

X Računske vežbe

Merodani nivo bue

① U spavaćoj sobi koja se nalazi neposredno iznad prostorijske gde je smešten pumpni agregat izmeren je primenom terčnih filtera ekvivalentni nivo bue kada je pumpni agregat bio aktivan. Rezultati merenja za terčne opsege na centralnim frekvencijama od 100 Hz do 2500 Hz su prikazani u drugoj vrsti tabele. U prvoj vrsti tabele su date centralne frekvencije terčnih opsega. Ispod i iznad analiziranih opsega nisu registrovani značajniji nivoi. Pumpni agregat je zatim isključen i izmeren je ukupni rezidualni ekvivalentni nivo bue primenom A-ponderacione frekvencijske krive od 44 dB. Izračunati da li merodani ukupni nivo bue koji generiše pumpni agregat prelazi granične vrednosti za san (veče i noć, kao i tokom jednog sata radi sa paravana koje ukupno traje pola sata tokom dana i večeri i ukupno 2 sata u toku noći.

Merodani nivo bue izvora specifične bue se određuje primenom sledećeg izraza:

$$L_{\text{Reg, ss, T}} = L_{\text{Aeq, ss}} + 10 \log \frac{t}{T} + K$$

$L_{\text{Aeq, ss}}$ - A-frekvencijski ponderisani ekvivalentni nivo ocenjivane bue, odnosno bue izvora specifične bue

t - trajanje ocenjivane bue

T - referentni vremenski period (trajanje dnevnog i večernjeg referentnog vremenskog intervala iznosi ukupno 16h, a noćnog 8h)

K - korekcija zbog karaktera bue

V drugoj vrsti tabele je data frekvencijska terena analiza
 ukupne buke, koja predstavlja rezultat zajedničkog dejstva
 buke pumpnog agregata i rezidualne buke. Potrebno je
 odrediti ukupni A-nivo buke:

- ① prvo, terene nivo treba konvertovati u oktavne energijskim
 sabiranjem nivoa za tri susedne terce primenom jednačine:

$$L = 10 \log \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + 10^{\frac{L_3}{10}} \right)$$

Rezultati određivanja oktavnih nivoa buke su dati u trećoj
 vrsti tabele. Centralne frekvencije oktavnih pojaseva su u
 tabeli markirane.

- ② zatim treba konvertovati oktavne nivoe slabljenjem koje
 unosi A-frekvencijski ponderisana uvida na odgovarajućim
 frekvencijama primenom izraza:

$$L_{A\text{tot}}[dB] = L_{\text{tot}}[dB] + \Delta L_A [dB]$$

Korekcija A-ponderacione frekvencijske krive data je u
 četvrtoj vrsti tabele, a u petoj su dati A-nivoi buke u
 oktavnim opsezima.

$$55-47=8 \quad \text{mora obe susedne 8+!}$$

$$55-46=9$$

f [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
L _{tot} [dB]	46	44	47	55	46	48	47	45	41	38	36	33	34	32	31
L _{tot} [dB] oktavni nivo	$10 \log(10^{\frac{46}{10}} + 10^{\frac{44}{10}} + 10^{\frac{47}{10}})$ 50,6			$10 \log(10^{\frac{55}{10}} + 10^{\frac{46}{10}} + 10^{\frac{48}{10}})$ 56,2			$10 \log(10^{\frac{47}{10}} + 10^{\frac{45}{10}} + 10^{\frac{41}{10}})$ 49,7			$10 \log(10^{\frac{38}{10}} + 10^{\frac{36}{10}} + 10^{\frac{33}{10}})$ 40,9			$10 \log(10^{\frac{34}{10}} + 10^{\frac{32}{10}} + 10^{\frac{31}{10}})$ 37,3		
ΔL _A [dB]	-16,1			-8,6			-3,2			0			1,2		
L _{A tot} [dB] oktavni nivo	34,5			47,6			46,5			40,9			38,5		

③ Na kraju se ukupni A-nivo buke određuje energijskim sabiranjem svih ostalih A-nivoa:

$$L_{Aeq,tot} = 10 \log(10^{3,45} + 10^{4,98} + 10^{4,65} + 10^{4,09} + 10^{3,85}) = \boxed{51 \text{ dB}}$$

A-ekvivalentni nivo specifičnog izvora buke se dobija energijskim odzimanjem nivoa rezidualne buke od ukupnog nivoa buke:

$$L_{Aeq,ss} = 10 \log(10^{\frac{L_{Aeq,tot}}{10}} - 10^{\frac{L_{Aeq,res}}{10}}) = 10 \log(10^{5,1} - 10^{4,4}) = \boxed{50 \text{ dB}}$$

Posmatrana buka ima tonalni karakter, jer se nivo buke u tercensom opsegu na 200 Hz razlikuje za 8 dB i više u odnosu na nivo buke u susjednim tercama. Korekcija K za karakter posmatrane buke predstavlja korekciju zbog tonalnog karaktera buke i iznosi +5 dB.

Pumpni agregat je aktivan 12·30 min. = 6h u toku dana i večeri 4·30 min. = 2h, ukupno 8h, a u toku noći 8·15 min. = 2h.

Mjerodarni nivo buke je za dan i več:

DAN:

$$L_{per,tot} = 10 \log\left(\frac{6}{12} \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,ss}+5}{10}} + \frac{2}{12} \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,res}}{10}}\right) =$$

$$= 10 \log\left(\frac{1}{2}(10^{5,5} + 10^{4,4})\right) = \boxed{52,3 \text{ dB}}$$

VEČE:

$$L_{per,tot} = 10 \log\left(\frac{2}{4} \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,ss}+5}{10}} + \frac{2}{4} \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,res}}{10}}\right) =$$

$$= 10 \log\left(\frac{1}{2}(10^{5,5} + 10^{4,4})\right) = \boxed{52,3 \text{ dB}}$$

Mjerodarni nivo buke za noć:

NOĆ:

$$L_{per,tot} = 10 \log\left(\frac{2}{8} \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,ss}+5}{10}} + \frac{6}{8} \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,res}}{10}}\right) =$$

$$= 10 \log\left(\frac{1}{4} \cdot 10^{5,5} + \frac{3}{4} \cdot 10^{4,4}\right) = \boxed{49,9 \text{ dB}}$$

Indikator buse

- 2) Izračunati indikator buse za dan ispred stambene zgrade koja se nalazi u blizini gradilišta aus su komponente nivoa buse, izmerene ispred stambenog objekta: 83 dB od dizalice koja radi 4h u toku dana, 79 dB od mešalice za beton koja radi 7h u toku dana i 81 dB od vibratora za beton koji radi 15 min. Svakog sata u toku dana.

Doprinos svake pojedinačne komponente nivoa buse indikatoru buse može se izračunati kao:

$$L_{Aeq} = L_{PA} + 10 \log \frac{T}{T_0} \quad T_0 = 12h \text{ dan}$$

Ekvivalentni nivo buse koji generiše dizalica:

$$L_{Aeq,1} = 83 + 10 \log \frac{4}{12} = 83 + 10 \log \frac{1}{3} = 83 - 10 \log 3 = \boxed{78,2 \text{ dB}}$$

Mešalica za beton:

$$L_{Aeq,2} = 79 + 10 \log \frac{7}{12} = \boxed{78,7 \text{ dB}}$$

Vibrator za beton:

$$L_{Aeq,3} = 81 + 10 \log \left(\frac{15 \cdot 0,25}{12} \right) = 81 + 10 \log \frac{1}{4} = 81 - 10 \log 4 = \boxed{75 \text{ dB}}$$

$$L_{day} = 10 \log \left(10^{\frac{L_{Aeq,1}}{10}} + 10^{\frac{L_{Aeq,2}}{10}} + 10^{\frac{L_{Aeq,3}}{10}} \right) \approx$$

$$= 10 \log (10^{7,82} + 10^{7,87} + 10^{7,5}) = \boxed{81,6 \text{ dB}}$$

3) Nivo buke na lokaciji na kojoj se predlaže izgradnja stambenog naselja počinje uglavnom od vozova na obližnjoj željezničkoj pruzi. Postoje tri vrste vozova koji koriste liniju, brzi ekspresni vozovi, sporiji prigradski vozovi i teretni vozovi. U tabeli su dati ekvivalentni nivoi buke na lokaciji na kojoj se predlaže izgradnja stambenog naselja koji počinju od prolazaka pojedinih tipova vozova, kao i vreme prolaska pojedinih tipova vozova. Vjerovatnost prolaska vozova za različite periode dana data je u istoj tabeli. Izračunati indikatore buke za dan, večer i noć i ukupni indikator buke za dan-veče-noć, kao i ukupni ekvivalentni nivo buke za 24 h.

Tip vozila	$L_{Aeq}[dB]$	$t[s]$	Broj vozova, N		
			dan	veče	noć
Brzi ekspresni	85	12	90	20	10
Sporiji prigradski	78	18	140	40	20
Teretni	76	24	60	15	5

Indikator buke za dan za pojedine tipove vozova:

$$L_{day,1,2,3} = 10 \log \left(\frac{T \cdot 10^{\frac{L_{Aeq}}{10}}}{T_0} \right) = 10 \log \left(\frac{N \cdot t \cdot 10^{\frac{L_{Aeq}}{10}}}{12 \cdot 60 \cdot 60} \right)$$

$$T_0 = 12h = 12 \cdot 60 \text{ min.} = 12 \cdot 60 \cdot 60 s = 43200 s \text{ (day)}$$

$$T_{day} = 12h$$

DAN - Brzi ekspresni:

$$L_{day,1} = 10 \log \left(\frac{90 \cdot 12 \cdot 10^{0,5}}{43200} \right) = 10 \log \left(\frac{90 \cdot 12}{43200} \right) + 10 \log 10^{0,5} =$$

$$= 10 \log \left(\frac{1080}{43200} \right) + 85 = \boxed{69 \text{ dB}}$$

DAN - Sporiji prigradski:

$$L_{\text{day},2} = 10 \log \left(\frac{140 \cdot 18 \cdot 10^{7,8}}{4 \cdot 60 \cdot 60} \right) = 10 \log \left(\frac{140 \cdot 18}{43200} \right) + 10 \log 10^{7,8} =$$

$$= 10 \log \left(\frac{2520}{43200} \right) + 78 = \boxed{65,7 \text{ dB}}$$

DAN - Teretni:

$$L_{\text{day},3} = 10 \log \left(\frac{80 \cdot 29 \cdot 10^{7,6}}{4 \cdot 60 \cdot 60} \right) = 10 \log \left(\frac{1448}{43200} \right) + 10 \log 10^{7,6} =$$

$$= 10 \log \left(\frac{1448}{43200} \right) + 76 = \boxed{61,2 \text{ dB}}$$

$$L_{\text{day}} = 10 \log \left(10^{\frac{L_{\text{day},1}}{10}} + 10^{\frac{L_{\text{day},2}}{10}} + 10^{\frac{L_{\text{day},3}}{10}} \right) =$$

$$= 10 \log \left(10^{6,9} + 10^{6,57} + 10^{6,12} \right) = \boxed{71,1 \text{ dB}}$$

ukupni indikator
bave za dan

Indikator bave za veće za pojedine tipove vozova:

$$L_{\text{evening},1,2,3} = 10 \log \left(\frac{T \cdot 10^{\frac{L_{\text{avg}}}{10}}}{T_0} \right) = 10 \log \left(\frac{N \cdot t \cdot 10^{\frac{L_{\text{avg}}}{10}}}{4 \cdot 60 \cdot 60} \right)$$

$$T_0 = 4 \text{ h} = 4 \cdot 60 \text{ min.} = 4 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s} = 14400 \text{ s (evening)}$$

$$\boxed{T_{\text{evening}} = 4 \text{ h}}$$

Veće - Brzi ekspresni:

$$L_{\text{evening},1} = 10 \log \left(\frac{20 \cdot 12 \cdot 10^{8,5}}{4 \cdot 60 \cdot 60} \right) = 10 \log \left(\frac{246}{14400} \right) + 10 \log 10^{8,5} =$$

$$= 10 \log \left(\frac{24}{1440} \right) + 85 = \boxed{67,2 \text{ dB}}$$

Veće - Sporiji prigradski:

$$L_{\text{evening},2} = 10 \log \left(\frac{40 \cdot 18 \cdot 10^{7,8}}{4 \cdot 60 \cdot 60} \right) = 10 \log \left(\frac{40 \cdot 18}{4 \cdot 60 \cdot 60} \right) + 10 \log 10^{7,8} =$$

$$= 10 \log \left(\frac{720}{14400} \right) + 78 = 10 \log \frac{1}{20} + 78 = 78 - \underbrace{10 \log 20}_{13} = \boxed{65 \text{ dB}}$$

Veče - teretani:

$$L_{evening,3} = 10 \log \left(\frac{15 \cdot 24 \cdot 10^{7,6}}{4 \cdot 60 \cdot 60} \right) = 10 \log \left(\frac{15 \cdot 24}{4 \cdot 60 \cdot 60} \right) + 10 \log 10^{7,6} =$$

$$= 10 \log \left(\frac{36}{14400} \right) + 76 = 10 \log \left(\frac{36}{14400} \right) + 76 = 10 \log \frac{1}{400} + 76 =$$

$$= 76 - 10 \log 400 = 76 - 16 = \boxed{60 \text{ dB}}$$

$$L_{evening} = 10 \log \left(10^{\frac{L_{evening,1}}{10}} + 10^{\frac{L_{evening,2}}{10}} + 10^{\frac{L_{evening,3}}{10}} \right) =$$

$$= 10 \log (10^{6,92} + 10^{6,5} + 10^6) = \boxed{69,7 \text{ dB}}$$

*ukupni indikator
bucine za veče*

Indikator buke za noć za pojedine tipove vozova:

$$L_{night,1,2,3} = 10 \log \left(\frac{T \cdot 10^{\frac{L_{avg}}{10}}}{T_0} \right) = 10 \log \left(\frac{N \cdot t \cdot 10^{\frac{L_{avg}}{10}}}{8 \cdot 60 \cdot 60} \right)$$

$$T_0 = 8h = 8 \cdot 60 \text{ min.} = 8 \cdot 60 \cdot 60 s = 28800 s \text{ (night)}$$

$$\boxed{T_{night} = 8h}$$

Noć - Brzi ekspresni:

$$L_{night,1} = 10 \log \left(\frac{10 \cdot 12 \cdot 10^{8,5}}{8 \cdot 60 \cdot 60} \right) = 10 \log \left(\frac{12}{28800} \right) + 10 \log 10^{8,5} =$$

$$= 10 \log \left(\frac{1}{2400} \right) + 85 = 85 - 10 \log 2400 = 85 - 23,8 = \boxed{61,2 \text{ dB}}$$

Noć - Sporiji prigradski:

$$L_{night,2} = 10 \log \left(\frac{20 \cdot 18 \cdot 10^{7,8}}{8 \cdot 60 \cdot 60} \right) = 10 \log \left(\frac{360}{28800} \right) + 10 \log 10^{7,8} =$$

$$= 10 \log \left(\frac{1}{80} \right) + 78 = 78 - 10 \log 80 = 78 - 19 = \boxed{59 \text{ dB}}$$

Noć - teretani:

$$L_{night,3} = 10 \log \left(\frac{5 \cdot 24 \cdot 10^{7,6}}{8 \cdot 60 \cdot 60} \right) = 10 \log \left(\frac{12}{28800} \right) + 10 \log 10^{7,6} =$$

$$= 10 \log \left(\frac{1}{2400} \right) + 76 = 76 - 10 \log 2400 = 76 - 23,8 = \boxed{52,2 \text{ dB}}$$

$$L_{night} = 10 \log \left(10^{\frac{L_{night,1}}{10}} + 10^{\frac{L_{night,2}}{10}} + 10^{\frac{L_{night,3}}{10}} \right) =$$

$$= 10 \log (10^{6,12} + 10^{5,9} + 10^{5,22}) = \boxed{63,6 \text{ dB}}$$

Ukupni indikator buke za dan-veče-noć:

$$L_{den} = 10 \log \left(\frac{12}{24} \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + \frac{4}{24} \cdot 10^{\frac{L_{evening}}{10}} + \frac{8}{24} \cdot 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right)$$

$$L_{den} = 10 \log \left(\frac{1}{24} (12 \cdot 10^{7,11} + 4 \cdot 10^{7,47} + 8 \cdot 10^{7,36}) \right) = \boxed{72,8 \text{ dB}}$$

Ukupni ekvivalentni nivo buke za 24h:

$$L_{den} = 10 \log \left(\frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening}}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}}{10}} \right) \right)$$

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} (12 \cdot 10^{7,11} + 4 \cdot 10^{6,97} + 8 \cdot 10^{6,36}) = \boxed{69,4 \text{ dB}}$$

4. Ekvivalentni nivo buke u vremenskim intervalima od jednog sata je meren na rastojanju 15m od ose saobraćajnice.

Na osnovu prikazanih rezultata merenja ekvivalentnog nivoa buke u toku 24h, odrediti vrednosti indikatora buke

L_{den} , L_{day} , $L_{evening}$, L_{night} i prosečni nivo buke za 24h.

Uporediti vrednosti indikatora buke sa граниčnim vrednostima za zone pored gradskih saobraćajnica.

Izvršeno je merenje u ukupno 24 merena intervala, a od kojih je svaki trajao 1h. Za određivanje indikatora buke L_{day} koji opisuje vremeniravanje u toku dana, potrebno je odrediti ukupni ekvivalentni nivo buke u vremenskom periodu 06:00 ÷ 18:00.

$$L_{day} = 10 \log \sum_{i=1}^{N_d} \frac{t_i}{T_d} \cdot 10^{\frac{L_i}{10}}$$

$$L_{day} = 10 \log \left(\frac{1}{12} \cdot 282 \cdot 10^5 \right) = 10 \log \left(\frac{282}{12} \right) + 10 \log 10^5 = 10 \log \left(\frac{141}{6} \right) + 50 = \boxed{63,7 \text{ dB}}$$

MERENJE		PRORAČUN		
		L_{day}	$L_{evening}$	L_{night}
Interval merenja	$L_{eq} [dB]$	$10^{\frac{L_i}{10}} (\cdot 10^5)$	$10^{\frac{L_i}{10}} (\cdot 10^5)$	$10^{\frac{L_i}{10}} (\cdot 10^3)$
24 ÷ 01	30			1
01 ÷ 02	30			1
02 ÷ 03	30			1
03 ÷ 04	30			1
04 ÷ 05	30			1
05 ÷ 06	40			10
06 ÷ 07	70	100		
07 ÷ 08	60	10		
08 ÷ 09	50	1		
09 ÷ 10	50	1		
10 ÷ 11	60	10		
11 ÷ 12	60	10		
12 ÷ 13	60	10		
13 ÷ 14	60	10		
14 ÷ 15	60	10		
15 ÷ 16	70	100		
16 ÷ 17	60	10		
17 ÷ 18	60	10		
18 ÷ 19	60		10	
19 ÷ 20	60		10	
20 ÷ 21	50		1	
21 ÷ 22	50		1	
22 ÷ 23	40			10
23 ÷ 24	40			10

$282 \cdot 10^5$

$22 \cdot 10^5$

$35 \cdot 10^3$

t_i - vreme u kome je ekvivalentni nivo buke bio L_i

$t_i = 1h$ za $i = 1, \dots, N_d$

N_d - broj vremenskih intervala, $N_d = 12$

T_d - referentni vremenski interval za koji se određuje indikator

buke L_{day} , $T_d = 12h$

$$L_{day} = 10 \log \sum_{i=1}^{12} \frac{1}{12} \cdot 10^{\frac{L_i}{10}} = 10 \log \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} 10^{\frac{L_i}{10}}$$

$$L_{day} = 10 \log \left(\frac{1}{12} \cdot 282 \cdot 10^5 \right) = 10 \log \left(\frac{282}{12} \right) + 10 \log 10^5 =$$

$$= 10 \log (23,5) + 50 = \boxed{63,7 \text{ dB}}$$

za određivanje indikatora buke Levening koji opisuje zvučnikavanje tokom tokom večeri, potrebno je odrediti ekvivalentni nivo buke u vremenskom periodu 18:00 ÷ 22:00.

$$Levening = 10 \log \sum_{i=1}^{N_e} \frac{t_i}{T_e} \cdot 10^{\frac{L_i}{10}}$$

za određivanje:

t_i - trajanje vremenskog intervala u kome je ekvivalentni nivo buke L_i

$$t_i = 1h, i = 1, \dots, N_e$$

N_e - broj vremenskih intervala, $N_e = 4$

T_e - referentni vremenski interval za koji se određuje indikator buke Levening, $T_e = 4h$

$$Levening = 10 \log \sum_{i=1}^4 \frac{1}{4} \cdot 10^{\frac{L_i}{10}} = 10 \log \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 10^{\frac{L_i}{10}}$$

$$Levening = 10 \log \left(\frac{1}{4} \cdot 22 \cdot 10^5 \right) = 10 \log \left(\frac{22}{4} \right) + 10 \log 10^5 =$$

$$= 10 \log \left(\frac{11}{2} \right) + 50 = \boxed{57,4 \text{ dB}}$$

za određivanje indikatora buke Lnight koji opisuje zvučnikavanje sna u toku noći, potrebno je odrediti ekvivalentni nivo buke u vremenskom periodu 22:00 ÷ 06:00:

$$L_{night} = 10 \log \sum_{i=1}^{N_n} \frac{t_i}{T_n} \cdot 10^{\frac{L_i}{10}}$$

t_i - trajanje vremenskog intervala u kome je ekvivalentni nivo buke L_i

$$t_i = 1h, i = 1, \dots, N_n$$

N_n - broj vremenskih intervala, $N_n = 8$

$$T_n = 8h$$

$$L_{night} = 10 \log \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 10^{\frac{L_i}{10}}$$

$$L_{night} = 10 \log \left(\frac{1}{8} \cdot 10^3 \cdot 35 \right) = 10 \log \left(\frac{35}{8} \right) + 10 \log 10^3 = 10 \log \left(\frac{35}{8} \right) + 30 =$$

$$= \boxed{36,4 \text{ dB}}$$

Indikator buke L_{den} , koji opisuje vremeniravanje u toku 24h, određuje se na osnovu indikatora buke L_{day} , $L_{evening}$, L_{night} :

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right) [\text{dB}]$$

Indikator buke za več je korigovan za +5dB, a indikator buke za noć za +10dB. Navedene korekcije se primenjuju zbog različite reakcije ljudi na buku u specifičnim vremenskim periodima tokom dana.

$$L_{den} = 10 \log \frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{6,37} + 4 \cdot 10^{6,24} + 8 \cdot 10^{4,64} \right) [\text{dB}]$$

$$\boxed{L_{den} = 61,7 \text{ dB}}$$

Prosečni nivo buke za 24h:

$$L_{Aeq, 24h} = 10 \log \sum_{i=1}^N \frac{\tau_i}{T} \cdot 10^{\frac{L_i}{10}}$$

τ_i - trajanje vremenskog intervala u kome je ekvivalentni nivo buke bio L_i

$$\tau_i \geq 1h, \quad i=1, \dots, N$$

N - broj vremenskih intervala, $N=24$

T - vremenski interval koji pokriva ceo dan, $T=24h$

$$\begin{aligned}
 L_{Aeq, 24h} &= 10 \log \sum_{i=1}^{24} \frac{1}{24} \cdot 10^{\frac{L_i}{10}} = 10 \log \frac{1}{24} (182 \cdot 10^5 + 22 \cdot 10^5 + 35 \cdot 10^3) = \\
 &= 10 \log \left[\frac{1}{24} (10^5 \cdot (282 + 22 + 0,35)) \right] = 10 \log \left(\frac{304,35}{24} \cdot 10^5 \right) = \\
 &= 10 \log \left(\frac{304,35}{24} \right) + 10 \log 10^5 = 50 + 10 \log \left(\frac{304,35}{24} \right) = \boxed{61 \text{ dB}}
 \end{aligned}$$

Granična vrednost nivoa buke za zonu ¹¹ pred gradskih saobraćajnica iznosi 65 dB za dan i veče, odnosno 55 dB za noć, tako da indikatori buke ne preovrađuju granične vrednosti.

- ⑤ U sobi koja se nalazi neposredno pored liftovske kćice je izmeren nivo buke od 50 dB koji stvara lift pri svom kretanju između pet spratova. Trajanje pojedinačnog događaja - sprizanja i podizanja lifta iznosi 20s. Izračunati broj dozvoljenih događaja u toku dana/večeri i noći, a da nivo buke u boravišnoj prostoriji ne preovrađi graničnu vrednost.

Granični nivo buke za boravišne prostorije u stambenoj zgradi za dan i veče iznosi 35 dB, a za noć 30 dB.

$$L_{peq, ss} = L_{Aeq, ss} + 10 \log \frac{t}{T}$$

$$10 \log \frac{t}{T} = L_{peq, ss} - L_{Aeq, ss}$$

$$\log \frac{t}{T} = \frac{L_{peq, ss} - L_{Aeq, ss}}{10}$$

$$\frac{t}{T} = 10^{\frac{L_{peq, ss} - L_{Aeq, ss}}{10}}$$

$$\Rightarrow \boxed{t = T \cdot 10^{\frac{L_{peq, ss} - L_{Aeq, ss}}{10}}}$$

$$L_{peq, ss} = 35 \text{ dB}$$

$$L_{Aeq, ss} = 50 \text{ dB}$$

T - referentni vremenski interval (za dan i veče uopšte 16h, a za noć 8h).

$$T = 16h = 16 \cdot 60 \text{ min.} = 16 \cdot 60 \cdot 60s = 57600s$$

$$\tau = 57600s \cdot 10^{\frac{35-50}{10}} = 57600 \cdot 10^{-\frac{15}{10}} s = 57600 \cdot 10^{-\frac{3}{2}} s$$

$$\Rightarrow \boxed{\tau = 1821,55}$$

$$N = \frac{\tau}{T_0}, \quad T_0 = 20s$$

$$N = \frac{1821,55}{20s} = \boxed{91} - \text{broj događaja (spuštanja i podizanja lifera)}$$

$\boxed{N=91}$ za dnevni / večerajući referentni vremenski interval
za noćni referentni vremenski interval:

$$\tau' = T' \cdot 10^{\frac{L_{p0E,SS} - L_{A0E,SS}}{10}}$$

$$L_{p0E,SS} = 30 \text{ dB}$$

$$L_{A0E,SS} = 50 \text{ dB}$$

$$T' = 8h = 8 \cdot 60 \text{ min.} = 8 \cdot 60 \cdot 60s = 28800s$$

$$\tau' = 28800s \cdot 10^{\frac{30-50}{10}} = 28800s \cdot 10^{-\frac{20}{10}} = 28800 \cdot 10^{-2} s =$$

$$= \frac{28800}{100} s = \boxed{288s} \Rightarrow \boxed{\tau' = 288s}$$

$$N' = \frac{\tau'}{T_0}, \quad T_0 = 20s$$

$$N' = \frac{288s}{20s} = \frac{288}{20} = \frac{144}{10} = 14,4 \approx \boxed{14}$$

$\boxed{N'=14}$ - broj spuštanja i podizanja lifera za noćni referentni vremenski interval

Broj spuštanja i podizanja lifera u toku dana i večeri može prosečno u toku jednog sata da iznosi $\frac{91}{16} = \boxed{5,69}$, odnosno za noć $\frac{14}{8} = \boxed{1,75}$.

6. Tri mašine se nalaze na otvorenom prostoru i rade sa periodima u toku 24h. Mašine su oslonjene na tvrdi podlogu i nalaze se na rastojanjima od stambenog objekta koja su data u tabeli. Ako su poznate zvučne snage mašina i radni ciklusi koji su dati u tabeli, odrediti indikatore buke za dan, veče i noć, kao i indikator buke za dan-veče-noć u proračunskoj tački koja se nalazi ispred stambenog objekta pod pretpostavkom da se mašine mogu posmatrati kao neusmereni izvori.

	Mašina A	Mašina B	Mašina C
Rastojanje od proračunske tačke	200	200	100
$L_{WA} [dB]$	150	140	140
/	Radni ciklus		
DAN	20 min. radi 40 min. ne radi	10 min. radi 50 min. ne radi	20 min. radi 40 min. ne radi
VEČE	Ne radi	5 min. radi 15 min. ne radi	30 min. radi 30 min. ne radi
NOĆ	10 min. radi 50 min. ne radi	5 min. radi 5 min. ne radi	Ne radi

Na datim rastojanjima od proračunske tačke, mašine se mogu posmatrati kao tačkasti izvori.

Intenzitet zvuka na nekom rastojanju od tačkastog izvora koji se nalazi na reflektujućoj površini može se izračunati na sledeći način:

$$I = \frac{P_a}{4\pi r^2}$$

$$f = \frac{457}{R_{\text{eff}}} = \frac{457}{2\pi} = \boxed{2}$$

$$I = 2 \frac{P_a}{4\pi r^2} = \frac{P_a}{2\pi r^2} \quad / : 10^{-12}$$

$$\frac{I}{10^{-12}} = \frac{P_a}{10^{-12}} \cdot \frac{1}{2\pi r^2} \quad / \log$$

$$\log \frac{I}{I_0} = \log \frac{P_a}{P_0} + \log \frac{1}{2\pi} + \log \frac{1}{r^2} \quad / \cdot 10$$

$$\underbrace{10 \log \frac{I}{I_0}}_{L_I} = \underbrace{10 \log \frac{P_a}{P_0}}_{L_w} + \underbrace{10 \log \frac{1}{2\pi}}_{(2\pi)^{-1} \quad -10 \log 2\pi} + \underbrace{10 \log \frac{1}{r^2}}_{-20 \log r}$$

$$L_I = L_p = L_w - 20 \log r - \underbrace{10 \log 2\pi}_8$$

$$\boxed{L_I = L_p = L_w - 20 \log r - 8 \text{ [dB]}}$$

$$L_{PA(A)} = L_{WA(A)} - 20 \log r_{(A)} - 8 = 150 - \underbrace{20 \log 200}_{46} - 8 = \boxed{96 \text{ dB}}$$

$$L_{PA(B)} = L_{WA(B)} - 20 \log r_{(B)} - 8 = 140 - \underbrace{20 \log 200}_{46} - 8 = \boxed{86 \text{ dB}}$$

$$L_{PA(C)} = L_{WA(C)} - 20 \log r_{(C)} - 8 = 140 - \underbrace{20 \log 100}_{40} - 8 = \boxed{92 \text{ dB}}$$

Ukupno vreme u koje su mašine aktivne u svakoj
vremenskoj periodu:

	Mašina A	Mašina B	Mašina C
DAN	240 min.	120 min.	240 min.
VEČE	0	60 min.	120 min.
NOĆ	80 min.	240 min.	0

$$L_{day} = 10 \log \frac{1}{T_0} \left(T(A) \cdot 10^{\frac{L_{PA(A)}}{10}} + T(B) \cdot 10^{\frac{L_{PA(B)}}{10}} + T(C) \cdot 10^{\frac{L_{PA(C)}}{10}} \right)$$

$$T_0 = 12h = 12 \cdot 60 \text{ min.} = 720 \text{ min.}$$

$$L_{day} = 10 \log \left[\frac{1}{720} \cdot (240 \cdot 10^{9,6} + 120 \cdot 10^{8,6} + 240 \cdot 10^{9,2}) \right] =$$

$$= 10 \log \left[\frac{1}{720} \cdot 120 (2 \cdot 10^{9,6} + 10^{8,6} + 2 \cdot 10^{9,2}) \right] =$$

$$= 10 \log \left(\frac{1}{6} \cdot 10^{8,6} (2 \cdot 10 + 1 + 2 \cdot 10^{0,6}) \right) =$$

$$= 10 \log \frac{1}{6} + 10 \log 10^{8,6} + 10 \log (21 + 2 \cdot 10^{0,6}) =$$

$$= -10 \log 6 + 10 \cdot 8,6 \cdot \log 10 + 10 \log (28,96) =$$

$$= 86 - 10 \log 6 + 10 \log (28,96) = \boxed{92,8 \text{ dB}} \quad \boxed{L_{day} = 92,8 \text{ dB}}$$

$$L_{night} = 10 \log \frac{1}{T_0} \left(T(A) \cdot 10^{\frac{L_{PA(A)}}{10}} + T(B) \cdot 10^{\frac{L_{PA(B)}}{10}} + T(C) \cdot 10^{\frac{L_{PA(C)}}{10}} \right)$$

$$T_0 = 8h = 8 \cdot 60 \text{ min.} = 480 \text{ min.}$$

$$L_{night} = 10 \log \left[\frac{1}{480} (80 \cdot 10^{9,6} + 240 \cdot 10^{8,6} + \frac{0 \cdot 10^{9,2}}{0}) \right] =$$

$$= 10 \log \left[\frac{1}{480} \cdot 80 \cdot 10^{8,6} \left(\frac{10 + 3}{13} \right) \right] = 10 \log \left(\frac{13}{6} \cdot 10^{8,6} \right) =$$

$$= 10 \log \left(\frac{13}{6} \right) + 10 \log 10^{8,6} = 86 + 10 \log \left(\frac{13}{6} \right) = \boxed{89,4 \text{ dB}}$$

$$\boxed{L_{night} = 89,4 \text{ dB}}$$

$$L_{\text{evening}} = 10 \log \frac{1}{T_0} \left(T(A) \cdot 10^{\frac{L_{PA(A)}}{10}} + T(B) \cdot 10^{\frac{L_{PA(B)}}{10}} + T(C) \cdot 10^{\frac{L_{PA(C)}}{10}} \right)$$

$$T_0 = 4h = 4 \cdot 60 \text{ min.} = 240 \text{ min.}$$

$$L_{\text{evening}} = 10 \log \left[\frac{1}{240} \left(9 \cdot 10^{9,6} + 60 \cdot 10^{9,6} + 120 \cdot 10^{9,2} \right) \right] =$$

$$= 10 \log \left[\frac{1}{240} \cdot 10^{9,6} (1 + 2 \cdot 10^{0,6}) \right] =$$

$$= 10 \log \left(\frac{1}{4} \cdot 10^{8,6} \cdot 3,96 \right) = 10 \log(10^{8,6}) + 10 \log \left(\frac{3,96}{4} \right) =$$

$$= 86 + 10 \log \left(\frac{3,96}{4} \right) = \boxed{89,5 \text{ dB}}$$

$$L_{\text{evening}} = 89,5 \text{ dB}$$

$$L_{\text{den}} = 10 \log \left[\frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{\text{day}}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{\text{evening}}}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{\text{night}} + 10}{10}} \right) \right]$$

$$L_{\text{den}} = 10 \log \left(\frac{1}{24} \cdot 12 \left(3 \cdot 10^{9,28} + 10^{9,45} + 2 \cdot 10^{9,95} \right) \right) =$$

$$= 10 \log \left(\frac{1}{6} \cdot 10^{9,28} (3 + 10^{0,17} + 2 \cdot 10^{0,67}) \right) =$$

$$= 10 \log(10^{9,28}) + 10 \log \left(\frac{3 + 10^{0,17} + 2 \cdot 10^{0,67}}{6} \right) = 92,8 + 3,6 = \boxed{96,4 \text{ dB}}$$

$$L_{\text{den}} = 96,4 \text{ dB}$$