

# AVOTOIMISTON MITTAUS- JA TYYTYVÄISYYSKYSELYTUTKIMUS

**Erno Huttunen<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Sitowise Oy / Helimäki Akustikot  
Kauppakatu 26-30  
70110 KUOPIO  
erno.huttunen@sitowise.com

## Tiivistelmä

Tässä mittaustutkimuksessa mitattiin avotoimiston akustisia parametreja ja verrattiin niitä tyytyväisyyskyselyyn. Mittaustutkimuksessa keskityttiin yhden monitilatoimiston avotoimistoalueisiin. Toimiston tilat olivat huonevaimennuksiltaan hyvin vaimennettuja, mutta tilat olivat taustääneltään hyvin hiljaisia. Akustisten parametrien määrittämisen lisäksi tehtiin työntekijöillä kysely, jolla selvitettiin työntekijöiden tyytyväisyyttä akustisiin olosuhteisiin. Kyselyyn vastasi noin puolet toimiston henkilökunnasta.

Akustisten parametrien perusteella mitattujen avotoimisto-osioiden tilat olivat pääsääntöisesti ”kohtalaisia” verrattaessa yleisiin avotoimistojen luokitteluihin. Puheäänenvaimennusaste vaihteli pääsääntöisesti 6...8 dB välillä ja häiritsevyyssäde n. 8...9 m välillä.

Tyytyväisyyskysely osoitti, että noin 70 % vastaajista oli toimiston äänimaailmaan erittäin tai melko tyytyväisiä. Kuitenkin lähes puolet vastasivat, että ympäriltä tulevat äänet häiritsevät, mutta toisaalta taas reilusti alle puolet oli sitä mieltä, että työskentely paranisi, jos ääniympäristö olisi hiljaisempi.

Tämä tutkimus ei riitä siihen, että voisi tehdä johtopäätöksiä avotoimiston mitattavien akustisten parametrien riippuvuudesta työntekijöiden tyytyväisyyteen, mutta suuntaa antavana tuloksena voidaan sanoa, että myös taustamelutasoltaan hiljaisessa avotoimistossa voidaan olla tyytyväisiä äänimaailmaan.

## 1 JOHDANTO

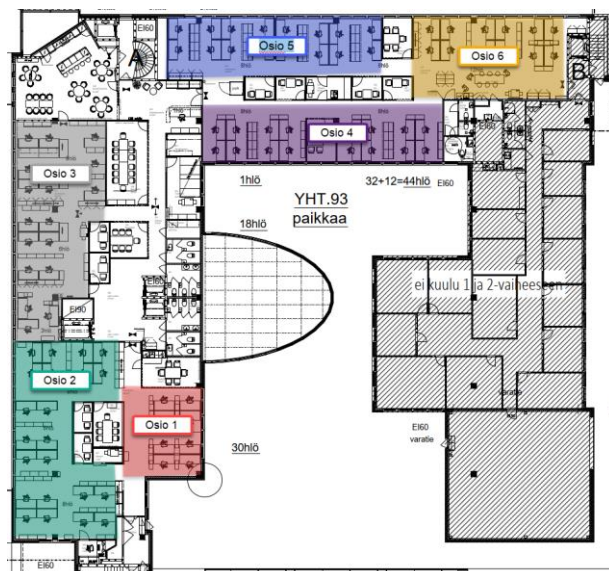
Tässä mittaustutkimuksessa tutkitaan mittaamalla Sitowisen Kuopion toimipisteen monitilatoimiston akustista luokittelua muutaman akustisen parametrin avulla. Mittaukset on tehty avotoimistoalueilta, eli neuvotteluhuoneet yms. on jätetty tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Mittaustutkimuksen yhteydessä on suoritettu toimipisteen työskentelijöille kysely, jolla kartoitetaan toimipisteessä työskentelijöiden tyytyväisyyttä akustisiin olosuhteisiin.

## 2 TUTKIMUKSEN AVOTOIMISTON ESITTELY

Kyseinen tutkimus on tehty kuvan 1 mukaisessa monitilatoimistossa. Osiot 1...6 esittävät monitilatoimiston avotoimistoalueita.



© 2021 Erno Huttunen. Tämä on avoimesti julkaistu teos, joka noudattaa Creative Commons NIMEÄ 4.0 Kansainvälinen –lisenssiä (CC BY 4.0). Teosta saa kopioida, levittää, näyttää ja esittää julkisesti ja siitä saa luoda johdannaisteoksia, kunhan tekijän nimi ja lähde mainitaan asianmukaisesti.



**Kuva 1.** Toimiston pohjapiirustus (©Sitowise Oy, Milja Mäkinen) jaoteltuna avotoimisto osioihin

Avotoimistoalueet on melko hyvin vaimennettu. Katoissa on T-lista vaimennusvilla alakatto (A-luokan vaimennusmateriaali), mutta on vain noin 60 % lattiapinta-alaan nähden suurien jäähdytyspaneelien ja moduulivalaisimien takia. Lattiassa on tekstiilimatto. Työpisteiden sermit ovat ääntä vaimentavia. Avotoimistossa ei ole peittoäänijärjestelmää ja ilmanvaihto on hiljainen.

### 3 TUTKIMUSMENETELMÄT

#### 3.1 Mittaustutkimus

Mittaustutkimuksessa mitattiin eri avotoimisto-osioissa 2, 3, 5 ja 6 (ks. kuva 1) seuraavat parametrit:

- A-painotetun puheäänien leviämävaimennusaste,  $D_{2,s}$ , Puheen siirtoindeksi, STI, useista kohdista STIPA mittauksin
- häiritsevyysäde,  $r_a$ , eri osioita
- arvio yksityisyysäteestä,  $r_p$ , eri osioista
- jälkikaiunta-aika, RT, eri osioista
- taustamelutaso eri osioista

Puheensiirtoindeksin mittaukset mitataan STIPA mittauksin Norsonic 140 mittarilla ko. mittarin ohjeistuksen mukaisesti.

Mittaustutkimuksessa mitattiin STIPA arvoja viidellä eri äänilähdepaikalla ja useasta paikasta per äänilähdepaikka. Mittaustulokset pyrittiin ottamaan pääasiallisesti tietyllä suoralla (ohjeiden mukaisesti), mutta mittaustuloksia otettiin myös satunnaisesti muista paikoista.

Tutkimusten mukaan STIPA:n ja STI:n välinen korrelaatio on erinomainen [1]. Siksi tässä tutkimuksessa käytetään STIPA mittausta STI:n mittauksissa.

STIPA mittauksen yhteydessä mitattiin puheäänien A-painotetuista äänitasot kussakin vastaanottopisteessä. A-painotettu puheäänien leviämismuunnosaste  $D_{2,S}$  määritettiin näistä mitatuista puheäänien äänitasoista,  $L_{pA,S}$ , standardin ISO 3382-3 mukaisesti. Mittauksessa äänilähteenä käytettiin ympärisäteilevää pallokaiutinta, jolla tuotettu STIPA signaali vastaa puheäänien taajuusspektriä.

Häiritsevyyssäde,  $r_d$ , on laskettu STIPA mittaustuloksista johdetun regressiosuoran avulla häiritsevyyssäteiden määritelmän mukaan: etäisyys, jossa STI laskee alle arvon 0,5. Samalla arvioitiin yksityisyysäde,  $r_p$ , etäisyytenä, jolloin STI laskee alle arvon 0,2.

Jälkikaiunta-aika mitataan standardin ISO 3382-2 mukaisesti.

Mittausten tarkkuus ei ole niin hyvä, että tulokset voitaisiin esittää tarkempaa kuin 1 dB tarkkuudella. Kuitenkin tässä tutkimuksessa esitetyt parametrien arvot ovat yhden desimaalin tarkkuudella, jotta tuloksia voidaan paremmin vertailla toisiinsa. Äänitasomittauksissa keskiäänitason epätarkkuus on luokkaa 1 dB.

Puhesiirtoindeksi STIPA mittausta ei ole kalibroitu, vaan tarkkuus perustuu Norsonic 140 mittarin äänitasojen mittaustarkkuuteen. Tästä syystä STI mittauksissa ja niistä johdetuissa akustisissa parametreissa on epävarmuutta.

### 3.2 Kyselytutkimus

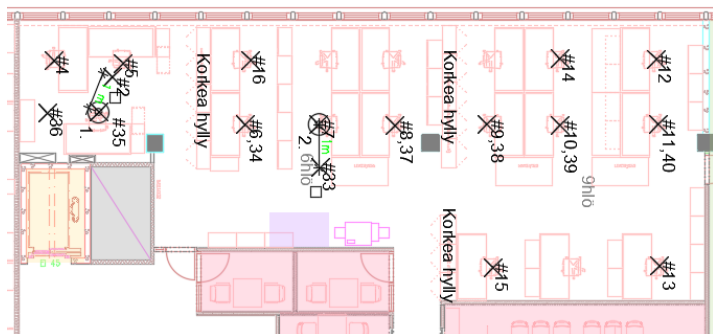
Kyselytutkimuksessa lähetettiin kyseisen toimiston kaikille työntekijöille nettipohjainen kyselykaavake. Kyselyssä kysyttiin seuraavia kysymyksiä (kehotettu miettimään aikaa ennen korona-aikaa, kysely järjestettiin 01/2021):

1. Missä osiossa työskentelet? (kuva 1 mukaisissa osioissa)
2. Kuinka tyytyväinen olet yleensä työpisteesi äänimaailmaan? (1 = en yhtään tyytyväinen, 7 = täysin tyytyväinen)
3. Kuinka merkittävästi ympäristösi puheäänien (tai muut melut) häiritsevät työskentelyäsi? (1 = ei häiritse ollenkaan, 7 = häiritsee todella paljon)
4. Jos melu ympärilläsi häiritsee, kuinka kuvailisit lyhyesti häiritsevää melua? (esim. mikä melu häiritsee?)
5. Kuinka merkittävästi työskentelysi paranisi, mikäli työympäristösi olisi hiljaisempi? (1 = ei paranisi ollenkaan (on jo niin hyvä), 7 = paranisi täysin (niin huono tilanne nyt))
6. Käytätkö työskennellessäsi kuulokkeita? (yleensäkin, esim. kuunnellaksesi musiikkia työn aikana)
7. Jos käytät, kuinka suuren osan ajasta? (1 = hyvin harvoin, 7 = jatkuvasti työpisteellä ollessani)
8. Avoin palaute työympäristösi äänimaailmasta (jos tulee mieleen)

## 4 MITTAUSTUTKIMUKSEN TULOKSET

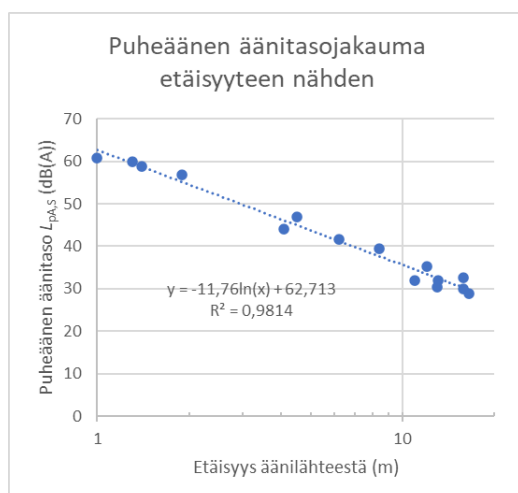
Mittaustutkimuksesta esitetään osion 3 mittaustulokset ja akustiset parametrit esimerkkinä. Muut tulokset on esitetty avotoimiston kannalta merkittävimpien parametrien osalta yhteenvetotaulukossa kohdassa 6.

Kuvassa 2 on esitetty osion 3 äänilähdepaikat, STIPA mittauspisteet ja puheäänien äänenpainetasojen,  $L_{pA,S}$ , mittauspisteet (samat pisteet) sekä taustamelun mittauspisteet pohjapiirustuksessa. Osiossa 3 mittaukset tehtiin kahdella äänilähdepaikalla (kuvassa paikat 1. ja 2.) sekä yhteensä 23 eri vastaanottopisteen mittaustaikalla.

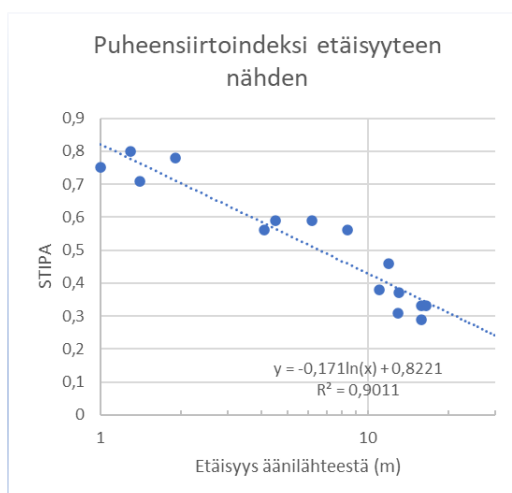


**Kuva 2** Osion 3 pohjapiirustus, johon merkattu äänilähdepaikat (ympyrä, jonka vieressä järjestysnumero) sekä STIPA ja puheäänien äänenpainetasojen  $L_{pA,S}$  mittauspisteet (merkattu rasti, jonka vieressä #numero). Taustamelutason mittauspisteet on merkattu neliöllä.

Kuvassa 3 on esitetty puheäänien mitattu äänitaso  $L_{pA,S}$  etäisyyden funktiona ja kuvassa 4 STIPA mittaustulokset etäisyyden funktiona. Mittaustuloksista laskettu A-painotetun puheäänien leviämismuunnosaste on 7,9 dB, kun äänilähde oli pisteessä 1 ja 7,1, kun äänilähde oli pisteessä 2 (mitattuna mittauspisteet samalla suoralla). Vertailun vuoksi mitattiin siten, että mittauspisteet eivät olleet samalla suoralla, jolloin puheäänien leviämismuunnosaste on 8,2 dB, Vastaavista tuloksista lasketut häiritsevyyssäteet ovat 7,9 m, 8,8 m ja 8,2 m. Arvioidut yksityisyys säteet ovat vastaavasti 54 m, 80 m ja 34 m. Taustamelu tilassa oli mittaushetkellä 25...26 dB. Jälkikaiunta-aika on 0,2...0,3 s oktaavikaistoilla 250 Hz...4000 Hz.



**Kuva 3** Äänilähdepaikan 1 puheäänien A-painotetut äänitasot etäisyyden funktiona (regressiosuora, kaavoineen ja korrelaatiokertoiminen)



**Kuva 4** Äänilähdepaikan 1 puheensiirtaindeksi STIPA mittauksin etäisyyden funktiona (regressiosuora, kaavoineen ja korrelaatiokertoiminen)

## 5 KYSELYTUTKIMUKSEN TULOKSET

Kyselyyn vastasi yhteensä 40 toimiston työntekijää, eli noin puolet toimiston työntekijöistä. Kaikista vastaajista 70 % olivat erittäin tai melko tyytyväisiä toimiston äänimaailmaan, 20 % taas vastaavasti tyytymättömiä. Noin 48 % vastaajista kertoi ympäristön melut häiritsevän työskentelyä, ja 35 % vastaajista kertoi, että melut häiritsivät vain vähän. Kuitenkin vain noin 37 % vastaajista oli sitä mieltä, että työskentely paranisi merkittävästi, jos työympäristö olisi hiljaisempi, 45 % oli sitä mieltä, että työskentely ei paranisi merkittävästi. Kyselytutkimuksen vastausten jakaumat osion 3 työntekijöiden osalta on esitetty kuvan 5 kuvaajissa.



**Kuva 5** Osion 3 vastausjakauma kysymyksiin 2, 3 ja 5. (asteikot esitetty kohdassa 3.1)

Osion 3 osuudelta kyselytutkimus paljasti, että vastaajat olivat yleisesti kohtuullisen tyytyväisiä työpisteen äänimaailmaan. Silti useimmat vastaajista olivat sitä mieltä, että ympäristöstä tulevat melut häiritsevät enemmän tai vähemmän työskentelyä. Kuitenkin vastaukset kysymykseen 5 jakautuivat hyvin tasaisesti ko. osiossa.

Kyselytutkimuksessa tutkittiin myös työntekijöiden tapaa käyttää kuulokkeita esim. musiikin kuunteluun. Noin 65 % työntekijöistä kertoi käyttävänsä kuulokkeita. Niistä suuri osa käytti kuulokkeita yli puolet työajasta.

Avoimissa vastauksissa yleisimmiksi häiritseviksi ääniksi esitettiin: muiden puheäänät muilta työpisteiltä (eniten kommentteja tästä), puhelinten soittoäänät, kuulokkeiden käyttämättä jättäminen palaverissa, läpikulun kävelyäänät, hissien kolinat, kadulta työkohteiden jyrinä.

## 6 TULOSTEN YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Taulukossa 1 on esitetty kaikkien mitattujen osioiden puheäänien leviämismuunnosasteet,  $D_{2,s}$ , sekä häiritsevyyssäteet,  $r_D$ , sekä kyselytutkimuksen tulokset avotoimistoon tyytyväisyyden osalta.

Yhteenvetotaulukosta nähdään, että vaikka mittaus tulokset eivät osoita toimiston olevan akustiikaltaan hyvä (tai erinomainen), voi suurin osa työntekijöistä olla enemmän tai vähemmän tyytyväisiä avotoimiston akustiikkaan, kuten tässä kohteessa on käynyt.

**Taulukko 1** Eri osioiden akustiset mittaluvut (suluisissa vertailun vuoksi mittaluvut mitattuna suuremmalta alueelta kuin suoralta), akustiset luokittelut, parametrien mukaiset luokittelut sekä kyselyn tulokset ääniympäristön tyytyväisyyteen (2. kysymyksen vastausten jakauma)

Osio	Leviämismuunnosaste $D_{2,S}$	Häiritsevyyssäde $r_D$	Kyselyn tulos
Osio 2	5,3 dB (6,7 dB) - <b>Kohtalainen</b> (C luokka) <sup>(2)</sup> - <b>ei hyvä, eikä keho</b> <sup>(1)</sup>	15,4 m (9,3 m) - <b>keho</b> (D luokka) <sup>(2)</sup> - <b>keho</b> <sup>(1)</sup>	<b>50 % tyytyväisiä</b> <b>38 % ei tyytyväisiä</b>
Osio 3	7,9/7,1 dB (8,2 dB) - <b>kohtalainen tai hyvä</b> (C tai B luokka) <sup>(2)</sup> - <b>hyvä</b> <sup>(1)</sup>	7,9/8,8 m (6,6 m) - <b>kohtalainen tai hyvä</b> (C tai B luokka) <sup>(2)</sup> - <b>ei hyvä eikä keho</b> <sup>(1)</sup>	<b>69 % tyytyväisiä</b> <b>23 % ei tyytyväisiä</b>
Osio 5	6,0 dB (6,6 dB) - <b>kohtalainen</b> (C luokka) <sup>(2)</sup> - <b>ei hyvä eikä keho</b> <sup>(1)</sup>	8,6 m (8,7 m) - <b>kohtalainen</b> (C luokka) <sup>(2)</sup> - <b>ei hyvä eikä keho</b> <sup>(1)</sup>	<b>71 % tyytyväisiä</b> <b>29 % ei tyytyväisiä</b>
Osio 6	7,0 dB (7,5 dB) - <b>kohtalainen</b> (C luokka) <sup>(2)</sup> - <b>hyvä</b> <sup>(1)</sup>	8,5 m (9,8 m) - <b>kohtalainen</b> (C luokka) <sup>(2)</sup> - <b>ei hyvä eikä keho</b> <sup>(1)</sup>	<b>67 % tyytyväisiä</b> <b>0 % ei tyytyväisiä</b>
(1) ISO3382-3 standardin liitteen A mukainen jaottelu luokkiin [2] (2) Avotoimistoakustiikan mittaus ja mallinnus; Keränen ym. lähteen mukainen jaottelu luokkiin [3]			

Akustisten mittalukujen perusteella osio 3 on paras akustisilta ominaisuuksiltaan. Kyseisessä tilassa on eniten korkeita kaappeja katkomassa ääntä. Erot eivät kuitenkaan osioiden välillä olleet suuria. Vastaajien määrä osioittain oli niin pieni, ettei osioita voitu laittaa tyytyväisyyden perusteella paremmuusjärjestykseen luotettavasti.

Avotoimiston ääniolosuhteita heikentää hyvin hiljainen taustamelutaso. Mikäli taustamelu olisi voimakkaampaa, puheäänestä ei saisi yhtä kaukana selvää, kuin mitä siitä ko. toimistossa voi saada, eikä muut työntekijät häiriintyisivät niin suurelta alueelta. Peittoäänijärjestelmä auttaisi tilannetta, ja saattaisi nostaa myös tyytyväisyysprosentteja.

Tästä mittaustutkimuksesta voi päätellä suuntaa antavasti:

- tilan hyvä vaimennus (pieni jälkikaiunta-aika) on ensisijaisen tärkeä avotoimistolle, jotta suuri osa työntekijöistä voi olla tyytyväinen tilan käyttöön,
- tilassa täytyy olla myös seiniä korkeita, kaappeja tai vastaavia katkomassa suuria alueita pienemmäksi,
- hiljaisella taustamelutasollakin voidaan saada kohtuullisen tyydyttävä avotoimisto (vaikkakin voimakkaampi taustamelu parantaa ääniolosuhteita).

Näitä päätelmien yleistettävyyttä tulisi kuitenkin tutkia vielä lisää.

## VIITTEET

[1] Steeneken, Verhave, McManus, Jacob, Development of an Accurate, Handheld, Simple-to-use Meter for the Prediction of Speech Intelligibility, Preproduced Sound 17 Stanford-on-Avon, November 16, 2001

[2] ISO 3382-3: Acoustics – Measurement of room acoustic parameters, Part 3: Open plan offices. International organization for standardization, 2008.

[3] Keränen J, Virjonen P, Hongisto V, Avotoimistoakustiikan mittaus ja mallinnus, Työterveyslaitos, Sisäympäristölaboratorio, 2008