

MIKÄ ÄÄNESSÄ OTTAA PÄÄHÄN?

Erkki Björk

Kuopion yliopisto

PL 1627, 70211 Kuopion

erkki.bjork@uku.fi

1 JOHDANTO

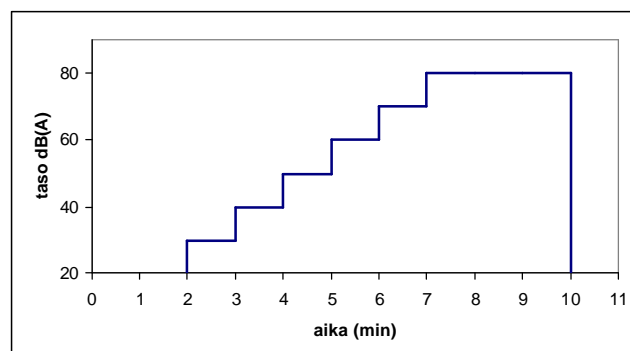
Erilaiset äänet koetaan eri lailla epämiellyttäväiksi, kiusallisiksi tai häiritseviksi. Äänen häiritsevyys on yleensä ottaen tilannesidonnaista riippuen kokijan suhteesta ääneen ja kokijan senhetkisestä toiminnan ja mielen tilasta. Epidemiologiset melun häiritsevyystutkimusten tulokset osoittavatkin huomattavan suurta hajontaa äänitason ja häiritseväksi kokemisen välisissä suhteissa. Äänen akustisten ominaisuuksien vaikutusta häiritsevyyden kokemiseen voidaan tutkia laboratorio-oloissa, mikä objektiivisempaa arviointina on meluntorjuntatyön kannalta olennaisen tärkeää.

Kun laboratorioskokeessa suljemme pois psykososiaaliset äänen häiritsevyyteen vaikuttavat tekijät, jää jäljelle toki vielä suuri joukko psykoakustisia äänen ominaisuuksia, jotka vaikuttavat äänen häiritsevyyteen. Tässä esitelmässäni käsittelen yli 20 vuotta jatkuneita tutkimuksiani koskien äänen fysikaalisten ja psykoakustisten ominaisuuksien vaikutuksia äänen häiritsevyyteen [1 – 8].

Äänen voimakkuus eli äänekkyyys on jo kauan todettu pääasialliseksi äänen häiritsevyyteen vaikuttavaksi tekijäksi. Impulsiivisuus ja kapeakaistaisuus ovat ominaisuuksia, jotka yleisesti otetaan jo huomioon melun häiritsevyyttä arvioitaessa. Muita esille tulleita häiritsevyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat olleet äänen vaihtelevuus ja kireys [9].

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

Äänen häiritsevyyttä olen tutkinut koehenkilöillä altistaen heitä erilaisille äänille laboratorio-olosuhteissa. Altistusäänien tasoa olen nostanut portaittain tai altistanut koehenkilöitä eri tasoisille äänitapahtumille.



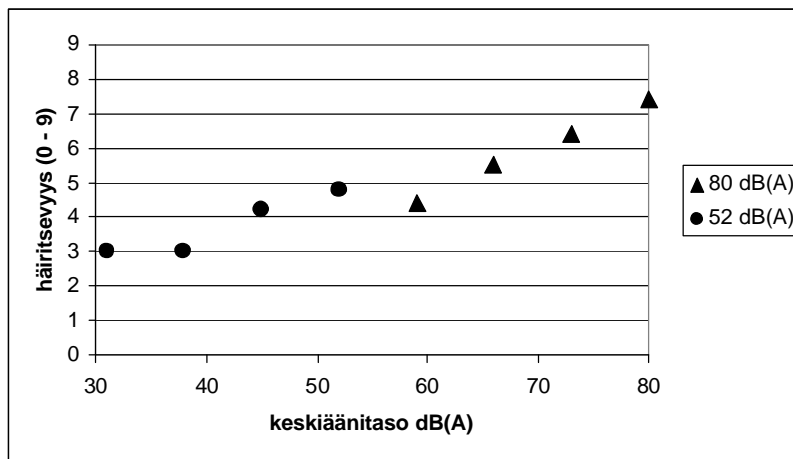
Kuva 1. Esimerkki äänialtistuksesta, jossa äänitasoa on nostettu portaittain.

Koehenkilöt, jotka ovat olleet etupäässä opiskelijoita, ovat arvioineet kuulemiaan ääniä erilaisilla aistintribuuteilla. Semanttisia arviointeja olen analysoinut mm. faktorianalyysillä.

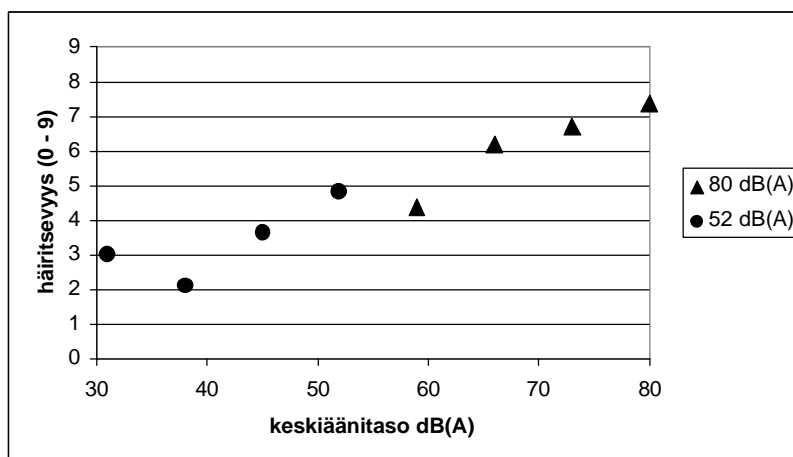
Tutkimuksissani olen siis voinut vahvistaa äänen voimakkuuden ensisijaisen merkityksen äänen häiritsevyydelle. Olen myös voinut osoittaa, että keskiäänitaso kuvaa melun häiritsevyyttä sitä paremmin, mitä voimakkaampi ääni on. .

3.2 Impulsiivisuuden vaikutus

Tutkimuksissani olen yrittänyt saada selkoa äänielementin keston ja niiden välisen tauon (inter-stimulus interval) vaikutuksesta äänen häiritsevyyteen. Varsinaisina impulssiääninä pidetään äänielementtejä, joiden kesto on alle yhden sekunnin ja, joiden toistumistaajuus on alle 1 Hz. Kokeessani käytin jatkuvan äänen lisäksi äänielementtejä joiden kesto vaihteli 0,2 – 5 sekuntia ja ISI 1 – 25 sekuntia. Enimmäistaso oli 52 tai 80 dB(A). Äänialtisteiden keskiäänitaso vaihteli 31 – 80 dB(A). Altistusaika oli kullekin äänelle 10 minuuttia. Äänien keskimääräisen häiritsevyyden riippuvuus keskiäänitasosta on esitetty äänielementin keston ja taukojen vaihdellessa kuvissa 3. ja 4..



Kuva 3. Äänielementin keston vaikutus häiritsevyyteen (tauko 25 sekuntia).



Kuva 4. Tauon vaikutus häiritsevyyteen (elementin kesto 0,2 sekuntia)

Äänen häiritsevyyttä tiedusteltiin altistuksen alussa, keskivaiheilla ja lopussa. Äänielementin kestolla oli suurempi vaikutus häiritsevyyteen altistuksen alussa kuin altistuksen lopussa, kun taas tauon pituudella oli päinvastainen trendi eli vaikutus oli merkittävämpää altistuksen lopussa.

Pidempi tauko lisäsi häiritsevyyttä, mikä viittaisi ”tippuva hana efektin” olemassaoloon. Altistusajan lyhydestä johtuen voi vain arvailla miten pidempiaikainen altistus olisi koettu. Ylipäärrään matalammilla keskiäänitasoilla äänielementtien kestolla ja tauotuksella oli suurempi merkitys kuin korkeilla keskiäänitasoilla.

3.3 Äänen taajuuskoostumuksen vaikutus

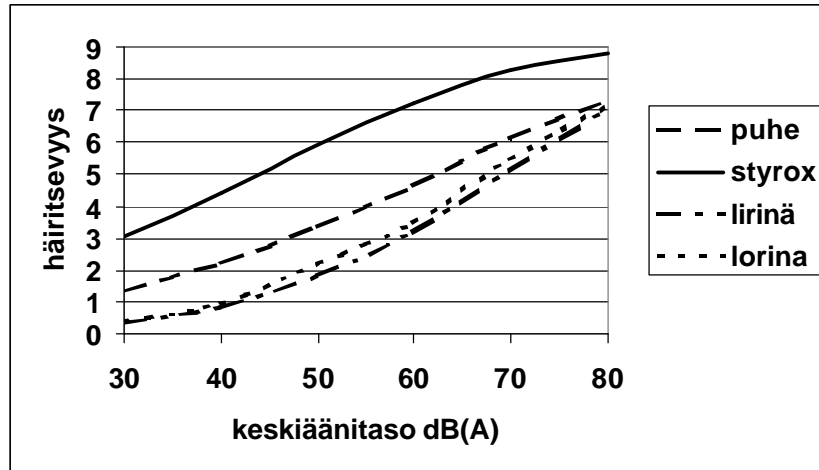
Tutkimuksissani olen selvittänyt erilaisin kokein äänen kireyden sekä spektrin harmonisen rakenteen vaikutusta häiritsevyyteen. Akustisena suurena kireyttä on kuvattu spektrin painopisteellä. Äänen akustinen kireys eivät ole osoittautuneet tutkimuksissani häiritsevyyden kannalta erityisen merkittäviksi tekijöiksi. Toki niillä kuitenkin on pientä vaikutusta. Korkeat äänet koetaan häiritsevämpinä. Tärkeimmäksi spektrin ominaisuudeksi on osoittautunut spektrin harmoninen rakenne ja sen perustaajuus. Taulukossa 2. on esitetty erään valintakokeen, jossa äänielementtien A-äänitaso oli vakioitu, tulokset, jotka osoittavat perustaajuuden kohoamisen lisäävän häiritsevyyttä

Taulukko 2. Eräiden luonnollisten äänien harmonisten spektrien perustaajuudet (F_f) ja äänien häiritsevyyssranksaukset (R_c) valintakokeessa.

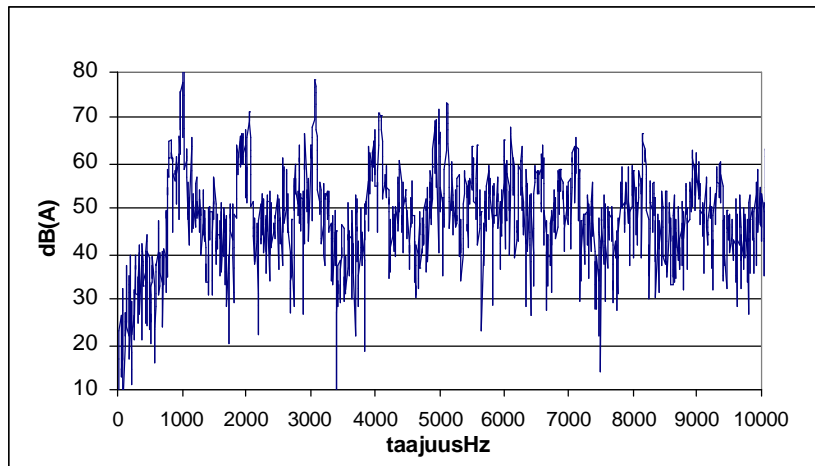
Ääni	F_f (Hz)	R_c
Rotan rääkäisy	1500	1,4
Töyhtöhyypän vinkaisu	1000	2,1
Lapsen itkurääkäisy	500	3,4
Miehen a-vokaali	100	5,0
Puuman karjaisu	100	5,4
Laineen liplatus	-	5,9
1 kHz:n äänes	-	5,9
Valkoinen kohina	-	6,8

Erityisen selvästi harmonisen rakenteen merkitys häiritsevyyttä lisäävänä tekijänä tuli esiin kokeessa, jossa koehenkilöt arvioivat portaittain voimistuvassa altistuksessa styroksin vingutuksen, puheen ja puron lirinän ja lorinan häiritsevyyttä. Puron äänen taajuuden yhtäläistin vastaamaan styroksin vingutuksen ja puheen ääniä. Styroksin vingutuksen ääni koettiin ylivoimaisesti eniten häiritseväksi ja puron äänet vähiten (kuva 4.)

Akustiselta kireydeltään styroksin vingutus ja puron lirinä olivat samanlaisia. Puron lirinä koostuu lyhyistä äänielementeistä kun taas styroksin vingutus pidemmistä harmonisen spektrirakenteen omaavista äänielementeistä. Kuvassa 5. on esitetty tyypillinen styroksin vingutusäänen spektri. Jotta spektrin harmoninen rakenne tulee esiin, on aikaikkunan oltava lyhyt. Pidempiaikaisella aikaikkunalla mitattaessa äänen perustaajuuden muutokset häivyttävät viivaspektrin näkymättömiin. Myös puheessa on harmonisen rakenteen omaavia äänielementtejä (vokaalit), mutta niiden perustaajuus miehen puheessa on noin 100 Hz.



Kuva 4. Puheen, styroksin ja puron äänien häiritsevyys.



Kuva 5. Styroksin vingutusäänen spektri.

Jotta harmonisen spektrirakenteen omaava ääni koettaisiin epämiellyttävänä ja häiritsevänä, on äänielementin keston oltava vähintään noin puoli sekuntia.

3.4 Muita häiritsevyyteen vaikuttavia tekijöitä

Edellä kuvatussa kokeessa analysoin myös äänien vaihtelevuuden. Puhe ja styroksin vingutus olivat selvästi vaihtelevimmat äänet. Puhe hieman vaihtelevampana oli kuitenkin selvästi vähemmän häiritsevää. Puron äänistä oli lorina selvästi lirinää vaihtelevampi mutta ei juurikaan häiritsevempi. Ilmeisesti lirinän kireys ja lorinan vaihtelevuus vaikuttivat niiden häiritsevyyteen saman suuntaisesti. Äänien vaihtelevuudella on ilmeisen selvä vaikutus niiden häiritsevyyteen.

Ilmeisesti tärkein psykofysiologinen reaktio, josta häiritsevyyden tunne seuraa on suuntautumisreaktio. Siihen vaikuttavat äänen voimakkuus ja sen monet laadulliset tekijät.

Säikähdyksrefleksin laukeaminen on osoittautunut myös lisäävän äänen häiritsevyyttä. Äänen nopea nousuaika on oleellinen säikähdyksrefleksiä laukaiseva äänen ominaisuus. Säikähdyksrefleksin psykofysiologiset indikaattorit ovat olleet tutkimuksissani havaittavissa selvästi 80 dB(A) enimmäistasoon äkillisesti nousevilla äänillä ja aavistus niistä on ollut näkyvissä jo 60 dB(A):n enimmäistasoisilla äkillisillä äänillä.

Emotionaalisista vasteista mielihyvä, viireys ja dominanssi on mielihyvä liittynyt läheisesti häiritsevyyden tunteeseen. Miellyttävät äänet häiritsevät vähemmän kuin epämiellyttävät. Sen sijaan äänen viireys ja dominanssivaikutuksilla ei ole ollut selvää yhtymäkohtaa häiritsevyyden kanssa.

Eräessä kokeessa tutkin myös keskittäytymisen vaikutusta äänin häiritsevyyteen. Keskittyminen silmä-käsi-koordinaatiota vaativaan videopeliin alensi äänien häiritsevyyttä kuten myös psykofysiologisia reaktioita lähes 5 dB vastaavalla määrällä.

4 YHTEENVETO

Äänen voimakkuus eli A-äänitaso on sen laboratoriossa tutkitun häiritsevyyden tärkein selittäjä. Seuraavaksi suurin vaikutus on äänen harmonisella rakenteella ja harmonisen rakenteen omaavan äänen perustaajuudella edellyttäen, että äänielementtien kesto on vähintään 0,5 sekuntia. Ne ovat myös äänen koetun kireyden pääaisalliset selittäjät. Kaikkia akustisesti mitaten kireitä ääniä ei koeta kireiksi, jolloin ne eivät myöskään ole erityisen häiritseviä. Ilmeisesti korkeista mutta lyhyistä äänielementeistä koostuvia ääniä (lirinä) ei koeta kireinä. Vasta kireäksi koettu ääni koetaan myös erityisen häiritseväksi. Äänen vaihtelevuus ja äkilliset muutokset lisäävät myös sen häiritsevyyttä. Alhaisilla äänitasoilla äänielementtien ajallinen rakenne (tippuva hana) tulee häiritsevyyden kannalta ilmeisen merkitykselliseksi.

LÄHTEET

1. BJÖRK E A, The perceived quality of natural sounds. *Acustica*, **57** (1985), 185-188.
2. BJÖRK E A, Laboratory annoyance of some natural sounds. *Acustica* **59** (1986). 282-285.
3. BJÖRK E A, Laboratory annoyance and skin conductance responses to some natural sounds. *Journal of sound and vibration* **109**(2) (1986) 339-345.
4. BJÖRK E, About correlations between fundamental auditory responses, physical parameters of sound and annoyance. Publications of the university of Kuopio, Natural sciences, original reports **5**/1986, thesis, 68 pages and original publications.
5. BJÖRK E.A. Psychophysiological responses to some natural sounds. *Acta Acustica* **3**(1), (1995) 83-88.
6. BJÖRK E.A. Startle, annoyance and psychophysiological responses to repeated sound bursts. *Acustica & Acta Acustica*, **85**, (1999) 575-578.
7. BJÖRK E.A., Effects of Inter-Stimulus Interval and Duration of Sound Elements on Annoyance" *Acta Acustica united with Acustica*, **88**, (2002) pp. 104-109.
8. BJÖRK E.A., Effects of sound sharpness and fluctuation strength on annoyance submitted for publication in *Acta Acustica united with Acustica* (2003).
9. Zwicker E. and Fastl H. Psychoacoustics Facts and Models. Springer-Verlag, 1990, p. 289.