

TOIMISTOHUONEIDEN VÄLISEN ILMAÄNENERISTYKSEN VAIKUTUS TYÖTEHOKKUUTEEN

Valtteri Hongisto¹, Johanna Varjo¹, Henri Leppämäki², David Oliva¹, Jukka Hyönä²

¹ Työterveyslaitos, sisäympäristölaboratorio
Lemminkäisenkatu 14-18 B
20520 Turku
etunimi.sukunimi@ttl.fi

² Turun yliopisto
Käyttäytymistieteiden ja filosofian laitos
20014 Turku

Tiivistelmä

Tavoitteena oli selvittää, miten viereisestä työhuoneesta kuuluva puheääni vaikuttaa kognitiiviseen suoriutumiseen ja akustiseen tyytyväisyyteen. Tutkimuksessa simuloitiin kuulokkeiden kautta äänitilannetta, jossa viereisestä huoneesta kulkeutuu seinän läpi puhetta. Äänitilanteita oli neljä, joissa yhdisteltiin kahta eri äänieristystasoa (35 ja 45 dB R'_w) ja kahta eri ilmanvaihdon äänitasoa (32 ja 43 dB L_{Aeq}). Kokeeseen osallistui 32 koehenkilöä. Työsuoriutuminen ja akustinen tyytyväisyys oli heikoin, kun äänieristys ja ilmanvaihdon äänitaso olivat alimmillaan, mikä edustaa nykyistä vaatimustasoa. Muissa äänitilanteissa työsuoriutuminen ja tyytyväisyys olivat merkittävästi parempia. Tulosten perusteella toimistohuoneiden ääneneristysvaatimuksia (SFS 5907) tulisi tiukentaa, jotta voidaan parantaa työoloja ja tukea työssä suoriutumista.

1 JOHDANTO

SFS 5907:2004 luokan C mukaan toimistohuoneiden ääneneristyksen tulisi olla vähintään 35 dB R'_w ja ilmanvaihdon äänitason alle 33 dB L_{Aeq} . Työpaikoilla tehtyjen havaintojen perusteella tämän mukaan rakennetuissa toimitiloissa normaalilla voimakkuudella käydyt keskustelut kuuluvat ja osin erottuvat seinän takaa ja mahdollisesti häiritsevät työntekoa. Tieteellistä näyttöä tästä ei kuitenkaan ole olemassa.

Laboratoriotutkimusten perusteella hyvin erottuvat puheäänit häiritsevät suoriutumista kognitiivisesti vaativissa työmuistitehtävissä ja subjektiivinen tyytyväisyys ääniympäristöön on vähäisempi verrattuna tilanteeseen, jossa puheäänien erotettavuutta on pienennetty 1/3. Toimistohuoneiden kohdalla puheäänien erottumista pienennetään väliseinän äänieristystä ja/tai taustäänitasoa lisäämällä. Ei kuitenkaan ole tutkittu, mikä yhdistelmä on työsuorituksen tai akustisen tyytyväisyyden kannalta järkevä.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten toimistohuoneiden äänieristys ja taustamelutaso ja sitä kautta naapurihuoneesta kuuluvan puheen erotettavuus (STI-arvo), vaikuttavat kognitiiviseen suoriutumiseen ja akustiseen tyytyväisyyteen.

2 MENETELMÄT

Tutkimuksessa tarkasteltiin kuvan 1 mukaista tilannetta, jossa puhuja on huoneessa 1 ja kuuntelija huoneessa 2. Tätä varten nauhoitettiin huoneessa 2 keinopään avulla puheääntä, joka toistettiin huoneessa 1 kaiuttimella. Puheäännet oli nauhoitettu radiolähe-tyksistä sisältäen myös taukoja. Tämän jälkeen nauhoitettiin huoneessa 2 ilmanvaihdon ääntä (vaaleanpunaista kohinaa), joka tuotettiin huoneessa 2 olevilla kaiuttimilla. Nauhoituksissa äänitasot olivat korkeita, jolloin signaalin laatu oli korkea. Nauhoit- teiden taajuusjakaumat mitattiin. Tämän jälkeen nauhoitteita voitiin hyödyntää tuot- tamaan kokeen edellyttämät puheen tai ilmastonin taajuusjakaumat käyttäen digi- taalisia taajuussuotimia.

Itse tutkimus toteutettiin Turussa sijaitsevassa Hilja-testilaboratoriossa keväällä 2014. Äänitilanteet soitettiin koehenkilöille kuulokkeilla. Huoneen taustamelutaso oli erit- täin alhainen, alle 20 dB L_{Aeq} .

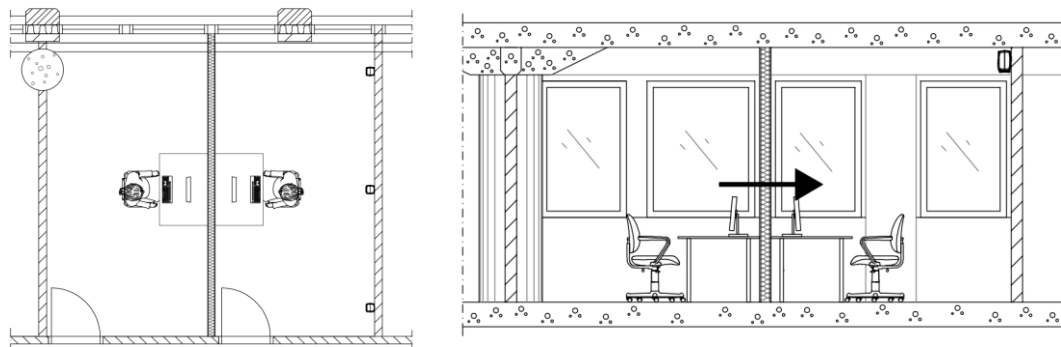
Äänitilanteita oli neljä, joissa kussakin oli sekä puhetta että ilmanvaihdon ääntä. Pu- heääntä tutkittiin kahdella väliseinän äänieristystasolla (35 ja 45 dB R'_w). Ilmanvaihd- on äänitasoa tutkittiin kahdella tasolla (32 ja 43 dB L_{Aeq}). Äänitilanteet kombinoitiin näistä neljästä äänestä (Taulukko 1, Kuva 2).

Äänitilanteiden puheensirtoindeksit STI määritettiin IEC 60268-16 mukaan puheen signaalikohinasuhteiden ja huoneen jälkikaiunta-ajan perusteella. STI saa arvoja 0 ja 1 välillä siten, että 1 merkitsee täydellistä puheen erotettavuutta.

Tutkimus toteutettiin toistettujen mittausten asetelmalla, jolloin jokainen koehenkilö osallistui jokaiseen äänitilanteeseen. Äänitilanteiden järjestys oli vastabalansoitu. Ko- keeseen osallistui 32 koehenkilöä, yksi koehenkilö kerrallaan. Tutkimuksen alussa koehenkilöitä ohjeistettiin päivän kulusta ja harjoiteltiin tehtäviä. Jokainen äänitilanne kesti 30 minuuttia. Kokeen kokonaiskesto oli 3½ tuntia.

Koe sisälsi kolme kognitiivisilta vaatimuksiltaan erilaista testiä, jotka suoritettiin tie- tokoneella itsenäisesti: sarjamuisti-, matemaattinen päättely- ja tekstin tuottamisteh- tävä. Lisäksi jokaisen äänitilanteen jälkeen kartoitettiin kyselyllä tyytyväisyyttä ää- niympäristöön ja subjektiivista kuormittuneisuutta.

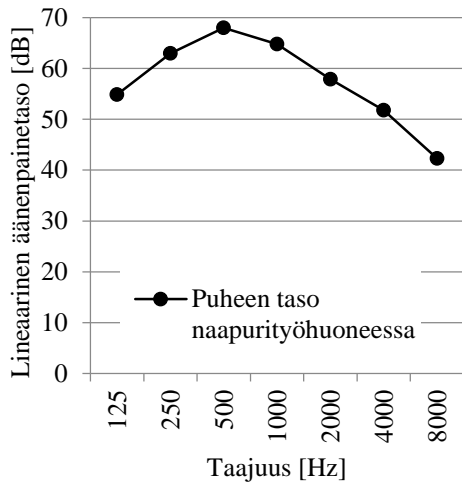
Erot äänitilanteiden välillä katsottiin tilastollisesti merkitseväksi, kun $p < .05$.



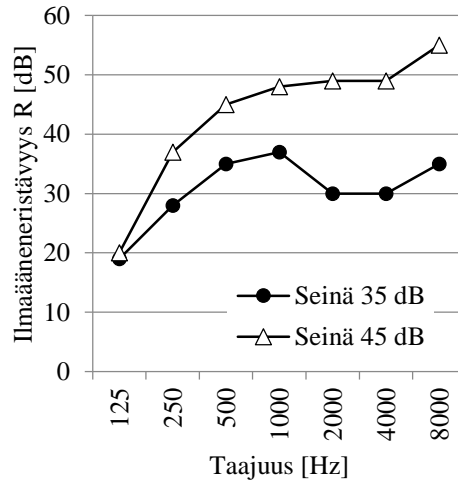
Kuva 1. Tutkimuksessa simuloitiin tilannetta, jossa työntekijä on huoneessa 2 ja pu- heääntä kuuluu huoneesta 1 väliseinän läpi. Lisäksi huoneessa 2 kuuluu ilmanvaihd- on ääntä.

Taulukko 1. Äänitilanteiden kuvaus.

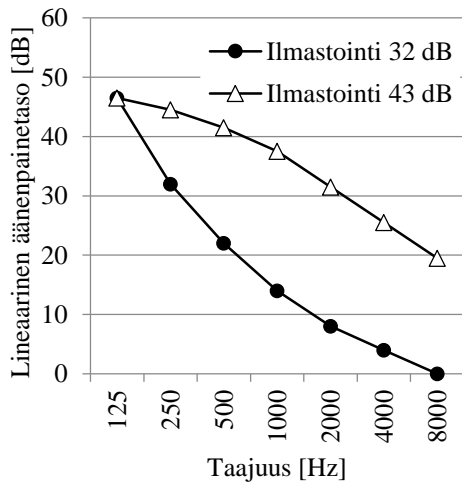
	A	B	C	D
Seinän ilmastöeneristysluku R'_w [dB]	35	45	35	45
Ilmastöinnin äänitaso L_{Aeq} [dB]	32	32	43	43
Puheen äänitaso L_{Aeq} [dB]	32	22	32	22
Kokonaisäänitaso L_{Aeq} [dB]	35	32	43	43
Puheensiirtoindeksi STI	0.49	0.21	0.09	0.00



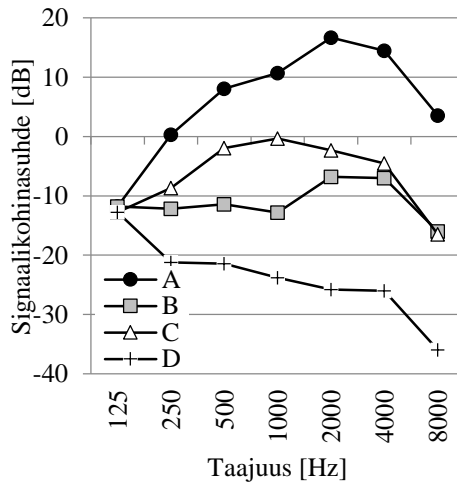
a)



b)



c)



d)

Kuva 2. Taajuusjakaumat a) puheäänelle huoneessa 1, b) seinien ilmastöeneristyk-
selle, c) ilmastöinnin äänitasoille huoneessa 2 ja d) äänitilanteiden A-D signaali-
kohinasuhteille (puheen ja ilmastöinnin äänitasojen erotus).

3 TULOKSET

Äänitilanteiden välillä oli merkitsevä ero annettujen oikeiden vastausten määrään sarjamuistitehtävässä ($p < .05$; Kuva 3). Tilanteessa A suoriuduttiin noin 6 % heikommin kuin tilanteessa D. Äänitilanteella ei kuitenkaan ollut vaikutusta suoriutumiseen matemaattisessa päättelytehtävässä tai tekstin tuottamiseen annetuista aiheista millään mitatuilla muuttujilla ($p < .05$).

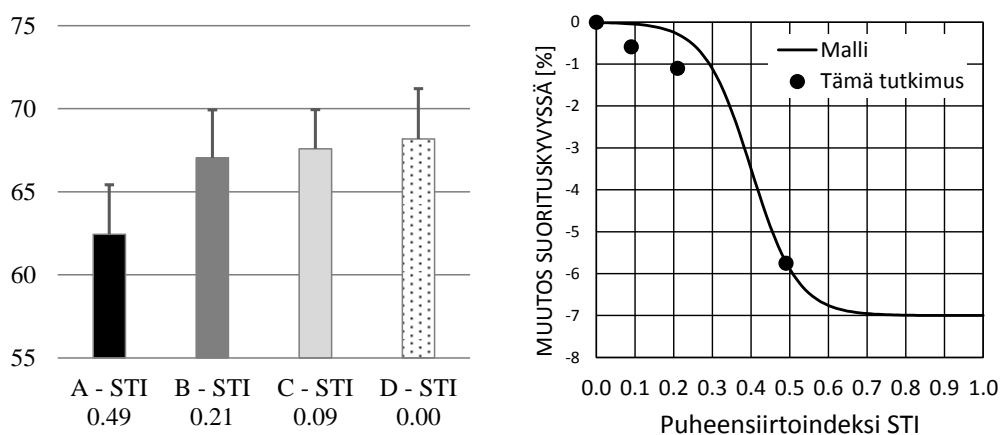
Kyselyjen perusteella äänitilanne A arvioitiin olosuhteiltaan selvästi huonommaksi. Itsearvioitu suoriutumisen häiriintyminen puheesta erosi äänitilanteiden välillä ($p < .001$; Kuva 4). Myös arviot suoriutumisen häiriintymisestä ilmanvaihdon äänestä erosivat äänitilanteiden välillä ($p < .001$; Kuva 4). Ilmanvaihdon äänet häiritsivät suoriutumista äänitilanteissa A ja B vähemmän kuin tilanteissa C ja D, mikä oli oletettavaa, sillä jälkimmäisissä äänitilanteissa ilmanvaihdon äänitaso oli korkeampi.

Tyytyväisyys ääniympäristöön oli huonoin äänitilanteessa A verrattuna kaikkiin muihin äänitilanteisiin ($p < .001$, Kuva 5). Ilmanvaihdon korkeampi häiritsevyys tilanteissa C ja D ei siis laskenut tyytyväisyyttä ääniympäristöön.

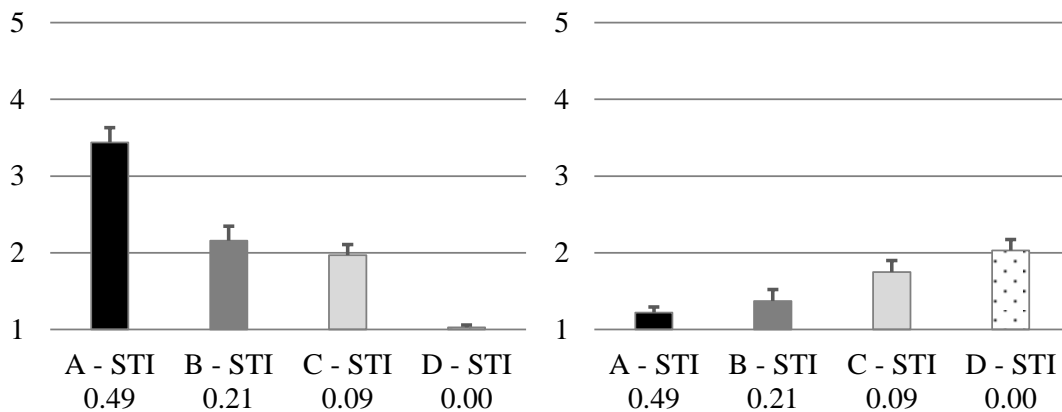
Äänitilanteiden välillä havaittiin ero myös siinä, miten helppoa ääniympäristöön oli tottua ($p < .001$), haittasiko ääniympäristö keskittymistä ($p < .001$) ja kiinnittyikö huomio usein ääniympäristöön ($p < .001$). Ääniympäristö A sai kielteisempiä arvioita kuin muut äänitilanteet. Äänitilanne vaikutti myös itsearvioituun työtehokkuuteen vastaavanlaisessa ääniympäristössä ($p < .001$). Äänitilanteessa A itsearvioitu työtehokkuus arvioitiin heikommaksi kuin muissa äänitilanteissa ($p < .001$; Kuva 5).

Koehenkilöitä pyydettiin arvioimaan, kuinka paljon puheäänistä erottui ymmärrettäviä sanoja koetilanteen aikana. Äänitilanne vaikutti puheen erotettavuuteen subjektiivisten arvioiden mukaan ($p < .001$). Eniten erotettavia sanoja arvioitiin olevan äänitilanteessa A. Äänitilanteissa B ja C sanoja ei erotettu lähes lainkaan.

Äänitilanne vaikutti lisäksi siihen, kuinka kuormittuneeksi henkilöt kokivat itsensä ($p = .001$; Kuva 6). Subjektiivinen kuormittuneisuus oli korkeampi äänitilanteessa A verrattuna muihin äänitilanteisiin ($p < .05$). Äänitilanteella ei sen sijaan ollut vaikutusta vireyteen tai siihen, kuinka rauhalliseksi tai miellyttäväksi oma olo arvioitiin.



Kuva 3. Vasen) Sarjamuistitehtävän oikeiden vastausten (%) keskiarvot ja standardivirheet äänitilanteittain. Oikea) Tuloksen vertailu Hongiston /4/ malliin.



Kuva 4. Itsearvioitu suoriutumisen häiriintyminen puheäänistä (vasen) ja ilmanvaihdon äänestä (oikea) äänitilanteittain. Keskiarvot ja standardivirheet. Asteikko: 1 Ei lainkaan, 5 Erittäin paljon.

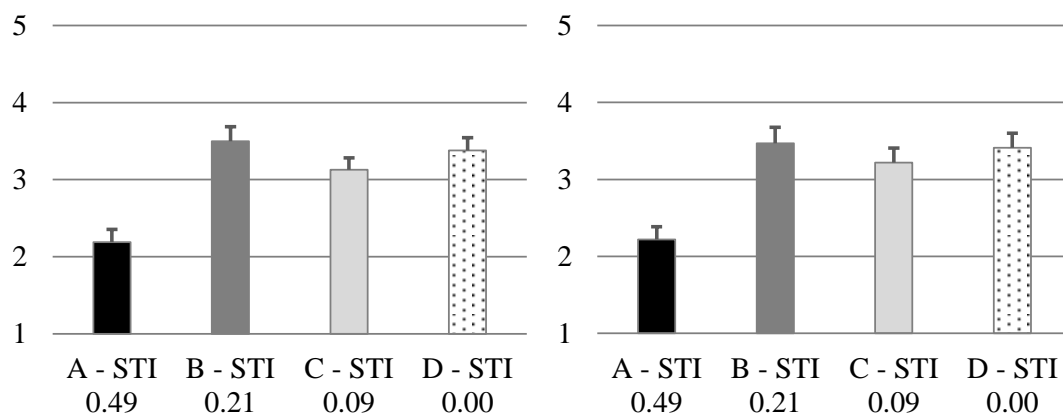
4 POHDINTA

Sarjamuistitehtävissä saadut tulokset tukivat Hongiston [4] aiemmin julkaisemaa mallia (Kuva 3). Suoriutuminen lyhytkestoista muistia vaativassa sarjamuistitehtävissä heikentyi, kun STI arvo oli lähellä arvoa 0.50 verrattuna arvoon 0.21. Alemmaan arvoon voidaan päästä parantamalla äänieristystä ja/tai kasvattamalla taustamelutasoa. Taustamelutasoa voidaan lisätä joko ilmanvaihdon äänitasoja kasvattamalla tai käyttämällä erillistä peiteäänijärjestelmää, joita on jo paljon käytössä avotoimistoissa.

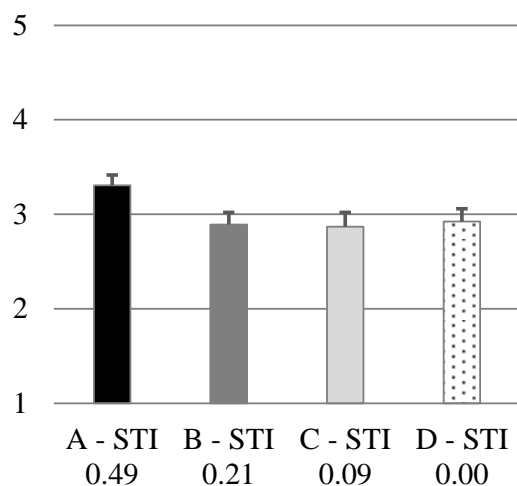
Äänitilanne A suunniteltiin siten, että se vastaa SFS 5907 luokan C mukaisia vaatimuksia äänieristykselle ja ilmastoinnin taustamelulle. Toimistohuoneista suurin osa rakennetaan luokan C mukaisesti. Tulosten perusteella äänitilanne A on kuitenkin epäedullinen työnteon ja viihtyvyyden kannalta.

Olosuhteita voidaan parantaa lisäämällä äänieristystä 10 dB tasoon 45 dB (äänitilanne B) tai korottamalla taustäänitasoa tasoon 43 dB (äänitilanne C), joka on avotoimistoissa suositeltu peiteäänien taso (RIL 243-3-2008).

Tulosten perusteella SFS 5907 luokan C tavoitetasoja tulisi kiristää, jotta voidaan parantaa työoloja ja tukea työssä suoriutumista.



Kuva 5. Vasen) Tyytyväisyys ääniympäristöön äänitilanteittain. Asteikko: 1 En lainkaan tyytyväinen, 5 Erittäin tyytyväinen. Oikea) Itsearvioitu työtehokkuus äänitilanteittain. Asteikko: 1 Ei lainkaan, 5 Erittäin paljon. Keskiarvot ja standardivirheet.



Kuva 6. Subjekttiivinen kuormittuneisuus äänitilanteittain. Keskiarvot ja standardivirheet. Asteikko: 1 Ei lainkaan, 5 Erittäin paljon

VIITTEET

- [1] Varjo J, Hongisto V, Haapakangas A, Maula H, Koskela H ja Hyönä J. Simultaneous effects of irrelevant speech, temperature and ventilation rate on task performance and satisfaction in open-plan offices, Submitted to Journal of Environmental Psychology, 2015.
- [2] Haapakangas A, Hongisto V, Hyönä J, Kokko J ja Keränen J. Effects of unattended speech on performance and subjective distraction: The role of acoustic design in open-plan offices. Applied Acoustics, 86(2014), 1-16.
- [3] Schlittmeier SJ, Hellbrück J, Thaden R ja Vorländer M. The impact of background speech varying in intelligibility: Effects on cognitive performance and perceived disturbance. Ergonomics, 51(2008), 719-736.
- [4] Hongisto V. A model predicting the effect of speech of varying intelligibility on work performance. Indoor Air, 15(2005), 458-468.