

TOIMISTOMELUN VAIKUTUS TYÖSTÄ SUORIUTUMISEEN - LABORATORIOTUTKIMUS JA YLEINEN MALLI

Valtteri Hongisto, Annu Haapakangas, Niina Venetjoki, Miia Haka*, Esko Keskinen*

Työterveyslaitos, sisäympäristölaboratorio
20520 Turku
etunimi.sukunimi@ttl.fi

Turun yliopisto, psykologian laitos*
20014 Turku
etunimi.sukunimi@utu.fi

TIIVISTELMÄ

Laboratoriotutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten puhemelu ja erityisesti puheen erotettavuus (STI, speech transmission index) vaikuttaa suoriutumiseen kognitiivisesti erityyppisistä tehtävistä. Tutkimus toteutettiin 4 tuntia kestävässä laboratoriokokeena, johon osallistui 36 henkilöä [1]. Käytetyt 3 äänitilannetta vastasivat toimistoympäristössä seuraavia akustisia perustilanteita: huonosti suunniteltu avotoimisto (puhe erottuu hyvin, STI=1.00), hyvin suunniteltu avotoimisto (puhe erottuu kohtalaisesti, STI=0.20) ja huonetoimisto (puhe ei erotu lainkaan, STI=0.00). Kaikissa tilanteissa keskiäänitaso oli sama 48 dBA. Oikolukutehtävästä suoriutuminen heikentyi merkitsevästi puhetilanteessa. Kognitiivisesti helpompiin tehtäviin melutyypillä ei ollut vaikutusta. Edellä kuvatun laboratoriotutkimuksen sekä vastaavien muualla toteutettujen kokeiden perusteella laadittiin yleinen malli, jolla voidaan arvioida puhemelun vaikutus työstä suoriutumiseen [2]. Malli ennustaa suorituskyvyn laskun puheen STI-arvon perusteella. Vertailu laboratoriotutkimuksiin osoittaa, että malli on oikean suuntainen mutta sitä on syytä tarkentaa jatkotutkimuksin.

JOHDANTO

Kentällä tehtyjen kartoitusten mukaan melu on haitallisin sisäympäristötekijä avotoimistoissa. [3-5] Puhe on häiritsevin äänilähde, koska sen informaatioisisältö on korkea, eikä toisten puhumisajankohtaa tai puheen voimakkuutta ei voi kontrolloida. Puheen jälkeen häiritsevimpinä koetaan puhelinten ja kulkemisen äänet. Ilmastoinnin tai liikenteen äänistä valitetaan harvoin, koska äänet ovat tasaisia, ennustettavia ja informaatioisisällöltään olemattomia. Tällaisiin ääniin tottuu nopeasti, vaikka äänet olisivat voimakkaita.

Jatkuvien äänten kuten ilmastoinnin tai vaaleanpunaisen kohinan vaikutuksia tehtäväsuoriutumiseen on tutkittu vuosikymmenien ajan. Tasaisten äänten ei ole havaittu vaikuttavan tehtäväsuoriutumiseen välittömästi voimakkaillakaan altistustasoilla. [2] Laaja-alaista tarkkaavaisuutta vaativilla tehtävillä on havaittu, että melu jopa parantaa pääasiallisen tehtävän suoriutumista mutta vähemmän tärkeiden signaalien havaitsemiskyky heikkenee. Tasaiset äänet vaikuttavat tarkkaavaisuuteen vieden ylimääräistä huomiota. Ihminen kykenee kompensoimaan tämän toimintastrategiaa muuttamalla, jolloin työsuoriutuminen voi pysyä samana tai jopa parantua. Tämä kuluttaa resursseja aiheuttaen jälkivaikutuksena mm. väsymystä.

Puheäänten vaikutuksia alettiin tutkimaan vasta 70-luvulla. Tutkimuksen aloittivat aivotutkijat yrittäessään kehittää uusia työmuistimalleja. Colle ja Welsh (1976) tutkivat taustalla kuuluvan puheen vaikutusta sarjamuistin kesto- ja rakenteeseen. Puheäännet heikensivät työmuistin toimintaa merkitsevästi ja merkittävän paljon. [6] Vastaavanlainen tutkimus on toteutettu useissa laboratorioissa käyttäen erilaisia tehtäviä ja puheäänimateriaaleja. Puheäänten vaikutus työtehoon näyttää rajautuvan kognitiivisesti vaativiin tehtäviin, joissa tarvitaan lyhytkestoista muistia.

Colle (1980) havaitsi ensimmäisenä, että puheen äänitaso ei selitä työmuistin häiriöitä vaan puheen erotettavuus. [7] Puheäänit heikensivät työmuistin toimintaa yhtä voimakkaasti sekä 40 että 80 dBA äänitasoilla. Vasta kun puheäänin erotettavuus oli olematon, työmuistin toiminta palasi samaan kuin hiljaisuudessa, jota pidettiin vertailukohtana kaikissa kokeissa. Tarkempi analyysi puheen erotettavuuden vaikutuksesta jäi tuolloin kuitenkin tekemättä, koska tiedolle ei ollut tarvetta.

Vaikka puhemelun vaikutukset työmuistin toimintaan tunnetaan hyvin aivotutkimuksen ja kognitiivisen psykologian alalla, ei tuloksia ole juurikaan osattu soveltaa käytäntöön esimerkiksi toimistoissa. Toimistojen ei-toivotut puheäänit ja puutteellinen puheyksityisyys ovat maailmanlaajuinen ongelma. Ääniolosuhteiden parannuksiin tarvittavia investointeja on kuitenkin vaikea perustella, jos investointien vaikutuksia ei osata perustella.

Tämän julkaisun tavoitteena on tiivistää kaksi alkuperäistutkimusta. [1,2] Ensimmäinen näistä on laboratorioskoe, jonka tavoitteena on osoittaa tehtäväsuoriutumisen riippuvuus puheen erotettavuudesta, tarkemmin ottaen puheensiirtoindeksistä STI. Jälkimmäinen tutkimus on kirjallisuustutkimus. Sen tavoitteena on kehittää yleinen malli, jolla voidaan arvioida tehtäväsuoriutumisen riippuvuus puheensiirtoindeksistä. Tutkimus kuuluu soveltavan kognitiivisen psykologian piiriin, jossa on yhdistetty huoneakustiikka, työympäristötutkimus ja kognitiivinen psykologia.

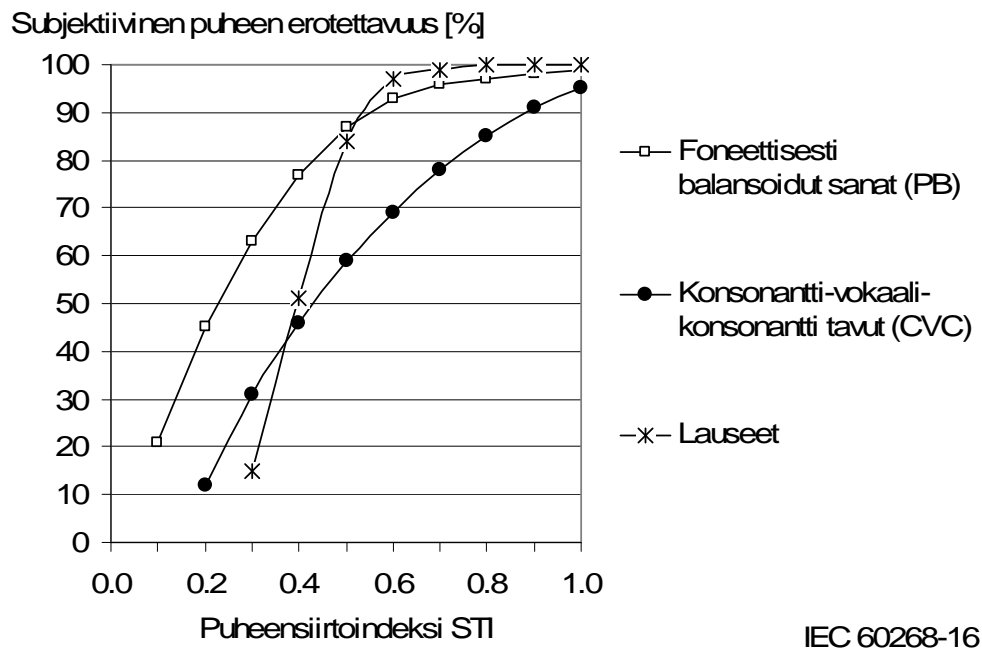
PUHEENSIIRTOINDEKSI STI

Puheen erotettavuus on subjektiivinen suure, joka kuvaa lukuarvolla 0.00 - 1.00 oikein kuultujen puheen yksiköiden suhteellista määrää. Aikaisemmin puheen erotettavuus piti määrittää subjektiivisin testein. Nykyään mittaus tapahtuu helpoiten objektiivisesti mittaamalla puhujan ja kuuntelijan välinen puheensiirtoindeksi STI. Puheensiirtoindeksin ja subjektiivisen puheen erotettavuuden välinen suhde on esitetty kuvassa 1.

Viime aikoina puheensiirtoindeksiä on ruvettu soveltamaan avotoimistoissa, koska STI ilmaisee suoraan työpisteiden välisen puheyksityisyyden. [8-10] Työpisteiden välisen STI arvon suosituksia on Taulukossa 1, jotka ovat peräisin uudesta SFS 5907-standardista "Rakennusten akustinen luokitus" [11].

Taulukko 1. Puheensiirtoindeksin subjektiivinen merkitys toimistoissa. Pyrkimyksenä on mahdollisimman alhainen puheen erotettavuus työpisteiden välillä. Puhetiloissa pyrkimys on päinvastainen. Arvot ovat peräisin SFS 5907-standardista.

STI	Puheen erotettavuus	Puheyksityisyys	Esimerkkejä toimistoista
0.00 ... 0.05	ei ole	täydellinen	Kahden toimistohuoneen välillä, hyvä ääneneristys, ovet kiinni
0.05 ... 0.20	erittäin huono	hyvä	Kahden toimistohuoneen välillä, normaali ääneneristys, ovet kiinni
0.20 ... 0.40	huono	välttävä	Työpisteiden välillä erittäin hyvin toteutetussa avotoimistossa Kahden toimistohuoneen välillä, normaali ääneneristys, ovet kiinni
0.40 ... 0.60	välttävä	huono	Työpisteiden välillä hyvin toteutetussa avotoimistossa
0.60 ... 0.75	hyvä	erittäin huono	Työpisteiden välillä kohtalaisesti toteutetussa avotoimistossa
0.75 ... 0.99	täydellinen	ei ole	Hyvin toteutettu neuvotteluhuone, kasvokkain keskustelu toimistossa Työpisteiden välillä kehnosti toteutetussa avotoimistossa



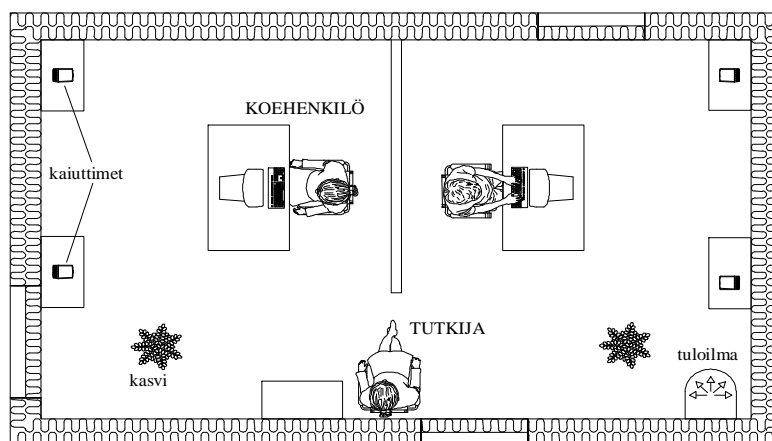
Kuva 1. Subjektiiivisen puheen erotettavuuden ja puheensiirtoindeksin välinen suhde [13].

LABORATORIOTUTKIMUS

Menetelmät

Tutkimus toteutettiin laboratorionkokeena. [1,13] Siihen osallistui 36 henkilöä, joista puolet oli naisia. Kerralla tutkimukseen osallistui 2 henkilöä, joten tutkimukseen kului 18 päivää. Koehenkilöt olivat normaalikuuloisia opiskelijoita eri oppilaitoksista Turusta, iältään 19-36 vuotiaita. Koehenkilöille maksettiin osallistumisesta palkkio, koska koe kesti 4 tuntia. Koehenkilöille kerrottiin rekrytointivaiheessa, että tutkimus liittyy työympäristöön.

Laboratoriotila on esitetty kuvassa 2. Huoneen tilavuus oli 102 m³. Lämpötila oli 23-25 °C ja tuloilmaa tuotiin 80 l/s. Valaistus oli 500-700 lx työpöydillä ja 300 lx muualla. Näyttöpäätteheijastuksia ei ollut. Työpisteen ergonomia oli tavanomainen.

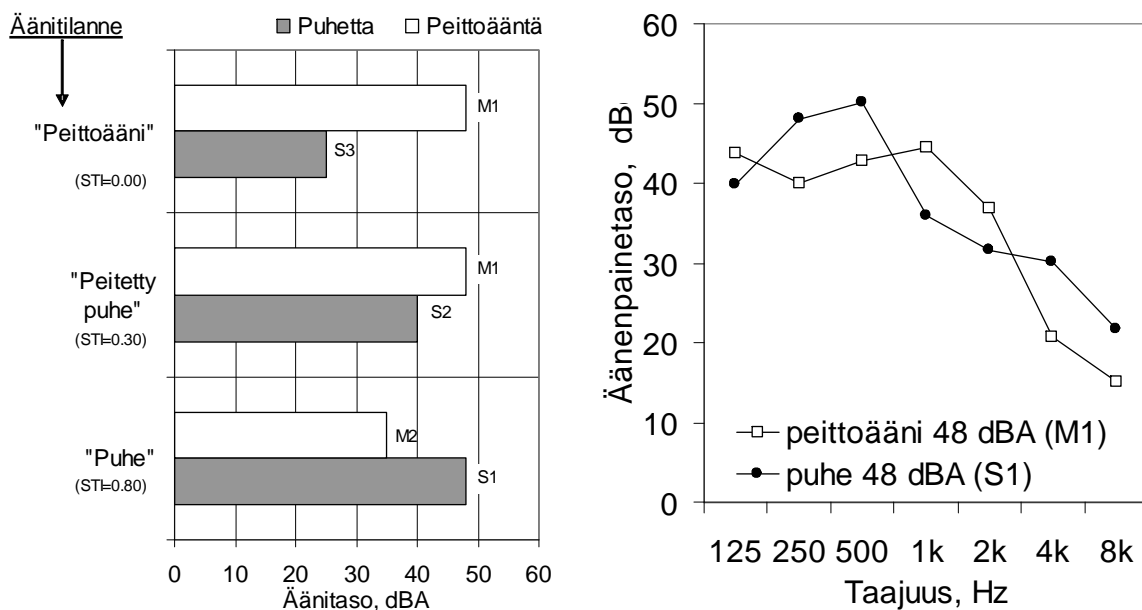


Kuva 2 - Laboratorion pohjakuva. Työpisteitä erotti 165 cm korkea sermi.

Tutkittava suoritti tehtävät kolmessa eri äänitilanteessa. Äänitilanteiden nimet ovat "puhe", "peitetty puhe" ja "peittoääni". Käytetyt äänitilanteet vastasivat toimistoympäristössä tyypillisiä tilanteita seuraavasti: huonosti suunniteltu avotoimisto (puhe erottuu hyvin, STI=0.80), hyvin suunniteltu avotoimisto (puhe erottuu huonosti, STI=0.30) ja huonetoimisto (puhe ei erotu lainkaan, STI=0.00). Kaikissa tilanteissa keskiäänitaso oli sama 48 dBA. Kaikissa äänitilanteissa oli sekä puhetta että peittoääntä mutta vaihtelevissa suhteissa niin, että koko puheen erotettavuuden kirjo voitiin kattaa. Äänten muodostaminen ja taajuussisältö on esitetty kuvassa 3.

Suurin osa tehtävistä tehtiin tietokoneella. Tietokoneohjelman (CogniSpeed©) käyttöä harjoiteltiin ennen varsinaista koetta. Tehtävät olivat vaatimustasoltaan hyvin erilaisia. Tietokonetehtävillä mitattiin suoriutumista reagointinopeutta sekä työmuistin ja tarkkaavaisuuden toimintoja vaativissa tehtävissä. Lisäksi käytettiin kynä-paperitehtävinä luetun ymmärtämistä (10 monivalintatehtävää) sekä oikolukutehtävää, joka oli kognitiivisesti ottaen vaativin. Oikolukutehtävissä tutkittavat ohjeistettiin lukemaan 4 sivun mittainen teksti 10 minuutin aikana ja etsimään mahdollisimman paljon typografisia ja grammaattisia virheitä tekstin joukosta. Tehtävässä oli aikapaine. Virheet merkittiin rastilla sanan kohdalle. Virheitä oli tekstissä yhteensä 48 kpl.

Tehtävät ja äänitilanteet oli sekoitettu 18 henkilöparin kesken, joten oppimisvaikutus voitiin eliminoida. Kokeen aikana tutkittavat vastasivat useaan kyselyyn.



Kuva 3 - Vasemmalla kolmen äänitilanteen muodostaminen sekä puheen että peittoäänien summana. Oikealla on esitetty puheen ja peittoäänien taajuusjakaumat.

Laboratoriokokeen tulokset

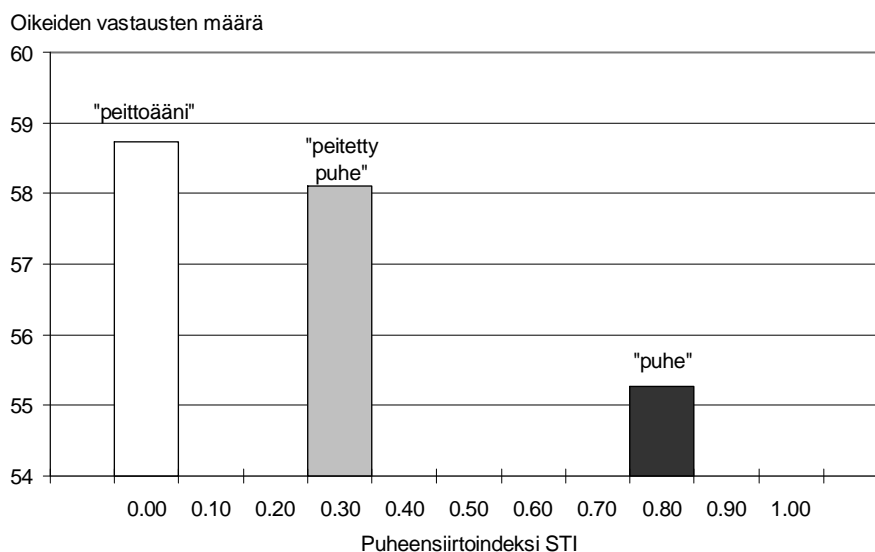
Oikolukutehtävästä suoriutuminen heikentyi merkitsevästi äänitilanteessa "puhe" ($p < 0.05$). Kuvassa 3 on esitetty oikolukutehtävässä havaittujen virheiden määrä eri äänitilanteissa. Puheen erotettavuuden kasvaessa tehtäväsuoriutuminen heikentyy. Melutaso oli kaikissa tilanteissa sama, 48 dBA, joten melutaso ei selittänyt muutosta tehtäväsuoriutumisessa.

Muissa tehtävissä meluvaikutusta ei havaittu. Tämä johtuu arvion mukaan siitä, että tehtävät vaativat verrattain vähän kognitiivista työmuistikapasiteettia.

Kyselyvastausten perusteella äänitilanne "puhe" arvioitiin eniten työskentelyä häiritseväksi äänitilanteeksi ja "peittoääni" vähiten häiritseväksi ($p < 0.01$). "Peittoääni" oli miellyttävämpi kuin "puhe" tehtävien suorittamisen kannalta ($p < 0.01$). Äänitilanteeseen "peittoääni" myös totuttiin helpoiten ($p < 0.01$). Tämä johtuu siitä, että peittoääni on tasaista ja sen informaation sisältö on mitätön. "Puhe" vei enemmän huomiota tehtävien tekemisestä kuin "peittoääni" ($p < 0.01$). Kyselyvastaukset viittaavat siihen, että ääniympäristön tulisi olla tasainen ja siinä ei saisi olla puheääniä, jos halutaan keskittyä työntekoon.

Taulukko 2 - Vasemmalla laboratoriokokeen etenemisjärjestys vaiheittain sekä vaiheiden pituudet. Oikealla on lueteltu tehtävien tyypit.

Vaihe	minuuttia	Tehtävän tyyppi	minuuttia
1	Harjoittelujakso	Tietokonepohjaiset tehtävät	30
2	Kysely	- yksinkertainen reaktioaika	
3	Tehtävät, äänitilanne 1	- kahden ärsykkeen valintareaktioaika	
4	Tauko ja kysely	- 10 ärsykkeen valintareaktioaika	
5	Tehtävät, äänitilanne 2	- vähennyslasku	
6	Tauko ja kysely	- väittäjä	
7	Tehtävät, äänitilanne 3	- Stroop	
8	Kysely	- vigilanssi	
	Yhteensä	Luetun ymmärtäminen (monivalintatehtävä)	15
		Oikoluku	10



Kuva 4 - Oikeiden vastausten määrä oikolukutehtävässä eri äänitilanteissa. Jos puhe erottuu hyvin, tehtävän suorittaminen kärsii. Työsuorituksen heikkeneminen äänitilanteessa "puhe" oli merkittävästi heikompi kuin muissa tilanteissa ($p < 0.05$).

YLEINEN MALLI

Yleinen malli perustuu ympäristöpsykologiaan kuuluvien laboratoriokokeiden analysointiin ja näiden tulosten analysointiin huoneakustista käyttötarkoitusta tavoitellen. Kirjallisuustutkimus kattoi yli 30 alkuperäistutkimusta. [2] Kaikissa tutkimuksissa toimistomelu tai puhemelu häiritsi tehtäväsuoritumista tilastollisesti merkittävästi.

Tehtäväsuoriutumista oli tutkittu tehtävien laadullisen suorittamisen kautta eli käytännössä tutkittin tehtävässä tehtyjen virheiden määrää. Tutkimuksilla oli pyritty selvittämään työmuistin toimintamalleja. Kokeissa käytettiin puheita ulkopuolisena herätteenä, koska puheen on havaittu häiritsevän herkästi työmuistin toimintaa. Tämän takia kokeet oli tehty useimmiten kahdessa tilanteessa: hiljaisuudessa ja puhe-tilanteessa. Kummastakin tilanteesta kirjattiin vastaavasti virheiden suhteellinen määrä, P_{puhe} ja $P_{\text{hiljaisuus}}$ [%]. Suorituskyvyn lasku puheen vuoksi, DP [%] saatiin näiden erotuksena eli $DP = P_{\text{puhe}} - P_{\text{hiljaisuus}}$. Kirjallisuustutkimuksen yhteenveto on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Yhteenveto aikaisemmista laboratoriotutkimuksista. Tehtävien kestot vaihtelivat muutamasta minuutista useaan tuntiin. N on tutkimusten lukumäärä.

Tehtävä, ääniympäristö	N	Suorituskyvyn lasku [%]		
		Keskiarvo	Minimi	Maksimi
Kirjainmuisti, puhe	4	19	15	29
Numeromuisti, puhe	5	11	9	13
Luetun ymmärtäminen, puhe	1	10	10	10
Oikoluku, puhe	3	7	4	10
Muut tehtävät, puhe	7	16	7	29
Vaihtelevat tehtävät, puhe tai toimistomelu	5	26	13	41
Numeromuisti, musiikki	1	10	4	14
	Keskiarvo	14	4	41

Kehitetty malli perustuu kolmeen tosiasiaan:

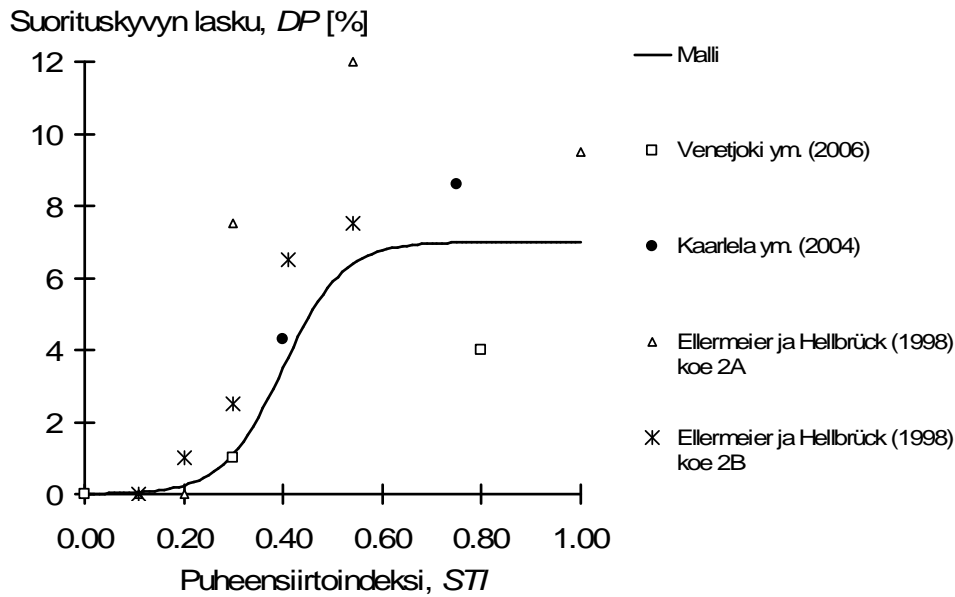
- paras suorituskyky saavutetaan puheen poissaollessa, $STI=0.00$,
- suorituskyky on huonoimmillaan puheen erottuessa täydellisesti, $STI=1.00$
- suorituskyvyn riippuvuus STI :stä alueella 0.00 - 1.00 noudattaa kuvan 1 relaatiota lauseille.

Kirjallisuustutkimuksen perusteella ei ole olemassa universaalia lukuarvoa suorituskyvyn laskulle, koska se riippuu tehtävän vaativuudesta, äänen sisällöstä, tehtävän kestosta ja henkilön yksilöllisistä ominaisuuksista. Myös kokeiden kestoissa on ollut suurta vaihtelua. Kognitiivisesti vaativien tehtävien suorituskyky laskee useimmissa tapauksissa yli 7 %. Suorituskyvyn lasku DP [%] riippuu puheensirtoindeksistä STI seuraavasti (kuva 5):

$$DP = \frac{-A}{1 + \exp\left[\frac{(STI - 0.4)}{0.06}\right]} + A \quad (1)$$

Mallin validoimiseksi löytyi kirjallisuudesta vain kolme tutkimusta. Näistä keskeisin on Niina Venetjoen edellä käsitelty tutkimus [1, 13], jossa työtehtävänä oli oikoluku. Tätä on edeltänyt Ellermeierin ja Hellbrückin [14] numerojen sarjamuistitutkimus, jossa selittävänä parametrina käytettiin puheen signaalikohinasuhdetta. STI laski näistä Hongisto käyttäen modulaatiosirtofunktion teoriaa ja olettaen jälkikäiunta-ajan olevan minimaalinen, koska koe tapahtui kuulokkeiden avulla.

Validoinnissa hyödynnettiin myös Kaarlela-Tuomaalan ym. kenttäkoetta. [15] Koe toteutettiin yrityksessä, joka muutti huonetoimistosta avotoimistoon. Työntekijöiden itsearvioima työajan menetys melun vuoksi oli huonetoimistossa 4.3 % ($STI=0.40$) ja 8.6 % avotoimistossa ($STI=0.75$).



Kuva 5. Kognitiivisesti vaativien työtehtävien suorituskyky laskee ei-toivottujen puheäänten puheensirtoindeksin kasvaessa. [2]

POHDINTAA

Esitetty malli on ensimmäinen yritys soveltaa psykologisia laboratoriokokeita avotoimistojen suunnittelun motivoituvuuskaluksi. Tämän vuoksi vertailua aiempaan kirjallisuuteen ei voida esittää. Lämpöolosuhteiden vaikutuksesta toimistotyön suorituskykyyn on kehitelty malleja jo useiden vuosikymmenien ajan [16]. Ääniympäristön osalta ei ole kehitelty tieteelliseen tutkimukseen pohjautuvaa mallia aiemmin, vaikka yleisesti tiedetään, että puheäännet heikentävät merkittävästi keskittymiskykyä toimistoissa.

Malli perustuu puheen erotettavuuteen, joka on eittämättä parhaiten koettua ääniympäristön haittaavuutta selittävä tekijä. Kvantitatiiviset tulokset perustuvat tieteellisesti vertaisarvioituihin tutkimuksiin. Ilmiötason ristiriitaa eri tutkimuslähteiden välillä ei ole, ainoastaan kvantitatiivista hajontaa, joihin löytyy useimmiten selitys.

Mallin käytännön sovellettavuus on helppo kyseenalaistaa. Laboratoriotilanne on kaukana todellisesta toimistotyöympäristöstä eivätkä käytetyt tehtävät eivät edusta todellista toimistotyötä. Suorituskyvyn riippuvuutta ympäristötekijöistä on huomattavasti vaikeampi määrittää toimistoympäristössä, koska suorituskykyä on vaikea mitata. Lisäksi muita työympäristön ja -yhteisön tekijöitä ei voida kontrolloida eikä osata välttämättä edes mitata. Erinäiset työtyytyväisyystekijät vaikuttavat suorituskykyyn huomattavasti enemmän kuin ääniympäristö. Näistä mainittakoon tässä työpaine, motivaatio, suhdanteet ja johtaminen.

On selvää, että malli tulisi validoida paremmin sekä laboratorio- että kenttäkokein. Käynnissä on interventiotutkimuksia, joilla saadaan tietoa koettujen ääniolosuhteiden muutoksista, kun toimistossa on tehty huoneakustinen parannus. Venetjoen ym. (2006) laboratoriotutkimukselle on myös tiedossa jatkotutkimus. Jatkossa käytettävien tehtävien tulisi kattaa paremmin oleelliset kognitiiviset prosessit, joita toimistotyössä tarvitaan. Lisäksi koe aiotaan suorittaa todellisessa toimistoympäristössä. Tavoitteena on löytää suorituskyvyn riippuvuus tarkemmin *STI*-alueelta 0.20 - 0.60, jossa *STI*:n pienikin muutos on drastinen. Sama *STI*-alue on myös tärkein avotoimistojen huoneakustisen suunnittelun tavoitetasojen asettamisen kannalta sillä

Työterveyslaitoksen Suomessa tekemien kenttätutkimusten mukaan *STI* on vierekkäisten työpisteiden välillä vaihdellut välillä 0.55 - 0.90 ja tyypillisimmin välillä 0.60-0.70. [8,9] Laboratoriotutkimusten mukaan on mahdollista saavuttaa *STI*<0.50. [10]

KIITOKSET

Tutkimukset on toteutettu hankkeissa Tuottava Toimisto 2005 (2001-2004) ja MAKSI (Mallinnettu ja koettu sisäympäristö, 2005-2008). Hankkeita rahoittivat Tekes, Työterveyslaitos, Työsuojelurahasto ja useat yritykset.

KIRJALLISUUS

1. Venetjoki N, Kaarlela-Tuomaala A, Keskinen E, Hongisto V, The effect of speech and speech intelligibility on task performance, *Ergonomics* 49(11) 1068–1091 2006.
2. Hongisto V, A model predicting the effect of speech of varying intelligibility on work performance, *Indoor Air* 15 458-468 2005.
3. Helenius R, Keskinen E, Haapakangas A, Hongisto V, Acoustic environment in Finnish offices - the summary of questionnaire studies, 19th International Congress on Acoustics, Madrid, Spain, Sept 2-7, 2007.
4. Takki T, Virta M, A Systematic Method for Improving Indoor Environment Quality through Occupant Satisfaction Surveys, The 9th REHVA World Congress, Clima 2007 10-14 June, Helsinki, Finland, 2007.
5. Helenius R, Hongisto V, The effect of acoustical improvement of an open-plan office on workers, Proceedings of Inter-Noise 2004, paper 674, Aug 21-25, Prague, Czech Republik, 2004.
6. Colle HA, Welsh A, Acoustic masking in primary memory, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* 15 17-31 1976.
7. Colle HA, Auditory encoding in visual short-term recall: effects of noise intensity and spatial location, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior* 19 722-735 1980.
8. Hongisto V, Keränen J, Larm P, Simple model for the acoustical design of open-plan offices, *acta acustica united with acustica*, 90 481-495 2004.
9. Virjonen P, Keränen J, Hongisto V, Determination of acoustical conditions in open plan offices, submitted for publication, *acta acustica united with acustica*, March 7, 2007.
10. Virjonen P, Keränen J, Helenius R, Hakala J, Hongisto V, Speech privacy between neighboring workstations in an open-plan office - a laboratory study, *acta acustica united with acustica*, accepted for publication, March, 2007.
11. SFS 5907:2004, Rakennusten akustinen luokitus, Suomen standardisoimisliitto r.y.
12. IEC 60268-16:2003 (E) Sound system equipment - Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index, Annex E, International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland.
13. Venetjoki N, Puheäänten vaikutus tehtäväsuoriutumiseen - laboratoriotutkimus, Turun yliopisto, pro gradu tutkielma, psykologian laitos, 2004.
14. Ellermeier W, Hellbrück J, Is level irrelevant in irrelevant speech? Effects of loudness, signal-to-noise ratio, and binaural unmasking, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(5) 1406-1414 1998.
15. Kaarlela A, Helenius R, Hongisto V, Keskinen E, Does office noise disturb work performance more in open-plan than in single room offices? a case study, In: XXVIII International Congress of Psychology, (abstract), Beijing, China, August 8-13, 2004.
16. Tuottava Toimisto 2005 loppuraportti, Toim. Seppänen O, luku 5, Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio, Raportti B77, Espoo, 2004.