V&Z-ZAŠTITA D.O.O. BANJA LUKA

Put Srpskih branilaca 15 H
78000 BANJA LUKA
E-mail: *vzastita@blic.net.*
Tel: 051 366 047
Fax: 051 366 046

- ***Zavod zaštite na radu***
- ***Zavod zaštite od požara***
- ***Zavod ekologije i rudarstva***

ZAPISNIK O STRUČNOM NALAZU MJERENJA BUKE

NA LOKACIJI HE "PAUNCI"

LOKACIJA: *Paunci, opština Foča*
DATUM MJERENJA*: 02.09.2014. god.*

Banja Luka, septembar 2014. god.

PREDMET	ZAPISNIK O STRUČNOM NALAZU MJERENJA NIVOA BUKE NA LOKACIJI HE "PAUNCI"
NARUČILAC	MH „ELEKTROPRIVREDA RS" MATIČNO PREDUZEĆE A.D. TREBINJE
NOSILAC IZRADE	„V&Z ZAŠTITA" d.o.o. BANJA LUKA
BR. RADNOG NALOGA	502-360/12
RADNI TIM	Vesna Janković, dipl.inž.z.ž.s. Nada Kapor, dipl.inž.rud. Goran Marčeta, dipl.inž.tehn. Branislava Ferzanović, dipl.inž.polj. Dragica Batinić, dipl.inž.maš.

Direktor

_____

Vesna Janković, dipl.inž.z.ž.s.

1. UVOD

Buka u suštini predstavlja zvučne oscilacije gdje je pored fizikalnog tumačenja potrebno razmotriti i njena psihofiziološka dejstva. Zvuk se može definisati na dva načina:

- zvuk predstavlja niz promjena, bilo pritiska, pomjeranja čestica, mehaničkog napona ili nekog drugog naprezanja koje se nalazi i javlja u elastičnoj ili u viskoznoj sredini.
- po fiziološkoj definiciji zvuk je ustvari sve ono što čovjek čuje. Sve promjene pritiska kod čovjeka izazivaju fiziološke pojave, zbog toga se posljednje definicija zvuka često dopunjuje sa infrazvukom i ultrazvukom, koji nastaju kao zvuk, ali se ne čuje pošto su njihove promjene suviše slabe ili jake tj. suviše spore, odnosno suviše brze.

Poznavanje frekvencijskog spektra buke i odgovarajućeg nivoa je veoma važan sa aspekta mogućnosti da se izvrši pravilno normiranje i određivanje stepena štetnosti fizičke veličine koja se proučava da bi se mogao izvršiti odgovarajući metod zaštite. U odnosu na frekvencijski spektar poremećajne sile koja pobuđuje zvučni izvor na oscilovanje zvuk može da bude:

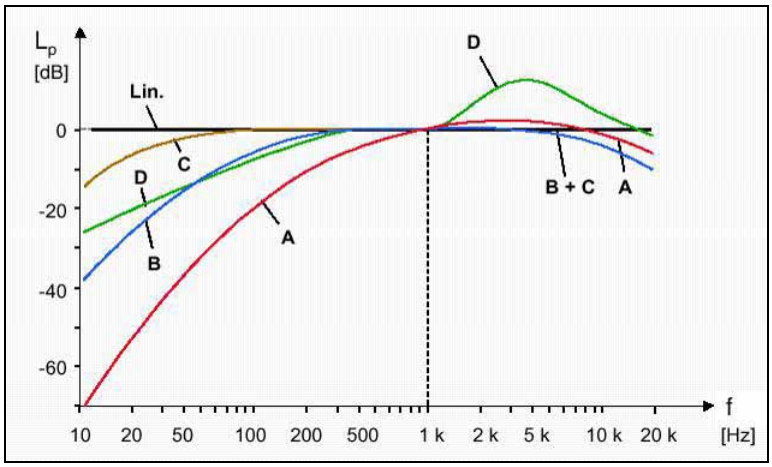
- prost (harmonijski) ili čisti ton,
- složen zvuk,
- širokopojasni zvuk,
- impulsni zvuk.

Nivo zvučnog pritiska koji odgovara pragu čujnosti odnosno referentnoj vrijednosti pritiska u akustici je $P_0 = 2x10^{-5}$ (P_a) sa frekvencijom 1000 Hz. Poznato je da se u tehnici mjerenja kvantitativna analiza može vršiti upoređivanjem dvije istoimene veličine. Osjećaj jačine zvuka mijenja se u veoma velikom intervalu, jer brojevi od praga čujnosti do granice stoje u odnosu $1:10^6$ tako da je na ovaj način upoređivanje akustičkih veličina preko njihovih količnika nepodesno. Zbog toga je u okviru međunarodnih upoređivanja dva zvučna pritiska, energije, snage i inteziteta, vrši logaritmiranje njihovih količnika ($n_1=\log N_1$, $n_2=\log N_2$, $n_3=\log N_3$, ...$n_n=\log N$). Osnovna akustička jedinica je Bel. Obzirom da je Bel velika jedinica, uvedena je 10 puta manja, decibel (dB). Na osnovu ove jedinice mogu se dobiti i ostale akustičke veličine. Međutim, u praksi nas interesuje kad znamo energiju, snagu, pritisak, itd. da izračunamo nivo energije, snage, pritiska itd. Ovo se može postići ako računamo odnose za poznate sa poznatim stalnim vrijednostima pritiska (p_0), energije (W_0), jačine (I_0) i snage (P_0). Sve ove referentne vrijednosti I_0, p_0, P_0 vrijede za frekvenciju 1000 Hz. Uvrštavajući jednačine koje se koriste za izračunavanje nivoa (L), inteziteta, pritiska, brzine oscilovanja dobijaju oblik:

$$L=10 \log I/I_0 = 20 \log P/P_0 = 20 \log \nu/\nu_0 \text{ (dB)}$$

Posljedna jednačina se koristi za izračunavanje različitih nivoa, tako npr. za izračunavanje nivoa brzine može se koristiti izraz: $L_\nu=20 \log \nu/\nu_0$, pri čemu je $\nu_0= 5x10^{-8}$ (m/s). Da bi se izvršila procjena štetnog dejstva buke i preduzele odgovarajuće mjere zaštite potrebno je poznavati tačne i vjerodostojne podatke o ovim veličinam. Kada se govori o mjerenju buke, postoje 2 načina: objektivno mjerenje i subjektivno mjerenje. Pod objektivnim mjerenjem podrazumjeva se određivanje i praćenje fizičkih parametara kao što su zvučni pririsak (p) i intenzitet (I) itd. Ukupni nivo buke ne daje bilo kakvu informaciju o frekvencijskoj raspodjeli komponenata buke. Da se ne bi vršilo preračunavanje nivoa inteziteta u nivo jačine za različite frekvencije prema preporukama TEC (International Electro-tehnicol Comiton) iz 1961. godine, standardizoavne su težinske korekcione krive, predviđene za mjerenje nivoa buke u dB. Te standardizovane frekventne karakteristike mjerača nivoa zvuka poznate su kao A,B,C karakteristike. U upotrebi je

još jedna karakteristika D i služi isključivo za mjerenje buke u okolini aerodroma. U literaturi su ove krive poznate pod nazivom „težinske" krive.



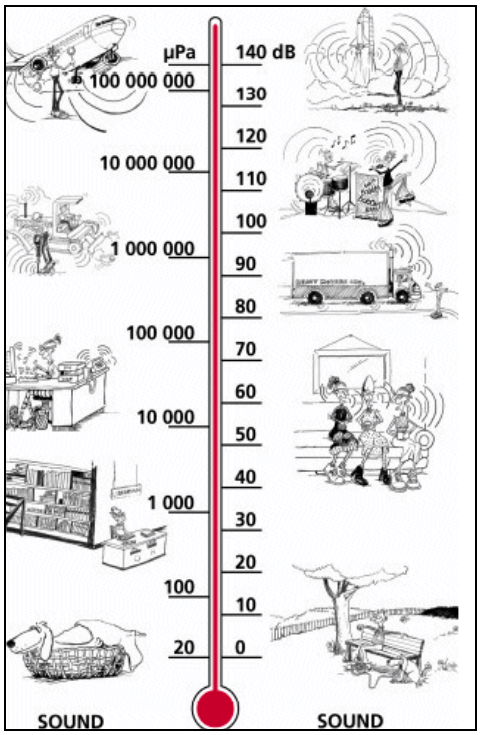
Slika 1. Ponderacione krive

Naime, težinske krive na određen način daju pojedinim frekvencijama ili opsezima veći ili manji značaj ocjenjujući njihovu težinu i usklađujući time njihovo dejstvo na čovjeka sa osjetljivošću organa sluha na zvuk. Mjerač nivoa zvuka svojim karakteristikama A,B,C,D određuje (mjeri) nivo pritiska i inteziteta približno onako kako ih prima u vidu slušnog nadražaja, čovječije uho tj. mjeri jačinu zvuka. Instrument je izbaždaren u dB, međutim ne bi bilo pogrešno da se te veličine očitavaju i u fonima. Mjerenje nivoa buke ostvaruje se isključivo pomoću jedne od težinskih krivi. Koju korekcionu krivu odabrati određuje priroda buke npr. za mjerenje saobraćajne buke prema TEC preporukama uzima se kriva „A", a rezultati se prikazuju kao vrijednosti u dB (prema krivoj A) ili L_A (dB) ili L_B (dB).

Tačnost mjerenja i analiza buke zavisi od izbora mjerne metode i opreme. Bez obzira na izbor mjerne metode bazni instrument je mjerač zvučnog pritiska. Mjeraču nivoa zvučnog pritiska se dodaje sva ostala oprema za mjerenje zvuka počev od najjednostavnijih pomoćnih dijelova i priključaka pa sve do veoma složenih analizatora i softverskih uređaja. Osnovno kod svih mjerenja je da se tačno odrede uslovi pod kojima se mjerenje obavlja, a uslovi podrazumjevaju sljedeće:

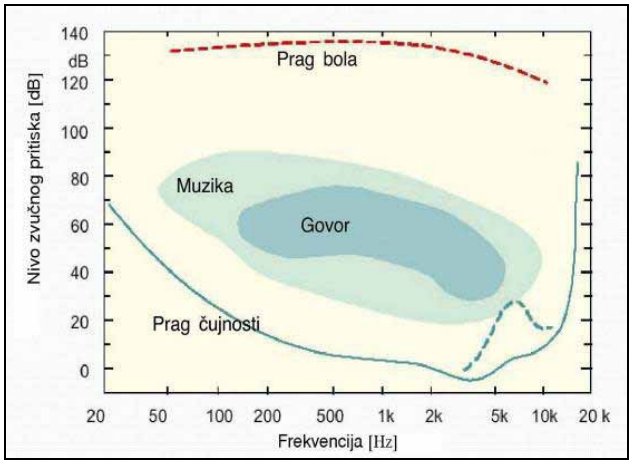
- mjesto mjerenja i kriterijum za izbor mjernih mjesta,
- broj mjerenja i vremenski period,
- način obrade i prikazivanje rezultata,
- instrument za mjerenje.

Čujne promjene zvučnog pritiska su veoma male u poređenju sa statičkim atmosfreskim pritiskom i kreću se u opsegu od 20 µPa do 100 Pa. Najniži zvučni pritisak koji može da registruje prosječna osoba je 20 µPa i zato se naziva prag čujnosti. Zvučni pritisak od cca 100 Pa odgovara veoma glasnom zvuku da izaziva bol i zato se naziva prag bola.



Slika 2. Dinamički opseg čujnosti

Sa godinama ljudska percepcija viših frekvencija opada. Izlaganje visokim nivoima buke može smanjiti čujni frekvencijski oseg. Odnos između ova ekstrema je 10^6 : 1, što pokazuje da linearna skala nije pogodna za primjenu.



Slika 3. Frekvencijski opseg čujnosti

Iz tih razloga uvodi se logaritamska dB skala. Sve promjene koje nastaju u elastičnoj sredini ne zauzimaju samo prostor čujnog registrovanja čovjeka, pa se ukupni frekvencijski opseg zvuka koji okružuje čovjeka može podjeliti na:

- infrazvuk (f<20 Hz),
- čujni zvuk (20 Hz <f<20 kHz),
- ultrazvuk (f>20 kHz).

U realnim uslovima čest je slučaj da je nivo zvuka (buke) promjenjiv sa vremenom (buka u industriji, komunalna buka, saobraćajna buka). Da bi se procjenjivaala štetnost takvog zvuka na čovjeka ili komparirala izmjerena vrijednost nivoa sa dozvoljenom, uveden je *ekvivalentni nivo zvuka (buke)* L_{eq} [dB(A)] koji predstavlja konstantni nivo zvučnog pritiska u mjernom intervalu i odgovara po štetnom dejstvu posmatranom, vremenski promjenljivom nivou u istom intervalu. Izražavanjem buke u vremenski nestacionarnom zvučnom polju pomoću „ekvivalentnog" nivoa uspostevljena je veza sa vremenom kao parametrom koji u procjeni štetnog dejstva buke nedvosmisleno izražava dužinu ekspozicije i frekvencijom korišćenjem A-težinske krive pri određivanju ekvivalentnog nivoa:

$$L_{eq} = 10\log \tfrac{1}{T}\int_0^T \left[\frac{p(t)}{p_0}\right]^2 dt$$

gdje je T vremenski interval mjerenja.

U cilju unapređenja kvalitetnih vrijednosti analize strukture zvučnog polja vremenski promjenljive buke u amplitudnom domenu, statističkom obradom nivojskog spektra mogu se izračunati i procentualni nivoi L_n koji predstavljaju nivo koji je premašen u n% ukupnog mjernog vremena.

Prema vremenskom toku može se razlikovati:

- *ujednačena ili nepromjenljiva buka* - predstavlja buku sa manjim kolebanjima nivoa, do 5 dB kod vremenske ponderacione krive „sporo") u okviru posmtranog perioda,
- *promjenljiva buka* je buka sa kolebanjima nivoa više od 5 dB kod vremenske ponderacione krive„sporo" u toku perioda posmatranja. Mogu se definisati sledeći tipovi promjenljive buke:

    - kontinualno promjenljiva buka čiji se nivo neprekidno mijenja u značajnoj mjeri u toku perioda posmatranja,
    - isprekidana buka - buka izvora koji radi u pravilnim ili npravilnim ciklusima, gdje nivo buke veoma brzo raste i opada nekoliko puta u toku ispitnog perioda, a trajanje ujednačene vrijednosti buke u svakom ciklusu, koja se razlikuje od rezidualne buke iznosi više od 5 s,
    - impulsna buka - buka udara (eksplozija), tj. buka koja se sastoji od niza impulsa zvučne energije, pri čemu svaki impuls traje manje od 1s.

Raspodjela zvučne energije u zavisnosti od frekvencije određuje se frekvencijskom analizom nivoa buke primjenom oktavnih i tercnih filtera. Frekvencijska analiza omogućava određivanje karaktera buke i eventualne korekcije te utvrđivanje onih frekvencijskih područja o kojima treba voditi računa pri primjeni mjera za smanjenje buke.

2. LOKACIJA POSTROJENJA

Hidroenergtetsko postrojenje HE „Paunci“ planirano je da se izgradi na rijeci Drini cca 2,5 km uzvodno od ušća Kolinske rijeke.

Slika 4. Lokacija HE „Paunci“

3. PRIMJENJENI PROPISI

- Zakon o zaštiti životne sredine ("Sl.Gl. RS", br. 71/12);
- Pravilnik o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma ("Službeni list SR BiH" broj 46/89);
- JUS U.J6.205.

Preporuke standarda:

- EN 61672
- EN 60651
- EN 60804
- Uredba o indikatorima buke buke, graničnim vrijednostima, metodama za ocjenjivanje indikatora buke, uznemiravanja i štetnih efekata buke u životnoj sredini („Službeni glasnik Republike Srbije“ br. 75/10),
- ISO 1996-1: Akustika-opisivanje, mjerenje i ocjenjivanje buke u životnoj sredini - dio 1 (osnovne veličine i procedure ocjenjivanja),
- ISO 1996-2: Akustika-opisivanje, mjerenje i ocjenjivanje buke u životnoj sredini – dio 2 (određivanje nivoa buke u životnoj sredini).

4. METODE I INSTRUMENTI

Vanjskom bukom u odnosu na objekte, u smislu *Pravilnika o dozvoljenim granicama inteziteta zvuka i šuma* ("Sl. list SR BiH" broj 46/89) smatra se buka koja vlada na udaljenosti 0.5 m ispred fasade mjerena u osovini otvorenog prozora.

Tamo gdje nema objekata na otvorenom prostoru vanjska buka se mjeri na visini 1.7 m od nivoa terena na udaljenosti najmanje 3 m od prepreka koje reflektuju buku.

Na osnovu istog Pravilnika, buka se izražava ekvivalentnim 15 minutnim nivoom L_{eq} u dBA i vršnim vrijednostima L_1 i L_{10}. L_1 i L_{10} su nivoi buke koji ilustruju prisustvo buke viših nivoa u trajanju 1% i 10% vremena mjerenja,odnosno perioda dan ili noć.

Dozvoljeni nivoi vanjske buke dati su u sledećoj tabeli u zavisnosti od namjene područja (zone).

Tabela br. 4.1: Dozvoljeni nivoi vanjske buke

PODRUČJE (ZONA)	NAMJENA PODRUČJA	EKVIVALENTNI NIVOI (L_{eq})		VRŠNI NIVOI	
		dan	noć	L_{10}	L_1
I	bolničko, lječilišno	45	40	55	60
II	turističko, rekreacijsko, oporavišno	50	40	60	65
III	čisto stambeno, vaspitno-obrazovne i zdravstvene institucije, javne zelene i rekreacione površine	55	45	65	70
IV	trgovačko, poslovno-stambeno i stambeno uz saobraćajne koridore, skladišta bez teškog transporta	60	50	70	75
V	poslovno, upravno, trgovačko, zanatsko, servisno (komunalni servis)	65	60	75	80
VI	industrijsko, skladišno, servisno i saobraćajno područje bez stanova	70	70	80	85

U smislu ovog «Pravilnika» dan podrazumjeva period od 6 do 22 časa, a noć od 22 do 6 h.

Dozvoljene korekcije nivoa izmjerene vanjske buke date su u sledećoj tabeli.

Tabela br. 4.2: Korekcija nivoa izmjerene vanjske buke

UTICAJNI FAKTORI	KOREKCIJA ZA L_{eq} (dBA)	KOREKCIJA ZA L1 (dBA)
istaknuti tonovi	+ 5	-10
impulsna buka	+5	-10
buka željeznice	-5	+5
buka aviona	-5	+5

Mjerenje je izvršeno instrumentom CESVA
model: SC310 sa filterom type 1
serijski broj : T226295
proizvođač: Barselona, Španija

SC310 ima slijedeće načine rada:

- statistički integrišući uređaj za mjerenje nivoa zvuka
- spektralni analizator u realnom vremenu sa širinom opsega jedne oktave (1/1)
- spektralni analizator u realnom vremenu sa širinom opsega jedne trećine oktave (1/3)

Slika 5. Instrument za akustična mjerenja CESVA SC310

Kalibracija instrumenta izvršena je kalibratorom zvuka CESVA klase 1

model: CB006
serijski broj : 46402
proizvođač: Barselona,Španija

5. MJERNA MJESTA

Mjerenje ekvivalentnog nivoa buke na području planiranom za izgradnju hidroenergetskog sistema HE „Paunci“ izvršeno je na dva mjerna mjesta:

1. Mjerno mjesto br. 1. - lijeva obala Drine uz magistralni put M20 na udaljenosti cca 2,5 km uzvodno od naselja Ustikolina,
2. Mjerno mjesto br. 2. - desna obala Drine, otvorena površina na udaljenosti cca 100 m od lokacije predviđene za izgradnju brane HE „Paunci“.

Slika 6. Mjerne lokacije

6. REZULTATI MJERENJA INTENZITETA BUKE U VANJSKOJ SREDINI

Datum mjerenja: 02.09.2014. god.
Klimatski uslovi: mjerenje nivoa buke na otvorenom prostoru izvršeno je po suvom vremenu bez padavina i vjetra brzine < 5m/s.

VREDNOVANJE: Vrednovnje izmjerenih nivoa buke izvršeno je u skladu sa Pravilnikom o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma (Službeni list SRBiH br. 46/89). Prema članu 4. ovog pravilnika mjerenja buke na otvorenom prostoru izvršeno je na propisanoj udaljenosti od prepreka koje reflektuju buku, te odgovarajućoj visini od nivoa terena. U smislu ovog pravilnika dan podrazumjeva period od 6 do 22 časa a noć od 22 do 6 časova.

Tabela 1. Dozvoljeni nivoi vanjske buke

Područje (ZONA)	NAMJENA PODRUČJA	Najviše dozvoljeni nivoi vanjske buke dB (A)			
		Ekvivalentni nivoi Leq		Vršni nivoi	
		Dan	Noć	L_{10}	L_1
I	Bolničko, lječilišno	45	40	55	60
II	Turističko, rekreacijsko, oporavilišno	50	40	60	65
III	Čisto stambeno, vaspitno-obrazovne i zdravstvene institucije, javne zelene i rekreacione površine	55	45	65	70
IV	Trgovačko, poslovno, stambeno i stambeno uz saobraćajne koridore	60	50	70	75
V	Poslovno, upravno, trgovačko, zanatsko, servisno	65	60	75	80
VI	Industrijsko, skladišno, servisno i saobraćajno područje bez stanova	70	70	85	80

**Pravilnik o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma („Službeni list SRBiH" br. 46/89*)

Rezultati mjerenja 15-min. ekvivalentnih nivoa buke (Leq) na navedenim mjernim pozicijama prikazani su u Tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati mjerenja 15-minutnih ekvivalentnih nivoa buke

MJERNO MJESTO	Izmjereni nivo buke L_{eq} dB (A)		Dozvoljeni nivo buke L_{eq} dB (A) zona III		Dozvoljeni nivo buke L_{eq} dB (A) zona IV		Dozvoljeni nivo buke L_{eq} dB (A) zona V		Dozvoljeni nivo buke L_{eq} dB (A) zona VI	
	Dan	Noć	Dan	Noć	Dan	Noć	Dan	Noć	Dan	Noć
MM_1	50,1	-	55	45	60	50	65	60	70	70
MM_2	48,3	-	55	45	60	50	65	60	70	70

ZAKLJUČAK

Izmjerene vrijednosti petnaestominutnih ekvivalentnih nivoa buke za dnevni period na otvorenom prostoru na lokaciji planiranog hidroenergetskog postrojenja HE "Paunci" obzirom na namjenu posmatranog područja ne prelaze najviši dozvoljeni nivo buke za akustičke zone III, IV, V i VI određene Pravilnikom o dozvoljenim granicama intenziteta zvuka i šuma („Službeni list" SRBiH br. 46/89).

Direktor

_____

Vesna Janković, dipl.inž.z.ž.s.