

Buka u životnoj sredini – stanje (1)

- Buka u životnoj sredini se definiše kao buka koju stvaraju svi izvori, isključujući buku koja nastaje na samom radnom mestu u industrijskim pogonima.
- Buka u životnoj sredini je oduvek predstavljala veoma važan problem sa kojim se čovek suočavao i težio da njom upravlja i da je kontroliše.
- I u starom Rimu postojala su pravila vezana za buku gvozdenih točkova dvokolica pri kretanju po kamenoj podlozi, čiji je cilj bio sprečavanje remećenja sna i uznemiravanja Rimljana.
- U srednjevekovnoj Evropi bilo je zabranjeno koristiti konjske kočije u noćnim satima da bi se obezbedio miran san građana.
- Danas je problem veoma izraženiji. Ogroman broj vozila se kreće po našim gradovima i autoputevima. Teški kamioni sa dizel mašina i velikom bukom krstare drumovima širom zemlje. Avioni i vozovi daju svoj doprinos povećanju ukupne buke. U industriji mašine generišu visoke nivoe buke, a veoma bučni zabavni centri ne omogućuju opuštanje ni u slobodnom vremenu.



Buka u životnoj sredini – stanje (2)

- U poređenju sa drugim aspektima u životnoj sredini, za kontrolu komunalne buke veoma često nema razumevanja, pre svega zbog nedovoljnog poznavanja (“skrivenih”) efekata koje buka može da izazove na čoveka. Takođe, se često zaboravlja na kumulativni efekat koji buka ima kada izlaganje buci traje duži vremenski period.
- Institucije koje su zadužene da se bave problemima koji nastaju u životnoj sredini veoma često smatraju da je rešavanje problema buke “luksuz” koji sebi mogu da dozvole samo razvijene zemlje. Izloženost većim nivoima buke karakterističnija je za zemlje u razvoju, upravo zbog njihovog odnosa prema aspektu buke. Planiranje korišćenja određenog prostora ne vodeći računa o nivoima buke i neadekvatna gradnja stambenih objekata u zonama gde je buka izražena povećava izloženost populacije buci.



Results in EU 27

- L_{DEN} exposure:

131 agglomerations: 103,715,627 inhabitants (21% of EU-27 population)

≥55 dB(A): 56,001,200 (54%) EU citizens

≥65 dB(A): 15,754,500 (15%) EU citizens

Status: June 2011

+ outside agglomerations:

≥55 dB(A): 33,437,244 EU citizens

≥65 dB(A): 7,657,083 EU citizens

Sum

≥55 dB(A): 89,438,444 EU citizens

≥65 dB(A): 23,411,583 EU citizens



Results in EU 27

- L_{NIGHT} exposure:

131 agglomerations: 103,715,627 inhabitants (21% of EU-27 population)

≥50 dB(A): 40,213,200 (39%) EU citizens

≥55 dB(A): 18,697,000 (18%) EU citizens

Status: June 2011

+ outside agglomerations:

≥50 dB(A): 22,699,288 EU citizens

≥55 dB(A): 10,681,332 EU citizens

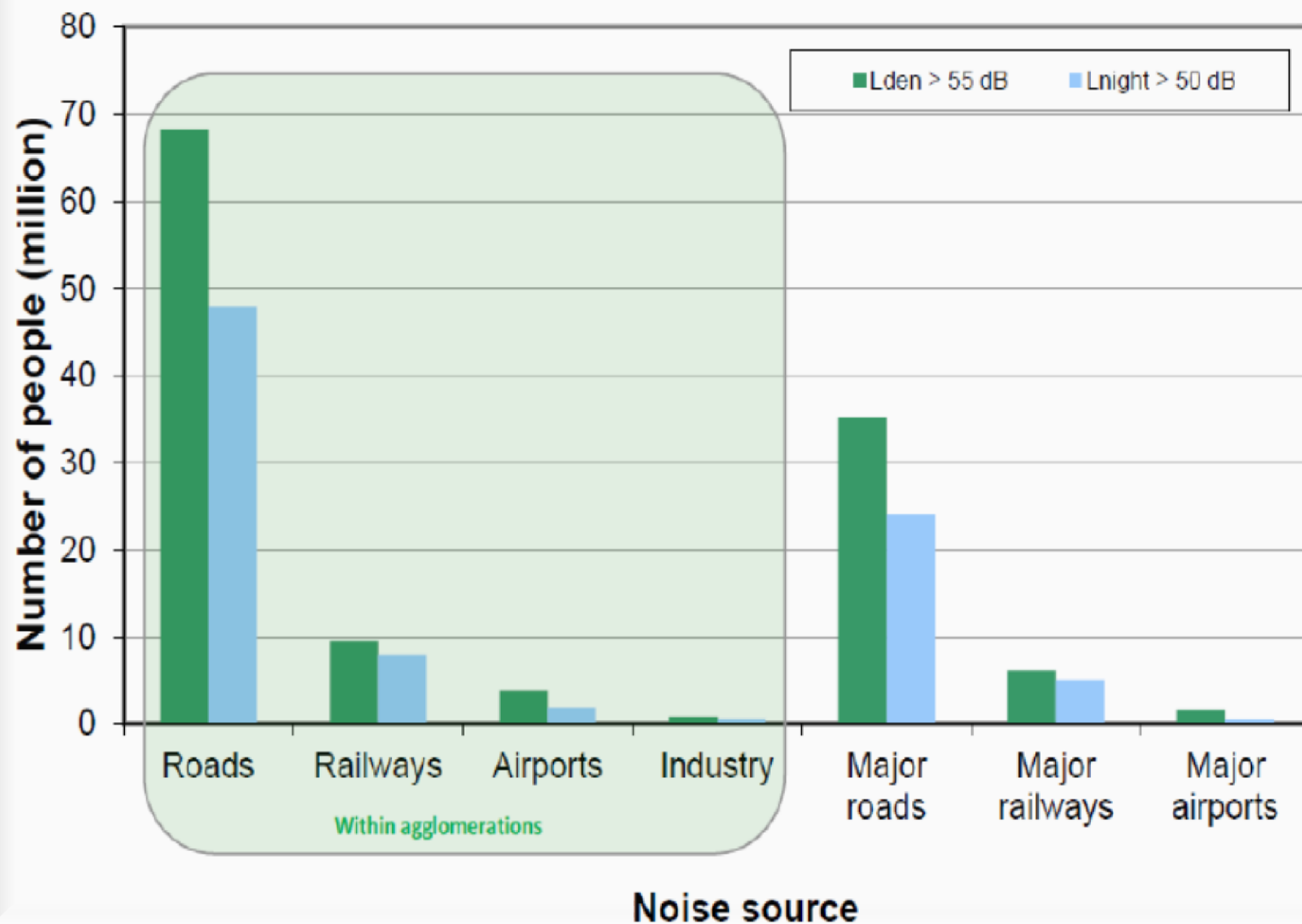
Sum

≥50 dB(A): 62,912,488 EU citizens

≥55 dB(A): 29,378,332 EU citizens



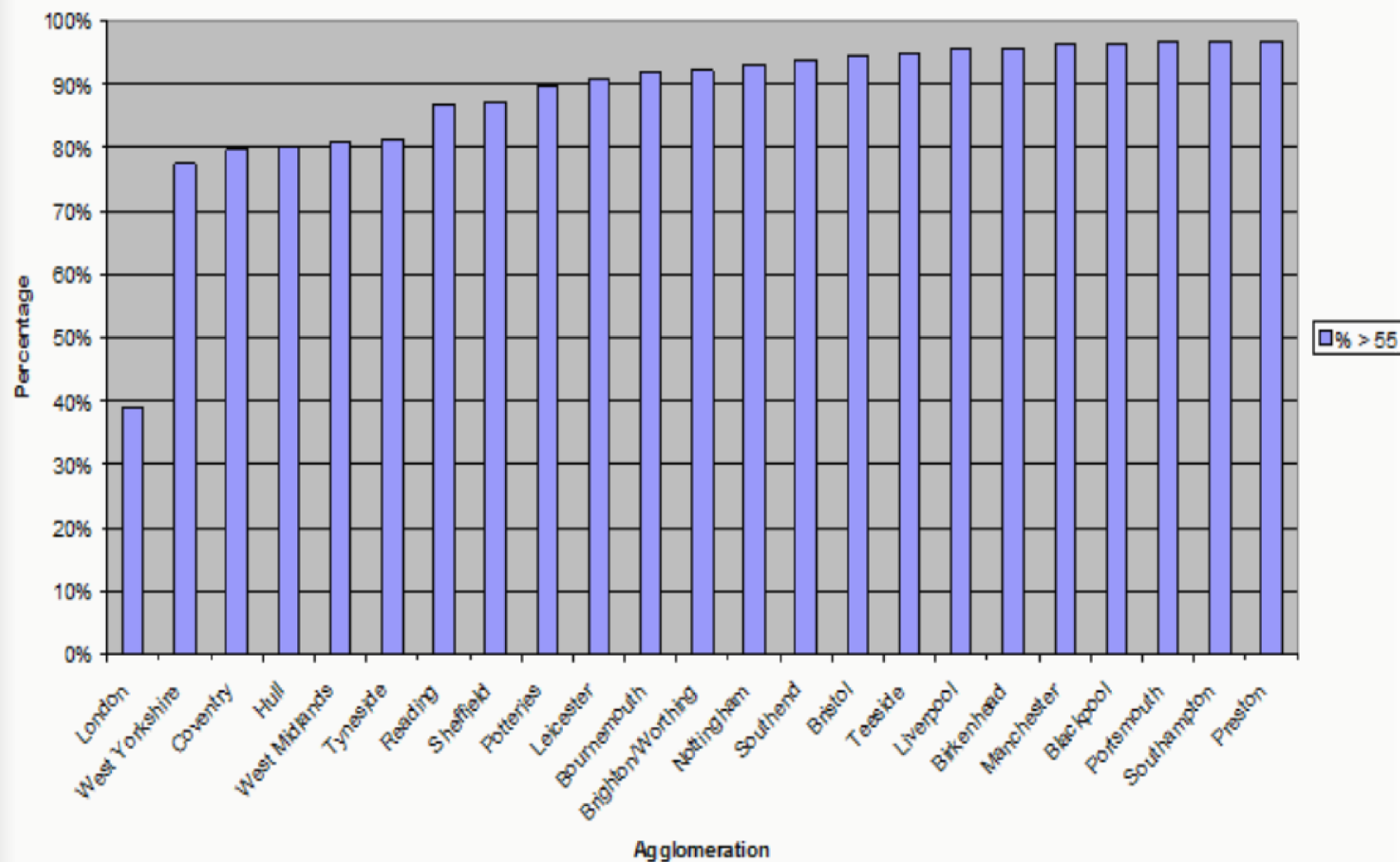
Number of people exposed to noise in Europe





<http://NOISE.eionet.europa.eu>

Proportion of Agglomeration > 55 dB(A)

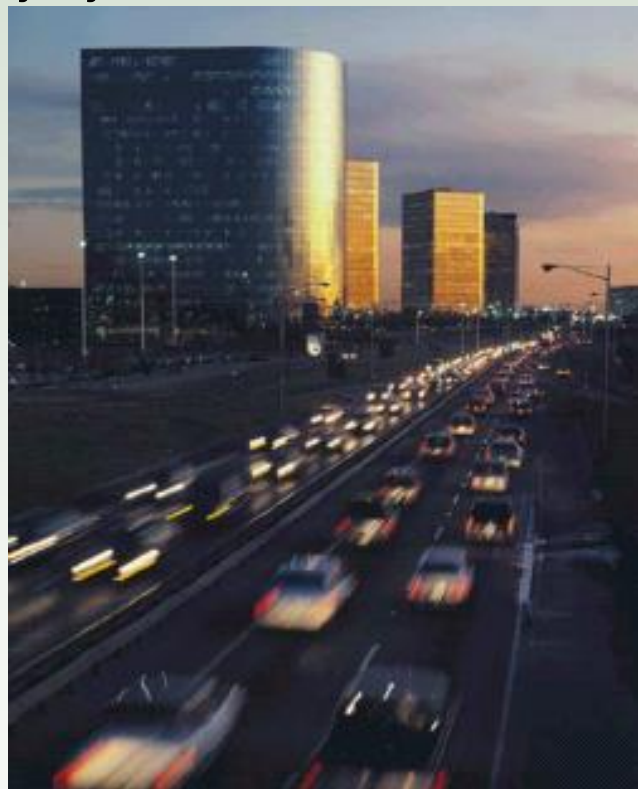


Izvori buke u životnoj sredini

- Glavni izvori komunalne buke uključuju:
 - ⊕ Izvore buke na otvorenom prostoru
 - ⊕ Izvore buke u zatvorenom prostoru
- Glavni izvori komunalne buke na otvorenom prostoru uključuju:
 - ⊕ Saobraćaj (drumski, železnički i avio)
 - ⊕ Građevinske mašine (izvođenje javnih radova)
 - ⊕ Industrija
 - ⊕ Mašine za kućnu upotrebu (kosačica, motorna testera ...)
 - ⊕ Sportske aktivnosti, koncerte, zabavne parkove, alarme
- Glavni izvori komunalne buke u zatvorenom prostoru uključuju:
 - ⊕ Kućne aparate (usisivač, fen za kosu, veš mašina ...)
 - ⊕ Ventilacione sisteme i klima uređaje, pumpne stanice, trafostanice
 - ⊕ Uređaje za muzičku reprodukciju
 - ⊕ Žurke

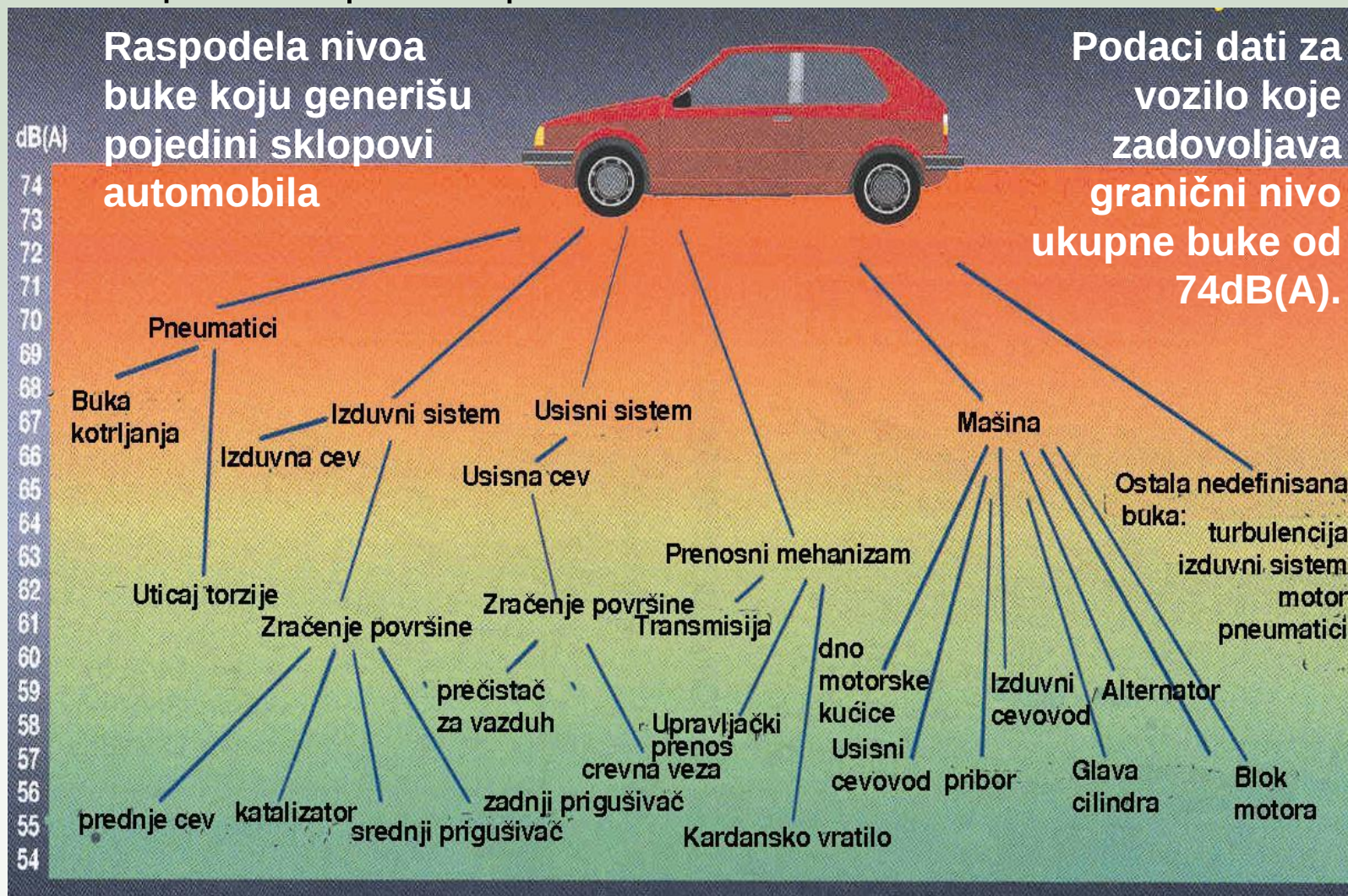
Izvori buke u životnoj sredini

- Iako nije uvek glavni uzrok žalbi građana, saobraćaj je dominantni izvor buke u komunalnoj sredini, uključujući sve oblike saobraćaja.
- Opšte pravilo koje uglavnom važi za sve oblike saobraćaja: veća i teža vozila su bučnija od manjih i lakših.
- **Buka drumskog saobraćaja** 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
- Buka je promenljiva u oblastima gde kretanje saobraćaja uključuje promene brzine i snage, npr. u zoni semafora, raskrsnica, uspona ili nizbrdica.
- Buka zavisi od topografije terena, meteoroloških uslova i pozadinske buke.



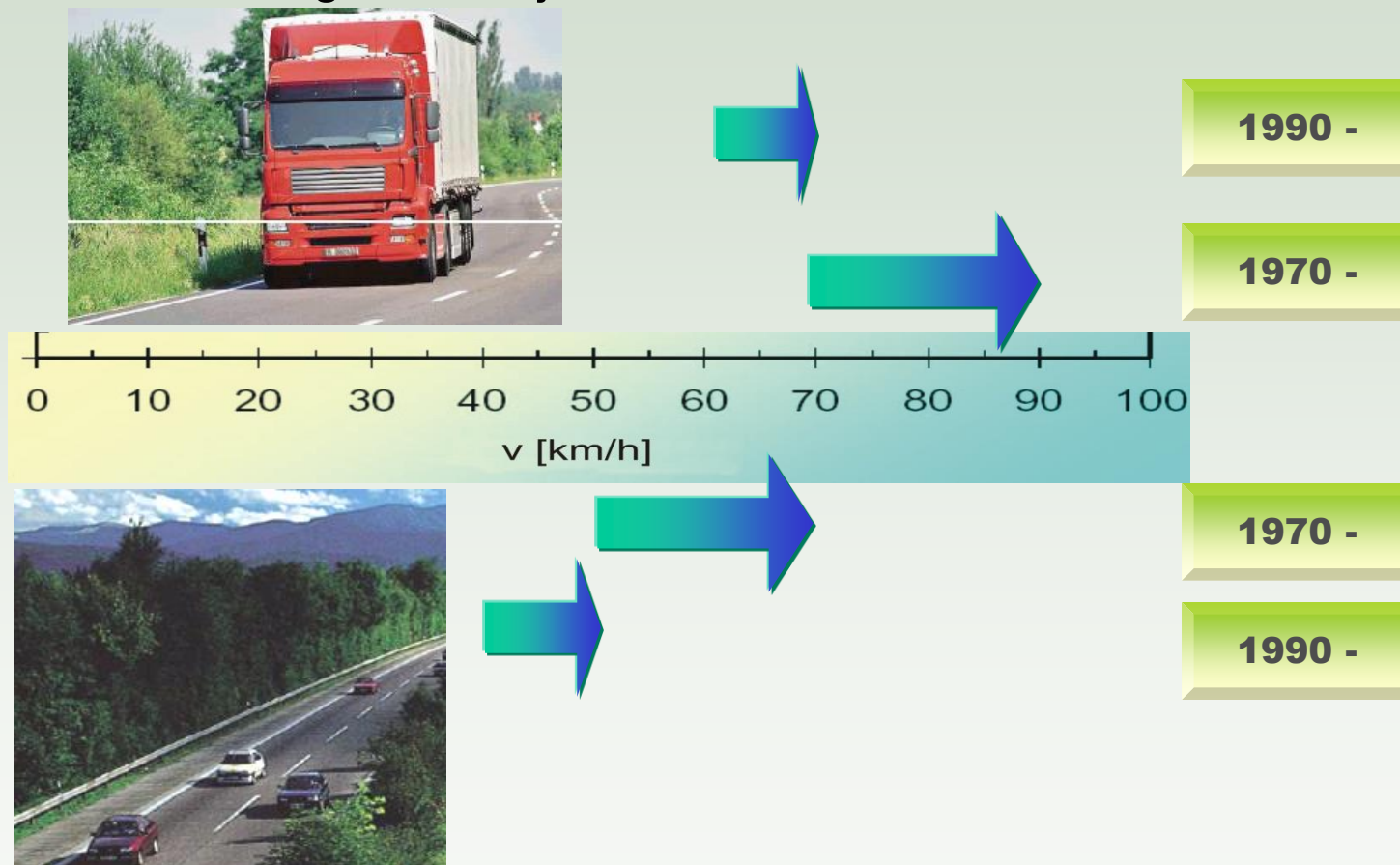
Izvori buke u životnoj sredini

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



Izvori buke u životnoj sredini

- Opšte je poznata činjenica da pogonska buka dominira na nižim brzinama, dok na višim brzinama dominira buka kontakta pneumatika i podloge puta i da postoji određena “prelazna brzina” gde su doprinosi oba mehanizma generisanja buke isti.



Izvori buke u životnoj sredini

- **Buka železničlog saobraćaja** zavisi od:
 - ⊕ brzine voza
 - ⊕ tipa lokomotive, vagona i šina
 - ⊕ osnove na kojoj su šine postavljene
 - ⊕ krutosti točkova i šina
- Dodatna buka se generiše na železničkim stanicama - startovanje lokomotive, pištaljka šefa stanice, razglasni sistem i na ranžirnim stanicama – manevrisanje lokomotiva.
- Mali prečnik krivine pruge, karakterističan za gradske sredine, može dovesti do stvaranja velikih nivoa buke na visokim frekvencijama (škripa točkova).



Izvori buke u životnoj sredini

- Uvođenje brzih vozova dovodi do novog problema – naglog povećanja buke pri polasku voza. Ipak buka nije impulsnog karaktera što umanjuje njen negativni efekat.
- Na brzinama većim od 250km/h, deo zvučne energije na višim frekvencijama se povećava i ta buka se slično doživljava kao i buka preleta aviona.
- Trend širenja železničkih pruga sa brzim vozovima, u budućnosti će dovesti do dodatnog povećanja nivoa buke u okruženju, jer se buka brzih vozova prostire na velikim rastojanjima.
- Dodatno povećanje buke može nastati u oblastima blizu tunela, u dolinama ili u oblastima sa karakteristikama terena koje pomažu generisanje vibracija.



Izvori buke u životnoj sredini

- **Operacije sletanja i uzletanja aviona** generišu značajan nivo buke u blizini komercijalnih i vojnih aerodroma.
- Uzletanje aviona generiše intenzivnu buku uz značajno generisanje vibracija.
- Sletanje aviona dovodi do generisanja značajnog nivoa buke pri letu na malim nadmorskim visinama u širokom okruženju.
- Veći i teži avioni generišu veću buku od lakših aviona.
- Glavni mehanizam generisanja buke kod ranijih turbomlaznih aviona je bila turbulencija koju stvaraju mlazni izduvni gasovi iz motora sa okolnim vazduhom.
- Kod modernih aviona ovaj mehanizam je značajno redukovan korišćenjem ventilatorskih mlaznih motora kod kojih je mlazni izduvni sistem sa velikim brzinama mlaza okružen protokom vazduha malih brzina koji generiše ventilator.



Izvori buke u životnoj sredini

- ▶ Sam ventilator može biti značajan izvor buke naročito pri sletanju i rulanju aviona.
- ▶ Turbo propellerski motor sa više lopatica generiše visoke nivoe tonalne buke.
- ▶ Buka koja nastaje usled operacija sletanja i uzletanja aviona zavisi od:
 - ⊕ broja aviona
 - ⊕ koridora sletanja i uzletanja
 - ⊕ odnosa uzletanja i sletanja
 - ⊕ atmosferskih uslova
- ▶ Dodatne povećanje buke na aerodromima mogu izazvati mali avioni i helikopteri koji se koriste za privatne, poslovne ili trenažne svrhe.
- ▶ Buka vojnih aviona može predstavljati poseban problem zbog specifičnih zahteva sa noćnim letovima sa puno iznenadnih sletanja i uzletanja ili leta na malim visinama.
- ▶ Buku veoma visokog nivoa generišu avionu koji se kreću brzinama većim od lokalne brzine zvuka – zvučni udar.



Izvori buke u životnoj sredini

- **Korišćenje građevinskih mašina** za gradnju komercijalnih ili stambenih objekata ili za različite vrste iskopavanja u gradskim sredinama može izazvati značajnu emisiju buke.
- Buka može poticati od kranova, miksera za beton, aparata za zavarivanje, pneumatskih čekića za razbijanje i bušenje betona, utovarivača, kamiona ...
- Građevinske mašine su veoma bučne, obično bez ikakvih sistema za redukciju buke, često se veoma loše održavaju. Operacije se uglavnom obavljaju ne vodeći računa o posledicama koje one izazivaju.
- Pružanje komunalnih usluga (iznošenje smeća ili pranje ulica) može izazvati značajne smetnje, pogotovo u noćnom periodu.



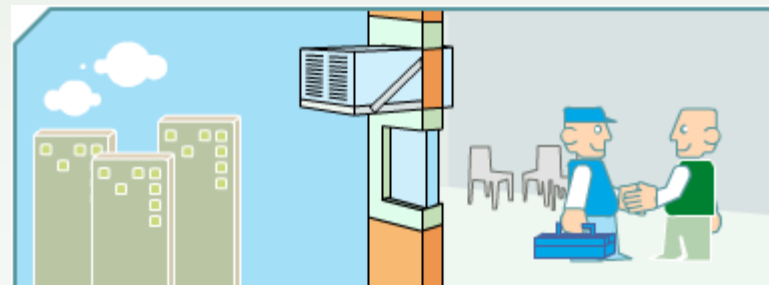
Izvori buke u životnoj sredini

- **Mašine koje se koriste u industriji** generišu buku na radnom mestu ali mogu generisati značajne nivoe buke i u okruženju fabričke hale, na otvorenom prostoru. Buka mašine je uglavnom zavisna od snage mašine.
- Buka može biti različitog karaktera: niskofrekventna, visokofrekventna, tonalna, impulsna ...
- Mašine sa rotirajućim elementima i klipne mašine generišu buku tonalnog karaktera. Pneumatska oprema generišu širokopojasnu buku.
- Visoki nivo buke generisan je radom komponenti ili protokom gasa sa velikim brzinama (ventilatori, ventili za oslobađanje pare pod visokim pritiskom) ili mehaničkim udarima (štampanje, kovanje, lomljenje puta).
- Buka fiksnih instalacija kao što su: fabričke hale sa mašinama, sistem za ventilaciju i grejanje npr. na krovovima utiče na neposredno okruženje.
- Buka se može smanjiti korišćenjem tiše opreme, aktivnih i pasivnih metoda za redukciju, ograničavanje radnog vremena ili zoniranjem prostora.



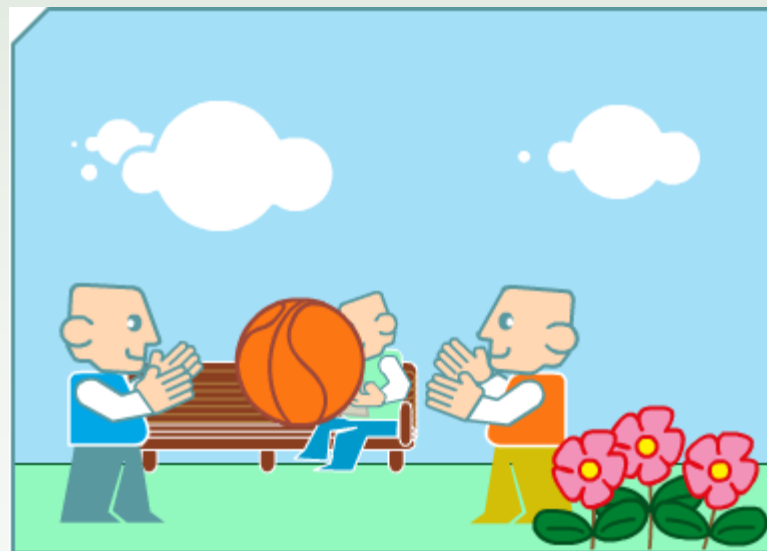
Izvori buke u životnoj sredini

- U stambenim oblastima buka može biti posledica rada različitih sistema namenjenih za zajedničko korišćenje (pumpe za grejanje, ventilacioni sistemi, vodovodni sistemi, liftovi), kao i glasnog razgovora, muzike i drugih aktivnosti u neposrednom susedstvu (kosačice, usisivači, aparati za kućnu upotrebu, žurke).
- Značajan doprinos generisanju buke mogu dati i sportska i muzička dešavanja na otvorenom ili zatvorenom prostoru.
- Odvijanje aktivnosti u slobodnom vremenu, namenjenih zabavi grupe ljudi ili pojedinca (trke motora, vožnja kartinga, dečjih motora i automobila, motornog čamca, vozila za kretanje po snegu) može značajno doprineti povećanju nivoa buke u prethodno mirnim zonama.



Izvori buke u životnoj sredini

- Lovačke aktivnosti (pucnjevi, lavež pasa) mogu dovesti do značajnog uznemiravanja neposrednog okruženja ali mogu dovesti i do oštećenja sluha samih lovaca.
- Igranje tenisa i odvijanje drugih sportskih aktivnosti na otvorenom prostoru, crkveno zvono i druge religiozne aktivnosti mogu remetiti prethodno mirno okruženje.
- Diskoteke ili koncerti u zatvorenim prostorima generišu veoma visoke nivoe buke koji mogu dovesti do uznemiravanja građana ako prostor u kome se odvijaju nije akustički obrađen. Prateći problem je ponašanje posetilaca pri dolasku i odlasku (korišćenje automobila, galama).
- Koncerti na otvorenom, vatrometi i različite festivalske aktivnosti takođe mogu generisati visok nivo buke.



Tipovi izvora buke (1)

- Prostiranje buke na otvorenom prostoru podrazumeva širenje zvučnih talasa od mesta izvora buke ka prijemniku kroz atmosferu.
- 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.
- Slabljenje buke usled divergencija (rasipanja) zvučnih talasa je posledica povećanja površine talasnog fronta na kome se raspodeljuje ista količina zvučne energije.
- Postoje dva osnovna tipa izvora buke koja se mogu sresti u životnoj sredini:
 - ⊕ Tačkasti izvor buke
 - ⊕ Linijski izvor buke
- Osnovne karakteristike izvora buke koje definišu nastajanje i prostiranje buke su:
 - ⊕ Nivo zvučne snage
 - ⊕ Indeks direktivnosti
 - ⊕ Nivo zvučnog pritiska emisije (nivo zvučnog pritiska koji izvor buke generiše na otvorenom prostoru)

Tipovi izvora buke (2)

- **Tačkasti izvor buke** je specijalni slučaj izvora sfernih zvučnih talasa kod kojih se nivo buke na nekom rastojanju r od izvora može izračunati kao:

$$L_p = L_W + G - 20 \log r - 11 [\text{dB}]$$

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

$$\frac{I}{I_0} = \gamma \frac{P_a}{I_0} \frac{1}{4\pi} \frac{1}{r^2}$$

$$"I_0 = P_0" \Rightarrow \frac{I}{I_0} = \gamma \frac{P_a}{P_0} \frac{1}{4\pi} \frac{1}{r^2}$$

$$10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \gamma + 10 \log \frac{P_a}{P_0} + 10 \log \frac{1}{4\pi} + 10 \log \frac{1}{r^2}$$

$$L_p = L_W + G - 20 \log r - 11 [\text{dB}]$$

- ✚ L_W – nivo zvučne snage (uzeta je oznaka W umesto P da ne dođe do zamene sa zvučnim pritiskom; inače je zvučna snaga energija izračena u jedinici vremena)
- ✚ G – indeks usmerenosti (direktivnosti), gde je Ω_{zeff} – efektivni prostorni ugao zračenja

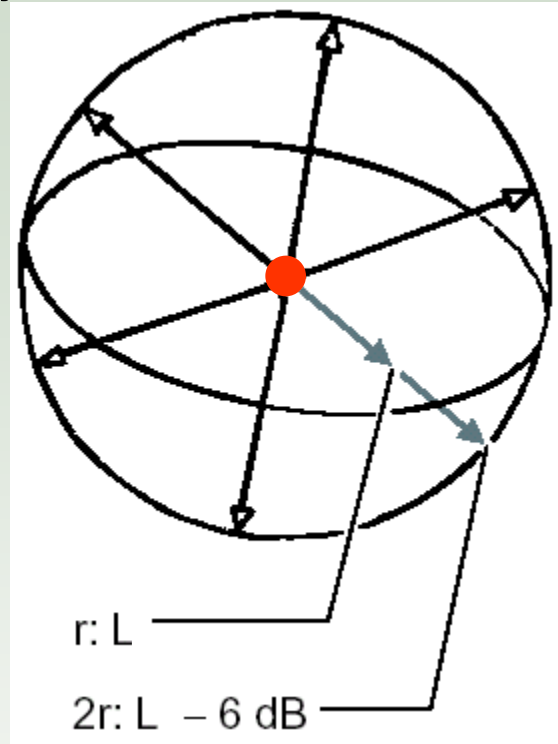
Da se podsetimo:

$$G = 10 \log \gamma = 10 \log \frac{4\pi}{\Omega_{\text{zeff}}}$$

Tipovi izvora buke (3)

- Ako su dimenzije izvora sfernih talasa male u poređenju sa talasnom dužinom emitovanih talasa i sa rastojanjem do prijemnika, takav izvor se naziva tačkasti izvor buke.
- Emitovana zvučna energija se ravnomerno raspoređuje po površini sfere, tako da je nivo buke isti za sve tačke na istom rastojanju od izvora.
- Tačkasti zvučni izvor je neusmeren ($G=0$) tako da je:

$$L_p = L_w - 20 \log r - 11 [\text{dB}]$$
- Nivo buke se smanjuje 6dB sa dupliranjem rastojanja od izvora buke.



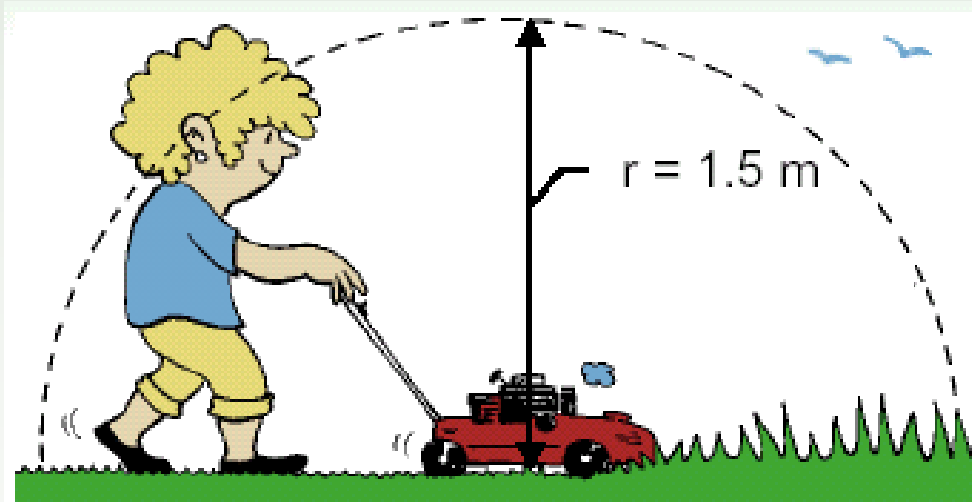
Tipovi izvora buke (4)

- Najčešće se u komunalnoj sredini tačkasti izvor buke nalazi neposredno iznad zemlje (ili neke druge reflektujuće podloge), tako da se efektivni prostorni ugao smanjuje sa 4π na 2π ($G=10\log(4\pi/2\pi)=3\text{dB}$), pa je:

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

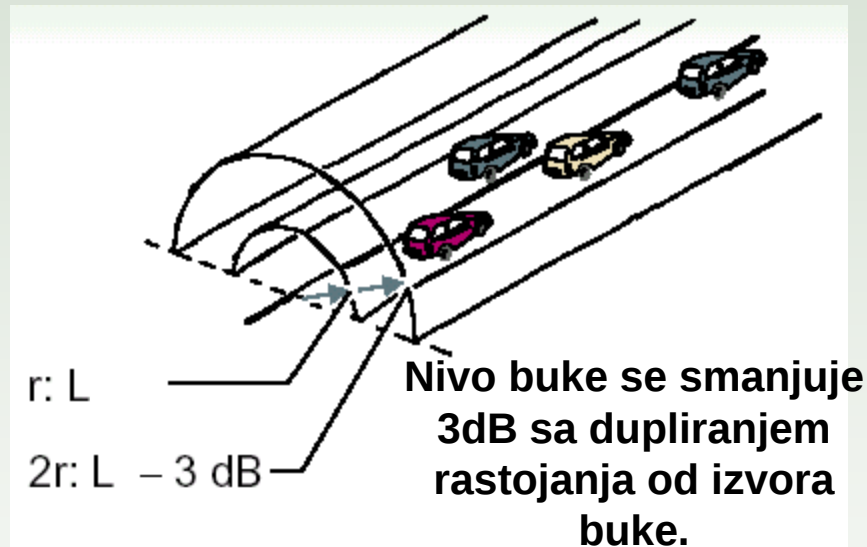
- Ako je poznat nivo buke na nekom rastojanju od izvora, može se izračunati nivo buke i na bilo kojem drugom rastojanju:

$$L_2 = L_1 - 20\log \frac{r_2}{r_1} [\text{dB}]$$



Tipovi izvora buke (5)

- ▶ Ako su poprečne dimenzije izvora male a uzdužne dimenzije velike u poređenju sa rastojanjem do prijemnika, takav izvor se naziva **linijski izvor buke**.
- ▶ Emitovana zvučna energija se ravnomerno raspoređuje po površini cilindra (ili polucilindra – za najčešći slučaj lokacije izvora pored neke reflektujuće ravni), tako da je nivo buke isti za sve tačke na istom rastojanju od linije izvora.
- ▶ Linijski izvor buke mogu formirati:
 - ⊕ Veliki broj tačkastih izvora buke (niz vozila) iste zvučne snage. Linijski izvor buke se karakteriše zvučnom snagom jednog izvora buke.
 - ⊕ Jedan izvor velike dužine (cev kroz koju protiče turbulentni fluid ili veoma gust niz vozila) koji se karakteriše zvučnom snagom po jedinici dužine.



$$L_2 = L_1 - 10 \log \frac{r_2}{r_1} [\text{dB}]$$

Tipovi izvora buke (6)

- **Konačan broj diskretnih tačkastih izvora buke**, zvučne snage L_w , koji se nalaze pored (ili iznad) reflektujuće ravni, na međusobnom rastojanju b , u tački R na rastojanju r_0 od linije izvora buke stvaraju nivo buke:

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{\alpha_n - \alpha_1}{r_0 b} \right) - 8 + \Delta L$$

✚ α_1 [rad] – ugao pod kojim se sa pozicije prijemnika vidi prvi izvor buke u nizu

✚ α_n [rad] – ugao pod kojim se sa pozicije prijemnika vidi zadnji izvor buke u nizu

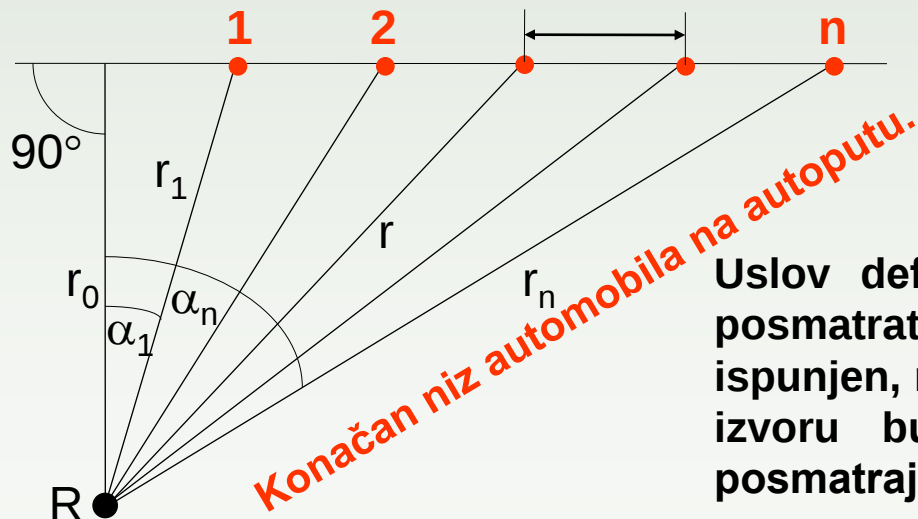
$$\Delta L = 10 \log \left\{ \frac{b \cos^2 \alpha_1}{r_0 \alpha_n - \alpha_1} \sum_{m=1}^n \frac{1}{1 + (m-1) \frac{b \cos \alpha_1}{r_0} \left[(m-1) \frac{b \cos \alpha_1}{r_0} + \sin \alpha_1 \right]} \right\}$$

- Korekcionni član ΔL u jednačini se može zanemariti (manji je od 1dB) pod sledećim uslovima:

✚ $n \geq 3$

Praktično uslov uvek ispunjen.

✚ $\frac{r_0}{b \cos \alpha_1} \geq \frac{1}{\pi}$



Uslov definiše kada se diskretan niz izvora može posmatrati kao kontinualni linijski izvor. Ako uslov nije ispunjen, mesto prijema zvuka je toliko blizu najbližem izvoru buke da se nivo buke može izračunati posmatrajući samo zračenje najbližeg izvora.

Tipovi izvora buke (7)

- Za slučaj **beskonačnog broja diskretnih tačkastih izvora buke** ($n \rightarrow \infty$), koji se nalaze pored (ili iznad) reflektujuće ravni, na međusobnom rastojanju b , razlika uglova $\alpha_n - \alpha_1 \rightarrow \pi$, pa je na većim rastojanjima od linije izvora buke:

Beskonačni niz automobila na autoputu

$$L_p = L_w - 10 \log(r_0 b) - 3$$

$$r_0 \geq \frac{b}{\pi}$$

$$L_2 = L_1 - 10 \log \frac{r_2}{r_1} [\text{dB}]$$

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{\alpha_n - \alpha_1}{r_0 b} \right) - 8$$

$$L_p = L_w + 10 \log(\alpha_n - \alpha_1) + 10 \log \left(\frac{1}{r_0 b} \right) - 8$$

$$L_p = L_w + 10 \log(\pi) - 10 \log(r_0 b) - 8$$

$$L_p = L_w + 5 - 10 \log(r_0 b) - 8$$

- Kada je pozicija prijemnika veoma blizu linije izvora (odnosno jednom od izvora), uzima se u obzir samo dejstvo jednog izvora buke pa je:

$$r_0 < \frac{b}{\pi}$$

$$L_p = L_w - 20 \log(r_0) - 8$$

Tačkasti izvor buke

$$L_2 = L_1 - 20 \log \frac{r_2}{r_1} [\text{dB}]$$

Tipovi izvora buke (8)

- Konačan **broj tačkastih izvora buke**, koji se nalaze pored (ili iznad) reflektujuće ravni, na veoma malom međusobnom rastojanju formiraju **kontinualni linijski izvor dužine d** . Za takvu vrstu izvora ili za pojedinačni linijski izvor konačne dužine, nivo buke se računa kao:

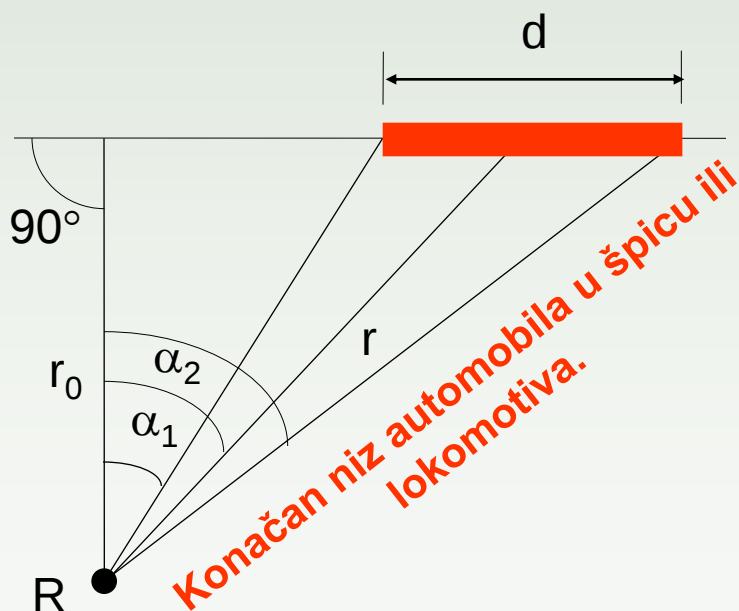
$$L_p = L_{WL} + 10 \log \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{r_0 d} - 8$$

✚ $\alpha_1 - \alpha_2$ [rad] – ugao pod kojim se sa pozicije prijemnika vidi izvor buke

✚ d – dužina izvora buke

✚ L_{WL} – zvučna snaga izvora buke po jedinici dužine

✚ r_0 – najkraće rastojanje prijemnika do linije izvora



- Za tačke veoma blizu linijskog izvora, razlika uglova $\alpha_2 - \alpha_1 \rightarrow \pi$, pa je:

$$L_p = L_{WL} - 10 \log r_0 d - 3$$

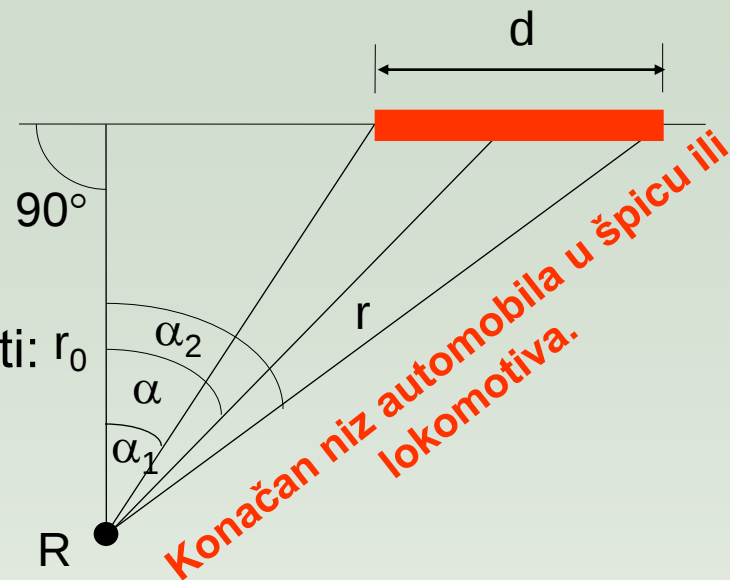
Tipovi izvora buke (9)

- Na veoma velikim rastojanjima od linijskog izvora ispunjen je uslov:

$$\alpha_2 - \alpha_1 \approx \frac{d}{r_0} \cos \alpha \approx \frac{d}{r}$$

pa se linijski izvor može tretirati kao tačkasti: r_0

$$L_p = L_{WL} - 20 \log r_0 - 8$$



- Beskonačan **broj tačkastih izvora buke**, koji se nalaze pored (ili iznad) reflektujuće ravni, na veoma malom međusobnom rastojanju formiraju **kontinualni linijski izvor beskonačne dužine**. Za takvu vrstu izvora ili za pojedinačni linijski izvor beskonačne dužine, nivo buke se računa kao:

$$L_p = L_{WL} - 10 \log r_0 - 5$$

$$\alpha_2 - \alpha_1 \rightarrow \pi$$

✚ L_{WL} – zvučna snaga linijskog izvora buke po jedinici dužine, u dB/m