacija pri nakupovalnem centru Velenjka (Slika 19) je bila izbrana zaradi bližine krožišča, od koder vozila začnejo pospeševati hitrost v smeri Arje vasi in druga lokacija ob bencinskem servisu Petrol, kjer vozila vozijo z višjimi hitrostmi iz obeh smeri. Tako sem hotel ugotoviti ali obstaja bistvena razlika v nivoju hrupa.



Slika 19: Merjenje cestnega hrupa na cesti Arja vas–Velenje na parkirišču NC Velenjka (Vir: Lasten)

Vse meritve sem izvedel v enem delovnem dnevu, in sicer od 10. do 14. ure, približno vsako uro, na obeh lokacijah. Skupno sem torej izvedel 50 meritev. Vsako meritev sem izvedel tako, da sem merilni inštrument usmeril pravokotno na cesto, medtem ko je bil od tal oddaljen 1,5 metra. Pred vsako meritvijo sem inštrument tudi kalibriral. Vsak časovni interval merjenja je trajal 5 sekund. Tako sem za vsako meritev izmeril tri vrednosti nivoja hrupa:

- L_{AEQ} ekvivalentna vrednost hrupa v dB(A),
- L_{CPK} maksimalna trenutna konična vrednost hrupa v dB(C),
(C-vrednotena raven peak L_C , peak),
- $L_{AF MAX}$ maksimalna vrednost hrupa v časovnem intervalu merjenja v dB(A),
(A-vrednotena raven z dinamiko *fast*).

Ekvivalentna raven hrupa L_{Aeq, T_e} je časovno povprečna raven zvočnega tlaka tekom časovnega intervala T_e , izražena v dB(A):

$$L_{Aeq, T_e} = 10 \log \left(\frac{1}{T_e} \int_0^{T_e} \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt \right)$$

- $p_{A(t)}$ je trenutna A vrednotena raven zvočnega tlaka v paskalih, ki mu je izpostavljen delavec,
- p_0 je referenčni zvočni tlak (20 μ Pa),
- t je čas,
- T_e je dnevno trajanje osebne izpostavljenosti delavca hrupu,
- T_0 je referenčni čas.

Izmerjene vrednosti hrupa so vnesene v spodnji dve tabeli:

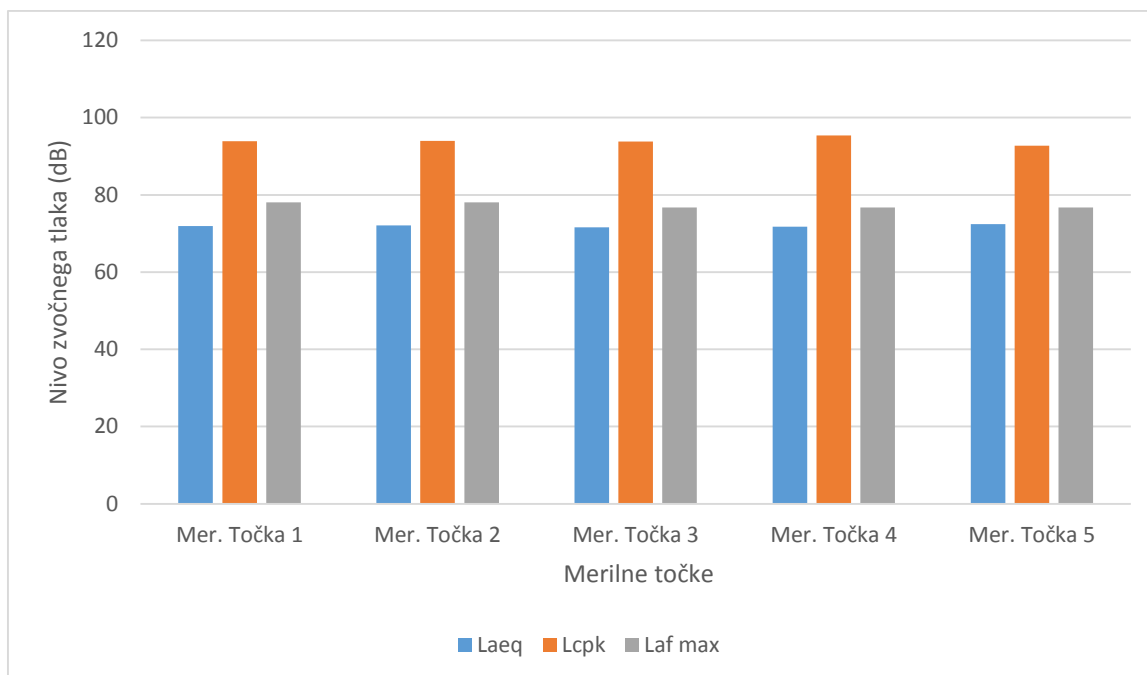
Tabela 8: Izmerjene vrednosti cestnega hrupa na parkirišču NC Velenjka (Vir: Lasten)

| 10:00 | L_{AEQ} dB(A) | L_{CPK} dB(C) | $L_{AF MAX}$ dB(A) |
|--------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 1. | 71,3 | 96,7 | 76,4 |
| 2. | 71,4 | 94,1 | 76,4 |
| 3. | 71,7 | 89,4 | 76,4 |
| 4. | 71,9 | 94,7 | 76,4 |
| 5. | 72,1 | 90,9 | 74,1 |
| 11:00 | L_{AEQ} dB(A) | L_{CPK} dB(C) | $L_{AF MAX}$ dB(A) |
| 1. | 71,8 | 96,0 | 75,8 |
| 2. | 71,9 | 96,1 | 75,4 |
| 3. | 71,9 | 91,2 | 75,4 |
| 4. | 72,0 | 95,4 | 75,4 |
| 5. | 69,0 | 87,0 | 71,4 |
| 12:00 | L_{AEQ} dB(A) | L_{CPK} dB(C) | $L_{AF MAX}$ dB(A) |
| 1. | 70,2 | 88,9 | 74,6 |
| 2. | 70,3 | 88,4 | 74,6 |
| 3. | 70,6 | 93,6 | 74,6 |
| 4. | 71,4 | 91,3 | 74,6 |
| 5. | 72,2 | 90,5 | 74,6 |
| 13:00 | L_{AEQ} dB(A) | L_{CPK} dB(C) | $L_{AF MAX}$ dB(A) |
| 1. | 71,9 | 93,9 | 78,1 |
| 2. | 72,1 | 94,0 | 78,1 |
| 3. | 71,6 | 93,8 | 76,7 |
| 4. | 71,8 | 95,4 | 76,7 |
| 5. | 72,4 | 92,7 | 76,7 |
| 14:00 | L_{AEQ} dB(A) | L_{CPK} dB(C) | $L_{AF MAX}$ dB(A) |
| 1. | 69,6 | 90,2 | 73,0 |
| 2. | 69,4 | 86,3 | 71,5 |
| 3. | 69,5 | 89,1 | 71,5 |
| 4. | 70,0 | 83,4 | 71,5 |
| 5. | 70,1 | 88,5 | 71,5 |

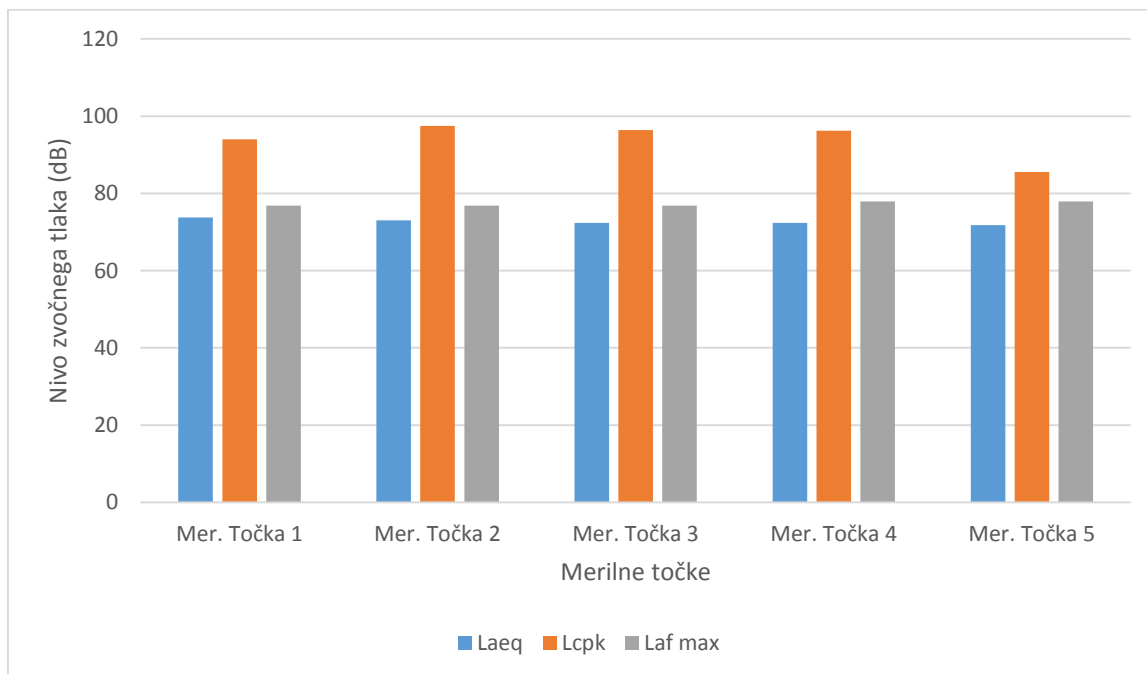
Tabela 9: Izmerjene vrednosti cestnega hrupa pri bencinskem servisu Petrol (Vir: Lasten)

| 10:00 | L_{AEQ} dB(A) | L_{CPK} dB(C) | $L_{AF MAX}$ dB(A) |
|--------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| 1. | 68,5 | 82,4 | 70,9 |
| 2. | 70,9 | 89,6 | 75,4 |
| 3. | 69,9 | 75,3 | 75,4 |
| 4. | 69,8 | 81,2 | 75,4 |
| 5. | 70,0 | 89,9 | 75,4 |
| 11:00 | L_{AEQ} dB(A) | L_{CPK} dB(C) | $L_{AF MAX}$ dB(A) |
| 1. | 71,5 | 90,4 | 74,1 |
| 2. | 71,2 | 83,4 | 77,7 |
| 3. | 70,8 | 88,4 | 77,7 |
| 4. | 71,6 | 89,1 | 78,4 |
| 5. | 71,5 | 88,9 | 78,4 |
| 12:00 | L_{AEQ} dB(A) | L_{CPK} dB(C) | $L_{AF MAX}$ dB(A) |
| 1. | 71,5 | 95,0 | 74,6 |
| 2. | 72,1 | 102,3 | 74,6 |
| 3. | 71,8 | 84,4 | 74,6 |
| 4. | 72,9 | 102,7 | 74,6 |
| 5. | 72,8 | 86,1 | 78,4 |
| 13:00 | L_{AEQ} dB(A) | L_{CPK} dB(C) | $L_{AF MAX}$ dB(A) |
| 1. | 73,8 | 94,0 | 76,8 |
| 2. | 73,0 | 97,5 | 76,8 |
| 3. | 72,4 | 96,4 | 76,8 |
| 4. | 72,4 | 96,2 | 77,9 |
| 5. | 71,8 | 85,5 | 77,9 |
| 14:00 | L_{AEQ} dB(A) | L_{CPK} dB(C) | $L_{AF MAX}$ dB(A) |
| 1. | 73,9 | 88,3 | 76,6 |
| 2. | 71,4 | 80,5 | 76,6 |
| 3. | 71,7 | 87,1 | 78,0 |
| 4. | 71,2 | 84,6 | 78,0 |
| 5. | 71,2 | 83,8 | 78,0 |

Na Slikah 20 in 21 so vrednosti meritev ob 13. uri na obeh glavnih merilnih mestih prikazane še grafično.



Slika 20: Grafični prikaz nivoja hrupa na vseh merilnih točkah pri NC Velenjka ob 13. uri (Vir: Lasten)



Slika 21: Grafični prikaz nivoja hrupa na vseh merilnih točkah pri BS Petrol ob 13. uri (Vir: Lasten)

4.3 Analiza meritev

Na podlagi izmerjenih vrednosti cestnega hrupa je razvidno, da ni bistvene razlike med obema glavnima merilnima mestoma, obenem pa tudi ne med skupno desetimi merilnimi točkami. Prav tako so vrednosti hrupa precej podobne glede na čas merjenja, saj ob konicah (ob 13. in 14. uri) zaradi povečanega prometa vozila vozijo počasneje in ne ustvarjajo večjega hrupa kot izven konic. Razlike pri meritvah maksimalne trenutne konične vrednosti hrupa (L_{CPK}) so nastajale v odvisnosti od vrste vozila, ki je v trenutku meritve peljalo mimo. Najnižje izmerjene vrednosti L_{CPK} veljajo za hrup, ki so ga med vožnjo povzročali osebni avtomobili, najvišje pa za najtežja cestna vozila, v glavnem težke tovornjake. Zaradi nizkih temperatur zraka v času opravljanja meritev ni bilo motornih koles, ki sicer poleg težkih tovornjakov ustvarjajo najvišji hrup v cestnem prometu.

Razliko pri izvoru hrupa je bilo moč slišati tudi brez uporabe inštrumenta. Pri nižjih hitrostih osebnih vozil je prevladoval hrup zaradi kotaljenja pnevmatik in tudi le-ta se je razlikoval v odvisnosti od tipa pnevmatik. Pri osebnih vozilih, ki so vozila z višjimi hitrostmi, je nedvomno prevladoval hrup zaradi aerodinamičnega upora zraka. Pri težkih tovornjaki se previsok nivo hrupa z višjo hitrostjo še zvišuje. Meritve z inštrumentom so vse to potrdile.

Vrednost hrupa, ki je pri meritvah najbolj pomembna oz. je določena z zakonodajo, je ekvivalentna vrednost hrupa (L_{AEQ}). Zgornja sprejemljiva vrednost L_{AEQ} za hrup cestnega prometa je nekje 55 do 60 dB(A), povprečje vseh 50-ih izmerjenih vrednosti L_{AEQ} pa znaša 71,4 dB(A). Rezultat torej kaže, da je cestni hrup ob cesti Arja vas–Velenje znatno prekoračen.

5 PREDLOGI ZA ZMANJŠANJE HRUPA

Prednost ceste Arja vas–Velenje pred drugimi cestami s podobnim problemom je, da ob njej najdemo dokaj malo stanovanjskih objektov ob celi njeni dolžini, ki znaša okoli 15 km. V smeri Velenja se najprej nahaja majhno naselje Velika Pirešica, kjer se ob cesti nahaja le nekaj stanovanjskih objektov. Tam so ob cesti že postavljene protihrupne ograje. Nato vse do naselja Vinska Gora ni nobenih stavb, vsaj ne v neposredni bližini ceste, ki bi bile izpostavljene cestnemu hrupu. Ostane torej del ceste od Vinske Gore do Velenja, kjer se nahajajo stanovanjske hiše in tudi druge zgradbe. Gre pravzaprav za podeželje.

Ob nekaterih hišah je moč videti, da so lastniki sami poskrbeli za zaščito pred hrupom, in sicer z nasaditvijo gostih živih mej, kar je sicer bolj zasilna rešitev. Ker ob tej cesti ni višjih stavb, so ukrepi enostavnejši in cenovno ugodnejši. Kjer je to možno, bi se lahko zgradili zemeljski protihrupni nasipi, saj imajo številne prednosti, ki so že opisane v podpoglavju 3.6.1. V naselju Bevče pri Velenju, kjer ob cesti stojijo nove vrstne hiše, so zatravljeni zemeljski protihrupni nasipi že zgrajeni. To vidimo na Sliki 22.



Slika 22: Zatravljen zemeljski protihrupni nasip ob cesti Arja vas–Velenje v naselju Bevče (Vir: Lasten)

Tam, kjer ni pogojev za protihrupne nasipe, pa bi bile najbolj primerne nagnjene transparentne protihrupne ograje, kot jo prikazuje Slika 23. To je namreč edina vrsta protihrupne ograje, kjer ohranimo pogled na pokrajino. Vse ostale ograje so bolj primerne za postavitev bodisi ob avtocestah bodisi v mestih.

Že ustaljena praksa pri gradnji novih hiš blizu prometnih cest je, da se bivalni prostori načrtujejo tako, da so proti cesti obrnjeni tisti, v katerih se preživlja manj časa in kjer je hrup manj moteč. To so po navadi kuhinja, kopalnica, shramba itd. Na nasprotni strani hiše, kjer je potreben mir, pa se načrtuje dnevna soba, otroška soba, spalnica ...



Slika 23: Nagnjena transparentna protihrupna ograja (Vir: Medmrežje 19)

»Ocenjevanje motenj zaradi hrupa je zahtevno, saj posamezniki določen hrup različno dojemajo. Razen tega se hrup lahko močno spreminja že na majhne razdalje. Na širjenje od vira do mesta opazovanja bistveno vplivajo odboji (ki so odvisni tudi od absorpcije tal) in ovire. Pri isti zgradbi se lahko obremenjenost na različnih fasadah ali oknih močno razlikuje, lahko tudi za več kot 20 dB(A). V urbanem okolju je s tega vidika pomemben način pozidave. Tako so lahko prostori, ki se odpirajo na prometno ulico, močno preobremenjeni s hrupom, v prostorih, obrnjenih proti notranjemu dvorišču, pa tovrstnih obremenitev skorajda ni. V pretežno naravnem okolju je širjenje hrupa odvisno še od meteoroloških razmer, od reliefnih značilnosti in poraščenosti terena« (Cigale & Lampič, 2004).

Zelo učinkovit protihrupni ukrep je vsekakor omejitev hitrosti na določenih odsekih ceste, saj nižja hitrost vozil pomeni tudi nižji emitiran hrup. O uvedbi semaforiziranega križišča pri Črnovi se razmišlja že nekaj časa iz drugih razlogov, hkrati pa bi to bil dober protihrupni ukrep, saj bi znižal hitrost vozil. Tam se namreč nahaja nekaj stanovanjskih hiš zelo blizu ceste.

Vsekakor pa je glavna rešitev za prekomerni hrup na cesti Arja vas–Velenje izgradnja nove, nujno potrebne hitre ceste od avtoceste do Velenja (in naprej proti Koroški), ki bi precej razbremenila obstoječo cesto ter tudi pomembno vplivala na razvoj gospodarstva v tem delu Slovenije.

6 RAZPRAVA IN SKLEPI

V diplomskem delu je obdelana tematika hrupa cestnega prometa. Neizogiben je teoretični del, saj se je najprej potrebno podrobneje seznaniti s samim pojmom hrupa, njegovimi škodljivimi učinki na ljudi in živali, zakonodajo, cestnim hrupom in protihrupnimi ukrepi. V eksperimentalnem delu naloge pa je analizirana problematika cestnega hrupa na cesti Arja vas–Velenje.

Nekoč, ko je bilo število vozil na svetu bistveno manjše, je bil cestni hrup značilen predvsem za velika mesta. Zadnjih nekaj desetletij pa zaradi precejšnjega porasta cestnih vozil, gospodarskega razvoja, potreb itd., na problem cestnega hrupa naletimo tudi na redko naseljenih območjih. Vsepovsod, kjer se nahaja industrija oz. velike tovarne in podjetja, ima to za posledico močno povečan promet bodisi zaradi potreb samih podjetij bodisi zaradi dnevnih migracij zaposlenih. Velenje kot pomembno industrijsko središče ni nobena izjema, zato je cesta Arja vas–Velenje preobremenjena. Z vidika cestnega hrupa je logično predvidevati, da je le-ta na tej cesti prekomeren. Zlasti so problematični številni težki tovornjaki, ki med vsemi cestnimi vozili povzročajo največji hrup.

Pri iskanju izvora hrupa, ki ga neko cestno vozilo med vožnjo povzroča, je moč ugotoviti, da hrup ustvarja več različnih faktorjev. Vsak izmed teh faktorjev lahko prispeva k znižanju hrupa, za kar se proizvajalci vozil in pnevmatik trudijo. Svoj delež k znižanju hrupa lahko prispeva tudi zakonodaja z raznimi ukrepi in omejitvami.

Na cesti Arja vas–Velenje so meritve pokazale, da je raven hrupa zaradi cestnega prometa prekoračena za vsaj 15 dB(A). S tem lahko potrdimo prvo hipotezo. To nedvomno pomeni, da je hrup precej moteč za vse, ki domujejo blizu te ceste. Najvišji nivo hrupa ustvarjajo številni težki tovornjaki, ki se dnevno vozijo po tej cesti. Trenutne konične ravni hrupa, ki jih povzročajo težki tovornjaki, so še posebej visoke in znašajo tudi preko 100 dB(C).

Prednost ceste Arja vas–Velenje pred drugimi primerljivimi je, da ob njej ni veliko ne stanovanjskih ne kakšnih drugih objektov. Zato je za zaščito pred cestnim hrupom tukaj lažje poskrbeti. Ponekod je za to s protihrupnimi ukrepi že poskrbljeno, nekje pa so se lastniki hiš sami zaščitili pred hrupom z zasaditvijo protihrupnih nasadov. Tam, kjer zaščite še ni, pa bi bilo možno ukrepati, kot je predlagano v tem diplomskem delu. Četudi bi uporabili katerokoli drugo vrsto protihrupne zaščite, bi se nivo hrupa znižal, saj je to tudi njen namen. Tako lahko potrdimo tudi drugo hipotezo.

7 POVZETEK

Hrup je v današnjem sodobnem času velik okoljski problem. Ni samo nezaželen in moteč zvok, ampak je tudi zdravju škodljiv. Povzročča številne okvare in zelo resne bolezni, in sicer ne samo v primerih, ko smo kratek čas izpostavljeni visokim ravnam hrupa. Znosna oz. še nekje sprejemljiva raven hrupa za nočni čas znaša 45 dB(A), podnevi pa 55 dB(A). Zdravju škodljiva raven hrupa je lahko tudi pod 80 dB(A), če smo ta hrup primorani vsakodnevno poslušati. Tu spada tudi hrup cestnega prometa, ki je med vsemi vrstami oz. viri hrupa zagotovo najbolj problematičen, saj je tudi najbolj razširjen.

Cestna motorna vozila med vožnjo ustvarjajo hrup, ki je odvisen od mnogih dejavnikov. Najbolj pomembni med njimi so: vrsta vozila, hitrost vozila, hrup motorja, hrup zaradi kotaljenja pnevmatik, hrup zaradi aerodinamičnega upora zraka, lastnosti pnevmatik in lastnosti obrabne cestne površine.

Ob zelo obremenjenih cestah, kot je tudi cesta Arja vas–Velenje, najbolj trpijo ljudje, ki domujejo blizu takih cest. Preko skupno 16.000 vseh vrst cestnih vozil, ki dnevno vozijo po tej cesti, ustvarja prekomeren hrup. To so pokazale tudi izvedene meritve, kajti povprečna izmerjena ekvivalentna vrednost hrupa je znašala 71,4 dB(A), kar je precej nad sprejemljivo mejo. Najvišji nivo hrupa sicer ne ustvarja veliko število vozil, ampak predvsem težki tovornjaki (okoli 400 dnevno) in hrup zaradi aerodinamičnega upora zraka. Lokalna politika, gospodarstveniki, tukajšnji prebivalci in drugi težijo k temu, da bi čim prej dobili novo hitro povezavo do avtoceste bolj iz drugih razlogov (predolg čas vožnje, prevelika gneča, prometne nesreče ...). Ta hitra cesta bi bila v vsakem primeru dobrodošla.

Hrupa v nobenem primeru ne moremo popolnoma izničiti, lahko pa se proti njemu borimo z ustreznimi protihrupnimi ukrepi. V neposredni bližini ceste Arja vas–Velenje ni veliko stanovanjskih objektov, zato je tu možno problem cestnega hrupa relativno enostavno ublažiti z izgradnjo primernih protihrupnih ograj, nasipov, vgradnjo zvočno izolacijskih vrat in oken ter dobre izolacijske fasade. Vsekakor pa ni pomembna samo protihrupna zaščita, ampak tudi njen videz oz. ujemanje glede na prostor, v katerem se nahaja.

8 SUMMARY

Noise in today`s modern times is a major environmental problem. It is not just unwanted and annoying sound but it is also harmful. It causes several injuries and serious disease, not only in cases when a person is exposed to high levels of noise for a short time. Acceptable noise level at night is 45 dB(A) and 55 dB(A) during the day. Noxious noise level can also be below 80 dB(A) if the noise is forced to listen to on a daily basis. Road traffic noise belongs here because it`s the most problematic during all types and sources of noise and it is the most expanded as well.

Road motor vehicles generate noise which depends on many factors. The most important among them are the type of vehicle, vehicle speed, engine noise, noise due to tire rolling, noise due to the air drag, tire characteristics and the wear characteristics of the road surface.

At the very congested roads as well as road Arja vas-Velenje people who live near such roads suffer a lot. Through a total of 16,000 all kinds of vehicles that travel daily on this road create excessive noise. Noise measurements have confirmed that because the average measured equivalent sound level was 71.4 dB(A) which is a lot above the acceptable limit. The maximum noise level does not create a large number of vehicles but especially heavy trucks (400 per day) and noise due to the air drag. Local politicians, businessmen, local residents and others tend to have new fast road to the motorway as soon as possible for other reasons as well (too long driving time, too crowded, traffic accidents...). The expressway would be good solution in any case.

Noise can`t be completely nullified in any case but we can fight against it with appropriate anti-noise measures. In the case of road Arja vas-Velenje in the immediate vicinity is not many residential buildings so the problem of road noise can be relatively easily mitigated by the construction of suitable noise barriers, embankments, installation of sound insulation of doors and windows and good insulating facades. However it is important not only sound insulation but also its appearance and matching relation to the space in which it is located.

VIRI IN LITERATURA

1. Bilban, M. 2011: Hrup kot spremljevalec sodobnega življenja. Medmrežje: http://www.osha.mdds.gov.si/resources/files/pdf/kampanje/drBilban_Spremljevalec_sodobnega_zivljenja.pdf (25. 9. 2015)
2. Cigale, D., Lampič, B. 2004. Hrup kot okoljski problem. Medmrežje: www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:doc-DFROHVPY/390519ce.../PDF (27. 9. 2015)
3. Crocker, M. J., (2007). Handbook of noise and vibration control. V: *Introduction to transportation noise and vibration sources*. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
4. Čudina, M. (2001). Tehnična akustika: Merjenje, vrednotenje in zmanjševanje hrupa in vibracij. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo.
5. Deželak, F. 2015: Najslabši protihrupni ukrep so ravne pregrade. Medmrežje: <http://www.delo.si/znanje/znanost/najslabsi-protihrupni-ukrep-so-ravne-pregrade.html> (30. 9. 2015)
6. Holeček, N. (2003). Magistrsko delo: Razpoznavanje in karakterizacija zvočnih virov pri gospodinjskih aparatih. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo.
7. Holeček, N. in drugi (2015). Road traffic noise along main road Arja vas–Velenje. ICTS 2015, 17th International Conference on Transport Science, Maritime, Transport and logistics Science, Conference Proceedings
8. Mahajan, S. R., Rajopadhye, R. D. 2013. Transportation noise and vibration – sources, prediction and control. Medmrežje: <http://www.ijscce.org/attachments/File/v3i5/E1947113513.pdf> (20. 9. 2015)
9. Meh, S. 2002. Cesta smrti Arja vas–Velenje. Medmrežje: <https://www.dnevnik.si/38947/lokalno/38947> (3 .9. 2015)
10. Petrović, N. in drugi 2014. Antropogenic noise impact on birds in urban habitat. Medmrežje: http://www.cqm.rs/2014/cd2/pdf/papers/focus_3/18.pdf (14. 9. 2015)
11. Ramšak, M. (2003). Proceedings of the first congress of Alps Adria acoustics association and third congress of Slovenian acoustical society. V: *Primerjalna študija emisije prometnega hrupa za primere značilnih asfaltnih zmesi, ki se uporabljajo za izdelavo vozniških površin cest v Sloveniji*. Ljubljana, Narodna in univerzitetna knjižnica
12. Sandberg, U., Ejsmont, J. A. (2007). Handbook of noise and vibration control. V: *Tire/road noise – generation, measurement and abatement*. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.
13. Škibin, L. in drugi (2003). Proceedings of the first congress of Alps Adria acoustics association and third congress of Slovenian acoustical society. V: *Potrjevanje suma kronične okvare sluha kot poklicne bolezni (upoštevanje starostne izgube sluha)*. Ljubljana, Narodna in univerzitetna knjižnica
14. Tinauer, C. 2014. Zahtevajo hitro cesto. V: *Gospodarstveniki od vlade zahtevajo konkretne zaveze glede hitre ceste*. Medmrežje: <http://novice.najdi.si/predogled/novica/e43eb206ea8ec4451a237b58cd02c58a/Radio-1/Savinjska/Zahtevajo-hitro-cesto> (7. 10. 2015)
15. Uredba o hrupu v naravnem in življenjskem okolju, Ur. l. RS, št. 45/1995

16. Medmrežje 1:

http://www.osha.mdds.gov.si/resources/files/pdf/kampanje/drBilban_Spremlievalec_sodobnega_zivljenja.pdf (25. 9. 2015)

17. Medmrežje 2: [file:///C:/Users/doma/Downloads/Prispevek_za_JON_hrup%20\(7\).pdf](file:///C:/Users/doma/Downloads/Prispevek_za_JON_hrup%20(7).pdf) (27. 9. 2015)

18. Medmrežje 3: http://exa.com/vehicle_handling_automotive (30. 9. 2015)

19. Medmrežje 4: <http://www.pavingexpert.com/tarmac03.htm> (2. 10. 2015)

20. Medmrežje 5: <http://www.asfaling.com/asfaltiranje/> (2. 10. 2015)

21. Medmrežje 6: <http://forum.bauforum24.biz/forum/index.php?showtopic=53827> (2. 10. 2015)

22. Medmrežje 7:

<http://www.akustikforschung.de/en/leistungen/umweltakustik/strassenlarm/cpx-rollgerauschmessung/> (3. 10. 2015)

23. Medmrežje 8:

http://www.siol.net/avtomoto/zanimivosti/tehnika/2012/10/zimske_gume_nalepke.aspx (3. 10. 2015)

24. Medmrežje 9:

<http://novice.najdi.si/predogled/novica/e43eb206ea8ec4451a237b58cd02c58a/Radio-1/Savinjska/Zahtevajo-hitro-cesto> (5. 10. 2015)

25. Medmrežje 10:

http://www.di.gov.si/fileadmin/di.gov.si/pageuploads/Prometni_podatki/Prometne_obremenitve_2013_NOO.pdf (6. 10. 2015)

26. Medmrežje 11: <https://www.dars.si/sklad/Ostale.html> (9. 10. 2015)

27. Medmrežje 12: <http://en.datonginc.com/noise-barriers.html> (9. 10. 2015)

28. Medmrežje 13: <http://www.stavbar-igm.si/sl/protihrupne-ograje> (9. 10. 2015)

29. Medmrežje 14: http://www.imont.si/p4-282-337-protihrupna_odbojna_ograjaja_tip_o (9. 10. 2015)

30. Medmrežje 15: <http://www.akripol.si/znamke/soundstop/aglas-soundstop-plosce-vrstaproduktov/> (9. 10. 2015)

31. Medmrežje 16: <http://www.winstarplastic.com/decorative-fence-19875.html> (9. 10. 2015)

32. Medmrežje 17: <http://www.vrtnarstvo-breskvar.com/page/5/> (10. 10. 2015)

33. Medmrežje 18:

<https://www.google.si/maps/place/3320+Velenje/@46.3513113,15.1236581,3325m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x4765613b10df4603:0x400f81c823ff260!6m1!1e1> (13. 10. 2015)

34. Medmrežje 19: <http://www.noisebarriers.org/noisebarrier/transparent-sound-barrier.html> (15. 10. 2015)

