

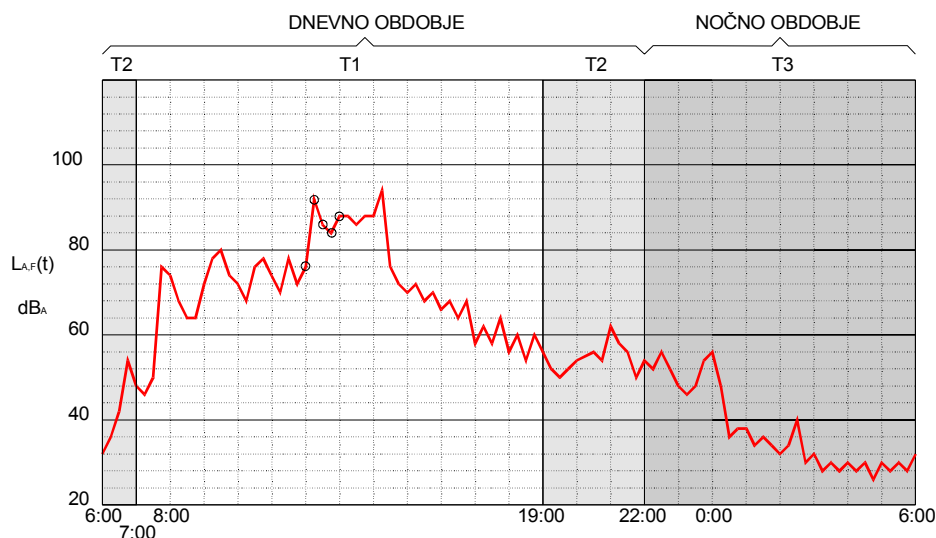
TEHNIČNA AKUSTIKA

8. VAJA - Merjenje Hrupa

Hrup je vsak zvok, ki v naravnem in življenjskem okolju vzbuja nemir, moti človeka in škoduje njegovemu zdravju ali počutju, ali pa škodljivo vpliva na okolje.

Hrup merimo z namenom, da ugotovimo ali je neko območje primerno za določene aktivnosti, da primerjamo izmerjene ravni z dopustnimi, da ugotovimo trend porasta hrupa zaradi planiranja ukrepov za zaščito pred njim, da lociramo najhrupnejši vir, da lahko določim način zmanjševanja hrupa, da ugotovimo izpostavljenost posameznika na določen vir.

Hrup se dinamično spreminja s časom in s položajem poslušalca. Pri merjenju hrupa imamo opravka z dvema različnima časovnima skalama. Prva skala je na nivoju meritve in zajemanja podatkov (sekunde v minute). Druga časovna skala pa je na nivoju dneva (ure). Iz več kratkih meritev, ki trajajo nekaj minut, kjer dobimo ekvivalentno raven hrupa, izračunamo raven hrupa za časovno obdobje dneva. Hrup je tudi subjektivne narave. Hrup, ki ga povzroča železnica ni tako moteč kot cestni hrup. Cestni hrup pa ni tako moteč kot tonalni. Poznamo pa tudi impulzni hrup, ki je sestavljen iz kratkih glasnih pulzov. Naša naloga je, da hrup kvantitativno ocenimo tako, da ga lahko primerjamo z dopustnimi in kritičnimi vrednostmi, ki jih predpisuje zakon.



Slika 1: Potek ravni hrupa, na časovni skali dneva. Označena so tudi časovna obdobja dneva.

Pri merjenju komunalnega hrupa, ki niha s frekvenco dneva, je potrebno določiti štiri časovne intervale dneva:

- T1 je čas od 7:00 do 19:00 in traja 12 ur
- T2 je čas od 6:00 do 7:00 in od 19:00 do 22:00 in traja 4 ure
- T3 je čas od 22:00 do 6:00 in traja 8 ur
- T4 je čas najhrupnejše ure v nočnem času

Rezultati izračunani iz meritev se primerjajo s predpisanimi vrednostmi. Predpisane mejne in kritične vrednosti ravni hrupa so odvisne od namembnosti območja:

- I območje: bolnice, šole, naravni parki...
- II območje: stanovanjska območja
- III območje: trgovsko, poslovnem, obrtniško, stanovanjsko
- IV območje: industrijska cona

Na grobo bomo razdelili merjenje hrupa na štiri specifične primere:

1. Merjenje komunalnega hrupa
2. Merjenje hrupa v bivalnih in delovnih prostorih znotraj stavb
3. Merjenje hrupa na delovnem mestu
4. Merjenje cestnega in železniškega hrupa

1. PRVE MERITVE IN OBRATOVALNI MONITORING

1.1.1 PRVE MERITVE

Prve meritve se opravijo ob prvem zagonu novega vira hrupa ali po rekonstrukciji obstoječega vira. Meritve se opravijo pri polni obremenitvi stroja, oziroma pod pogoji ko emitira največ hrupa. Meritve se ponavadi opravijo v času poizkusnega obratovanja.

Če je novi vir hrupa na območju, ki je že obremenjeno s hrupom, potem mora zavezanec pri prvih meritvah zagotoviti tudi izvedbo meritev celotne obremenitve območja kot posledico emisije vseh virov hrupa.

1.1.2 OBRATOVALNI MONITORING

Meritve hrupa vira se opravljajo na tri leta.

Meritve železniškega in cestnega hrupa se opravljajo vsakih 5 let.

Če je prisotnih več virov merimo hrup, ko obratujejo vsi viri.

1.1.3 KDAJ NI POTREBNO IZVAJATI MERITEV

Če vir ne seva več kot 45 dB podnevi in 35 dB ponoči za I in II območje.

Če vir ne seva več kot 56 dB podnevi in 46 dB ponoči za III in IV območje.

Zvonovov ne merimo .

Če je cesta malo obremenjena, manj kot: 400/dan (I območje),
250/dan (II območje),
4000/dan (III območje),
12500/dan (IV območje)

Če je št. Vlakov na uro majhno, manj kot: 1/uro (I območje)
4/uro (II območje)
15/uro (III območje)
15/uro (IV območje)

1.1.4 IZVEDBA PRVIH MERITEV IN MONITORINGA MORA OBSEGATI

1. Merjenje ravni hrupa za določitev ekvivalentne ravni hrupa in konične ravni hrupa
2. Merjenje ravni hrupa z časovno nastavitvijo na "IMPULZ" za izračun popravkov zaradi izrazitih impulzov
3. Merjenje spektra v tečnih pasovih, za ugotavljanje tonalnega hrupa
4. Izračun dnevne in nočne ravni hrupa, kot posledico emisije obravnavanega vira
5. Izdelavo poročila o meritvah in izračunu.

1.2. VELIČINE ZA OPIS HRUPA

1.2.1 IZMERJENE RAVNI HRUPA

Pri merjenju vpliva hrupa na človeka se vedno uporablja takoimenovano "A" frekventno utežbo spektra. Človek zelo nizkih frekvenc (pod 50 Hz) in zelo visokih frekvenc (nad 16kHz) ne sliši, mikrofoni in elektronika pa sta enako občutljiva za cel slišni frekventni spekter. Čeprav mikrofoni izmeri jakost amplitude pri 32 Hz, pri 1kHz in pri 18kHz enaka 30dB, bo pri tem človek dejansko slišal samo frekvenco 1kHz. Torej ga hrup pri nizkih in visokih frekvencah ne bo motil, ker ga enostavno ne bo slišal. To se pravi da z mikrofonom brez "A" uravnoteženja izmerimo hrup okoli 35 dB, čeprav človek zazna dejansko samo 30 dB.

Frekventno uteženje A je torej frekventni pasovni filter, ki karakteristiko mikrofona prilagodi karakteristiki človeškega ušesa.

$$\text{Raven hrupa: } L(t) = 10 \log \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2$$

Izmerjena vrednost ravni hrupa frekventno utežena po A in časovno po Slow: $L_S(t)$

Izmerjena vrednost ravni hrupa frekventno utežena po A in časovno po Fast: $L_F(t)$

Izmerjena vrednost ravni hrupa frekventno utežena po A in časovno po I: $L_{A1}(t)$

Časovno uravnoteženje "Slow" se je uporabljalo v času ko so bili merilni inštrumenti še analogni s kazalčnimi prikazovalniki.

1.2.2 IZRAČUNANE RAVNI HRUPA

1.2.2.1 EKSPOZIJSKA RAVEN HRUPA

To je veličina izračunana iz izmerjenih vrednosti ravni hrupa po enačbi:

$$L_{EA} = 10 \log \left(\frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} 10^{0,1L(t)} dt \right)$$

Pri tem je: T_0 je čas ene sekunde
Časovni interval od t_1 do t_2 mora biti dovolj dolg, da zajame vse zvočne pojave hrupnega dogodka, za katerega velja ekspozivjska raven

Ta veličina nam pove, kakšno raven hrupa bi dosegel hrupni dogodek če bi trajal 1 sekundo.

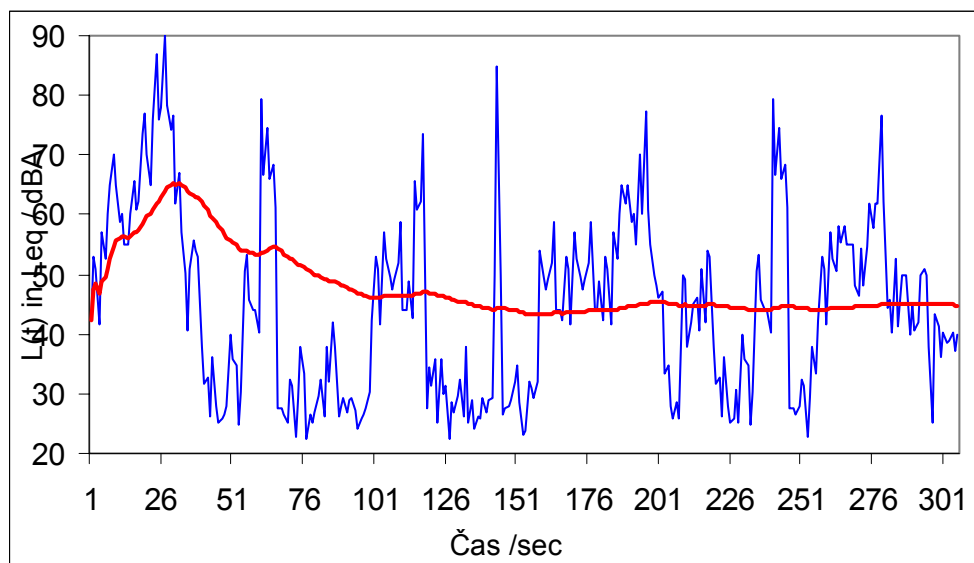
1.2.2.2 EKVALENTNA RAVEN HRUPA

Ekvivalentna raven zvočnega tlaka je povprečje razmerja med kvadratom RMS zvočnega tlaka in kvadratom referenčne vrednosti - povprečje od (p_{RMS}^2 / p_0^2) .

Na sliki 2 vidimo kako se znotraj časovnega intervala t_0 spreminja raven hrupa $L(t)$. Pri tem se ekvivalentna raven hrupa L_{eq} , asimptotično približuje neki vrednosti. Čas meritve t_0 izberemo tako, da se L_{eq} ob koncu tega časovnega intervala ne spreminja več. Ta asimptotična vrednost predstavlja izmerjeno L_{eq} . Enačba za ekvivalentno raven hrupa je po definiciji:

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{t_0} \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{L(t)}{10}} dt \right)$$

$L(t)$ je frekventno uravnotežen po A krivulji in ima časovno konstanto "Fast"



Slika 2: Časovni potek ravni hrupa, in asimptotično približevanje ekvivalentne ravni hrupa neki vrednosti

L_{AFeq} je za določen časovni interval izračunana stalna raven, ki je po energiji zvočnega valovanja enaka energiji izmerjenega hrupa, in je uravnotežena po A krivulji. Izmerjena je s časovno nastavitvijo FAST, ki ima časovno konstanto 125ms

- Če se raven hrupa v času meritve ekvivalentne ravni (v intervalu t_0) spreminja za manj kot 5dB potem lahko rečemo da je raven hrupa stalna. Za vrednost ekvivalentne ravni hrupa se lahko privzame v časovnem intervalu t_0 prevladujočo izmerjeno vrednost $L_S(t)$

- Če se raven hrupa znotraj intervala t_0 spreminja za več kot 5 dB, vendar tako, da je časovni potek ravni hrupa mogoče sestaviti iz zaporedja več časovnih intervalov t_i , v katerih pa je raven hrupa stalna, potem se lahko ekvivalentno raven izračuna iz prevladujočih izmerjenih vrednosti $L_S(t)_i$ po naslednji enačbi:

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{t(0)} \sum_i^n t(i) * 10^{0,1L_S(t)_i} \right)$$

pri tem je: $t(0) = \sum_{i=1}^n t(i)$ Časovni interval $t(0)$ je torej sestavljen iz manjših intervalov t_i
 $L_S(t)_i$ je prevladujoča izmerjena vrednost v časovnem intervalu t_i

- Če se raven hrupa dinamično spreminja za več kot 5 dB, potem ekvivalentno raven hrupa merimo z merilnimi inštrumenti, ki z integriranjem po času in časovnim povprečenjem neposredno iz izmerjenih vrednosti hrupa $L_F(t)$ izračunajo vrednost ekvivalentne ravni.

- Ekvivalentno raven hrupa, ki se dinamično spreminja za več kot 5 dB lahko izračunamo iz podatkov, ki so dobljeni s časovnim vzorčenjem ravni hrupa $L_F(t)$.

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_F(t)_i} \right)$$

Pri tem je: $n = t_0/Dt$, to je število vseh vzorcev v časovnem intervalu t_0
 Dt je čas med dvema zaporednima vzorcema
 $L_F(t) =$ v času i -tega vzorca z vzorčenjem izmerjena raven hrupa.

- Če hrup sestavlja en ali več posameznih, med seboj ločenih hrupnih dogodkov, ki se zgodijo v času t_0 , potem ekvivalentno raven lahko izračunamo iz ekspozicijskih ravni posameznih hrupnih dogodkov po enačbi:

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{T_0}{t_0} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{EA,i}} \right)$$

Pri tem je: $L_{EA,i}$ je ekspozicijska raven hrupnega dogodka, označenega z indeksom i
 n je število vseh hrupnih dogodkov v času trajanja meritve t_0
 t_0 je časovni interval za katerega velja izračun ekvivalentne ravni
 T_0 je čas 1 sekunde

1.2.2.3 KONIČNA RAVEN HRUPA

To je vrednost ravni hrupa, ki je presežena samo v 1% časa trajanja vsega časovnega intervala t_0 , v katerem se izvajajo meritve. (Lahko bi rekli impulz na večji časovni skali)

1.2.2.4 HRUP OZADJA

To je raven hrupa ki jo zvočni vir preseže v 99% merilnega časa

To je vrednost ravni hrupa, ki je pri obratovanju samo nepomembnih virov hrupa presežena v trajanju 99% vsega dnevnega obdobja T_N za katerega se izračunava ocenjeno raven.

1.2.2.5 POVPREČNA RAVEN IMPULZNEGA HRUPA

Za razliko od prejšnjih meritev ko je časovni odziv merilnika nastavljen na fast je tu merilnik nastavljen na impulzni odziv. Povprečna raven impulznega hrupa je enako definirana kot ekvivalentna raven hrupa, samo da upošteva meritve izmerjenje s časovno konstanto "Fast"

Povprečna raven impulznega hrupa $L_{AI,pov}$ je definirana z enačbo:

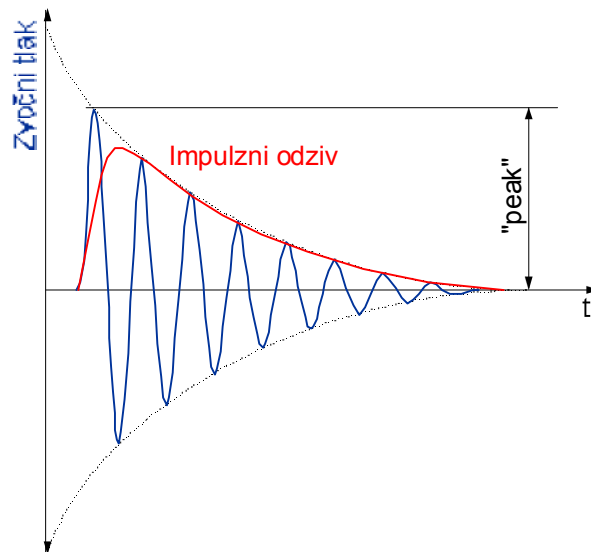
$$L_{I,pov} = 10 \log \left(\frac{1}{t_0} \int_0^{t_0} 10^{\frac{L_I(t)}{10}} dt \right)$$

$L_I(t)$ je frekventno uravnotežen po A krivulji in ima časovno konstanto "Impulse"

O impulznem hrupu govorimo če v času merjenja t_0 povprečna raven impulznega hrupa za več kot 2dB presega ekvivalentno raven hrupa za isto časovno obdobje

Izraziti impulzi so lastnost hrupa, če v časovnem intervalu t_0 povprečna raven hrupa $L_{A, \text{povp}}$, ki je merjena s časovno nastavitvijo merilnika na "IMPULZ" za več ko 2dB presega ekvivalentno raven L_{eq} za isto časovno obdobje

Pogoj za impulzni hrup: $L_{i, \text{pov}} > L_{A, \text{eq}} + 2\text{dB}$



Slika 3: Impulzni odziv

Uporaba impulznega časovnega odziva je pogojena z lastnostjo človeškega ušesa, ki ni sposobno zaznavati spremembam hrupa, ki so krajše od 100ms. Zaradi počasnega odziva ušesa, pa vpliv na poškodbo ušesa ni zmanjšan. Zato je bila definirana časovna konstanta vhodnega detektorja, z odzivom 35ms in posebno krivuljo padanja. Tako zajeta hitra sprememba hrupa ni podcenjena, in odraža dejansko obremenitev ušesa. Impulzni odziv je prikazan na sliki 3

1.2.2.5 TERČNI SPEKTER (1/3 oktave)

Pri posamezni meritvi lahko posnamemo tudi terčni spekter

1.2.2.6 OCENJENA RAVEN HRUPA

To je na celoštevilsko vrednost zaokrožena ocena, ki se jo izračuna za čas trajanja enega od štirih obdobjih dneva TN iz ekvivalentnih ravni $L_{eq,i}$ izmerjenih v časovno si zaporednih intervalih $t_{0,i}$ ter iz popravkov zaradi izrazitih impulzov in poudarjenih tonov po enačbi:

$$L_{r, \text{TN}} = 10 \log \left(\sum_i^n \frac{t_{0,i}}{\text{TN}} 10^{0,1L_{r,i}} \right)$$

Pri tem je:

- $L_{r,i} = L_{eq,i} + K_{1,i} + K_{2,i}$
- $t_{0,i}$ časovni interval i-te meritve
- $K_{1,i}$ je popravek zaradi izrazitih impulzov v času i-te meritve
- $K_{2,i}$ je popravek zaradi poudarjenih tonov v času i-te meritve
- $T_{0,i}$ je posamezni časovni interval, ki ne sme biti krajši od 1minute

Za časovne intervale pri tem velja: $\text{TN} = \sum_{i=1}^n t_{0,i}$

1.3 IZVEDBA MERITEV

1.3.1 DOLOČANJE MERILNEGA MESTA

SMERI ŠIRJENJA

Meritve obremenjenosti območja s hrupom, ki je posledica emisije vira hrupa, je potrebno na podlagi meritev izračunati za vse značilne smeri širjenja hrupa v merilnem območju. Meriti moramo na več mestih.

NEPOZIDANA POVRŠINA

Merilno mesto na nepozidani površini je postavljeno 1,2m do 1,5m od tal. Okoli merilnega mesta ne sme biti drevja ali grmičevja. Najbližja ovira, ki bi lahko predstavljala oviro za širjenje zvoka mora biti oddaljena najmanj 3,5m

Če merimo na nepozidani površini v I območju moramo meriti na tistem mestu kjer je hrup največji.

CESTNI IN ŽELEZNIŠKI HRUP

Če merimo hrup ceste ali železnice se moramo postaviti najmanj 25m stran od ceste oziroma železnice na nepozidano površino, in to tako da se hrup lahko prosto širi. To velja za vsa štiri območja.

POZIDANO OBMOČJE

Če merimo komunalni hrup na pozidanem območju, merimo na več točkah, za vsako smer širjenja po nepozidani površini. Naravne ali gradbene prepreke morajo biti oddaljene vsaj 3,5 m od mikrofona. V I območju pa merimo tam kjer je hrup največji.

Če med virom in najbližjo zgradbo ni nepozidane površine, če je zgradba od vira hrupa oddaljena manj kot 25m, če je topografija terena taka, da ni mogoče meriti na primernem mestu, se merilno mesto izbere 3,5 m od zgradbe in 1,2m do 1,5m od tal

Če oddaljenosti merilnega mesta od zgradbe ni mogoče zagotoviti, se meri hrup zunaj zgradbe, v višini pritličja 0,5m pred odprtim oknom na njegovi sredini.

Če je zgradba več nadstropna se meri v višini prvega in najvišjega nadstropja, to je 0,5m pred odprtim oknom na njegovi sredini.

KMETIJSKA DEJAVNOST

Vir hrupa predstavlja funkcionalno zemljišče.

Merilno mesto mora biti oddaljeno najmanj 150m

Za mesto vira hrupa se šteje kraju meritve najbližja točka funkcionalnega zemljišča vira hrupa.

Merilec mora biti usmerjen proti viru.

Merilnik se postavi na stojalo ki je 1,2 do 1,5m nad tlemi. Vloga stojala je predvsem v tem, da operater s svojo prisotnostjo ne vpliva na meritev. Če je merilec oddaljen manj kot 1 meter, potem je napaka pri 400 Hz lahko tudi 6dB

Če je prisotnih več virov (tovarna, raznolika dejavnost) potem se vse vire obravnava skupaj, vendar ločeno za vsako imisijsko mesto posebj. Zaželeno pa je oceniti prispevek posameznega vira na skupno obremenitev.

Če viri pripadajo različnim lastnikom, jih je potrebno obravnavati najprej ločeno in nato še posebej. Ni dovolj, da posamezni vir ne presega predpisanih ravni za vir, tudi celotna obremenitev se ne sme povečati nad dovoljeno raven.

1.3.2 POTREBEN ČAS MERJENJA

Čas merjenja je treba izbrati tako, da meteorološke razmere zagotavljajo nespremenjeno širjenje zvoka ves čas meritev in tako hitrost vetra, da je njena komponenta v smeri od vira hrupa proti kraju imisije pretežno pozitivna.

Ekvivalentna raven zvočnega tlaka se v časovnem intervalu t_0 asimptotično približuje neki stabilni vrednosti. Ko jo doseže, nadaljne meritve niso več potrebne. Čas merjenja je lahko zelo kratek, če je hrup stacionaren (ventilator), ali pa zelo dolg (cestni hrup ko se dejansko spreminja čez cel dan) V vsakem primeru mora bit čas daljši od 1min in mora zajemati ves hrupni dogodek, ki nas zanima.

Čas meritve je odvisen od vrste hrupa, ki se nanaša na:

- Obremenitev celotnega območja zaradi hrupa. Meritev celotnega območja se po pravilu izvaja 24 ur, v intervalih po eno uro.
- Obremenitev zaradi posameznega vira. Interval meritev hrupa posameznega vira, pa je odvisen od:
 - časa delovanja vira
 - spremenljivosti hrupa
 - ponavljanja hrupnih dogodkov

Meritve se nato preračunajo na celoten čas aktivnosti vira v izbranem časovnem obdobju dneva. Če je hrup neperiodičen, in če je še neenakomeren, je potrebno meritve izvesti za celoten čas delovanja vira. Časovni intervali posamezne meritve (t_0) ne morejo biti daljši od 1 ure in ne krajši od 1 minute.

Časovni interval meritve je lahko krajši od 1 minute, samo če je hrupni dogodek zelo kratek, in ga je potrebno izločiti od ostalih virov. V takih primerih se dejansko aktivira zajemanje podatkov samo takrat, ko hrupni dogodek nastopi. Cilj je zajeti čim čistejši vzorec hrupa, kot izključno posledico delovanja vira. Taki primeri so: Letalski hrup, zvonovi, in podobni viri.

Tretja vrsta hrupa so enakomerni viri, ki se jim emitiran hrup s časom zelo malo spreminja. Ventilatorji, kompresorji, hladilne naprave,..... Že nekaj enominutnih meritev omogoča dovolj dobro oceno o jakosti in lastnosti hrupa. V takih primerih se L_{eq} in L_{99} praktično ne razlikujeta, zato L_{99} ne predstavlja hrupa ozadja.

Pri vseh vrstah hrupa je priporočljivo meritev razdeliti na več intervalov, ki omogočajo kvalitativno informacijo o lastnostih hrupa, pri čemer so še posebej pomembni:

- Izraziti toni
- Impulzivnost
- konice

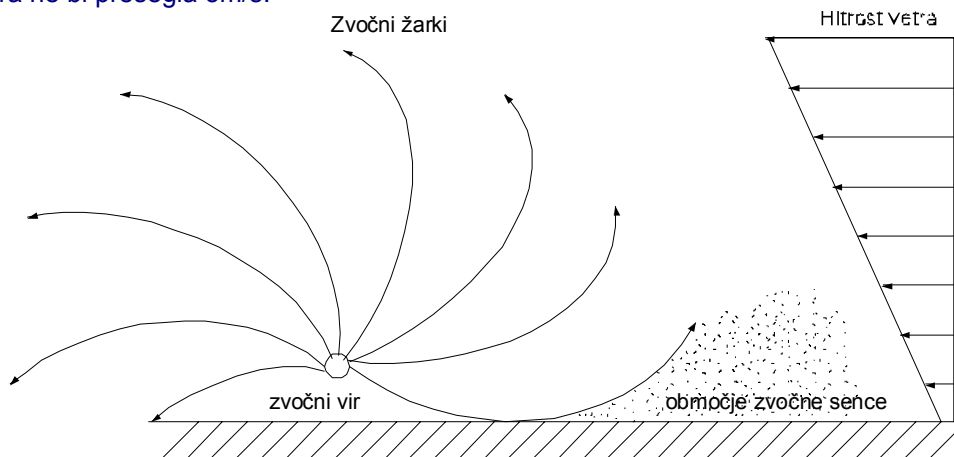
1.3.3 METEOROLOŠKI POGOJI MERITVE

Pri vseh meritvah moramo izmeriti, zapisati, in če je potrebno pri izračunu upoštevati meteorološke pogoje: Tlak

- Temperaturo
- Relativno vlažnost
- Hitrost vetra

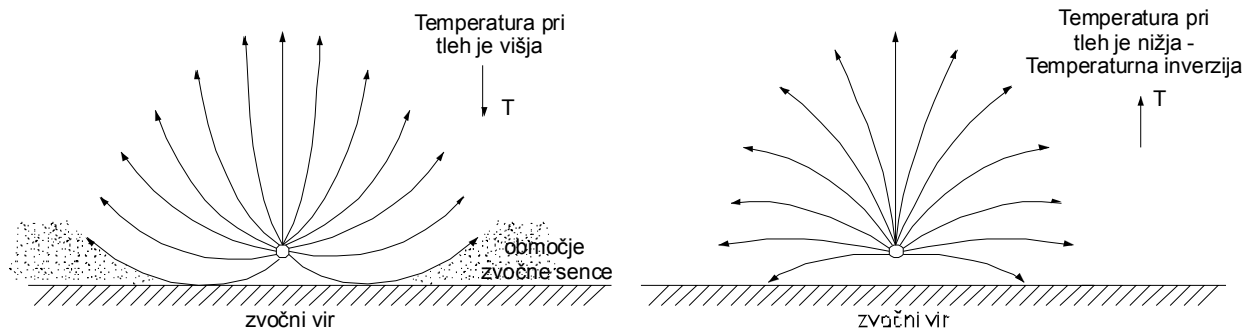
Vsakršno odstopanje zunanjih pogojev od laboratorijskih ima določen vpliv na meritev, vprašanje pa je, ali je posamezen vremenski vpliv dovolj velik, da ga je potrebno upoštevati.

Iz obstoječe literature, ki obravnava to območje je mogoče zaključiti, da ima na rezultate največji vpliv veter. Veter dejansko zvočne žarke ukrivi kot je to prikazano na sliki 4. Zaradi tega pride do takoimenovane zvočne sence, v kateri so lahko rezultati za 30dB nižji. Med izvajanjem meritev naj hitrost vetra ne bi preseгла 5m/s.



Slika 4: Vpliv vetra na merjenje hrupa

S temperaturo hitrost zvoka rahlo naraste. Pomemben pa je temperaturni gradient, ki prav tako ukrivlja zvočne žarke, kot je to prikazano na sliki 3.



Slika 5: Vpliv temperaturnega gradienta na merjenje hrupa

Dušenje zvoka v zraku se spreminja s frekvenco, relativno vlagko, temperaturo, in je zaradi medsebojnih vplivov zapleteno. V splošnem pa lahko rečemo, da je dušenje hrupa v zraku večje pri višjih frekvencah, in manjše pri nižjih. Dušenje višjih frekvenc je večje pri višji temperaturi in nižje pri večji vlažnosti

Pri povečanju oblačnosti oziroma megle se napačno verjame da se zvok lažje širi. To je zgolj posledica manjše aktivnosti ljudi.

V slabih vremenskih pogojih naj bi se meritve izvajale samo, če res ni druge možnosti. Odboj od mokrih površin je mnogo boljši kot od suhih. Zasnježene površine močno absorbirajo zvok, kar pomeni da bo izmerjena manjša raven hrupa .

Dež in sneg ne vplivata na meritve toliko kakor dežnik ali pokrivalo mikrofona.

Jeseni in spomladi ko ni listja na drevesih, trava pa je manjša, bodo izmerjene vrednosti istega vira višje.

1.4 POROČILO O OPRAVLJENIH PRVIH MERITVAH IN MONITORINGU

Po opravljenih meritvah mora izvajalec izdelati poročilo, o opravljenih meritvah in izračunih. Poročilo mora vsebovati:

1. Podatke o izvajalcu meritev.
2. Podatke o zavezancu in njegovi dejavnosti.
3. Glavne tehnične značilnosti vira hrupa.
4. podatke o merilniku hrupa.
5. Obratovalno stanje vira hrupa.
6. Meteorološke razmere v času merjenja.
7. Skico merilnega mesta in točen čas meritev.
8. Način merjenja in izračuna ekvivalentne ravni hrupa.
9. Izbiro korekcijskih vrednosti pri izračunu ocenjene ravni hrupa.
10. Izračun konične ravni hrupa, dnevno nočne ravni hrupa in ravni ozadja.
11. Vrednotenje izračunanih ravni hrupa glede na predpisane mejne vrednosti.

1.4.1 IZRAČUN:

1.4.1.1. OCENJENA RAVEN HRUPA ZA POSAMEZNO ČASOVNO OBDOBJE

Ocenjeno raven hrupa moramo izračunati za vse meritve, ki smo jih opravili v posameznem časovnem obdobju dneva. Za posamezno časovno obdobje moramo opraviti toliko meritev, da opišemo tipične hrupne dogodke.

$$L_{r,i} = L_{eq,i} + K_{1,i} + K_{2,i}$$

Pri tem i predstavlja i -to meritev v danem časovnem obdobju.

KOREKCIJA ZARADI IMPULZNEGA HRUPA

$$K_{1,i} = L_{i,pov} - L_{eq,i}$$

Če korekcijski faktor K_1 manjši od 2dB potem ga ni treba upoštevati

KOREKCIJA ZARADI TONALNEGA HRUPA

O tonalnem hrupu govorimo, če je raven terčnega pasu najmanj za 5dB večja od ravni sosednjih dveh terčnih pasov.

Razlika med ravno terčnega pasu in večjo ravno sosednjega terčnega pasu	Korekcijski faktor K2
5dB - 10dB	2
10dB - 20dB	4
>20 dB	6
Več poudarjenih tonov ki so za več kot 10dB večji od sosednjih	6

1.4.1.2. OCENJENA RAVEN HRUPA ZA POSAMEZNO OBDOBJA DNEVA

$$L_{r,TN} = 10 \log \left(\frac{1}{TN} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{r,i}}{10}} t_{0,i} \right)$$

$$n t_0 = TN$$

n je število ponovitev v enem časovnem obdobju dneva

TN pa se nanaša na štiri časovna obdobja.

TN = T1, T2, T3, T4 Pri tem pa je : T1 = 12 ur

T2 = 4 ure

T3 = 8 ur

T4 = 1 ura

$L_{r,TN}$ je celoštevilčna ocena povprečne ravni hrupa za čas izbranega obdobja

1.4.1.3 DNEVNA RAVEN HRUPA

To je ocenjena raven hrupa v času od 6:00 do 22:00

$$L_d = 10 \log \left[\frac{1}{16} \left(12 * 10^{\frac{L_{r,T1}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{r,T2+6}}{10}} \right) \right]$$

1.4.1.4 NOČNA RAVEN HRUPA

$$L_n = L_{r,T3}$$

Če je $L_{r,T4} > L_{r,T3} + 4\text{dB}$ potem je nočna raven hrupa določena po enačbi

$$L_n = L_{r,T4}$$

1.4.1.5 DNEVNO NOČNA RAVEN HRUPA - DNEVNA OBREMNITEV S HRUPOM

$$L_{r,TN,celotna} = 10 \log \left[10^{\frac{L_{r,TN1}}{10}} + 10^{\frac{L_{r,TN2}}{10}} + 10^{\frac{L_{r,TN3}}{10}} + 10^{\frac{L_{r,TN4}}{10}} + 10^{\frac{L_{ozadja}}{10}} \right]$$

1.4.1.6 DOLOČITEV HRUPA OZADJA

Hrup ozadja je določen kot tista raven hrupa, ki je presežena v 99% merilnega časa.

1.4.1.7 DOLOČANJE VPLIVA HRUPA POSAMEZNEGA VIRA

Ocenjevanje vpliva vira na hrup okolja:

1. Če je raven hrupa ozadja za 10dB nižja od izmerjenih vrednosti, potem privzamemo, da je raven hrupa v celoti posledica emisije vira hrupa. Razlika v hrupu, če je vir vklopljen ali izklopljen.
2. Če je hrup ki ga seva vir od 3dB do 10 dB večji od hrupa okolice, potem izračunamo raven hrupa vira po naslednji enačbi:

$$L_{vir} = 10 \log \left[10^{\frac{L}{10}} + 10^{\frac{L_{ozadja}}{10}} \right]$$

3. Če je razlika med izmerjeno ravno hrupa in hrupom ozadja manjša od 3 dB potem privzamemo, da je hrup obravnavanega vira nepomemben za obremenitev območja

Raven hrupa, ki je posledica emisije obravnavanega vira, dobimo iz razlike med izmerjeno ekvivalentno ravno hrupa in hrupom ozadja

$$L_{vir} = L_{eq} - L_{99}$$

1.4.2 OCENA OBREMENJENOSTI OKOLJA S HRUPOM

Rezultate pridobljene z meritvijo hrupa kot posledice delovanja virov hrupa je potrebno ovrednotiti skladno z veljavnimi predpisi. Zaradi subjektivnega dojemanja hrupa so tudi rezultati uteženi tako, da odražajo obremenilni vpliv n ačloveka. Cilj je dosežen na dva načina:

1. Naravno življenjsko okolje je razdeljeno na več območij, ki imajo predpisano različno zaščito pred hrupom. V vsakem območju je določena neka mejna vrednost ki je hrup ne sme preseči
2. Utežitev rezultatov meritve na naravo hrupa:
 - Časovna aktivnost hrupa
 - Obdobje dneva v katerem je vir aktiven
 - Dinamiko hrupa
 - Izrazitost posameznih frekvenc
 - Vrsto povzročitelja hrupa

Predpisane so štiri veličine, s katerimi opisujemo hrup, ki ne smejo biti presežene, in so podane v spodnjih tabelah. Vse predpisane veličine se nanašajo posebej za dnevne vrednosti in posebej za nočne vrednosti.

Tabela 1: MEJNA RAVEN

Območje	Nočna raven	Dnevna raven
I	40	50
II	45	55
III	50	60
IV	70	70

Tabela 2: KRITIČNA RAVEN

Območje	Nočna raven	Dnevna raven
I	47	57
II	53	63
III	59	69
IV	70	80

Tabela 3: MEJNA RAVEN ZA VIR HRUPA

Območje	Nočna raven	Dnevna raven
I	37	47
II	42	52
III	48	58
IV	68	68

Tabela 4: MEJNA KONIČNA RAVEN HRUPA

Območje	Nočna raven	Dnevna raven
I	60	75
II	65	75
III	70	85
IV	90	90

Pogoji ocenjevanja obremenitve območja

- Hrup, ki je posledica enega ali več ne infrastrukturnih virov ne sme presegati mejne ravni za dano območje.
- Hrup, ki je posledica enega ali več prometnih infrastrukturnih virov ne sme presegati kritične ravni za dano območje. To velja tudi če posamezni vir presega mejno raven hrupa za posamezni vir.
- Hrup obstoječih virov, med katerimi so tudi infrastrukturni viri ne sme presegati kritične ravni. Za hrup, ki je posledica obstoječih virov, ki niso prometni infrastrukturni viri, veljajo določbe iz prve točke.
- Obremenitev območja s hrupom, kot posledico emisije posameznega vira, se ugotavlja tako, da se na podlagi meritev hrupa na mestu imisije izračuna dnevna, nočna ekvivalentna in konična raven, pri čemer morajo meritve potekati ob izključitvi preostalih virov. Posamezni vir hrupa povzroča čezmerno obremenitev, če dnevna ali nočna raven presega mejno raven za vir hrupa, ali pa če katerakoli meritev konične ravni hrupa presega mejno konično raven
- Raven hrupa, zaradi zabave, shoda..., ki traja manj kot 3 ure se ocenjuje z ekvivalentno ravno hrupa, ki mora biti manjša od kritične ravni. Če prireditev traja dalj kot 3 ure pa mora biti ekvivalentna raven za čas trajanja manjša od mejne ravni.
- Nočna mejna raven, nočna kritična raven in nočna mejna raven za vir hrupa veljajo za I in II območje ob nedeljah in praznikih kot dnevne mejne ravni.
- Na meji med IV in katerim koli preostalim območjem ne smejo biti preseženi strožji pogoji sosednjega območja.
- Na meji med različnimi območji, se mejna vrednost ravni hrupa določa z zvezno enačbo $L_1 = L_2 - 5 \log(1 + S)$
 L_1 je mejna raven, kritična raven za vir hrupa na območju zvezenega prehoda z območja z večjo vrednostjo v območje z manjšo vrednostjo.
 L_2 je mejna raven, kritična raven ali pa kritična raven za vir hrupa.
 S je pravokotna oddaljenost med črto stikanja obeh območij in krajem imisije na območju z manjšo vrednostjo.

Največ težav pri meritvah na terenu predstavlja hrup, ki ni predmet meritve. Pred merilca postavlja težko nalogo, kako se takemu hrupu izogniti, ali kako ga pri izračunu upoštevati tako, da ne bo katera izmed strank oškodovana. Napačno ovrednotena raven obremenitve ima lahko za posledico velike izdatke za sanacijo stanja na eni strani, ali pa nedopustno povečanje obremenitve okolja na drugi strani.

V praksi se lahko posluži nekaj metod merjenja in izračuna, ki riziko napačnega vrednotenja bistveno zmanjša.

1. V času izvajanja merjenja so ostali viri izključeni
2. Z začasno ustavitvijo merjenja se lahko izločijo neželjeni hrupni dogodki
3. Najprej izmerimo hrup motečih virov, ob izključitvi pravega vira, nato pa izmerimo še skupno raven hrupa

Pri slednjem je za ugotavljanje obremenitve zaradi vira hrupa potrebno od skupne ravni odšteti raven motečih virov, skupaj z vsemi popravki. Takega izračuna ne more opraviti noben inštrument, pač pa samo za to prirejen program.

Meritve se izvajajo zunaj laboratorija, kar predstavlja problem, kako preprečiti dostop in vpliv na rezultate meritve nepooblaščenim osebam. Najbolj zanesljiv način je stalna prisotnost pooblaščenega merilca, ki beleži pomembne dogodke v času izvajanja meritve, kar olajša kasnejše vrednotenje hrupa.

2. MERJENJE HRUPA ZNOTRAJ STAVB

2.1 MERJENJE HRUPA, KI GA POVZROČAJO VIRI ZNOTRAJ STAVBE

Hrup se meri pri zaprtih oknih in vratih.

Izmeri se maksimalno raven hrupa $L_{AF,max}$, in to na 5 točkah v prostoru.

Merilne točke naj ne ležijo na simetralah prostora.

Merilni mikrofoni naj bo na višini 1,2 do 1,6 m od tal.

Če se osebe zadržujejo na značilnih lokacijah naj bodo merilne točke izbrane na teh delih prostora.

Kot merodajna vrednost se upošteva povprečna raven izmerjenih maksimalnih vrednosti v danem časovnem intervalu oziroma času merjenja $L_{AF,max}$, ki se dobi iz enačbe:

$$L_{AF,max} = 10 \log \left(\frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 10^{\frac{L_{AF,max,i}}{10}} \right)$$

$L_{AF,max,i}$ je maksimalna raven hrupa na i-ti točki merjenja.

Če hrup vsebuje poudarjene tone, se izmerjeni vrednosti prišteje 5dB. Poudarjeni toni v hrupu so prisotni, če terčni pas za 5 dB presega sosednja terčna pasova.

2.2 MERJENJE HRUPA, KI GA POVZROČAJO VIRI ZUNAJ STAVBE

Merimo v tistih bivalnih in delovnih prostorih, ki so hrupu zunanjih virov najbolj izpostavljeni.

Merimo ekvivalentno raven hrupa L_{eq} v dnevnem in nočnem času.

Merimo pri zaprtih vratih in oknih na višini 1,2m do 1,6m.

V času meritve morajo biti izklopljeni vsi viri hrupa znotraj stavbe.

Če hrup vsebuje izrazite tone, se mu prišteje še 5 dB.

2.3 OCENA OBREMENJENOSTI PROSTOROV S HRUPOM

Mejne vrednosti hrupa so tiste vrednosti, ki jih dejansko izmerjeni hrup, ki je posledica skupnih hišnih naprav, inštalacij, naprav v sosednjem prostoru, lokalov, delavnic v isti zgradbi, ne sme presežati. Te vrednosti so podane v spodnjih tabelah.

Tabela 1: Mejne vrednosti ravni hrupa, $L_{AF,max}$

Vrsta prostora	Dnevna mejna vrednost	Nočna mejna vrednost
Bivalni prostor	35*	30*
Bolnišnični prostori	35	35
Učilnice, knjižnice, sejne sobe	40	40

* ne upoštevamo kratkotrajnih konic hrupa, ki so posledica vodovodnih pip

Tabela 2: Maksimalna raven hrupa, $L_{AF,max}$

Vrsta prostora	Manj hrupno	Zelo hrupno
Strojnica	80	80
Gostinski lokal brez glasbe podnevi	80	85

Tabela 3: mejne vrednosti ekvivalentne ravni hrupa v prostorih, ki je posledica zunanjih virov

Vrsta prostora	Dnevna mejna vrednost	Nočna mejna vrednost
Bivalni prostori	40	35*
Hotelske sobe, in sobe v domovih	40	35
Bolniške sobe	35	30
Ordinacije, ambulante	40	40
Predavalnice, študijski kabineti, čitalnice	40	40

* Ekvivalentna raven hrupa se nanaša na tisto obdobje, ko je hrup največji

Podatki veljajo za povprečno opremljene prostore.

Če ocenjujemo vpliv virov hrupa znotraj stavbe, potem izmerjene oziroma izračunane vrednosti primerjamo z mejnimi vrednostmi ravni hrupa $L_{AF,max}$. (tabela 1)

Če ocenjujemo vpliv virov zunaj stavbe, primerjamo izmerjeno ekvivalentno raven z mejno vrednostjo ekvivalentne ravni. (tabela 3)

3. HRUP ZARADI CESTNEGA PROMETA

Vir hrupa predstavlja cesta in železniška proga. Do sedaj smo govorili o ravnem in sferičnem valovanju. Pri obravnavanju cestnega hrupa, pa lahko govorimo o cilindričnem viru hrupa.

Ocenjeno raven dnevnega hrupa L_d in nočnega hrupa L_n ocenjujemo za dolge in ravne odseke vozišč. Dolžina vozišča mora biti na dolžini l , ki je trikratna razdalja od sredine ceste do mikrofona, ravna.

Ocenjeno raven dnevnega hrupa L_d izračunamo za posamezno voziče ceste za časovno obdobje dneva od 6:00 do 22:00 po naslednji enačbi.

$$L_d = L_d(25) + D_{hitrosti} + D_{nagib} + D_{vozišče} + D_{oddaljenost} + D_{višina} + D_{teren} + K$$

Ocenjeno raven nočnega hrupa L_n izračunamo za posamezno voziče ceste za časovno obdobje dneva od 22:00 do 6:00 po naslednji enačbi.

$$L_n = L_n(25) + D_{hitrosti} + D_{nagib} + D_{vozišče} + D_{oddaljenost} + D_{višina} + D_{teren} + K$$

Vrednosti $L_d(25)$ in $L_n(25)$ sta ocenjeni ravni hrupa, ki ga povzročata promet cestnih vozil na oddaljenosti 25m od sredine vozišča ter na povprečni višini $h_m=2,25m$ pri povprečni hitrosti vozil 100km/h. Pri tem velja za mesto vira hrupa sredina cestišča na višini 0,5m nad obrabno plastjo vozišča. Povprečna višina h_m se določi kot povprečna razdalja med tlemi in premico ki povezuje kraj vira hrupa s krajem hrupa. Na ravnih tleh je povprečna višina h_m aritmetično povprečje višinske razlike med tlemi in krajem vira hrupa ter višinske razlike med tlemi in krajem hrupa. Dnevna in nočna raven hrupa se izračunata po enačbi:

$$L_{d,n}(25) = 37,3 + 10 \log (M (1+0,082p))$$

p je odstotek vseh težkih vozil s skupno težo nad 2,8t v prometu

M je gostota prometa na obravnavanem vozišču, ki se meri s pretokom vozil na uro in izračuna iz tabele A:

Tabela A: Ocena gostote prometa M, odvisno od dnevnega pretoka vozil (DVP), in ocena deleža tovornih vozil

Tip ceste	Dan (6:00 do 22:00)		Noč (22:00 do 6:00)	
	M št. vozil	p %	M št. vozil	p %
Avtocesta	0,06	25	0,014	45
Magistralna cesta	0,06	20	0,011	20
Regionalna cesta	0,06	20	0,008	10
Lokalna cesta	0,06	10	0,011	3

FAKTOR HITROSTI - $D_{hitrosti}$

Ta faktor je popravek pri izračunu ocenjene ravni hrupa glede na hitrost vozil. Izračunamo ga s pomočjo naslednje enačbe:

$$D_{hitrosti} = L_1 - 37,3 + \log \frac{100 + p(100,1D - 1)}{100 + 8,23p}$$

$$D = L_2 - L_1$$

$$L_1 = 27,7 + 10 \log (1 + (0,02 v_1)^3)$$

$$L_2 = 23,1 + 12,5 \log (v_2)$$

v_1 je povprečna hitrost osebnih avtomobilov

v_2 je povprečna hitrost tovornih vozil

FAKTOR VOZIŠČA - $D_{vozišča}$

Popravek pri izračunu ocenjene ravni hrupa zaradi različnih lastnosti materiala, iz katerega je obrabna plast vozišča. Popravek je podan v tabeli B:

Tabela B: Faktor kvalitete površine vozišča:

Površina vozišča	$D_{cestišča}$ [dB _A]
Nov bitumenski ali cementni beton	0
Grobozrnati asfalt	2
Raven kamniti tlak ali pa dotrajani cementni beton	3
Obrabljen kamniti tlak	6

FAKTOR NAGIBA CESTIŠČA - D_{nagib}

To je popravek pri izračunu ocenjene ravni hrupa zaradi nagiba vozišča, in je določen v tabeli C

Vzpon oziroma padec cestišča [%]	D_{nagib} [dB _A]
≤ 5%	0
6%	0,6
7%	1,2
8%	1,8
Za vsako naslednjo odstotno točko	0,6

FAKTOR ODDALJENOSTI - $D_{\text{oddaljenost}}$

S tem faktorjem določamo odvisnost ravni hrupa od oddaljenosti kraja emisije do kraja vira hrupa.

Položaj emisije hrupa je tista točka na kateri nas zanima kolikšen je cestni hrup. Položaj vira hrupa pa je na sredini cestišča v višini 0,5m nad tlemi.

Faktor oddaljenosti izračunamo po naslednji enačbi:

$$D_{\text{oddaljenosti}} = 15,8 - 10 \log(s) - 0,0142s^{0,9} \text{ [dB}_A \text{]}$$

pri tem je s razdalja od vira hrupa do kraja emisije.

Pri izračunu ocenjene ravni hrupa zaradi cestnega prometa, se kraj emisije (mikrofona) določa vedno enako:

- Pri objektih z varovanimi prostori vzamemo za kraj emisije hrupa zunanjo steno zgradbe v višini stropa, ali pa 0,2m nad zgornjim delom okna varovanega prostora.
- Na prostem je kraj emisije hrupa 2m nad tlemi na sredini površine za katero računamo vpliv hrupa zaradi cestnega prometa.

FAKTOR VIŠINE - $D_{\text{višine}}$

Ta faktor določa korekcijo ocenjene ravni hrupa zaradi dušenja hrupa zaradi absorpcije v tleh in v zraku, in je odvisen od povprečne višine h_m .

$$D_{\text{višina}} = -4,8 * e^{-\left(\left(\frac{h_m}{s}\right)\left(8,5 + \frac{100}{s}\right)\right)^{1,3}}$$

FAKTOR TERENA - D_{terena}

Ta faktor določa odvisnost ocenjene ravni hrupa od nasipov, pregrad, vkopov cestišča, vzpetin, večjih objektov in drugih krajevnih danosti, ki povzročajo odboje hrupa.

Ta faktor se izračuna skladno z določili DIN18005 "Zmanjšanje hrupa pri prostem planiranju: računske metode" prvi del 1987 in smernic RLS-90 poglavje4,0, 1990 "varstvo pred hrupom"

FAKTOR BLIŽINE KRIŽIŠČA - K

K je povečanje ocenjene ravni hrupa zaradi bližine semaforiziranega križišča ali združitve dveh ali več cest. Dodatek K dobimo iz tabele D

Tabela D: Korekcija K zaradi bližine semaforiziranega križišča ali pa zaradi združitve cest

Oddaljenost merjenega vira do sredine križišča	K [dB _A]
Do 40m	3
Nad 40m do 70m	2
Nad 70m do 100m	1
Nad 100m	0

OCENJENA RAVEN HRUPA

Je seštevek ocenjenih ravnihrupa za vozišča obeh vozni smeri. Sešteva se za vozišča obeh smeri posebej za L_d in za L_n po enačbi

$$L_{d,\text{skupni}} = 10 \log (10^{0,1L_{d,1}} + 10^{0,1L_{d,2}}) \text{ [dB}_A \text{]}$$

$$L_{n,\text{skupni}} = 10 \log (10^{0,1L_{n,1}} + 10^{0,1L_{n,2}}) \text{ [dB}_A \text{]}$$

Indeks 1 se nanaša na eno smer vožnje, indeks 2 pa na drugo smer. Na celoštevilčno vrednost se zaokrožuje šele seštevek ocenjenih ravnihrupa za vozišča obeh vozni smeri.

3.2 MEJNE VREDNOSTI ZA RAVNI PROMETNEGA HRUPA

Mejne dnevne in nočne ravni hrupa za posamezni vir hrupa cestnega ali železniškega prometa v območju naravnega in življenjskega okolja so podane v tabeli 5:

Tabela 5: Mejne ravni za vir hrupa cestnega ali železniškega prometa.

Območje naravnega ali življenjskega okolja	Mejne ravni za vir hrupa cestnega ali železniškega prometa [dB _A]	
	Nočna raven L _n	Dnevna raven L _d
I	44	54
II	49	59
III	54	64
IV	59	69

Vir hrupa zaradi cestnega ali železniškega prometa povzroča na kraju imisije čezmerno obremenitev s hrupom, če dnevna ali nočna raven hrupa presega mejno raven po tabeli 5.

Tabela 6: Izmerjene vrednosti

Časovno obdobje	T1						T2						T3						T4
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
Meritev v časovnem obdobju																			
L_{eq}																			
$L_{A,i,povp}$																			
$L_{1\%}$																			
$L_{99\%}$																			
Spekter 1/3 oktave																			

Tabela 7: Ocenjene in izračunane vrednosti

Časovno obdobje	T1						T2						T3						T4
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
Meritev v časovnem obdobju																			
K1																			
K2																			
$L_{r,i} = L_{eq} + K1 + K2$																			
$L_{r,TN}$																			
$L_{dnevna} / L_{nočna}$																			
Dnevno nočna raven hrupa																			
$L_{r,TN,celotna}$																			