Äänentarkkailija mittaa konsertissa äänenintensiteettitason olevan 113 dB 0,5 m etäisyydellä kaiuttimesta. Konsertin ääniraja on 80 dB. Kuinka kaukana täyttyisi olla kaiuttimesta, että raja alittuu?

Muutetaan molemmat intensiteettiitasot intensiteeteiksi:

MAFY:

$$L = 10 \lg\left(\frac{I}{I_0}\right), \textit{missä } I_0 = 10^{-12}\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}$$

$$I = I_0 \cdot 10^{\frac{L}{10}}$$

$$I_{113} = 10^{-12}\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2} \cdot 10^{\frac{113}{10}} = 10^{-0,7}\ \frac{W}{m^2}$$

$$I_{80} = 10^{-12}\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2} \cdot 10^{\frac{80}{10}} = 10^{-4}\ \frac{W}{m^2}$$

Ääni etenee palloaaltoina joka suuntaan ja intensiteetit ovat kääntäen verrannollisia etäisyyden neliöön.

$$\frac{I_{113}}{I_{80}} = \frac{r_{80}^2}{r_{113}^2}$$

$$r_{80} = r_{113} \cdot \sqrt{\frac{I_{113}}{I_{80}}} = 0,5\ m \cdot \sqrt{\frac{10^{-0,7}\ \frac{W}{m^2}}{10^{-4}\ \frac{W}{m^2}}} = 22,33...\ m \approx 22,5\ m$$

15-13. Normaalilla äänellä puhuvan ihmisen aiheuttama intensiteettitaso on 55 dB 3,0 m:n etäisyydellä.

a) Kuinka suuri on ihmisen puheen äänen teho?

b) Kuinka suuri on äänen intensiteettitaso pisteessä, joka on 3,0 m:n etäisyydellä viidestä yhtä aikaa puhuvasta ihmisestä? Äänen voidaan olettaa leviävän samalla tavalla joka suuntaan, eikä heijastuksia oteta huomioon. [K2013/4]

15-16. a) Uutta asuinaluetta suunnitellaan vilkasliikenteisen autotien läheisyyteen. Mitä keinoja on käytettävissä meluhaittojen torjumiseen asuinalueen viihtyisyyden lisäämiseksi?

b) Porakoneen äänen intensiteettitaso 2,0 metrin etäisyydellä on 74 dB. Kuinka suuri intensiteettitaso on 8,0 m:n etäisyydellä? [K2008/5]

lastupussin. Pussin ongelmana oli voimakas rapisteluääni, jonka intensiteettitaso ylsi peräti 95 desibeliin. Oletetaan, että intensiteettitaso mitattiin $1{,}0$ metrin etäisyydeltä.



Lähde: PepsiCo, Inc. Green Chemicals -blogi. Julkaistu: 1.3.2017. Viitattu: 4.2.2022.

6.1 Mikä on intensiteettitaso, kun viisi ihmistä rapistelee kukin omaa sipsipussiaan samanaikaisesti $1{,}0$ metrin etäisyydellä mittarista? (4 p.)

6.2 Tuotekehityksellä rapisteluäänen intensiteettitaso saatiin laskettua 75 desibeliin. Kuinka monta prosenttia äänen intensiteetti oli tällöin alkuperäisestä intensiteetistä? (3 p.)

6.3 Arvioi, millä etäisyydellä alkuperäisen sipsipussin intensiteettitaso ($95\,\mathrm{dB}$) vastaa tuulen huminaa, jonka intensiteettitaso on $30\,\mathrm{dB}$. (5 p.)

6.4 Miksi osatehtävässä 6.3 laskettu etäisyyden arvio ei ole realistinen käytännön tilanteessa? (3 p.)

15-13.

$L = 55$ dB, $r = 3{,}0$ m, $I_0 = 10^{-12}$ W/m^2

a) Puhujan äänen intensiteetti I_1 kolmen metrin etäisyydellä ratkaistaan intensiteetin kaavasta $L = 10\ \text{dB} \cdot \log\frac{I_1}{I_0}$. Jaetaan yhtälö puolittain kymmenellä desibelillä:

$\frac{L}{10\ \text{dB}} = \log\frac{I_1}{I_0}$. Poistetaan logaritmi nostamalla molemmat puolet kantaluvun kymmenen potenssiin:

$10^{L/10\ \text{dB}} = \frac{I_1}{I_0}$. Intensiteetti kolmen metrin etäisyydellä on siten:

$I_1 = 10^{55\ \text{dB}/10\ \text{dB}} \cdot I_0 = 10^{55\ \text{dB}/10\ \text{dB}} \cdot 1 \cdot 10^{-12} = 10^{-6{,}5}\ \text{W/m}^2$.

Puhujan ääni on jakautunut r-säteisen pallon pinnalle, joten äänen teho saadaan intensiteetin ja pinta-alan tulona

$P = I \cdot A = 10^{-6{,}5}\ \text{W/m}^2 \cdot 4\pi \cdot (3{,}0\ \text{m})^2 = 3{,}5764518 \cdot 10^{-5}\ \text{W} \approx 36 \cdot 10^{-6}\ \text{W}$.

b) Koska kaikki puhujat tuottavat ääntä samalla teholla ja samalta etäisyydeltä, viiden puhujan äänen intensiteetti on $I_5 = 5I$.
Viiden puhujan tuottaman äänen intensiteettitaso lasketaan intensiteettitason yhtälöstä

$$L = 10\ \text{dB} \cdot \log\frac{5I_1}{I_0} = 10\ \text{dB} \cdot \log\frac{5 \cdot 1{,}0 \cdot 10^{-6{,}5}\ \text{W/m}^2}{10^{-12}\ \text{W/m}^2}$$

$$= 10\ \text{dB} \cdot \log\left(5{,}0 \cdot 10^{5{,}5}\right) \approx 62\ \text{dB}.$$

15-16.

a) Asuinalueella keskimääräisen melutason tulisi päiväsaikaan pysyä piha-alueilla pienempänä kuin 55 dB. Melutasoa voidaan alentaa vaikuttamalla liikenteestä syntyvän äänen voimakkuuteen ja estämällä äänen etenemistä. Lähtömelutasoa voidaan alentaa nopeusrajoituksilla, liikennemäärän pienentämisellä, vähentämällä raskaiden ajoneuvojen osuutta ajoväylällä, huolehtimalla liikenteen sujumisesta eli siitä, että autojen välimatkat ovat pitkiä, ja käyttämällä vähän melua tuottavaa päällystettä. Äänen etenemistä voidaan estää rakentamalla meluaitoja, -kaiteita ja -valleja sekä tunneleita ja istuttamalla tien ja asuinalueen väliin kasvillisuutta. Asuntoja rakennettaessa voidaan kiinnittää huomiota mm. talojen sijaintiin tiehen nähden ja ikkunoiden, ovien ja seinämateriaalien äänieristykseen.

b) $L = 74$ dB. $r_1 = 2{,}0$ m. $r_2 = 8{,}0$ m, $I_0 = 10^{-12}$ W/m^2

Intensiteettitason yhtälöstä $L = 10\ \text{dB} \cdot \log\frac{I}{I_0}$ seuraa yhtälö $\frac{L}{10\ \text{dB}} = \log\frac{I}{I_0}$. Silloin $\frac{I}{I_0} = 10^{L/(10\ \text{dB})}$ eli $I = I_0 \cdot 10^{L/(10\ \text{dB})}$. Intensiteettitasoa 74 dB vastaava äänen intensiteetti on

$$I = I_0 10^{L/(10\ \text{dB})} = 10^{-12}\ \text{W/m}^2 \cdot 10^{(74\ \text{dB})/(10\ \text{dB})} = 2{,}51189 \cdot 10^{-5}\ \text{W/m}^2.$$

Äänen intensiteetti heikkenee etäisyyden kasvaessa lain $I \sim 1/r^2$ mukaan, joten kun etäisyys äänilähteestä nelinkertaistuu, intensiteetti pienenee kuudestoistaosaan alkuperäisestä. Etäisyydellä 8,0 m intensiteetti on

$$I_1 = \frac{2{,}51189 \cdot 10^{-5}\ \text{W/m}^2}{16} = 1{,}56993 \cdot 10^{-6}\ \text{W/m}^2$$

ja intensiteettitaso

$$L_1 = 10\ \text{dB} \cdot \log\frac{I_1}{I_0} = 10\ \text{dB} \cdot \log\frac{1{,}56993 \cdot 10^{-6}\ \text{W/m}^2}{10^{-12}\ \text{W/m}^2} \approx 62\ \text{dB}.$$