



UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI
FAKULTET
DEPARTMAN ZA FIZIKU



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ.

ПРИМЉЕНО:	30 АВГ 2007
ОРГАНИЗ.ЈЕД.	БРОЈ
0603	9/803

ZAŠTITA OD KOMUNALNE BUKE

- diplomski rad -

Mentor:
Dr Radomir Kobilarov

Kandidat:
Elvira Šaš

Novi Sad, avgust 2007.

Uvod	2
1. ŠTA JE ZVUK	4
1.1 Karakteristike zvuka	5
1.2 Fizički parametri zvuka: pritisak i intenzitet	6
1.3 Izvori zvuka	9
1.4 Kako mi čujemo	9
2. BUKA	13
2.1 Uticaj buke na ljudsko zdravlje	13
2.2 Psihološki efekti	14
2.3 Promene u ponašanju	15
2.4 Tipovi buke	15
2.5 Merenje buke i zašto je merimo	17
2.6 Instrumenti za merenje	19
3. BUKA U ŽIVOTNOJ SREDINI	23
3.1 Buka u saobraćaju	23
3.2 Industrijska buka	27
3.3 Buka u zatvorenom prostoru	28
4. TIPOVI IZVORA BUKE	30
4.1 Metode i kriterijumi za određivanje ekvivalentnog nivoa	32
4.2 Metodologije određivanja ekvivalentnog nivoa	33
5. MERE I METODE ZAŠTITE	38
5.1 Osnovni principi zaštite od buke	38
5.1.1 Individualna zaštitna sredstva	38
5.1.2 Kolektivne mere zaštite	39
5.1.3 Smanjenje nivoa buke na samom izvoru	39
5.1.4 Barijere, tuneli i zeleni pojasevi za zaštitu od buke	40
5.1.5 Zvučna izolacija prijemnika	43
5.2 Administrativno-organizacione mere	46
6. KOMUNALNA BUKA U BEOGRADU	49
Zaključak	50
Literatura	51



UVOD

Buka kao oblik zagađivanja sredine, odnosno ugrožavanja i degradacije kvaliteta života postaje u novije vreme sve veći problem. Ipak, buka kao stalni pratilec i neželjena posledica ljudske civilizacije stara je koliko i sam grad, koji je najkarakterističniji izraz civilizacije. Već je Julije Cezar, iritiran noćnom bukom zaprežnih kola u ulicama Rima, izdao naređenje o ograničavanju saobraćaja u noćnim satima, kako bi smanjio buku, barem u blizini svoje rezidencije. Prema nekim izvorima, Rimljani toga doba su posipali slamu po kamenom popločanim ulicama kako bi smanjili saobraćajnu buku [1].

U odnosu na druge oblike zagađivanja sredine, buka je po svom uticaju na kvalitet života vrlo specifična. Ona je po svom dejstvu trenutna, deluje samo dok traje emisija i ne uzrokuje zakasnele efekte na celokupnu sredinu, poput zagađivanja vazduha ili vode. Mada ne ostavlja trajne efekte na okolinu, često ili dugotrajno izlaganje buci može kod čoveka da izazove prolazne ili trajne fiziološke i psihološke poremećaje. Pri tome intenzitet buke nije toliko bitan, čak i relativno slaba buka može vrlo negativno da se odražava na kvalitet života. Prihvatimo li definiciju Svetske zdravstvene organizacije da je zdravlje "stanje fizičke, mentalne i socijalne ugodnosti, a ne samo odsustvo bolesti", onda takvo stanje zahteva i eliminisanje buke kao uzročnika degradacije kvaliteta života.

Buka kao posledica savremene civilizacije, može se povezati sa dva fenomena karakteristična za naše vreme;

- naglo i sveobuhvatno širenje urbanizacije,
- povećanje broja izvora buke i njihove količine.

Saobraćaj predstavlja danas najznačajniji izvor buke, koji čoveka gotovo neprekidno opterećuje. To je ugrožavanje najizraženije upravo u gradovima, gde je vrlo teško izbeći skoro stalni uticaj buke na čoveka. Buka kao vrlo specifični oblik zagađivanja ima tu osobina da relativno brzo opada sa povećanjem udaljenosti od izvora. Tako i saobraćajna buka predstavlja najveće opterećenje u neposrednoj blizini samog saobraćajnog sredstva odnosno saobraćajnice, što predstavlja veliko ugrožavanje kvaliteta života u našim zgusnutim gradovima, koji nisu građeni za današnji intenzivni i vrlo bučni saobraćaj [1].

Nije samo saobraćaj uzrokao da urbani prostori budu izrazito opterećeni bukom. Razvoj industrije, zamena ljudskog rada mašinama, kao i sve veća i obuhvatnija tehnizacija svih ljudskih delatnosti dovela je do skoro nesagledivog povećanja najrazličitijih izvora buke. Povećanje društvenog i ličnog standarda svakodnevno povećava ukupan broj i umnožava količinu izvora buke. Efekti urbanizacije se ne ograničavaju samo na gradsko stanovništvo, nego u sve većoj meri ugrožavaju i stanovnike seoskih područja. Uvođenje poljoprivredne mehanizacije, razvoj saobraćaja, modernizacija domaćinstava i drugi vidovi prodiranja tekovina savremene civilizacije na selo donose i seoskom stanovništvu znatna opterećenja bukom.

Povećanje individualnog standarda, koje se manifestuje sve većom zamenom ljudskog rada različitim aparatima u domaćinstvima, unosi veliki broj izvora buke u sam čovekov dom.

Problemi buke, poslednje tri-četiri decenije, u celom svetu proučavaju se veoma intenzivno. Buka, koju najjednostavnije nazivamo neželjenim i ometajućim zvukom, razvojem tehnike i njenom primenom u najrazličitijim oblastima ljudskih aktivnosti, postala je jedan od glavnih zagađivača čovekove sredine, i to kako u radnim, tako i u životnim uslovima u najširem smislu te reči. Danas se buka ubraja, po svim usvojenim kriterijumima, u fizičke agense štetne po zdravlje, uz problem zagađenja vode, vazduha, hrane i drugih osnovnih elemenata bitnih za zdrav i normalan život i rad. Buka u životnoj sredini je svetski problem.

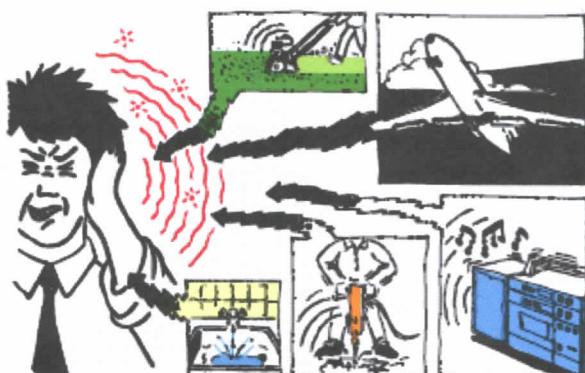
Način borbe protiv buke u velikoj meri zavisi od kulture, ekonomije, politike.

Ne postoji procena, na svetskom nivou, o uticaju buke na životnu sredinu kao ni o ceni tog uticaja. Zvuk je po prirodi sastavni deo svakodnevnog života i deo čovekovog okruženja. Javlja se kao pratilac mnogih životnih aktivnosti i njegovo prisustvo je evidentno gotovo u svim sferama ljudske aktivnosti.



Slika 1-Zvuk kao pratilec ljudskih aktivnosti

U savremenim društvima zvuk nas često i uznemirava: mnogi zvuci su neprijatni ili neželjeni.



Slika 2-Zvuk zna da bude i neprijatan

1. ŠTA JE ZVUK

Zvuk je promena pritiska koja se širi elastičnom sredinom. Te promene pritiska nastaju zbog oscilovanja molekula sredine, koji su zbog spoljašnjeg uticaja (sile) izbačeni iz ravnotežnog položaja. Zvuk se širi zbog elastične veze između molekula. Zvuk se ne može širiti kroz vakuum.

Oblast nauke koja se bavi zvukom naziva se akustika i pokriva sve oblasti generisanja, rasprostiranja i percepције zvuka, bez obzira na prirodu njegovog izvora i prijemnika.

Zvuk se prostire kroz neku sredinu u obliku mehaničkih talasa. Razlikujemo dve vrste tih talasa:

- transverzalne
- longitudinalne.

U čvrstim sredinama moguće je širenje i transverzalnih i longitudinalnih talasa, dok se kroz fluide mogu širiti samo longitudinalni talasi.

Frekvencija oscilacija meri se jedinicama koje se nazivaju herci i označavaju oznakom Hz. Frekvencija je broj oscilacija koji se proizvede u sekundi. Normalno ljudsko uho može čuti zvukove frekvenciji od 20 Hz do 20 000 Hz. Sve zvukove frekvencije ispod 20 Hz nazivamo infrazvukovima, a zvukove frekvencije više od 20 000 Hz nazivamo ultrazvukom, oni se koriste u tehnici i medicini.



Slika 3. Spektar čujnosti kod životinja

Životinje imaju mnogo širi spektar čujnosti zvuka - slepi miš, na primer, čuje zvuke i do 5 puta veće frekvencije od maksimalne koju čuje ljudsko uho (slika 3).

1.1 Karakteristike zvuka

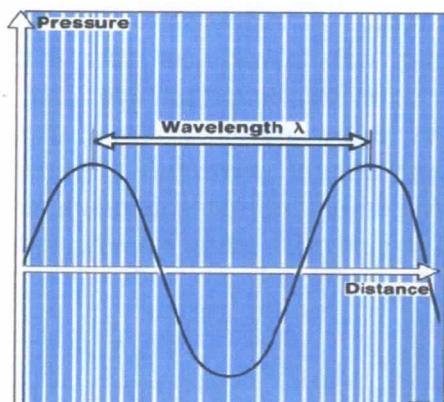
Zvučni talas se kroz različite sredine kreće različitim brzinama. Brzina prostiranja zvučnih talasa u vazduhu je 340 m/s, pri temperaturi od 22°C, dok je u tečnostima veća (u vodi \approx 1500 m/s), a u čvrstim telima dostiže vrednost od nekoliko hiljada metara u sekundi (u gvozdenoj žici \approx 5000 m/s).

Zvuk je određen, kao mehanički talas pomoću dve fizičke veličine, frekvencijom i talasnom dužinom.

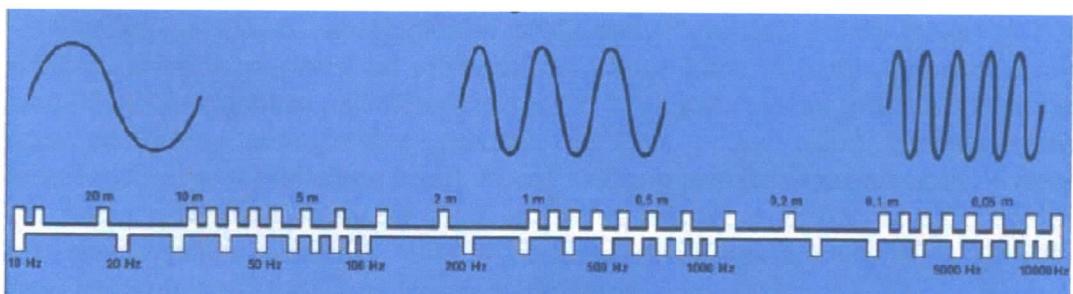
Talasna dužina je najkraća udaljenost dve čestice koje su u istoj fazi oscilovanja. Kada talas prelazi iz jedne sredine u drugu, međusobno različitih gustina, brzina i talasna dužina mu se menjaju, dok frekvencija ostaje ista, jer je ona svojstvo izvora talasa.

Talasna dužina je razmak između dva susedna najveća zgušnjenja, kao i između dva susedna razređenja, sredine kroz koju se talas širi.

Kada znamo brzinu zvuka i njegovu frekvenciju možemo izračunati i njegovu talasnu dužinu – rastojanje od jednog vrha amplitude do drugog.



$$\begin{aligned} \text{Talasna dužina } &\lambda \\ \text{Brzina zvuka } &V \quad \lambda = \frac{V}{\nu} \\ \text{Frekvencija } &\nu \end{aligned}$$



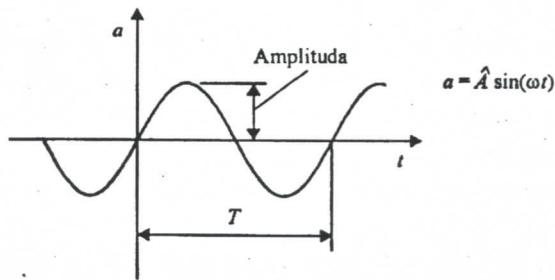
Slika 4- Odnos talasne dužine i frekvencije

U osnovi zvukove možemo podeliti na dve skupine: šumove i tonove. Šum je zvuk koji nastaje nepravilnim oscilovanjem zvučnog izvora pri čemu se frekvencija

stalno menja, dok ton nastaje pravilnim oscilovanjem zvučnog izvora pri čemu je frekvencija stalna.

Zvuk koji ima samo jednu frekvenciju poznat je kao čist ton (retko se sreću – čak i jedna nota na klaviru ima kompleksan talasni oblik).

Pomeranje čestica vazduha, što je, u stvari, oscilovanje oko ravnotežnog položaja, najbolje se prikazuje, kod periodičnih promena, sinusoidom (slika 5).



Slika 5-Prost zvuk (sinusoida) [2]

Zvuk koji se sastoji samo od jedne komponente, jednog tona, naziva se prost zvuk. Ukoliko ima više komponenata, onda se radi o složenom zvuku, s tim što može biti, zavisno od njegove strukture, sastavljen od jasno definisanih, pojedinačnih komponenata ili može imati u sebi sve, kontinualno zastupljene, frekvencije. Ova poslednja vrsta zvuka je u prirodi i oko nas najzastupljenija i nazivamo je šumom. Zvuk, odnosno buka, na nekoj prometnoj raskrsnici u gradu, ili zvuk u nekom industrijskom pogonu (tekstilna fabrika, hemijska industrija, obrada metala i drugo), kao i zvuk avionskog motora – imaju kontinualni spektar i jedino po čemu se međusobno razlikuju jesu amplitude pojedinih komponenata i opseg frekvencija u kojima se te komponente javljaju. [2]

1.2 Fizički parametri zvuka: pritisak i intenzitet

Zvuk nastaje pri sudaru dva ili više predmeta koji pritom emituju energetski talas, a on, opet, izaziva promene pritiska vazduha koji te predmete okružuje. Zvučni talasi se prostiru u svim pravcima od mesta nastanka.

Ukoliko se radi o neperiodičnim promenama, grafički prikaz može da bude najrazličitija kriva, koja zavisi od vremena i pokazuje kako se menja pomeraj čestica vazduha. Veličina kojom se najčešće opisuje neki zvuk jeste zvučni pritisak. To je mala promena postojećeg atmosferskog pritiska, do koje dolazi usled kretanja čestica vazduha. Izražava se u paskalima (Pa). Pored zvučnog pritiska, a neposredno povezana s njim, jeste jedna druga veličina koja se naziva intenzitet zvuka. Ona je, ukoliko postoje zvučni talasi, u svakoj tački u prostoru definisana i predstavlja akustičku (zvučnu) energiju koja prođe kroz jediničnu površinu.

Svaki zvučni izvor, ima neku snagu, koja se izražava u vatima [W]. Snaga izvora je akustička energija koja u jedinici vremena odlazi u okolni prostor. Najčešće se snaga izvora određuje pomoću intenziteta zvuka na sledeći način:

$$P = 4\pi r^2 \cdot J \quad [\text{W}] \quad (1)$$

gde su:

P - snaga izvora,

r - poluprečnik zamišljene lopte,

J - intenzitet zvuka koji vlada na površini zamišljene lopte [2].

Podatak o snazi izvora zvuka ili buke je vrlo važan, jer se na osnovu njega može izvesti tačna analiza drugih parametara koji karakterišu zvučno polje u okolini izvora.

U vezi sa zvučnim izvorom i njegovim zračenjem treba još pomenuti i usmerenost izvora, što je za praksi značajno. Izvor iste snage može na istom rastojanju da stvori jače ili slabije polje, veći ili manji nivo buke, zavisno od toga koliko i kako je usmeren. Od ugla pod kojim izvor zrači u prostor akustičku energiju, zavisi i nivo zvuka u okolini izvora. Što je ugao zračenja izvora manji, to je nivo zvuka odnosno buke veći.

Snaga izvora zvuka ili buke najčešće nije jednaka za sve frekvencije, pa je potrebno poznavati frekvencijsku zavisnost nivoa snage izvora, koji se izražava u odnosu na referentnu snagu od $1 \text{ pW} = 10^{-12} \text{ W}$.

Izračunava se kao:

$$L_p = 10 \log \frac{P}{P_0} \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

gde su:

L_p - nivo zvučne snage u dB,

P - snaga zvučnog izvora u W,

P_0 - referentna vrednost zvučne snage koja iznosi 1 pW [2].

Direktna primena linearne skale u Paskalima za merenje zvučnog pritiska dovela bi do upotrebe vrlo velikih, i samim tim teških za upotrebu, brojeva.

Logaritam odnosa intenziteta zvuka meri se jedinicom bel (B) - nazvanom tako u čast A.G. Bella. Iz praktičnih razloga koristi se deset puta manji decibel (dB).

Decibel je relativni odnos zvučnog pritiska ili intenziteta zvuka, prema usvojenim referentnim vrednostima.

Decibel se u akustici definiše kao:

$$L = 20 \log \frac{p}{p_0} = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad [\text{dB}] \quad (3)$$

gde su:

p - pritisak,

I -intenzitet zvuka,

p_0 i I_0 referentne vrednosti ovih veličina.

$p_0 = 20 \mu \text{Pa}$

Standardno se intenziteta zvuka u decibelima prikazuje u odnosu na referentni iznos od $20 \mu \text{Pa}$ koji načelno odgovara pragu čujnosti, pa se to obično naznačava

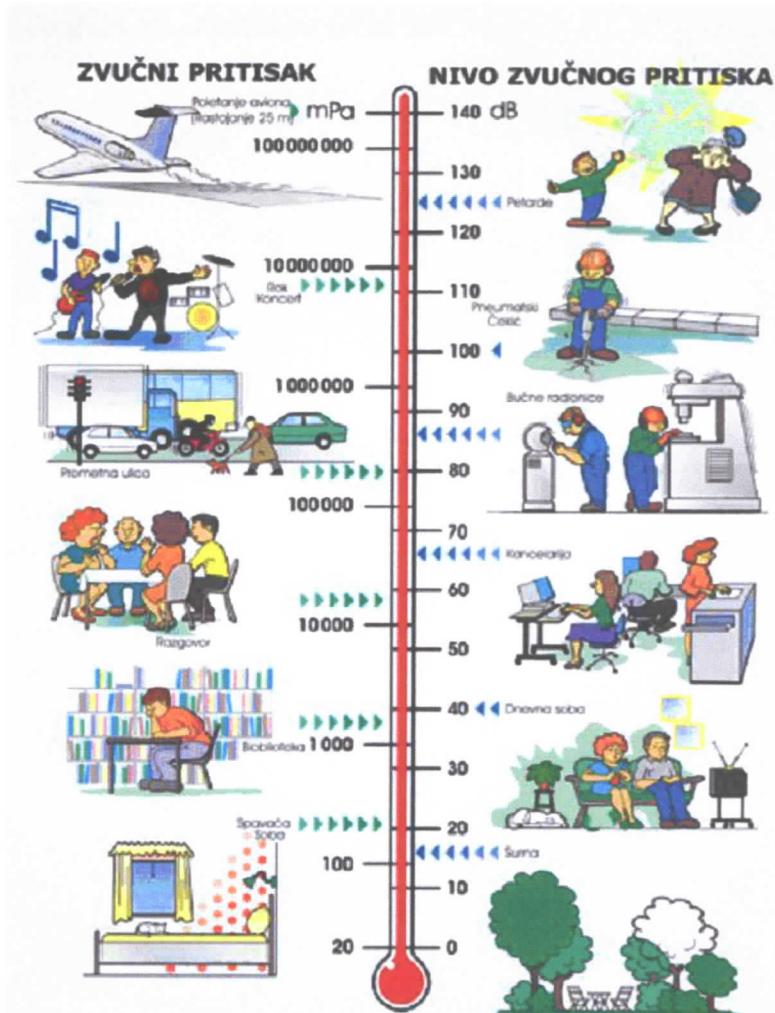
dodatkom SPL. Na primer, šapat ima 20 dB (SPL), govor 50 dB (SPL), buka 90 dB (SPL), a za zvuk inteziteta 140 dB (SPL) kaže se da je granica bola.

Decibel nije absolutna jedinica – predstavlja odnos između izmerene vrednosti i usvojene referentne vrednosti.

Još jedna koristan aspekt upotrebe skale u dB je činjenica da daje mnogo bolju aproksimaciju percepcije relativnog zvuka od strane ljudskog uva nego što je to slučaj sa skalom u Pa.

Uvo reaguje na logaritamsku promenu u nivou, koja odgovara skali u dB gde je 1 dB ista relativna promena bilo gde na skali.

Promene pritiska koje ljudsko uvo može da detektuje su veoma male, odnosno kreću se u rasponu od $20 \mu\text{Pa}$ do 100 Pa (slika 6).



Slika 6- Odnos skale u Pa i dB

Najslabiji zvuk koji zdravo ljudsko uvo može da registruje ima amplitudu od 20 milionitih delova Paskala ($20 \mu\text{Pa}$), što je za oko $5,000,000,000$ puta manje od normalnog atmosferskog pritiska – prag čujnosti.

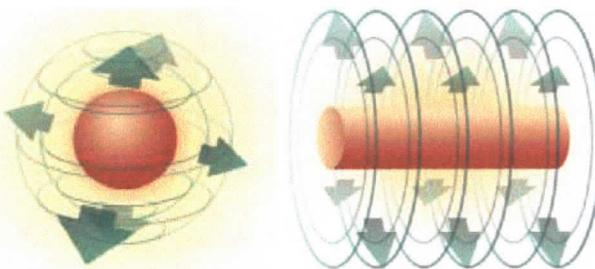
Promena pritiska od $20 \mu\text{Pa}$ je tako mala da izaziva pomeranje bubne opne na rastojanje koje je manje od prečnika jednog molekula vodonika. Zvučni pritisak od približno 100 Pa je tako glasan da izaziva bol - granica bola.

Organ sluha je jedini ljudski organ koji može da registruje promenu jedne veličine u tako velikom rasponu - $1:1.000.000$.

1.3 Izvori zvuka

Izvori buke mogu biti vezani s prostorom u kojem ljudi rade i borave, tj. s proizvodnim procesom ili okolinom u kojoj žive. Izvori buke mogu biti i spoljašnji, odnosno nevezani s radnom aktivnošću ljudi koji su njima izloženi.

Većina izvora buke iz naše svakodnevice se može predstaviti kao tačkasti ili linijski izvor. Iz tačkastog izvora zvuk se širi jednoliko (sferno) u svim smerovima, (slika 7a), a iz linijskog izvora cilindrično (slika 7b).



a) Začkasti izvor b) Linijski izvor
Slika 7-Širenje zvuka

Izvore možemo podeliti na:

- kuglasti izvor, idealni izvor zvuka,
- klipni izvor (idealna polukugla i njezin poluprostor, npr. orgulje),
- usmereno isijavanje zvuka (kombinacija više izvora),
- ljudski glas kao izvor zvuka.

Izvori zvuka mogu dati:

- čisti ton,
- složen ton,
- šum,
- prasak.

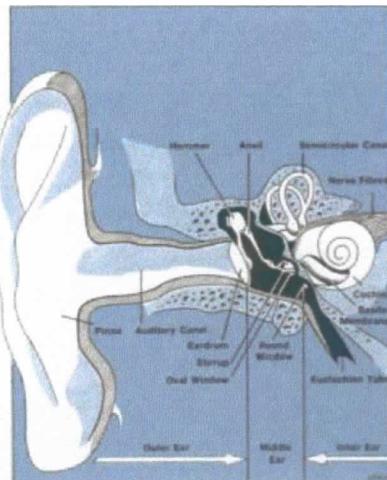
1.4 Kako mi čujemo

Generalno, uvo je primarni prijemnik zvučnih signala. Predstavlja najosetljiviji senzorni organ, čiji je osnovni zadatak obrada korisnih i nekorisnih, priyatnih i neprijatnih zvučnih informacija. Čovek sluhom dobija 86% svih infromacija. Organ sluha je non-stop aktivvan, organ sluha nikad ne spava pri čemu je vrlo selektivan frekvencijski analizator koji registruje frekvencijski opseg širine 10 oktava.

Najveća vrednost zvučnog pritiska koju uvo može da registruje veća je za milion puta od najniže vrednosti zvučnog pritiska koju može da registruje. Pomeraj bubne opne pri najnižoj vrednosti zvučnog pritiska je manja od 10^{-9} cm.

Anatomski organ sluha (slika 8) može se podeli na:

- spoljašnje uvo,
- srednje uvo,
- unutrašnje uvo.



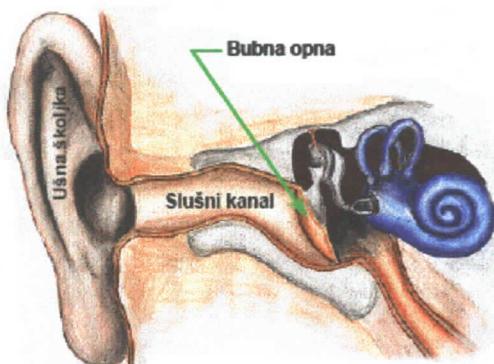
Slika 8- Uprošćeni prikaz ljudskog uva

Funkcionalno organ sluha se može podeli na:

- transmisioni aparat (spoljnje i srednje uvo) sa zadatkom prenosa signala do perceptivnog aparata,
- perceptivni aparat (unutrašnje uvo, slušni živac, moždani putevi i kortikalni slušni centri) sa zadatkom obrade signala koji je prenešen transmisionim aparatom.

Spoljašnje uvo (slika 9) obuhvata:

- ušnu školjku,
- slušni kanal,
- deo bubne opne sa strane slušnog kanala.



Slika 9- Spoljašnje uvo

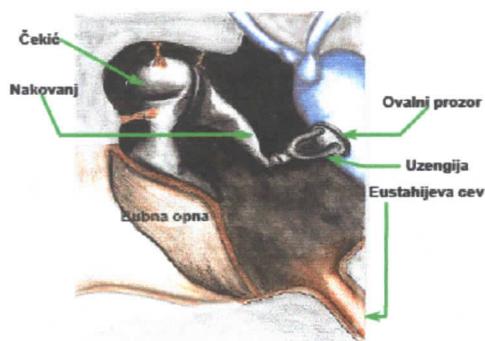
Osnovne funkcije ušne školjke su:

- prikupljanje zvučne energije na ulazu u slušni kanal i usmeravanje ka slušnom kanalu,
- sakupljanje i prenos zvučnih oscilacija koštanim putem do unutrašnjeg uva,
- bolja orientacija u prostoru, omogućena prijemom zvučnih informacija levim i desnim uvom, sprečavanje povratnog dejstva sopstvenog glasa.

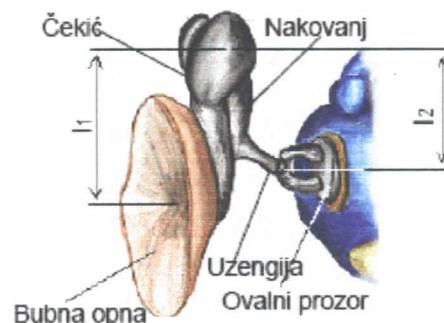
Pored akustičke funkcije, slušni kanal ima i zaštitnu funkciju - vosak kojim je on obložen služi da skuplja prljavštinu koja dolazi iz okruženja, onemogućavajući da ona dođe do bubne opne.

Srednje uvo (slika 10) obuhvata:

- bubnu opnu, sa strane slušnih koščica,
- slušne koščice (slika 11),
- Eustahijevu cev - koso postavljena cev koja spaja šupljinu srednjeg uva sa spoljašnjom sredinom; služi za izjednačavanje statičkog pritiska unutrašnjeg i spoljašnjeg uva na nivou atmosferskog pritiska, kao i za provetrvanje srednjeg uva.



Slika 10- Srednje uvo



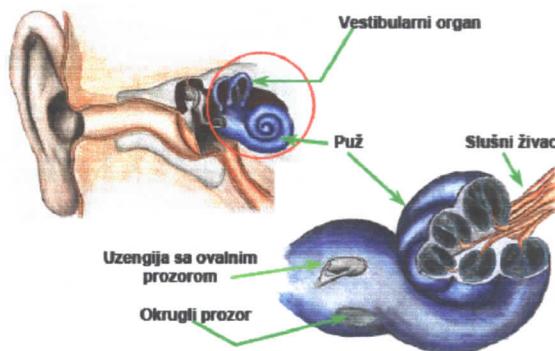
Slika 11- Sistem slušnih koščica

Osnovna namena srednjeg uva je:

- verodostojni prenos i pojačanje zvučnog signala iz slušnog kanala do unutrašnjeg uva,
- zaštita za osetljive delove unutrašnjeg uva od naglog prodiranja zvučnih oscilacija sa velikom zvučnom energijom.

Unutrašnje uvo (slika 12) je prijemnik i pretvarač mehaničke energije zvučnih talasa u odgovarajuće nervne impulse koji se šalju višim centrima na dalju obradu i formiranje utiska o zvuku.

Osnovu unutrašnjeg uva čini kohlea (puž) sa ovalnim i okruglim prozorom ka srednjem uvu, i slušnim živcima koji idu ka nervnom sistemu.



Slika 12- Unutrašnje uvo

Produženo izlaganje glasnim zvucima izaziva oštećenje vlaknastih ćelija- umanjuje sposobnost sluha.

Sa povećanjem broja oštećenih vlaknastih ćelija mozak nije u stanju da kompenzuje gubitak informacija (sve teže razaznavanje pojedinih reči, zvuci postaju prigušeni), a to predstavlja nepovratan proces.

Gubitak sluha izazvan izlaganjem buci je najveći na frekvencijama na kojima je ljudsko uvo i najosetljivije (oko 4 kHz).

Ljudski mozak je veoma dobar procesor koji, kada je zvuk u pitanju, može prilično dobro da odredi njegov položaj i stanje pomoću samo dva uha i mogućnosti da okrećemo glavu i telo. Izvor emituje zvuk na mnoštvo različitih načina - najveći broj zvukova koji se proizvode u ustima prostiru se direktno od njih, dok motor emituje zvuk u skoro svim pravcima. Kada se zvuk jednom emituje, na scenu stupa okruženje. Prostor između izvora zvuka i slušaoca u mnogome utiče na zvuk, što zna svako ko je pokušao da se dovikuje po vetrovitom vremenu, ili da sluša nešto ispod vode. Stoga je ono što čujemo mešavina direktnog i odbijenog zvuka. Odbijeni zvuk može da dođe do naših ušiju pošto se odbije o zid ili neki drugi predmet, a materijal od koga su ove prepreke napravljene apsorbuje određene frekvencije, samim tim umanjujući ukupnu jačinu zvuka.

2. BUKA

Kao najrasprostranjenija, a nedovoljno uočena kao opasnost savremenog urbanizovanog života ističe se buka. Buka se obично definise kao nezeljeni zvuk. Predstavlja posebno poglavje akustike i u fizickim tumacenjima podleze svim njenim zakonima. Ona je prakticno zvuk kome pored fizickih karakteristika treba dodati i psihofizicka štetna dejstva i uticaje.

Nekada su ljudi slušali buku vetrova, morskih talasa, rike životinja... Sa pojavom raznih zanata pojavili su se novi izvori buke kojima su bili izloženi samo pojedini ljudi (kovači, bubnjari). Danas gotovo da nema radnog mesta ili naselja koje nije izloženo buci. Proces industrijalizacije i urbanizacije neprekidno povećava izvore buke. Sve je više naučnika koji ističu da buka ne deluje štetno samo na organ čula sluha već i na čitav organizam pri čemu može da izazove trajna oštećenja pojedinih organa.

2.1 Uticaj buke na ljudsko zdravlje

Buka se ubraja među fizičke agense štetne po zdravlje, za čije se nepovoljno dejstvo zna odavno. Nivoi buke prisutni u komunalnoj sredini nisu dovoljno visoki da bi doveli do oštećenja sluha, ali izazivaju čitav niz neauditivnih efekata. Naročito su osjetljiva na buku deca mlađa od 6 godina i osobe starije od 65 godina. Žene su nešto osjetljivije od muškaraca u srednjoj životnoj dobi. Buka se ubraja u stresogene faktore i utiče na poremećaj psihosomatskog zdravlja, jer izaziva specifične i nespecifične efekte, kao i stalne i privremene reakcije organizma.

Efekti komunalne buke danas se u svetu poklanja sve više pažnje jer do sada sprovedena istraživanja pokazuju da ona otežava nastanak sna, čini san površnim, skraćuje fazu dubokog sna i dovodi do buđenja, što se manifestuje promenom raspoloženja, osećanjem umora, nevoljnošću, padom radne sposobnosti, glavoboljom i pojačanom nervozom. Za dobar san bilo bi poželjno da buka ne prelazi 30 dB (slika 13).

Granica za ometanje sna kod trajne buke	L_{Aeq} 30 dB	
Granica za ometanje sna za vozila u prolazu (vršna razina)	L_A 45 dB	
Razgovor u prostoriji: granica pozadinske buke za tih gorov	L_{Aeq} 40 dB	
Razgovor u prostoriji: granica pozadinske buke za povišeni gorov	L_{Aeq} 50 dB	
Razina pritiska zvuka u prostorijama: granica početka slušnih oštećenja na radnim mjestima	L_{Aeq} 75 dB	

Slika 13- Granični efektivni nivoi buke prisutni u komunalnoj sredini

Kada se govori o uticaju buke na čoveka, treba znati kada se ispoljavaju štetni efekti dejstva buke na čulo sluha, pa i na organizam čoveka u celini. Buka oko 65 dB(A) samo kod veoma osetljivih osoba može izazvati izvesnu uznemirenost, razdražljivosti ili glavobolje. Buka oko 90 dB(A) može da utiče na sluh i izazove neurovegetativne smetnje. Bitno je da buka tog nivoa ne dovodi do trajnih promena i sve manifestacije su prolazne i kratke, tako da se pri odmoru brzo izgube. Kada nivo buke dostigne vrednost preko 90 dB(A), a u praksi to može da bude 120 dB(A) i više, nastupaju, pogotovo pri dužoj vremenskoj izloženosti, promene trajnog karaktera koje vode u gluvoču, i izazivaju teže neurovegetativne smetnje.

Posledice delovanja buke na ljude:

- nagluvost i gluvoča (poremećaji u razumevanju i komunikaciji),
- neurovegetativne reakcije (hipertenzija, endokrinološki i poremećaji metabolizma),
- umor i psihičke reakcije (razdražljivost),
- smanjenje radne i životne sposobnosti.

2.2 Psihološki efekti



Slika14- Negativni efekti buke

Nekada se smatralo da je dejstvo buke ograničeno na organ sluha ali danas je dokazano da je njeno dejstvo mnogo složenije. Buka ozbiljno pogađa nervni sistem, i to kako centralni, tako i vegetativni, a preko ovoga utiče na srce, krvne sudove, krvni pritisak, digestivni trakt i mnoge druge organe i tkiva, u kojima izaziva promene i funkcionalne smetnje.

Neauditivni zdravstveni poremećaji izraz su fiziološke reakcije na stres. Većina učinaka je kratkotrajna i prolazna: smetnje kardio-vaskularnog, imunološkog sistema, smanjenje pažnje i pamćenja, suženje vidnog polja, ali mogu preći u hronične: nesanica, povišen krvni pritisak, poremećaj apetita i seksualne funkcije, napetost i depresija. Agresivno ponašanje javlja se tek kod buke iznad 80 dB [3].

Izlaganje buci tokom spavanja dovodi do promena u frekvenciji srčanog rada i disanja kao i jačine pulsa. Isprekidana buka skraćuje period dubokog spavanja, čineći san površnim ili dovodeći do buđenja. Efekti buke nakon buđenja ispoljavaju se u vidu umora, promena u raspoloženju, slabije subjektivno procenjenom kvalitetu sna, padu radne sposobnosti i dugoročnim psihosocijalnim i zdravstvenim efektima.

Među brojnim negativnim psihološkim posledicama koje se kod stanovništva ugroženog komunalnom bukom mogu očekivati, remećenje spavanja smatra se osnovnom i najvažnijom. U pogledu izvora buke posebno nepovoljno delovanje na spavanje ima buka teških vozila i vozova. Niz terenskih studija ukazalo je na visoku

učestalost psiholoških subjektivnih smetnji kod ljudi nastanjenih u oblastima sa visokim nivoom komunalne buke (pored autoputeva). Pokazalo se da se stanovnici značajno češće žale na osećanje "izrazitog umora", "nervozi stomača" i "glavobolje" nego stanovnici kontrolnog naselja sa normalnim nivoom buke. Dokazano je da buka predstavlja jedan od značajnih faktora neurotizacije ličnosti, a neuroze su danas među vodećim oboljenjima, posebno u gradskim sredinama [3].

2.3 Promene u ponašanju

Kontinuirana izloženost izvorima umerenog nivoa buke kao npr. kompjuterski štampač, ventilacioni sistemi, sa psihološkog aspekta ometa normalnu ljudsku komunikaciju i ima dugotrajne posledice koje se izražavaju smanjenom tolerancijom, frustracijom, povиšenim pragom reagovanja, a čak i minimalna buka uzrokuje porast anksioznosti, agresivnog i neprijateljskog ponašanja što dovodi do dehumanizacije u međuljudskim odnosima.

2.4 Tipovi buke

Najčešće se buka klasificuje prema tome kako se njen nivo menja u zavisnosti od vremena. Vremenska zavisnost buke (promena nivoa zvučnog pritiska u posmatranom periodu) i njen frekvencijski spektar (prisustvo i nivo buke na određenim frekvencijama) određuju tip buke.

U zavisnosti od karaktera buke u vremenskom domenu razlikuju se sledeći tipovi buke:

- nepromenljiva buka,
- promenljiva buka,
- isprekidana buka,
- impulsna buka.

Nepromenljiva buka (sl.15) je buka relativno konstantnog nivoa sa promenama do 6dB. To je buka koju stvaraju motori ili mašine pri ujednačenom režimu rada, transformatori u trafo-stanicama, kao i drugi uređaji i aparati čija je osobina da stvaraju stalno istu, jednaku buku.



Slika 15-Nepromenljiva buka

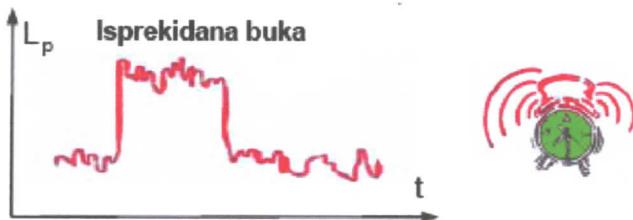
Promenljiva buka (sl. 16) je buka promenljivog nivoa sa promenama preko 6dB. To su saobraćajna buka, zatim buka u industrijskim pogonima, u stanovima i na većini radnih mesta kao što su kancelarije, škole i drugo. Da bi se mogla ocenjivati štetnost ovakve vrste buke, uvode se ekvivalentni nivoi (potrebno je merenje ekvivalentnog nivoa buke u dužem vremenskom intervalu), koji treba da pruže mogućnost poređenja sa štetnošću buke kontinualnog nivoa.





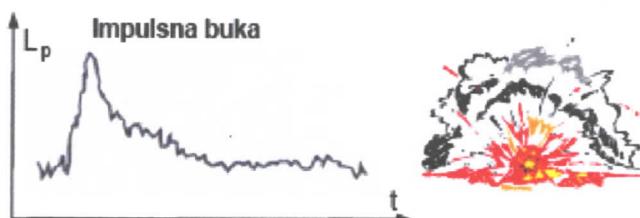
Slika 16-Promenljiva buka

Isprekidana buka (sl.17) je buka izvora koji radi u ciklusima, gde nivo buke veoma brzo raste i opada, npr. prolazak jednog automobila ili aviona. Za određivanje nivoa ove buke potrebno je merenje nivoa izloženosti buci za svaki ciklus rada izvora.



Slika 17-Isprekidana buka

Impulsna buka (sl. 18) je buka udara ili eksplozije, buka kod koje se pojavljuje jedan ili više brzo rastućih vrhova, čije je trajanje manje od 1s. Predstavlja posebnu vrstu buke, vrlo štetnu po zdravlje. Nju stvaraju udari svih vrsta, širokog je spektra i ona se, po pravilu, posebno valorizuje, kako bi se odredila njena štetnost po zdravlje. Impulsi mogu da budu ritmični ili potpuno slučajni, što takođe stvara različite nelagodnosti.

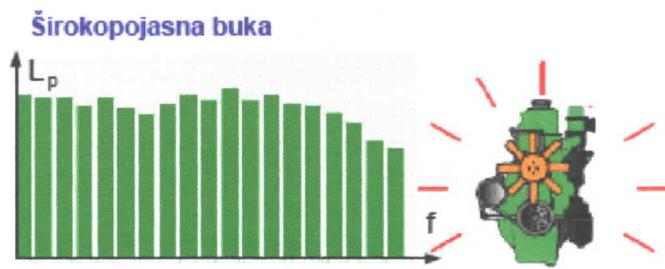


Slika 18-Impulsna buka

U zavisnosti od karaktera buke u frekvencijskom domenu razlikuju se sledeći tipovi buke:

- širokopojasna,
- uskopoljasna,
- tonalna.

Širokopojasna buka (sl.19)- buka sa približno ravnomernom raspodelom zvučne energije u širem frekvencijskom opsegu (više susednih oktava). Većina buke koja nas okružuje se sastoji od širokog spektra frekvencija.



Slika 19-Širokopojasna buka

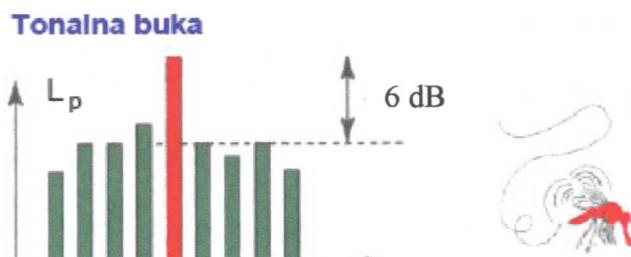
Uskopojasna buka (sl. 20) je buka čija je zvučna energija sadržana u užem frekvencijskom opsegu.



Slika 20-Uskopojasna buka

Tonalna buka (sl. 21) je buka koja sadrži veći deo zvučne energije na diskretnim frekvencijama.

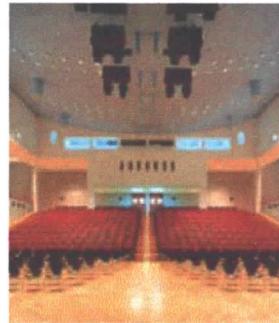
U standardima se često koristi sledeća definicija tonalne buke - buka kod koje je nivo buke u nekoj terci za više od 6 dB veći u odnosu na nivo buke u susednim tercama.



Slika 21-Tonalna buka

2.5 Merenje buke i zašto je merimo

Merenja daju tačno određenu veličinu koja opisuje i rangira zvuk što je neophodno kod unapređenja zaštite od buke, akustike stambenih zgrada, muzičkih i bioskopskih dvorana, izrade kvalitetnijih zvučnika.



Slika 22- Prigušenje buke u koncertnim dvoranama

Merenja nam omogućavaju preciznu, naučnu analizu ometajućih zvukova. Jasno nam definišu kada zvuk može da izazove oštećenja, omogućava preduzimanje određenih zaštitnih mera. Merenja i analize zvuka su snažan dijagnostički alat u procesu sniženja buke (aerodromi, autoputevi).



Slika 23- Vazdušni i drumski saobraćaj predstavljaju mnogostruki izvor buke

Metode merenja su vrlo važne, jer se pomoću njih ujednačavaju uslovi merenja i načini prikazivanja rezultata. Uslovi merenja pre svega obuhvataju:

- mesto merenja i kriterijume za izbor mernih mesta,
- broj merenja i vremenski period,
- način obrade i prikazivanje rezultata,
- instrumentarijum za merenje,
- ulogu ljudskog faktora pri merenju.

U osnovi se postupci merenja dele na one koji se koriste za merenje na radnim mestima i na one koji služe za dobijanje podataka o buci u životnoj sredini (na ulici, u stanu, u centrima za rekreaciju i drugo). Najčešće uz odgovarajuće preporuke idu i propisi koji određuju dopuštene vrednosti nivoa buke u konkretnim uslovima.

Da bi se moglo što bolje proceniti štetno dejstvo buke, neophodno je raspolagati što potpunijim i što tačnijim podacima o osnovnim parametrima koji karakterišu buku kao fizičku pojavu. Merenje buke je, zahvaljujući razvoju analogne i digitalne tehnike u oblasti merne instrumentacije, dostiglo zadovoljavajuću tačnost i može u potpunosti da odgovori uslovima i zahtevima koje postavljaju brojni propisi i norme.

Za preduzimanje bilo kakvih mera zaštite od buke, samo se na osnovu merenja može efikasno i ispravno postupiti. Bez odgovarajućih merenja nema ni adekvatne borbe protiv buke. Zbog toga su izrađeni brojni instrumenti i uvedene manje ili više složene metode pomoću kojih se može izmeriti praktično svaki parametar koji daje podatke o buci.

U osnovi postoje dve vrste merenja buke:

- objektivna,
- subjektivna.

U objektivna merenja spadaju svi postupci koji služe za iznalaženje fizičkih parametara buke. Uvedene su standardne metode, lako primenljive, s ciljem da se dođe do objektivnih parametara čije je dejstvo na čoveka poznato. Na osnovu obrade podataka mogućno je proceniti i stepen ugroženosti, prema propisima i normama za konkretne uslove.

Subjektivne metode merenja odnose se na procenu ometanja bukom i usmerene su ka određivanju direktnih reakcija čoveka na fizičko stanje sredine. Evidentno je da baš ta subjektivna merenja daju najverodostojnije podatke, međutim, nije ih uvek u praksi jednostavno i izvesti. Zato se sve više teži ka nalaženju veze između subjektivnih procena ometajućeg dejstva buke i objektivnih parametara, kako bi se postupcima objektivnog merenja moglo što tačnije doći do stepena štetnosti.

2.6 Instrumenti za merenje

Danas je u upotrebi veoma širok dijapazon mernih instrumenata namenjenih za merenje parametara buke u amplitudnom, vremenskom i frekvencijskom domenu. Fizički parametri buke mere se na različite načine, zavisno od toga koji propisi se primenjuju i koje norme su za određenu oblast predviđene. Merni instrumenti su, naročito poslednjih desetak godina, izrađivani isključivo u skladu sa međunarodnim propisima, kako bi se i dobijeni rezultati mogli što lakše upoređivati.

U osnovi, ima tri vrste instrumenata, analognih ili digitalnih, za merenje parametara buke.

Oni mogu služiti :

- za merenje nivoa,
- za merenje amplitudnog spektra,
- za praćenje vremenskih promena buke.

Fonometar (merač nivoa buke, zvukomer, slika 24) je osnovni instrument za određivanje nivoa buke. Pošto po definiciji ima raznih vrednosti nivoa koji se mere, to se i fonometri razlikuju međusobno, ne samo po tačnosti nego i po tome šta sve mogu da mere.

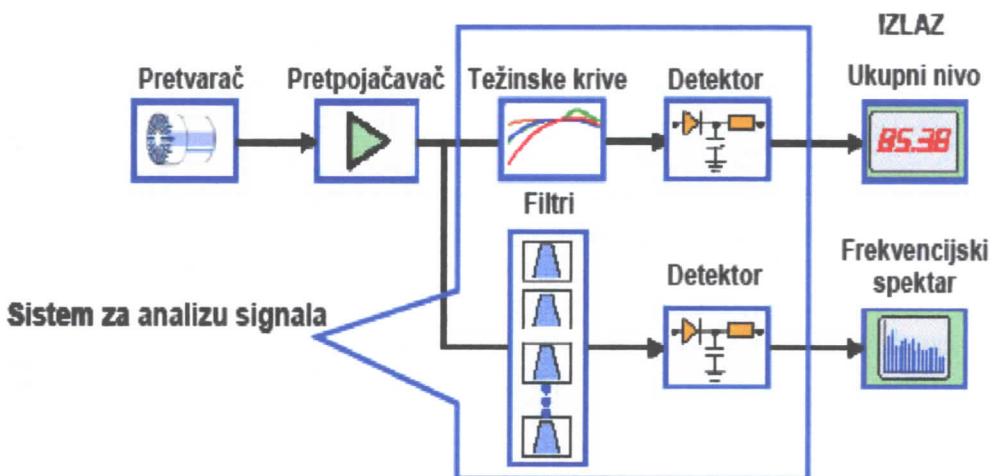


Slika 24-Fonometar

Često se uz fonometar dodaje filter (oktavni, trećinsko oktavni), i to pasivni, kojim se lako određuje amplitudni spektar buke. Postoje i filteri raznih propusnih opsega, kao i oni koji se koriste za precizna i specijalna merenja. Posebna vrsta filtera su tzv. analizatori buke, i to pre svega analizatori u realnom vremenu sa velikim mogućnostima za određivanje spektra buke.

Iako merni instrumenti mogu biti po prirodi veoma različiti (analogni, digitalni ili zasnovani na softverskom rešenju), ipak u suštini svaki merni sistem (lanac) sastoji se iz nekoliko osnovnih karika (sl.25). Grupu instrumenata koji mogu odmah ili posle odgovarajuće obrade da služe za statističku obradu podataka čine razni tzv. statistički analizatori.

Postoje i razni automatizovani postupci (sve više u primeni), koji zahvaljujući mikroprocesorima, omogućavaju da jedan instrument može da služi za određivanje većeg broja podataka, bilo u realnom vremenu bilo pri kasnijoj obradi.



Slika 25. Merni lanac

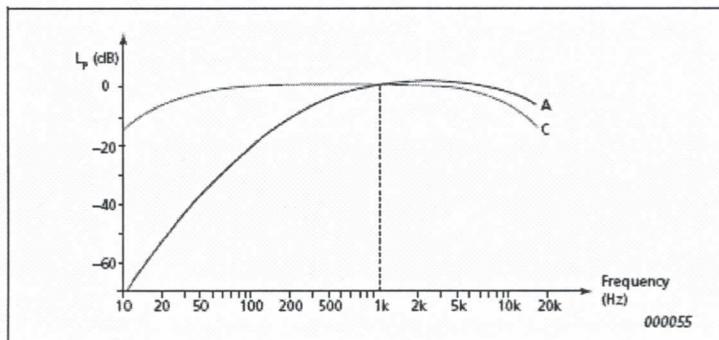
Pokazalo se da je i pri opisivanju buke i pri proceni njene štetnosti podatak o nivou buke najpogodniji.

Za različite potrebe i za ocenu štetnosti, uvedeno je više vrsta nivoa buke, pomoću kojih se može što bolje prikazati buka, uvek vodeći računa o tome kako čovek reaguje na nju.

Vrste nivoa buke:

- ponderisan nivo u dB (A),
- ekvivalentni nivo L_{eq} ,
- nivo impulsne buke,
- noćni i dnevni nivo,
- doza buke izražena pomoću vrednosti u decibelima itd.

Naše uvo je manje osetljivo kada su u pitanju veoma niske i veoma visoke frekvencije. Zbog toga se prilikom merenja nivoa zvuka koriste određeni korekcioni (ponderacioni) filteri. Merenjem uz upotrebu korekcione karakteristike više se približavamo onome što organ sluha stvarno oseća i zato su mnoge norme i zakonski propisi dati u dB (A).



Slika 26- Krive ponderacije

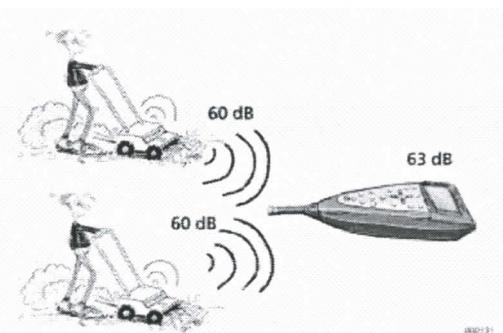
Ako se zvučni nivo iz dva ili više zvučnih izvora meri odvojeno, a pri tom želimo da znamo koliki bi bio kombinovani nivo zvučnog pritiska svih prisutnih izvora zvuka, nivoi zvukova se moraju sabrati.

Jedan od načina da se saberi vrednosti iskazane u dB (nivoi zvuka se ne mogu prosto sabrati) je da se konvertuju pojedinačne vrednosti u dB u linearne, saberi, a potom ponovo konvertuju u dB.

Ako je neko mesto ugroženo od strane većeg broja (n), različitih izvora buke, onda se rezultujući nivo buke može naći po obrascu:

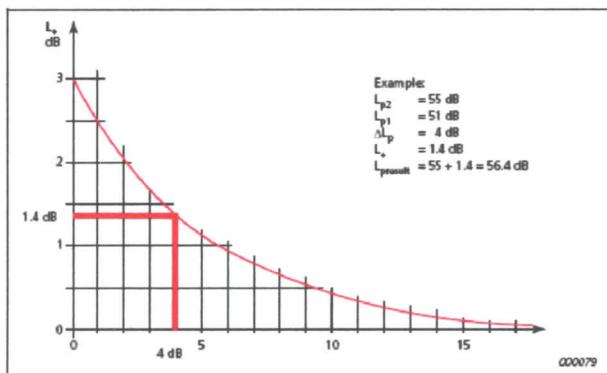
$$L = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{pn}}{10}} \right) \quad (4)$$

Rezultujući nivo zvučnog pritiska (buke) u prisustvu dva izvora istog nivoa buke prikazan je na slici 27.



Slika 27- Rezultujući nivo dva izvora

Uместо formule može se koristiti grafik (sl. 28) koji prikazuje koliko decibela treba dodati jačem nivou da bi se dobio rezultujući nivo. Treći nivo, ukoliko i njega treba sabrati, dodaje se onda na isti način rezultujućem iz prva dva, itd.



Slika 28- Sabiranje buke uz pomoć grafika

3. BUKA U ŽIVOTNOJ SREDINI

Buka u životnoj sredini, ili kako se veoma često zove komunalna buka, definiše se kao buka koju stvaraju svi izvori buke koji se javljaju u čovekovom okruženju.

Glavni izvori komunalne buke su:

- izvore buke na otvorenom prostoru,
- izvore buke u zatvorenom prostoru.

Izvori komunalne buke na otvorenom prostoru mogu se dalje podeliti na sledeće grupe:

- saobraćaj (drumski, železnički i avionski),
- građevinske mašine koje se koriste pri izvođenju javnih radova,
- industrija,
- mašine za kućnu upotrebu (kosačica, motorna testera i slično),
- mašine i vozila za komunalno održavanje,
- sportske aktivnosti, koncerti, zabavni parkovi, alarmi.

Izvori komunalne buke u zatvorenom prostoru mogu se podeliti na sledeće grupe:

- kućni aparati (usisivač, fen za kosu, veš mašina...),
- ventilacioni sistemi i klima uređaji, pumpne stanice, trafostanice,
- uređaji za muzičku reprodukciju,
- žurke, diskoteke, koncerti ...

Neki od nabrojanih izvora buke u zatvorenom prostoru mogu se pojaviti i kao izvori buke na otvorenom prostoru.

3.1 Buka u saobraćaju

Saobraćaj, odnosno prevozna sredstva koje čovek koristi, je dominantni izvor buke u komunalnoj sredini.



Slika 29- Saobraćajna sredstva kao izvor buke

U tabeli 1 predstavljeni su spoljašnji nivoi buke koju stvaraju prevozna sredstva.

Tabela 1-Spoljašnji nivoi buka prevoznih sredstava

Prevozno sredstvo	Spoljašnji nivo buke [dB (A)]
Automobil pri brzini 90km/h	72-75
Autobus	82-87
Teretni voz	85-88
Podzemna železnica	98-103
Kamion	82-89
Kamion (ler gas)	70-75

Pored buke koju prevozna sredstva stvaraju u okruženju, za prevozna sredstva je karakteristična i buka u unutrašnjosti vozila kojoj su izloženi vozači i putnici (tab.2).

Tabela 2-Unutrašnji nivoi buka prevoznih sredstava

Prevozno sredstvo	Unutrašnji nivo buke [dB (A)]
Automobil pri brzini 90km/h	69-78
Vozovi	63-67
Tramvaji	69-73
Podzemna železnica	98-103
Kamion	74-79
Avioni na dužim relacijama	70-80
Avioni na kraćim relacijama	75-85
Helikopteri	69-78

- **Drumski saobraćaj**

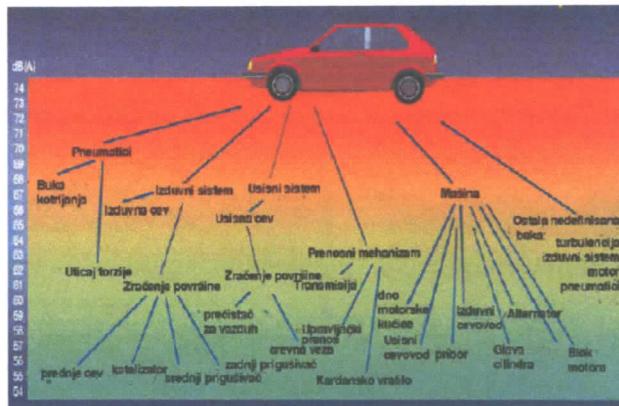
Buka drumskog saobraćaja (automobili, autobusi, kamioni i motocikli) je najrasprostranjeni izvor buke u svim zemljama i primarni je uzrok koji izaziva ometanje ljudskih aktivnosti.

Buka koju proizvodi drumski saobraćaj pri kretanju konstantnom brzinom zavisi od:

- brzine vozila,
- strukture saobraćajnog toka,
- prirode površine,
- topografije terena,
- metereoloških uslova,
- pozadinske buke.

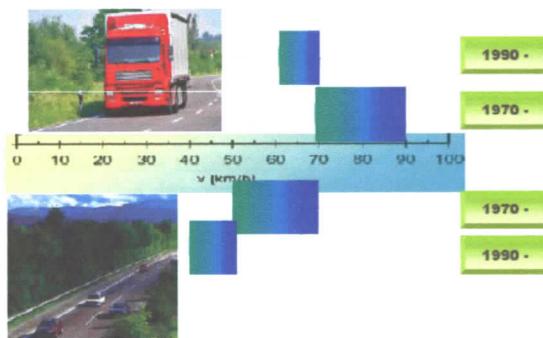
Dominanti izvori buke kod putničkih i teretnih vozila su pogonska jedinica i kontakt površine puta sa pneumaticima.

Na slici 30 ilustrovan je doprinos svih mehanizama generisanja ukupnom nivou buke koji stvara putničko vozilo koje zadovoljava trenutne standarde za dozvoljeni nivo buke putničkih automobila od 74 dB(A) na rastojanju 15m od izvora.



Slika 30-Mehanizmi generisanja buke putničkih vozila

Postoji određena "prelazna brzina" gde su doprinosi oba mehanizma generisanja buke isti. Prelazna brzina, iznad koje dominira buka pneumatika, sve je manja, tako da za putničke automobile iznosi 40 km/h, a za kamione 60 km/h.



Slika 31 -Prelazna brzina iznad koje dominira buka interakcije pneumatika i podloge.

• Železnički saobraćaj

Glavni izvori buke kod prevoznih sredstava u železničkom saobraćaju su:

- interakcija točkova vagona i lokomotive sa šinama,
- pogonski sistem,
- dodatna oprema (ventilacija i sirene),
- aerodinamička buka kod vozova koji se kreću velikim brzinama.

Buka koju generiše železnički saobraćaj zavisi od:

- brzine voza,
- tipa lokomotive, vagona i šina,
- osnove na kojoj su šine postavljene,
- krutosti točkova i šina.



Slika 32-Železnički saobraćaj

- Vazdušni saobraćaj

U aero-saobraćaju izvore zvuka predstavljaju svi avioni koji preleću neko mesto. Operacije sletanja i uzletanja vazduhoplova (aviona i helikoptera) generišu značajan nivo buke u blizini komercijalnih i vojnih aerodroma.

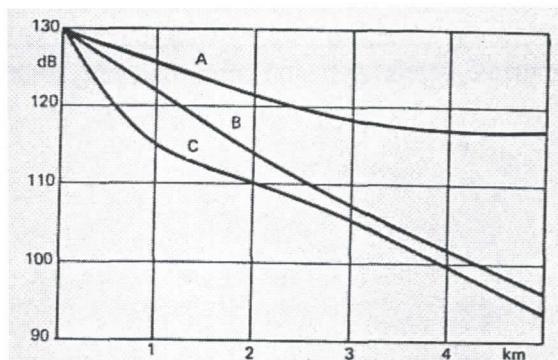
Buka koja nastaje usled operacija sletanja i uzletanja vazduhoplova zavisi od:

- broja vazduhoplova,
- koridora sletanja i uzletanja,
- odnosa uzletanja i sletanja,
- atmosferskih uslova.

Glavni mehanizmi generisanja buke kod konvencionalnih vazduhoplova su pogonski sistem i aerodinamička buka. Buka aviona se sastoji od buke motora i buke nastale pri interakciji strukture letelice i vazdušne struje. Izvori motorske buke su: rad ventilatora, kompresora, turbine, strujanje izduvnog mlaza sagorelih gasova i njegovo mešanje sa spoljnom strujom vazduha. Buka nastala pri kretanju letelice u struji vazduha posledica je formiranja turbulentnih strujanja, koja su najizraženija na izlaznoj ivici krila i komandnih površina kao i na krajevima krila. Interesantni su rezultati koji ukazuju da je u određenim fazama leta, buka nastala usled formiranja turbulentnih strujanja, izraženija u odnosu na buku motora.

Aerodinamička buka je dominantna samo na frekvencijama iznad 600Hz i to u fazi letenja.

Prijemnika zvuka u ovom slučaju ima mnogo i to su svi stanovnici u posmatranom mestu, koji nemaju uvek iste zahteve za tišinom, što zavisi od raznih okolnosti (doba dana, deca i odrasli itd). Veliki broj izvora i prijemnika zvuka nameće statistički pristup proučavanju prenošenja i dejstva zvuka, tako da su u tom smislu razvijene posebne metode za ispitivanje i ocenjivanje dejstva buke. U ovom slučaju uticaj prijemnika zvuka na putanju i izvore ogleda se u tome što se uzletanje i sletanje aviona vrši po određenoj proceduri i na određenoj putanji, kad god se radi o gusto naseljenim oblastima. Ako se aerodrom nalazi u retko naseljenom, ili nenaseljenom kraju, procedura sletanja i uzletanja, kao i putanje su drukčije, i zavise samo od ekonomičnosti vazduhoplova, dok se o stvaranju buke ne vodi računa. Na slici 33 vidi se koliku buku proizvodi jedan isti avion kada blago, normalno, ili strmo uzleće.



Slika 33- Nivo buke koju stvara avion prilikom: A - blagog uzletanja, B - normalnog i C - strmog uzletanja, posmatran na različitim udaljenostima od pista.

U fazi sletanja i uzletanja dominantna je buka pogonskog sistema. (tabela 3).

Tabela 3 -Nivoi buke avio saobraćaja

Vazduhoplov	SEL [dB(A)]
Avioni	
Boeing 707, DC-8	113.5
Boeing 727	112.5
Boeing 737, DC-9	110.0
Boeing 747	102.5
DC-10	100.0
Boeing 757	97.0
Boeing 767	96.7
Helikopteri	
Boeing CH-47C	99.2
Sikorsky S-64	93.2
Bell 212	89.0
Augusta A109	89.7

3.2 Industrijska buka

Mašine i mašinska oprema koja se koristi u industriji spadaju u grupu stacionarnih izvora buke koji generišu buku na radnom mestu.

Takođe, mogu generisati značajne nivoe buke i u okruženju fabričke hale, na otvorenom prostoru. Generisana buka je uglavnom zavisna od snage maštine.

- Buka gradjevinskih mašina

Korišćenje građevinskih mašina za gradnju komercijalnih ili stambenih objekata ili za različite vrste iskopavanja u gradskim sredinama može izazvati značajnu emisiju buke. Građevinske mašine spadaju u grupu privremenih ili povremenih izvora buke čije je korišćenje vremenski ograničeno.

Ograničeno trajanje buke koji ovi izvori generišu moraju se uzeti u obzir pri ocenjivanju uticaja buke na životnu sredinu (tab. 4). Građevinske mašine kao izvori buke mogu se podeliti u dve osnovne grupe: pokretni izvori (kamioni, dozeri, bageri, rovokopači, utovarivači i sl.) i stacionarni izvori (kranovi, kompresori, pneumatski čekić za razbijanje betona i slična električna oprema sl.34).



Slika 34- Građevinske mašine

Tabela broj 4- Nivo buke građevinskih mašina

Izvor buke	Maksimalni nivo buke [dB(A)]
Bušenje zemlje burgijama	94 (3m)
Rovokopač	87-99 (10m)
Rovokopač, ler gas	74 (10m)
Mikser za beton	77-85 (3m)
Motoma testera	89-95 (3m)
Kružna testera za beton	91 (10m)
Kompresor	91 (1m)
Utovarivač	79-93 (15m)
Udarni čekić sa pokretnom rukom	100 (1m)
Razbijач betona	86 (10m)
Parni valjak	87 (10m)
Mašina za asfaltiranje	84 (10m)

3.3 Buka u zatvorenom prostoru

U stambenim objektima buka može biti posledica rada različitih sistema namenjenih za zajedničko korišćenje (pumpe za grejanje, ventilacioni sistemi, vodovodni sistemi, liftovi). Ali i rezultat glasnog razgovora, muzike i drugih aktivnosti u neposrednom susedstvu (kosačice, usisivači, aparati za kućnu upotrebu, žurke i sl.).



Slika 35-Kućni aparati kao izvori buke

Postoje mnogobrojni tehnički izvori buke unutar stambenih zgrada. Kuhinja je najbučnija prostorija u stanu. Ta činjenica postaje važna ako se zna da sve više ljudi "živi" u kuhinji, koristeći kuhinjski prostor za mnogo više od samog kuvanja obroka.

Prilikom nabavke kuhinjskih aparata većina ljudi ne uzima u obzir bučnost uređaja (tabela 5).

Tabela 5- Nivo buke kućnih aparata

Izvor buke	Maksimalni nivo buke [dB(A)]
Aparat za smanjenje vlage	58÷60 (1.5m)
Blender	76÷81 (1m)
Mašina za mlevenje otpadaka	76÷78 (1m)
Mikrotalasna pećnica	56÷58 (1m)
Slavina sa punim mlazom iznad sudopere	71÷73 (1m)
Ručni usisivač	82÷87 (1m)
Usisivač	78÷85 (1.5m)
Paročistač	84÷92 (1.5m)
Fen za kosu	77÷86 (1m)
Kosačica - ručna	81÷86 (1.5m)
Kosačica sa sedištem	88÷93 (1.5m)

Ljubitelji diskoteka se često žale da im posle provoda još dugo zuji u ušima. Jačina zvuka u diskotekama dostiže oko 105 dB, što može da prouzrokuje stalno zviždanje u ušima, slabljenje sluha i preosetljivost na buku.

U toku dana naše uši ponekad moraju da istrpe buku od 100 dB, pa i više: saobraćaj, avion koji leti iznad grada... Ali to obično traje vrlo kratko, dok se u diskoteci provodi i po nekoliko sati.

Na koncertu jačina zvuka često prelazi nivo koji naše uši mogu da podnesu bez posledica (na momente može da dostigne čak 140 dB). Dokazano je da koncert tehnomuzike koji traje dva sata i na kome jačina zvuka premašuje 120 dB može da dovede do trajnog oštećenja sluha.

U studiji koja je sprovedena u Velikoj Britaniji trećina ispitanih tinejdžera je priznala da im zvoni u ušima posle slušanja glasne muzike. Tinejdžeri i deca koja preglasno i prečesto slušaju muziku iz MP3 plejera rizikuju da ogluve 30 godina ranije od generacije svojih roditelja.

Stručnjaci preporučuju da se muzika sluša do maksimalno 60 odsto jačine zvuka i ne duže od 60 minuta odjednom. Potrebno je čak 16 sati da se uši odmore od buke jačine 100 dB. Skoro 80 odsto posetilaca diskoteka ima za posledicu zujanje u ušima. Ako buka potraje, šteta može da postane teško nadoknadiva, može da preraste u gluvoču.

4. TIPOVI IZVORA BUKE

Prostiranje buke na otvorenom prostoru podrazumeva širenje zvučnih talasa od mesta izvora buke ka prijemniku kroz atmosferu.

Pri tome dolazi do slabljenja buke usled divergencije (rasipanja) zvučnih talasa, odnosno povećanja površine talasnog fronta na kome se raspodeljuje ista količina zvučne energije.

Nastajanje i rasprostiranje zvučnih talasa na otvorenom prostoru, kao i slabljenje nivoa buke na mestu prijema, usled divergencije zvučnih talasa, zavisi od tipa zvučnih izvora.

Svi izvori buke koji se mogu sresti u životnoj sredini, mogu se modelirati korišćenjem tri osnovna tipa izvora buke:

- tačkastog izvora buke,
- linijskog izvora buke,
- red tačkastih izvora.

Rasprostiranje komunalne buke može da se svede na zakone nastajanja i rasprostiranja zvuka od tačkastih i linijskih izvora (kolona automobila).

Kod tačkastih izvora intenzitet opada sa kvadratom rastojanja,

$$I = \frac{P_a}{4\pi R^2} \quad (5)$$

a kod linijskih opada sa rastojanjem (R), odnosno,

$$I = \frac{P_a}{2R\pi l} \quad (6)$$

gde je l - dužina linijskog izvora.

U odnosu na raznovrsnost geometrijskih oblika zvučnih izvora koji proizvode komunalnu buku i na rastojanja ovih izvora u odnosu na mesta gde se buka analizira i normira, postavljene su praktične jednačine za izračunavanje nivoa, i to:

1. Za tačkasti izvor,

$$L = L_0 - k_p 20 \log \frac{R}{R_0} \quad (7)$$

2. Za liniski izvor,

$$L = L_0 - k_p 10 \log \frac{R}{R_0} \quad (8)$$

3. Za red tačkastih izvora (na primer: kolona automobila sa međusobnim rastojanjem (s) između dva susedna vozila) i to:

a) kada je rastojanje između vozila $s > 2R$,

$$L = L_0 - k_p k 20 \log \frac{R}{R_0} \quad (9)$$

b) kada je rastojanje između vozila $s < 2R$,

$$L = L_0 - k_p 20 \left(k \log \frac{0,5s}{R_0} + \log \sqrt{\frac{R}{0,5s}} \right) \quad (10)$$

gde je:

L - nivo buke na rastojanju R od zvučnog izvora,

L_0 - nivo buke na referentnom rastojanju R_0 koje zavisi od usvojene metodologije (prema GOST - normama $R_0 = 7$ m a prema DIN normama $R_0 = 25$ m),

k - koeficijent koji se određuje iz tabele 6,

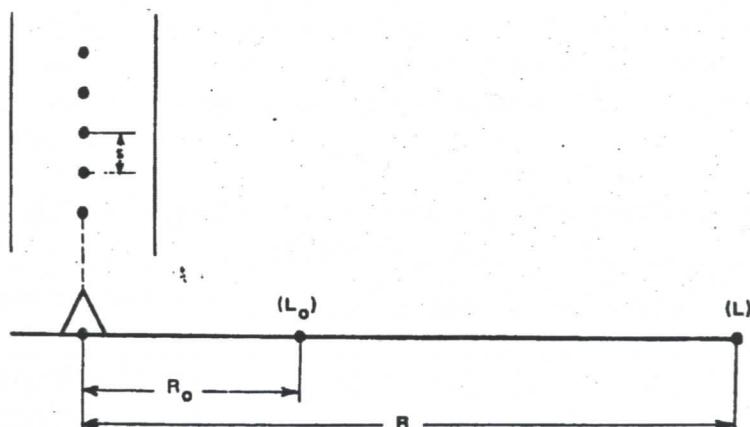
k_p - koeficijent koji zavisi od karaktera površine tla: za asfalt $k_p = 0,9$, za oranice 1,0 i travnate površine 1,1

$$s = \frac{v}{n} \cdot 10^3 \text{ - rastojanje između automobila u koloni sa frekvencijom saobraćaja } n \text{ (br. vozila / h).} \quad (11)$$

Tabela 6- Vrednosti koeficijenta k

s (m)	20	24	30	40	50	60	70
k	0,17	0,5	0,617	0,716	0,78	0,806	0,833
s (m)	80	100	140	160	250	300	
k	0,84	0,855	0,88	0,885	0,89	0,908	

Na slici 36 prikazana je kolona automobila (kao red tačkastih izvora) [4].



Slika 36- Kolona automobila sa karakterističnim podacima (s , R_0 , R , L_0 i L).

4.1 Metode i kriterijumi za određivanje ekvivalentnog nivoa

Kod merenja i analize komunalne buke najvažnije je da se odredi nivo buke koji treba normirati, upoređivati sa dozvoljenim nivoom za određena mesta ili prostore čovekovog boravka. To je takozvani merodavni nivo.

Merodavni nivo se određuje poznatim metodama merenja ili izračunavanja ekvivalentnog nivoa, kome se dodaje korekcija nivoa za različite karaktere komunalne buke (konstantna, isprekidana buka itd.).

Ekvivalentni nivo buke se izračunava pomoću jednačine:

$$L_{eq} = 10 \log \left| \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n N_i 10^{0,1L_{Ai}} \right| \text{dB(A)} \quad (12)$$

Gde je:

L_{eq} - ekvivalentni nivo dB(A),

L_{Ai} - nivo buke u dB(A) koji odgovara srednjoj vrednosti klasnog intervala čija širina može biti 2,3,4 ili 5 dB(A),

N_i - broj očitanih mernih rezultata koji pripadaju klasi "i",

N - ukupan broj očitanih mernih rezultata dobijenih u toku merenja

n - broj klasnih intervala kojima su obuhvaćeni svi izmereni nivoi.

Ekvivalenti nivo određuje se merenjem u tu svrhu specijalno konstruisanim mernim uređajima.

U odnosu na frekvencijski spektar i karakter komunalne buke (konstanta, promenljiva, impulsna) merodavni nivoi se određuju na sledeći način i to:

- Za buku stalnog nivoa širokopojasnog frekvencijskog spektra merodavni nivo je onaj nivo koji se očita na sonometru u dB (A),
- Za buku promenljivog nivoa merodavni nivo odgovara izmerenom ili izračunatom ekvivalentnom nivou,
- Merodavni nivo impulsne i tonalne buke dobija se na taj način što se izmerenom ekvivalentnom nivou dodaje korekcija od 5 dB (A),
- Za isprekidanu buku merodavni nivo određuje se na taj način što se ekvivalentni nivo, kada je buka najveća, umanji za ΔL u dB (A). Korekcija ΔL zavisi od odnosa vremena trajanja najvećeg nivoa i ukupnog vremena u kome je vršena analiza buke u %. Vrednosti ΔL , u zavisnosti od trajanja pojačane buke i ukupnog trajanja u (%) priloženi su u tabeli 7 [4].

Tabela 7- Vrednosti ΔL u zavisnosti od trajanja pojačane buke i ukupnog trajanja

Trajanje pojačane buke u odnosu na celo trajanje	50-100%	25-50%	10-25%	10-4%
Umanjen za ΔL u dB(A)	0	3	6	10

4.2 Metodologije određivanja ekvivalentnog nivoa

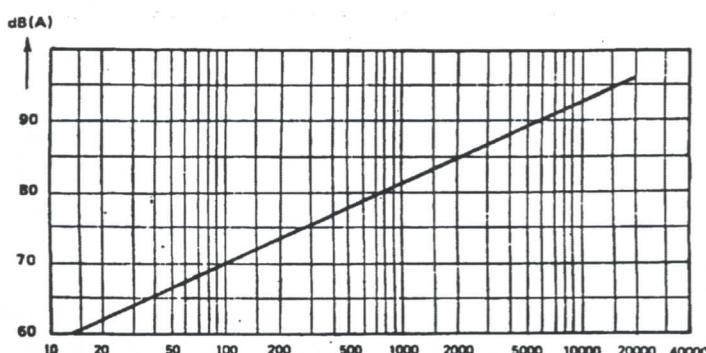
Određivanje ekvivalentnog nivoa komunalne buke je veoma složeno, posebno ako je u pitanju saobraćajna buka. Merenje se vrši posebnim instrumentima (statističkim analizatorima), ili se izračunava u skladu sa postojećim metodologijama. Postoje razne metodologije kojima se računskim putem određuje ekvivalentni nivo. Od postojećih metodologija izdvajaju se metodologija DIN-normi (br. 18005) i metodologija sanitarnih GOST-normi. U ovim metodologijama posebna pažnja je posvećena izračunavanju ekvivalentnog nivoa komunalne buke koju stvaraju saobraćajna vozila, što je kod komunalne buke i najveći problem. DIN i GOST norme imaju iste polazne osnove. Polaze od dva osnovna parametra koji karakterišu saobraćaj uopšte, a utiču i na karakter i nivo komunalne buke. To su:

- a) brzina vozila (km/h) i
- b) frekvencija saobraćaja (protok vozila n/h).

• GOST-sanitarne norme

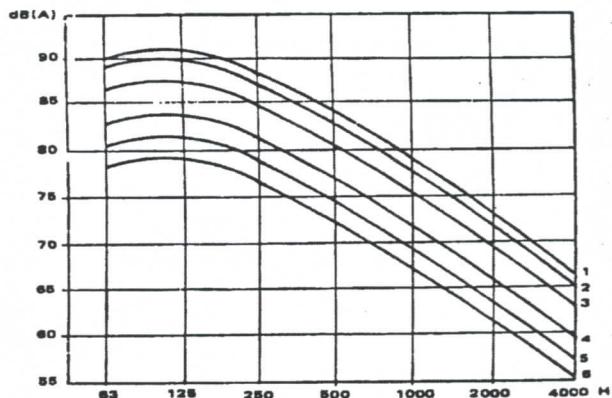
Ova metodologija ruskih autora definiše zavisnost između intenziteta saobraćaja (brzine vozila (km/h), frekvencije saobraćaja (n/h)) i nivoa buke. Usvojene su polazne vrednosti ovih zavisnosti koje su sadržane u dijagramu (sl.37). Te polazne vrednosti su brzina vozila $40 km/h$ i odnos zastupljenosti teretnih prema putničkim vozilima koji iznosi $60 / 40 \%$. Dobijeni nivo buke sa dijagrama (sl.37) odgovara nivou buke na rastojanju $R_o = 7 m$. Prema ovoj metodologiji smatra se da brzina vozila manja od $40 km/h$ ne utiče na smanjenje nivoa buke.

Ukoliko zastupljenost teretnih i putničkih vozila nije $60 / 40 \%$ ili je brzina veća od $40 km/h$, vrši se korekcija očitanog nivoa sa dijagrama (sl. 37). Ta korekcija sadržana je u sledećem: Za povećanje brzine vozila za 10% izvrši se korekcija nivoa za $\pm 1 dB$. Za promenu odnosa zastupljenosti vozila $60 / 40 \%$ teretnih u odnosu na putnička vozila, za $\pm 10\%$ menja nivo buke za $\pm 1 dB$.



Slika 37- Ekvivalentni nivo buke na rastojanju $R_o = R_7 = 7 m$, za brzinu $v = 40 km/h$ i zastupljenost $60 / 40 \%$ teretnih i putničkih automobila.

Na slici 38 priređen je frekvencijski spektar buke kolone automobila u zavisnosti od frekvencije saobraćaja n/h za polazne vrednosti prema GOST kriterijumima ($R_a = 7 m$, $v = 40 km/h$ i $60/40$ zastupljenosti teretnih i putničkih automobila).



Slika 38- Frekvencijski spektar buke kolone automobila u zavisnosti od frekvencije saobraćaja (n / h). 1 - $2000 \text{ n} / \text{h}$; 2 - $1500 \text{ n} / \text{h}$; 3 - $1000 \text{ n} / \text{h}$; 4 - $500 \text{ n} / \text{h}$; 5 - $300 \text{ n} / \text{h}$; 6 - $200 \text{ n} / \text{h}$.

- **DIN-norme**

Polazni parametri za izračunavanje ekvivalentnog nivoa saobraćajne buke prema DIN-normama su takođe frekvencija saobraćaja i brzina vozila.

Prema ovoj metodologiji, određivanje ekvivalentnog nivoa svodi se na izračunavanje nivoa L_o na rastojanju $R_o = 25 \text{ m}$ (sl.36) u uslovima nesmetanog rasprostiranja zvuka (otvoren prostor) kada nema zelenih površina, barijera, objekata ili drugih zvučnih prepreka. Izračunavanje ekvivalentnog nivoa vrši se za svaku vrstu vozila posebno (putnička, teretna i šinska). Zatim se iz dobijenih - parcijalnih nivoa, logaritamskim sabiranjem određuje rezultujući ekvivalentni nivo.

a) **Ekvivalentni nivo putničkih vozila.** U zavisnosti od frekvencije saobraćaja i brzine kretanja putničkih vozila, ekvivalentni nivo na rastojanju $R_o = 25 \text{ m}$ izračunava se pomoću jednačine,

$$L_o = L(25m)_{pv} = 30 \log v_{pv} + 10 \log n_{pv} - 20 \text{dB}(A) \dots \quad (13)$$

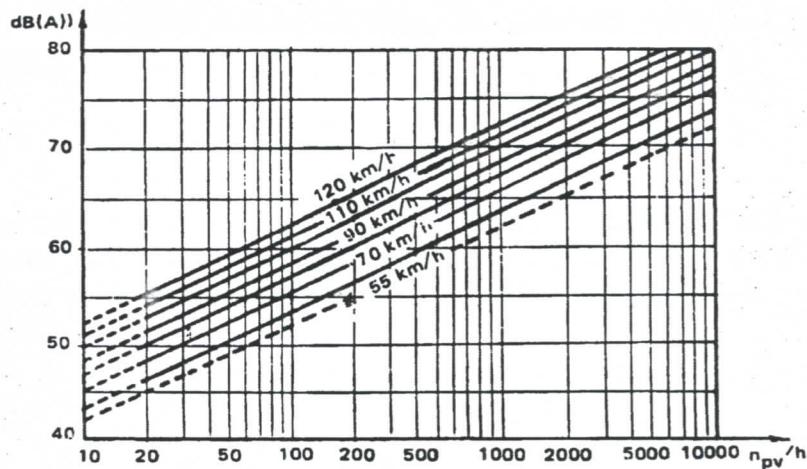
gde su:

v_{pv} - prosečna brzina putničkih vozila

n_{pv} - frekvencija protoka vozila.

Prema DIN metodologiji minimalna brzina je $55 \text{ km} / \text{h}$, dok je prema GOST $40 \text{ km} / \text{h}$.

Pored frekvencije saobraćaja putničkih vozila (n_{pv}) i brzine (v_{pv}) kod izračunavanja ekvivalentnog nivoa treba uzeti u obzir i karakter površine saobraćajnice. Dobijeni nivo pomoću jednačine (13) ili dijagrama (39) korigovati; za kaldrmisanu ulicu dodati $5 \text{ dB}(A)$. Za saobraćajnice sa oštećenim asfaltom, ako je brzina veća od $60 \text{ km} / \text{h}$ dodati $2 \text{ dB}(A)$, a za asfaltne površine koje su pokrivene finim betonom ili sličnim materijalom treba oduzeti $3 \text{ dB}(A)$.



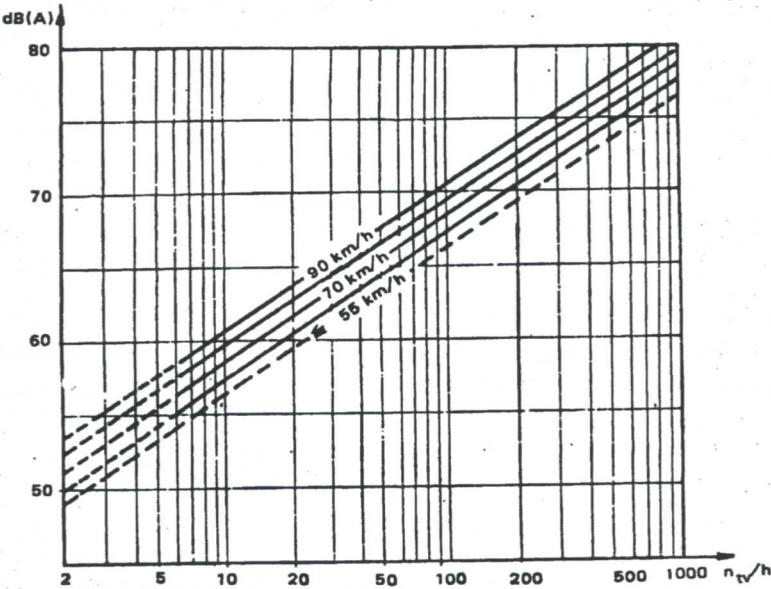
Slika 39. Zavisnost ekvivalentnog nivoa L_A (25 m) od broja vozila po satu n_{pv} / h , za saobraćaj putničkih vozila pri slobodnom prostiranju zvuka.

b) Ekvivalentni nivo teretnih vozila. U zavisnosti od frekvencije saobraćaja i brzine kretanja teretnih vozila ekvivalentni nivo na rastojanju $R_o = 25$ m izračunava se pomoću jednačine:

$$L_0 = L(25m)_{tv} = 30 \log v_{tv} + 10 \log n_{tv} + 11,5 \text{dB}(A) \quad (14)$$

gde je:

v_{tv} - prosečna brzina teretnih vozila
 n_{tv} - frekvencija protoka vozila u jednom satu.



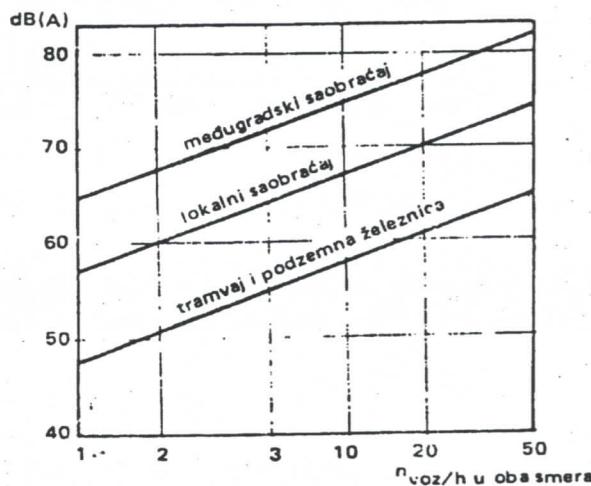
Slika 40- Zavisnost ekvivalentnog nivoa L_A (25 m) od broja teretnih vozila u jednom satu n_{tv} / h , pri slobodnom prostiranju zvuka.

Korekciju nivoa u zavisnosti od karaktera površine saobraćajnice za putničke treba uzeti i za teretna vozila.

c) **Ekvivalentni nivo šinskih vozila.** Ekvivalentni nivo šinskih vozila izračunava se pomoću jednačine

$$L_0 = L(25)_{tr} = 10 \log n_{tr} + 47,9 dB(A) \quad (15)$$

U koliko je kod šinskog saobraćaja ugrađen jedan od oblika tehničkog rešenja za smanjenje nivoa buke (na primer specijalno varenje šina, ugradnja gumenih podmetača i slično), onda dobijeni nivo pomoću jednačine (15) ili dijagrama (sl. 41), smanji se za $5 dB(A)$.



Slika 41- Ekvivalentni nivo buke šinskih vozila na 25 m od srednje ose šina, u zavisnosti od vrste i broja vozila.

d) Rezultujući nivo.

Rezultujući ekvivalentni nivo koji stvaraju putnička, teretna i šinska vozila, određuje se logaritamskim sabiranjem parcijalno dobijenih nivoa.

Pomoću metodologije DIN normi u skladu sa jednačinama od (13) do (15) i dijagrama (sl. od 39 do 41), određuje se ekvivalentni nivo saobraćajne buke (L_o) na referentnom rastojanju $R_o = 25$ m.

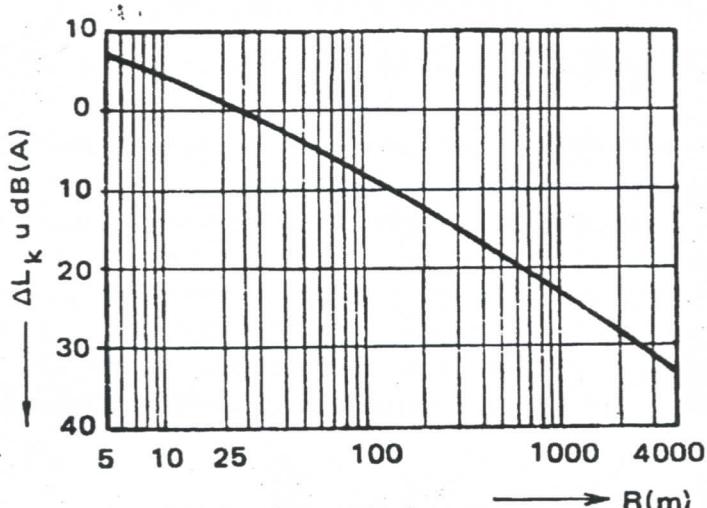
U praksi treba odrediti ekvivalentni nivo na bilo kom mestu izloženosti, koje se nalazi na većem ili manjem rastojanju od R_o .

Za normiranje saobraćajne buke, za koju se smatra da je liniski izvor zvuka, kada je poznat nivo L_o na rastojanju R_o , za bilo koje drugo rastojanje u otvorenom prostoru ekvivalentni nivo se određuje pomoću jednačine.

$$L = L_0 \pm \Delta L_k \quad (16)$$

gde je

ΔL_k - korekcija nivoa (slika 42).



Slika 42- Korekcionni član ΔL_k u zavisnosti od rastojanja R.

Izložene metodologije GOST i DIN-normi važe za uslove rasprostiranja zvuka u otvorenom prostoru bez zvučnih barijera i prepreka (zelenih površina, zgrada, paravana itd.).

U uslovima rasprostiranja zvuka po zelenim površinama u stambenim objektima ili drugim raznovrsnim geometrijskim oblicima i zavisno od konfiguracije terena saobraćajnica vrši se dodatni proračun i korekcije dobijenih nivoa, u skladu sa GOST ili DIN metodologijom.

- **Korekcija polaznih kriterijuma GOST i DIN normi.**

Kod korišćenja ovih metodologija treba voditi računa o stepenu njihove tačnosti, s obzirom da su nastale pre više godina kada su i nivoi buke vozila bili znatno veći.

Naime, razvojem i novim konstruktivnim rešenjima vozila a posebno motora i izduvnih uređaja (auspuha), kod putničkih i teretnih vozila iz godine u godinu smanjuje se nivo buke koju ova vozila proizvode. Ovo smanjenje buke, koje je posledica novih tehničkih rešenja i novih tipova automobila, treba da se uzme u obzir kod izbora metodologije kojom treba vršiti analizu. U cilju dobijanja potrebne tačnosti ekvivalentnih nivoa saobraćajne buke treba odrediti (korigovati) polazne kriterijume i nivoe GOST i DIN metodologije. Korekcija polaznih kriterijuma vršila bi se za usvojene vrednosti frekvencije saobraćaja i brzine vozila, na kojima i baziraju obe metodologije [4].

5. MERE I METODE ZAŠTITE

Svugde prisutna buka negativno utiče na psiholosko stanje, a može biti i uzrok ostećenja sluha. Najizraženija je u velikim gradovima gde je gust intenzivni saobraćaj. Buka nastaje i u radnoj sredini, poslovnim i stambenim zgradama pa podjednako ugrožava na otvorenom i u zatvorenom prostoru. Ugradnjom savremenih zvučnoizolacionih materijala buku u objektima možemo bitno smanjiti ili potpuno prigušiti, čime se postiže viši komfor, bolji radni uslovi i zdravije okruženje.

Na mjestu prijemnika buka se doživljava kao problem ukoliko su nivoi buke visoki ili ukoliko remeti osnovne ljudske aktivnosti: rad, odmor i spavanje.



Slika 43 –Smanjenje buke izolacionim materijalima

5.1 Osnovni principi zaštite od buke

Polazeći od objektivnih parametara buke i prateći dejstvo buke na čoveka, uvedene su razne mere zaštite, kako bi se nivo buke sveo u dopuštene vrednosti.

Da bi se smanjio štetni uticaj buke, pa i vibracija, koje su najčešći pratilac buke, pribegava se sa manje ili više uspeha zaštita i to uglavnom na tri načina:

- putem individualnih zaštitnih sredstava,
 - kolektivnim merama zaštite,
 - smanjenjem nivoa buke na samom izvoru.

5.1.1 Individualna zaštitna sredstva

Individualna zaštitna sredstava podrazumevaju razne tipove zaštitnika. Zaštitne slušalice su odlična zaštita od buke (sl. 44 a). Otvori za uši su široki i asimetrični, pa mogu lako da se prilagode ušnim školjkama. Stepen prigušenja buke je 23-28 dB. Zaštitni šlem sa slušalicama, može da se koristi u celini ili iz komponenti (sl. 44 b). Ovim sredstvima se može postići zaštitna moć u opsegu od 15 do 30 dB, pa čak i više, što predstavlja značajno smanjenje nivoa buke, prvenstveno u odnosu na čovečije uvo.

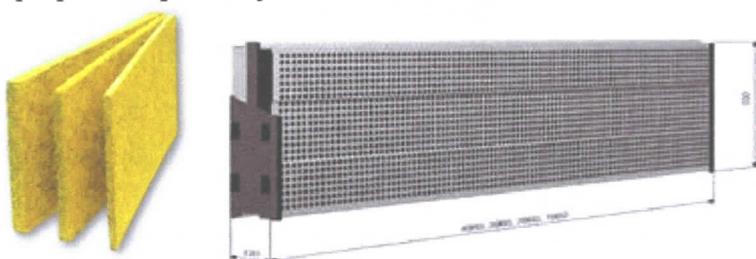


Slika 44-Individualna zaštitna sredstva [5].

Zaštitni čepici za uši (penasti čepići) su idealna zaštita od buke, posebno za ljudе koji su intezivno izloženi uticaju buke. Stepen prigušenja je do 34db. U ekstremno jakoj buci je potrebno nositi i čepove za uši i zaštitne slušalice.

5.1.2 Kolektivne mere zaštite

Opšte mere zaštite ili, kako ih često nazivaju, kolektivne mere, vezane su za postupke smanjenja nivoa buke u okolini u kojoj čovek radi ili na putu prostiranja zvučnih talasa (zidovi i druge prepreke u stambenim zgradama, školama, bolnicama i drugde). Na nivo buke u pogonima, u industriji, može se uticati do izvesne mere (maksimalno do oko 10 dB) apsorpcionim elementima, koji se postavljaju na zidove ili na posebne panele i prepreke u prostoriji.



Slika 45– Izolacioni materijali

5.1.3 Smanjenje nivoa buke na samom izvoru

Nivo buke na mestu prijemnika zavisi od:

- Zvučne snage izvora (automobila, kamiona, vozova i sl.);
- Dužine putanje kojom se buka prostire, odnosno rastojanja između izvora buke i prijemnika;
- Okruženja u kome se nalazi prijemnik.

Navedeni elementi od kojih zavisi nivo buke na mestu prijema određuju i osnovne principe kontrole buke:

- Kontrola na samom izvoru buke;
- Kontrola na putevima prenošenja;
- Kontrola na mestu prijemnika.

Najefikasniji način smanjenja nivoa buke vezan je za sam izvor zvuka. Ako raznim tehničkim sredstvima i inovacijama može da se smanji nivo buke odmah, na samom izvoru, bez uticaja na rad neke mašine ili motora, tada se u okolini menja situacija u pogledu buke i rezultat je evidentan. Zahvaljujući velikom napretku tehnike, a naročito novim materijalima, moguće je smanjiti buku na izvoru čak i za više desetina decibela, što stvara potpuno novu situaciju u proizvodnim pogonima, koji po pravilu imaju kao karakteristiku visok nivo buke.

Primarna mera je kontrola buke na samom izvoru, jer ukoliko se na izvoru buke preduzmu sve mere za smanjenje nivoa buke primena drugih metoda nije neophodna.

Kada nije izvodljivo primeniti mere za kontrolu buke na mestu samog izvora, primenjuju se mere kontrole na putevima prenošenja zvuka od izvora do prijemnika. Ovakav pristup se najviše primenjuje za kontrolu buke u životnoj sredini.

Buka se ne širi u prostoru samo pravolinijski nego se javljaju brojne refleksije, koje zavise od položaja fizičkih prepreka i koje u različitoj meri buku absorbuju.



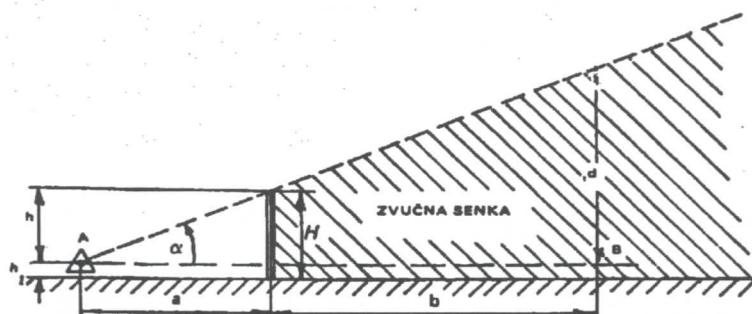
Slika 46 -Prostiranje zvučnih talasa od izvora do prijemnika.

5.1.4 Barijere, tuneli i zeleni pojasevi za zaštitu od buke

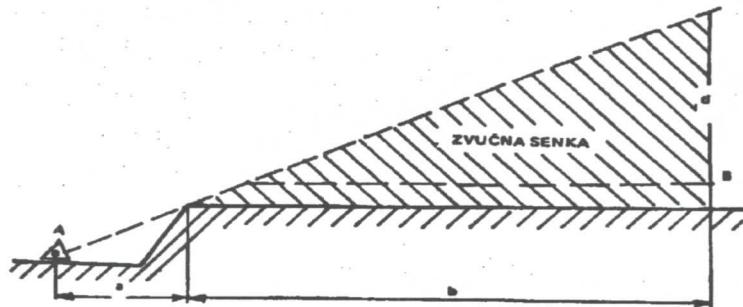
Zidovi za zaštitu protiv buke se određuju na deonicama puta sa gustom gradnjom i gde je ograničena širina zemljišta između puta i objekta ili ako put prolazi pored zgrada na visokom nasipu ili na mostu.

U zavisnosti od odnosa zvučnog izvora i mesta na kome se traži smanjenje buke barijere mogu biti:

- Zvučni izvori i posmatrana tačka nalaze se na istoj visini (slika 47),
- Zvučni izvor i posmatrana tačka nalaze se na različitim visinama (slika 48).



Slika 47- Zvučni izvori i posmatrana tačka nalaze se na istoj visini [4].

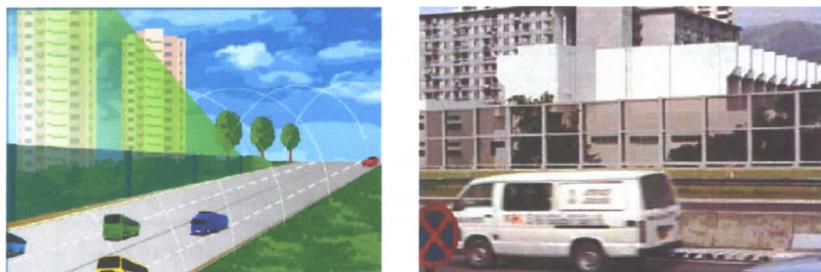


Slika 48- Zvučni izvor i posmatrana tačka nalaze se na različitim visinama [4].

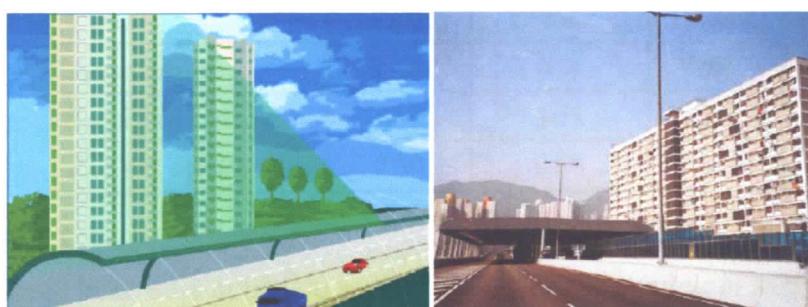
Kontrola buke na putevima prenošenja zvučnih talasa podrazumeva:

- potpuno oklapanje (zatvaranje) izvora buke,
- stavljanje prepreka u vidu barijera (slika 49),
- izradom tunela poluotvorenog (sl. 50) ili zatvorenog tipa (sl. 51), između izvora buke i prijemnika.

Da bi barijera imala zadovoljavajući efekat ona mora da spreči direktnu vidljivost izvora buke i prijemnika. To nije uvek moguće, naročito u gusto naseljenim gradovima sa višespratnicama. U takvim okolnostima mogu se koristiti zaštitni ekrani.



Slika 49- Ilustracija efekta vertikalne barijere sa prikazom izgrađene barijere pored saobraćajnice



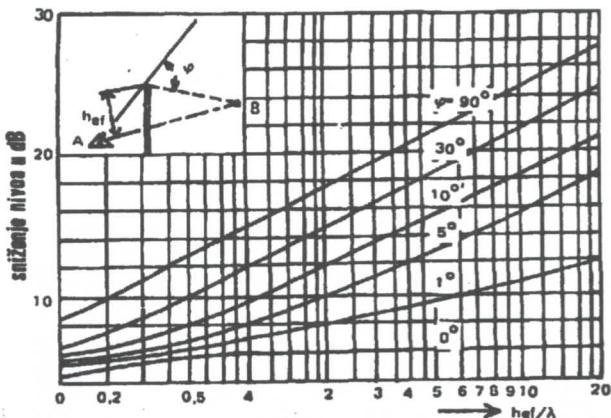
Slika 50- Ilustracija efekta tunela poluotvorenog tipa sa prikazom izgrađenog tunela pored saobraćajnice

Na ovaj način se buka može smanjiti i više od 20dB(A), za slučaj tunela zatvorenog tipa.



Slika 51- Ilustracija efekta tunela zatvorenog tipa sa prikazom izgrađenog tunela pored saobraćajnice

Pri tom važnu ulogu imaju efektivna visina prepreke (h_{ef}) i ugao (ϕ) koji formiraju zvučnu senku (slika 52).



Slika 52- Grafikon za određivanje dopunskog sniženja nivoa zbog prisustva zvučnih prepreka (ekrana i barijera) [4].

Izolaciona moć materijala od kojih može biti sagrađena barijera:

Tabela 8- Izolaciona moć materijala

Materijal	d [mm]	M [kg/m^2]	R [dB]
Iverica	13	8.3	20
Drvo	25	18	21
Čelik	0.95	7.3	22
Aluminijum	1.59	4.4	23
Laki betonski zid	100	161	36
Zid od opeke	150	288	40

Smanjenje buke koja potiče od saobraćaja postiže se i sadnjom zaštitnog zelenila (sl. 53). Prirodne prepreke u obliku zemljanih nasipa sa ili bez zelenih zasada mogu se koristiti za smanjenje nivoa buke sprečavanjem širenja zvučnih talasa, ali se mogu kombinovati i sa barijerama.

Zemljani nasipi imaju prirodan izgled i mogu zadovoljavati većinu estetskih zahteva pri čemu je smanjenje buku za oko 3dB veće od smanjenja buke barijerom iste visine.



Slika 53- Prikaz prirodnih prepreka sa funkcijom barijere

Lišće ima sposobnost da odbija i upija zvuk. Struktura lista apsorbuje jedan deo akustične energije, jedan deo odbija i na taj način smanjuje nivo buke. Vetar pokreće

listove zelenih biljaka, oni se sudaraju i emituju ujednačen, umirujući šum koji pokriva deo svakodnevnih iritirajućih štetnih zvukova, reč je o fenomenu maskiranja. Sloj lišća ispred fasade (slika 54), posebno onog gustog i teškog, reaguje na zvučne talase svojim kretnjama.



Slika 54-Zaštita zelenilom

Efikasnost zaštite od buke zelenih fasada zavisi od vrste biljke, veličine lista i godišnjeg doba. Istraživanja su pokazala da lišće smanjuje količinu buke za oko 5 dB.

5.1.5 Zvučna izolacija prijemnika

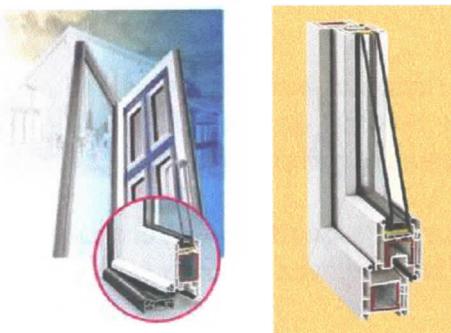
Na mestu prijemnika buka se može smanjiti preuzimanjem sledećih mera:

- promena lokacije prijemnika,
- lociranje stambenih objekata i prostorija,
- primena arhitektonskih rešenja,
- zvučna izolacija prijemnika i akustička obrada prostora.

Za zaštitu od buke važno je znati gde se izvor buke nalazi i kojim putem se širi. To je izuzetno važno budući da zvuk često prolazi tzv. sporednim putevima kroz bočne građevinske elemente, ventilacione i elektro kanale, rasvetna tela, razne rupe, prozore i slično.

Dovoljno smanjenje nivoa buke na samom mestu nastanka buke skoro je nemoguće izvesti. Zbog toga projektanti, arhitekte i inženjeri moraju prilikom projektovanja i izvođenja svih vrsta građevinskih objekata predvideti potrebnu zaštitu od buke. Sve se češće događa da i tehnički perfektno projektovani objekti nakon završetka gradnje i ispitivanja zvučne izolovanosti ne zadovoljavaju predviđene parametre.

Kontrola zvuka u zgradama zavisi od pravilne zvučne izolacijske strukture: izolacijske sistema za grejanje, tekuću vodu i ventilaciju, zvučne izolacije spoljašnjih zidova, prozora i krova. Dvostruko ili trostruko zastakljeni prozori (slika 55) mogu smanjiti prenos zvuka kroz građevinski materijal. Upotreba masivnih drvenih vrata ili vrata ispunjena mineralnom vunom smanjuju prolaz buke. Za uživanje u tišini doma i kancelarija unutrašnji zidovi i tavanice moraju imati visok stepen zvučne izolacije a potrebno je izabrati tihe i kvalitetne kućne aparate.



Slika 55- Dvostruko ili trostruko zastakljeni prozori kao način zaštite.

Kako bi postojala dobra akustika unutar sobe, potrebna je dobra zvučna apsorpcija. Ona se može postići instaliranjem akustičkih plafonskih ploča i zidnim panelima za apsorpciju zvuka.

Gipsani građevinski materijali su zbog svoje strukture posebno pogodni za prigušenje buke. Velike pore u materijalu doprinose zaštiti od prolaza zvuka. Gipsane ploče koje se koriste zajedno s mineralnim izolacionim pločama ujedno su izolatori topote. Primenom novo razvijenih akustičnih Knauf-profila za zidove zajedno sa Knauf pločama ostvaruju se izuzetno dobri rezultati zaštite od prolaza zvuka.

Kada se govori o zvučnoj zaštiti zgrada, podrazumevaju se mere koje se preduzimaju da se smanji prenošenje zvuka kroz delove zgrade, ili osobine delova zgrade koji smanjuju prenošenje zvuka. Pod delovima zgrade podrazumevaju se svi sklopovi u konstrukciji posmatranog objekta, kao i svi elementi koji sačinjavaju zgradu: zidovi, tavanice, podovi, prozori, vrata i delovi instalacija. Osobine delova zgrade koji predstavljaju meru zvučne zaštite tih delova ne odnose se na materijal od kojeg su načinjeni ti delovi, već isključivo na sam deo posmatran u celini. Na primer, zvučna izolacija zida od cigle odnosi se isključivo na posmatrani zid određene debljine i malterisanja, a ne odnosi se na ciglu. Zvučna izolacija nije osobina materijala, već konstrukcije, iako zavisi od materijala od kojeg je načinjena.

U praksi razlikujemo dve vrste buke: onu koja se širi vazduhom i buku koja se širi kroz konstrukcijske elemente zgrade u susedne prostorije.

Iz zvučnog izvora buka se širi vazduhom oscilovanjem molekula vazduha, u svim smerovima. Pri velikoj energiji izvora to se oscilovanje može preneti i na konstrukcijske elemente. Što su konstrukcijski elementi masivniji, bolje upijaju i neutralizuju buku. Tanji i lakši elementi mogu preuzeti oscilovanje i dalje ga širiti kroz konstrukciju.

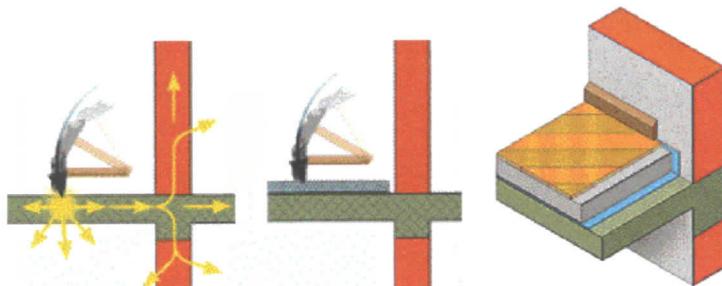
Buka od udarca u bilo koji konstrukcijski element širi se velikom brzinom kroz gust i čvrst materijal, a tvrdi spojevi sa susednim elementima olakšavaju ovo širenje kroz razne materijale. Tako se celom zgradom nezadrživo širi zvuk koraka po stepeništu, koračanje po popločanom podu, bučno zatvaranje vrata, šum vode u cevima, zvuk kućnih aparata u susednim stanovima.

Zvučni izolatori se dele na one koji prigušuju buku u vazduhu i na izolatore udarnog zvuka. Obe vrste izolacije medusobno su povezane ali se i isključuju: tako npr. beton svojom masom dobro prigušuje buku koja se širi kroz vazduh, ali je izuzetno slab

izolator udarne buke.

Za potpuno prigušenje oba oblika buke nužno je postići pravilnu kombinaciju izolatora. Udarna buka može se prigušiti ili potpuno ukloniti na nekoliko načina, a najeficijsnije konstrukcijsko rješenje u zgradama je izrada plivajućeg poda.

Udarna buka se najbrže širi kroz armiranobetonske konstrukcije (slika 56). Ako u međuspratnoj konstrukciji nema nikakve zvučne izolacije, kroz nju prolaze gotovo svi zvukovi od buke koraka, razgovora ili šuma vode.



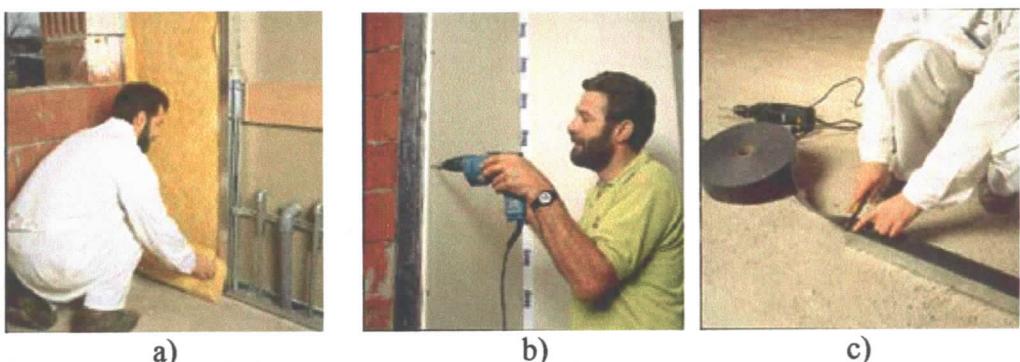
Slika 56-Prikaz širenja buke kroz izolovane i neizolovane konstrukcije [6].

Često uzrok nije loše sistemsko rešenje zvučne izolacije, već sporedni putevi prenošenja zvuka kod spojeva različitih građevinskih elemenata kao što su pregradni zidovi ili spušteni plafoni. To se događa zbog nepravilnog izvođenja detalja priključaka kod radova sive gradnje.

Pravilno izvođenje svih detalja koji su izuzetno važni za ukupan nivo zaštite od buke je zadatak montera sistema sive gradnje. Nepravilno izvedeni detalji se naknadno jedino mogu ispraviti uz veliki obim posla i često uz velike dodatne troškove. Jednostavnije je, i jeftinije ispravno projektovana rešenja za zvučnu izolaciju odmah izvesti prema navedenim uputstvima i prema detaljnim navodima u normama.

Pravilno izvođenje štiti od buke:

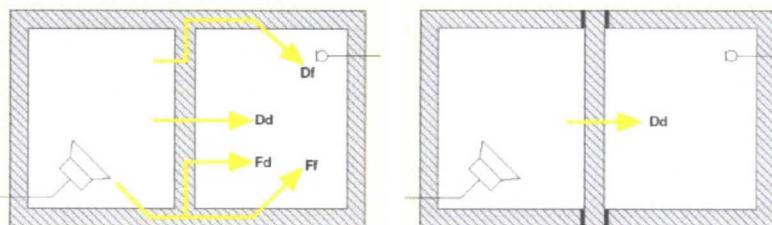
- Izolacionim slojem potpuno ispuniti šupljine(sl. 57a).
- Oblogu od gipsanih ploča montirati bez međusobnih razmaka(sl.57 b).
- Profile po obimu treba međusobnim vezama elemenata temeljno izolovati posebnim dihtung trakama (sl.57 c).
-



Slika 57-Postupci pri izolovanju [6].

Zvučna izolacija takođe predstavlja prioritetni zadatak i kod planiranja poslovnih prostora, kancelarija ili fabrika. Vrlo je važno pitanje zvučne zaštite na radnim mestima unutar zgrada, ali i zaštita susedstva od buke

Kontrola buke između prostorija pre svega zavisi od prenosa zvuka kroz bočne komponente, ali i od ostalim puteva prenosa zvuka (slika 58). Zato je kontrola buke između prostorija u zgradama različita od prostorije do prostorije, čak i ako je bila korišćena ista pregrada, budući da bočne komponente imaju drugačije oblike.



Slika 58- Akustička zaštita između prostorija [6].

Izolacijski materijali i proizvodi su temelj za građevinska rešenja. Oni omogućavaju zaštitu ljudi od negativnih uticaja buke i poboljšavaju kvalitet življenja. Kvalitetni i pravilno instalirani materijali štite zgrade od buke tokom celog veka trajanja zgrade. Kad se akustički sastavi jednom pravilno instaliraju, nema više potrebe za njihovim održavanjem ili servisiranjem.

5.2 Administrativno-organizacione mere

Administrativno-organizacione i obrazovne mere odnose se na donošenje raznih preporuka, propisa, pravilnika i standarda koji regulišu osnovne oblike saobraćaja i ponašanja građana u funkciji zaštite od komunalne buke. Obrazovanje građana (posebno mladih) u vezi sa štetnošću i opasnošću koje nastaju u životnoj sredini, a posebno utiču na ponašanje u građanskim aktivnostima u cilju smanjenja komunalne buke je od izuzetnog značaja. Ograničenje brzine kretanja vozila, značajno doprinosi smanjenju ukupnog nivoa buke.

Zakon o zaštiti životne sredine („Službeni glasnik RS”, broj 135/04), definiše buku kao zvučnu pojavu iznad propisanih nivoa u sredini u kojoj čovek boravi, a Pravilnikom o dozvoljenom nivou buke u životnoj sredini („Službeni glasnik RS”, broj 54/92), propisan je dozvoljeni nivo buke u životnoj sredini u kojoj čovek boravi (Tab. 9).

Tabela 9. Kriterijumi dozvoljenih nivoa buke u skladu sa pravilnikom

Redni broj	SREDINA U KOJOJ ČOVEK BORAVI	Dozvoljeni nivo buke, [dB(A)]	
		Dan	Noć
1.	U stambenoj zgradi (boravišne prostorije) pri zatvorenim prozorima		
	a) iz izvora buke u zgradi	35	30
	b) iz izvora buke izvan zgrade	40	35
2.	U javnim i drugim objektima pri zatvorenim prozorima:		
	Bolnice, klinike, domovi zdravlja i sl., i u njima:		
2.1.	a) bolesničke sobe	35	30
	b) ordinacije	40	40
	c) operacioni blok bez medicinskih uređaja i opreme	35	35
2.2.	Prostorije u objektima za odmor dece i učnika, i spavaće sobe domova za boravak starih lica i penzionera:		
	a) iz izvora buke u zgradi	35	30
	b) iz izvora buke izvan zgrade	40	35
2.3.	Prostorije za vaspitno-obrazovni rad (učionice, slušaonice, kabineti i sl.), bioskopske dvorane i čitaonice u bibliotekama	40	40
2.4.	pozorišne i koncertne dvorane	30	30
	hotelske sobe		
2.5.	a) iz izvora buke u zgradi	35	30
	b) iz izvora buke izvan zgrade	40	35

Sekretarijat za inspekcijske poslove - Sektor za komunalne inspekcijske poslove ima nadležnost u preduzimanju mera zaštite za izvore buke koja potiče od postrojenja, uređaja, raznih aparata i dr., koji se koriste u okviru obavljanja registrovane delatnosti (preduzeća, radnje, ugostiteljski objekti). Gradski ekološki inspektor, u ovim slučajevima, nalaže merenje nivoa buke u samom objektu, životnoj sredini i referentnom stanu (stanu koji je najviše izložen buci). Nalog za merenje buke upućuje se direktoru ili vlasniku preduzeća, radnje ili ugostiteljskog objekta, koji je u obavezi da angažuje ovlašćenu stručnu instituciju, koja vrši merenje buke. Ukoliko rezultati merenja prelaze dozvoljeni nivo, inspektor izriče mere za obavezno smanjenje nivoa buke.

Za preduzimanje mera zaštite u slučaju narušavanja javnog reda puštanjem preglasne muzike u stanu, ugostiteljskim objektima, splavovima-restoranima i sl., nadležno je Ministarstvo za unutrašnje poslove. Naime Zakonom o javnom redu i miru („Službeni glasnik RS“ broj 51/92), članom 2. definiše se da je javni red i mir uskladeno stanje međusobnih odnosa građana nastalo njihovim ponašanjem na javnom mestu i delovanje organa i organizacija u javnom životu radi obezbeđenja jednakih uslova za ostvarivanje prava građana na ličnu i imovinsku sigurnost, očuvanje javnog morala i ljudskog dostojanstva i prava maloletnika na zaštitu, a članom 15. istog zakona predviđena je kazna za onog ko remeti mir drugih izvođenjem muzičkih i drugih sadržaja, korišćenjem instrumenata radio i TV prijemnika i drugih zvučnih uređaja kao i mehaničkim izvorima buke i zvučnim signalima.

Radno vreme ugostiteljskih objekata regulisano je propisima grada, a za rad objekata van dozvoljenog radnog vremena nadležan je Sekretarijat za inspekcijske poslove- Sektor za komunalne inspekcijske poslove. Ova inspekcija u svom inspekcijskom nadzoru ograničava radno vreme splavova restorana koji prekoračuju radno vreme, a pritom uznemiravaju treća lica.

Na otvorenom prostoru (Akustičko zoniranje prostora) dozvoljeni nivo buke definiše se standardom JUS U.J6.205, za šest zona u zavisnosti od namene.

Tabela 10. Kriterijumi dozvoljeni nivoi spoljašne buke

Zona	NAMENA PROSTORA	Najviši dozvoljeni nivo spoljnje buke L_{Aeq} u dB(A)	
		dan	noć
1.	Područja za odmor i rekreaciju, bolničke zone i oporavilišta, kulturno - istorijski lokaliteti, veliki parkovi	50	40
2.	Turistička područja, mala i seoska naselja, kampovi i školske zone	50	45
3.	Čisto stambena područja	55	45
4.	Poslovno-stambena područja, trgovačko-stambena područja i dečja igrališta	60	50
5.	Gradski centar, zanatska, trgovачka, administrativno upravna zona sa stanovima, zone duž autoputeva, magistralnih i gradskih saobraćajnica	65	55
6.	Industrijska, skladišna i servisna područja i transportni terminali bez stambenih zgrada	Na granici ove zone buka ne sme prelaziti dozvoljene nivoe u zoni u kojoj se graniči	

6. KOMUNALNA BUKA U BEOGRADU

Beograd je po broju stanovnika ali i po ekološkim problemima sa kojima se susreće stanovništvo i gradska uprava (nedovoljne količine vode za piće, stepen zagađenosti vazduha i nivo komunalne buke) postao megalopolis.

Gradski zavod za zaštitu zdravlja već više od 20 godina prati nivo buke u Beogradu, na osnovu ugovora sa Sekretarijatom za zaštitu životne sredine Skupštine grada Beograda. Nivo buke uobičajeno se pratio na 18 referentnih tačaka odabranih u dogовору са Sekretarijatom i Zavodom za urbanizam, а ове године merenja су obavljena na još 9 mernih mesta. Merna mesta odabrana su kao reprezentanti pojedinih gradskih zona različite namene i duž najznačajnijih saobraćajnica.

Komunalna buka u Beogradu potiče najvećim delom od saobraćaja, dok su industrija, mala privreda, građevinarstvo i druge aktivnosti od manjeg značaja. Procedura merenja Uvođenjem celodnevnih (24 časovnih) merenja, po proširenoj proceduri, dobijeni su precizniji i pouzdaniji podaci o nivou komunalne buke tokom dana i noći, od merenja obavljenih standardnom procedurom. Nivoi komunalne buke registrovani tokom 2002. godine i dalje su visoki i na 23 merna mesta premašuju propisane vrednosti. Prekoračenje dozvoljenog nivoa buke tokom dana je 0-13 dB(A), a u noćnom periodu je 0-18 dB(A), zavisno od zone namene. Najveća prekoračenja dozvoljenih nivoa konstatuju se u stambenim zonama. Apsolutno najveća buka konstatovana je u ulici Glavna u Zemunu gde merodavni nivo tokom dana dostiže 74dB(A), a tokom noći 68 dB(A).

Beograd, kao najveća urbana aglomeracija u našoj zemlji, suočen je sa brojnim ekološkim problemima. Povoljnosti koje nosi lokacija grada (klimatske, geografske karakteristike terena), u mnogome su anulirane neodgovarajućim odnosom čoveka prema životnoj sredini. Pored prirodnih i stečenih nepovoljnosti, od uticaja su i velike razlike pojedinih delova grada sa karakteristikama od visoko urbane do ruralne sredine.

U realizaciji mera zaštite životne sredine neophodno je veće angažovanje javnih komunalnih i drugih preduzeća i društvenih organizacija, škola, građana, kao i sredstava javnog informisanja na sprovođenju nekih elementarnih higijenskih mera, obezbeđenju adekvatnog ponašanja i odgovornosti pojedinaca prema sopstvenom zdravlju i zdravlju sredine u kojoj živimo i radimo. Zaštita životne sredine nije samo sastavni deo zdravstvene delatnosti, već zahteva angažovanje društvene zajednice u celini i kao takva treba da predstavlja sastavni element ukupnog planiranja razvoja grada.

Smanjenje buke koja potiče od saobraćaja postiže se sadnjom zaštitnog zelenila, regulacijom saobraćaja (izmeštanjem teretnog saobraćaja sa gradskih saobraćajnica), uvođenjem lakog metroa, korišćenjem ispravnih vozila i dr. Za izgradnju obilaznica oko Beograda priprema se projektna dokumentacija, a postoje i planovi sadnje zaštitnog zelenila na pojedinim deonicama [7].

ZAKLJUČAK

U današnjem društvu sve se više vodi računa o zaštiti od buke. Buka je ozbiljno pitanje i jedan od najčešćih ekoloških problema. Ona je takođe i vodeći faktor ometanja u domovima i preduzećima. Na određenim radnim mestima i tokom pojedinih aktivnosti u slobodno vreme, kao što su odlazak u diskoteku ili slušanje walkmana, preterana buka može značajno oštetiti sluh.

Prevencija i informisanost o ovom riziku za ljudsko zdravlje su od sve veće važnosti. Većina zemalja, posebno u Evropi, svesna je ovog problema, te su stoga uvele mere protiv buke.

Određeni su standardi za zaštitu stambenog prostora od tzv. buke koja se vazdušno prenosi i prometne buke koja dolazi spolja. Njihov je cilj smanjiti prenos i uticaj buke iz jednoga stana u drugi. Takođe donošenjem propisa za zidove koji dele stanove dovode do poboljšanja akustične udobnosti u zgradama sa više stanova.

Ipak sami standardi ne pružaju nivo akustičke udobnosti koja se može postići tehničkim rešenjima. Oni takođe ne uzimaju u obzir činjenicu da ljudi imaju različite nivoe osjetljivosti prema buci.

Pravi je izazov za arhitekte, inženjere, savetnike za akustiku i građevinare graditi "tiše" zgrade. Kontrolom buke i apsorpcijom zvuka može se osigurati ugodnije životno okruženje.

Literatura

1. Zaštita od buke i vibracija u životnoj i radnoj sredini Zbornik saopštenja jugoslovenskih savetovanja, Beograd, 1982.
2. Buka, osnovi, analiza, izvori i zaštita, Prof. dr. Petar Pravica, prof. dr. Veljko Georgijević, Beograd, 1998.
3. <http://www.zdravlje.hr/clanak>
4. Buka u životnoj sredini, prof. dr Dragan J. Veličković, Niš 1999.
5. http://www.vatrosistemi.com/zastita_na_radu
6. <http://www.isover.hr/Item>
7. <http://www.beograd.org.yu/documents/eko-stanje>
8. Buka- štetna dejstva, merenje i zaštita, Simonović M, Kalić D, Pravica P, Niš, 1982.
9. Osnovi tehničke akustike, Kuturović H, Naučna knjiga Beograd, 1990.
10. <http://www.eko.bg.gov.yu/>
11. <http://www.aling.hr/zastitaodbuke>
12. http://www.inex-zastita.co.yu/index_sluh
13. <http://www.ecophon.com>
14. <http://www.eurocoustic.com>

Kratka biografija



Šaš Elvira, rođena 28.09.1952. godine u Zemunu, Republika Srbija. U Novom Beogradu završila osnovno školovanje, u Beogradu srednju hemijsko-tehnološku školu i Višu pedagošku školu, gde je diplomirala 1975. godine, na smeru nastavnik fizike-hemije.

Skoro ceo radni vek provela u OŠ “ Ivan Gundulić” u Novom Beogradu, kao nastavnik fizike.

Prirodno-matematički fakultet u Novom Sadu upisala je 2005.godine, smer profesor fizike.

UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

Monografska dokumentacija

TD

Tekstualni štampani materijal

TZ

Diplomski rad

VR

Elvira Šaš

AU

Dr Radomir Kobilarov

MN

Zaštita od komunalne buke

NR

srpski (latinica)

JP

srpski/engleski

JI

Srbija

ZP

Vojvodina

UGP

2007

GO

Autorski reprint

IZ

Mesto i adresa: Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 4,

MA

Novi Sad

Fizički opis rada: Poglavlja 6; strana 51; slika 58 ;

FO

Naučna oblast:

FIZIKA

NO

Naučna disciplina: Zaštita životne sredine

ND

Predmetna odrednica/ ključne reči: Zvuk, izvori zvuka, zaštita, merenje buke, komunalna buka, mere i metode.

PO

UDK

Čuva se: Biblioteka departmana za fiziku, PMF-a u Novom Sadu

ČU

Važna napomena: nema

VN

Izvod:

IZ

Datum prihvatanja teme od NN veća: 18.05.2007.

DP

Datum odbrane:

DO

Članovi komisije:

KO

Predsednik:

Dr Zoran Mijatović, redovan profesor PMF-a

član:

Dr Srđan Rakić, docent PMF-a

član:

Dr Radomir Kobilarov, redovan profesor PMF-a

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCE AND MATHEMATICS
KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

Monograph publication

DT

Type of record:

Textual printed material

TR

Content code:

Final paper

CC

Author:

Elvira Šaš

AU

Mentor/comentor:

Dr Radomir Kobilarov

MN

Title:

Protection from community noise

TI

Language of text:

Serbian (Latin)

LT

Language of abstract:

English

LA

Country of publication:

Serbia

CP

Locality of publication:

Vojvodina

LP

Publication year:

2007

PY

Publisher:

Author's reprint

PU

Publication place:

Faculty of Science and Mathematics, Trg Dositeja

PP

Obradovića 4, Novi Sad

Physical description:

Chapters 6; pages 51;pictures 58;

PD

Scientific field:

Physics

SF

Scientific discipline:

Environmental protection

SD

Subject/ Key words:

Sound, sound sources, noise protection, noise level
measuremen, community noise, metrics and methods.

SKW

UC

Holding data:

Library of Department of Physics, Trg Dositeja

HD

Obradovića 4

Note:

none

N

Abstract:

AB

Accepted by the Scientific Board:

18.05.2007.

ASB

Defended on:

DE

Thesis defend board:

DB

President: Dr Zoran Mijatović, full professor

Member: Dr Srđan Rakić,assistant professor

Member: Dr Radomir Kobilarov, full professor

