



Työterveyslaitos



Turun yliopisto
University of Turku



TURKU AMK
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

Tieliikennemelun taajuusjakauman vaikutus unen laatuun

Valtteri Hongisto

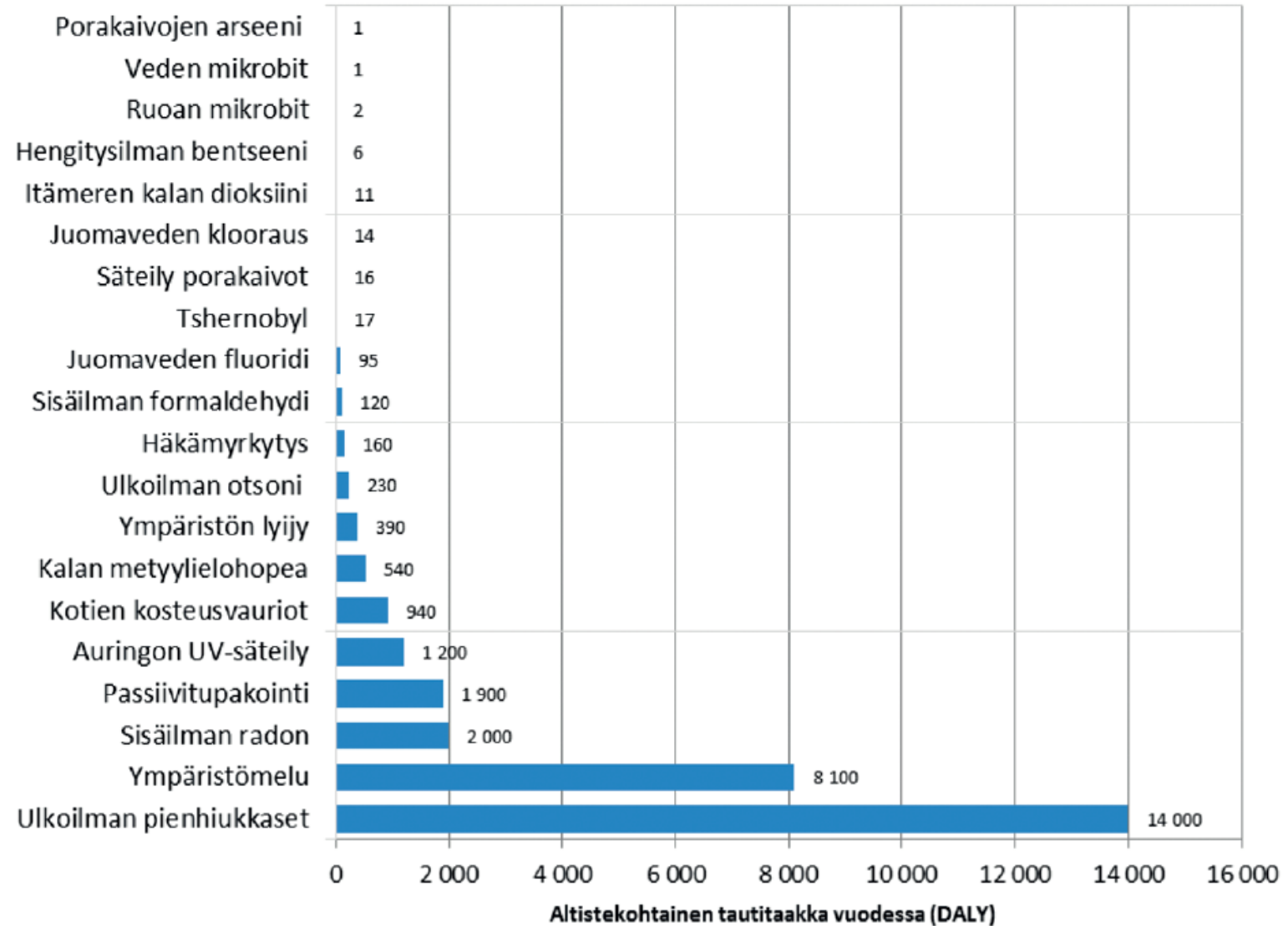
Työterveyslaitos, työskentelyoikeus
Turun ammattikorkeakoulu, tutkimusryhmän vetäjä
Turun yliopisto, ympäristöpsykologian dosentti
Aalto-yliopisto, rakennusakustiikan dosentti

valtteri.hongisto@turkuamk.fi +358 40 5851 888

14.3.2019 Helsinki, Sisäilmastoseminaari 2019

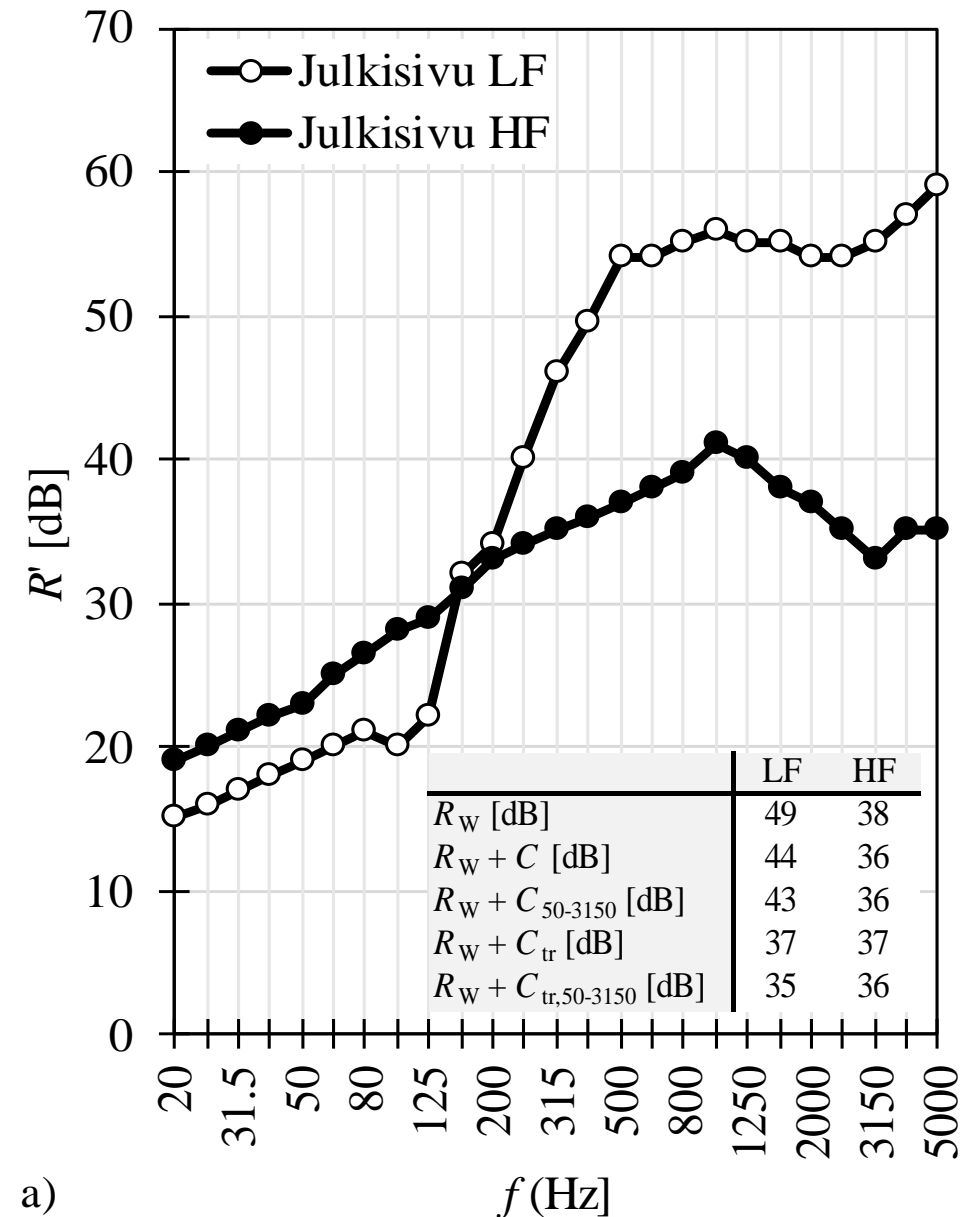
TAUSTA - Ympäristömelu

- Ympäristömelu on [1] mukaan pienhiukkasten jälkeen eniten tautitaakkaa lisäävä ympäristöhaitta asuinympäristöissä Suomessa.
- Melun haitalliset terveysvaikutukset ovat melun häiritsevyys ja unen häiriintyminen.
- Valtioneuvoston päätöksen (993/92) sisämelutason ohjearvo yöaikaan on 30 dB ja päiväaikaan 35 dB L_{Aeq} .
- Julkisivun ääneneristyskyky ($R_w + C_{tr}$) mitoitetaan ympäristöministeriön ohjeen (2003) mukaan niin, että päiväohjearvo 35 dB sisällä ei ylity.



TAUSTA – Melun taajuusjakauma

- Suuritaajuinen tasainen melu koetaan häiritsevämpänä kuin A-äänitasoltaan samanarvoinen pientaajuinen tasainen melu [1]
- Suuritaajuinen junan ohiajomelu aiheutti enemmän heräämisiä kuin A-äänitasoltaan samanarvoinen pientaajuinen ohiajomelu [2].
- Julkisivu on tärkein meluntorjuntakeino.
- Kuvassa on kaksi äänieristysspektriltään erilaista julkisivurakennetta. Ne ovat nimellisesti saman arvoisia ($R_w + C_{tr} = 37$ dB) ja niiden läpi asuinhuoneeseen kantautuva tiemelu tuottaa saman A-painotetun äänitason mutta ääni kuulostaa erilaiselta.
 - LF: korkeat äänet vaimeita, matalat äänet eivät
 - HF: matalat äänet vaimeita, korkeat äänet eivät



[1] Hongisto et al. (2015)

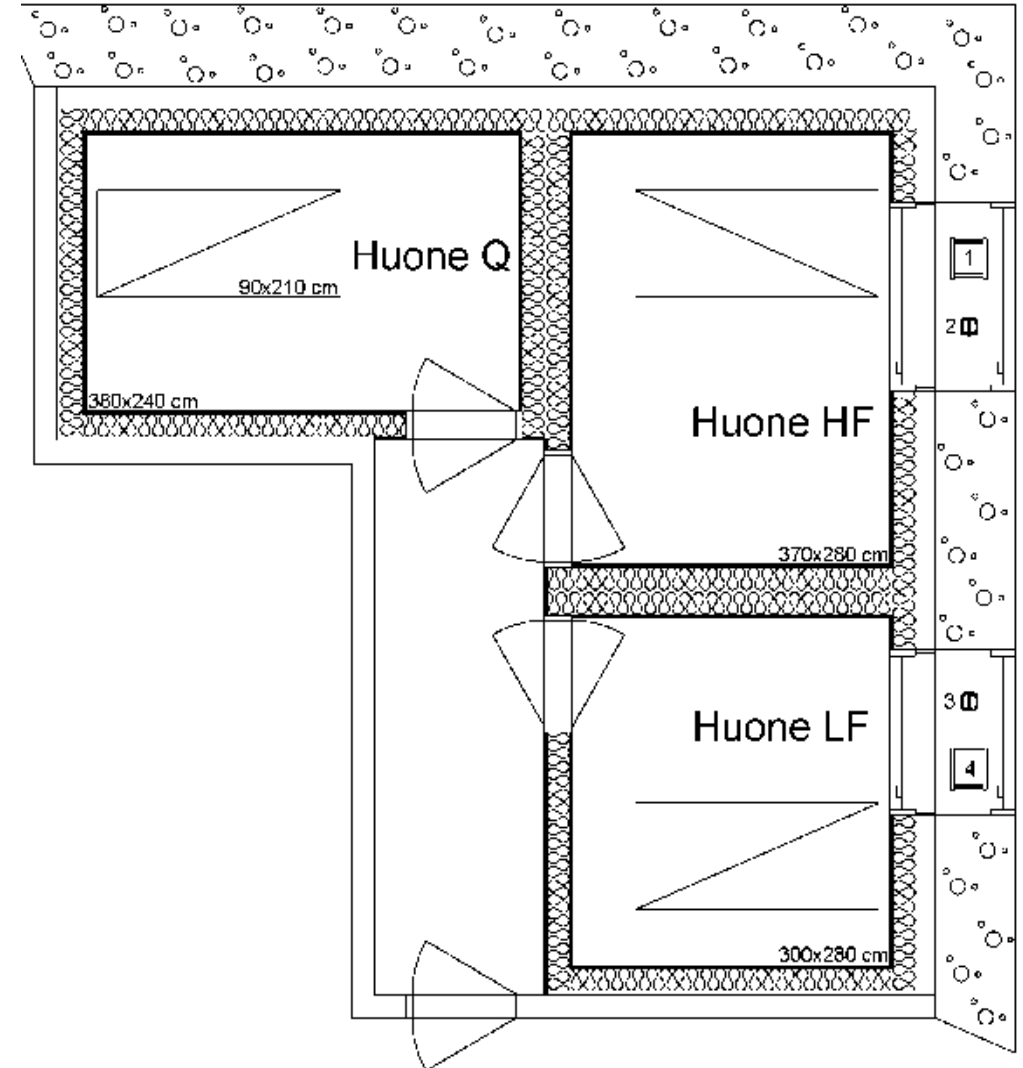
[2] Smith et al. (2019)

TAVOITE

- Tavoitteena oli tutkia sisätilaan kuuluvan tieliikennemelun taajuusjakauman vaikutusta unen laatuun sekä objektiivisin että subjektiivisin mittarein tarkasteltuna, kun tieliikennemelun keskiäänitaso on vakio 37 dB L_{Aeq} .
- Vertailukohtana oli hiljaisuus 17 dB L_{Aeq} .

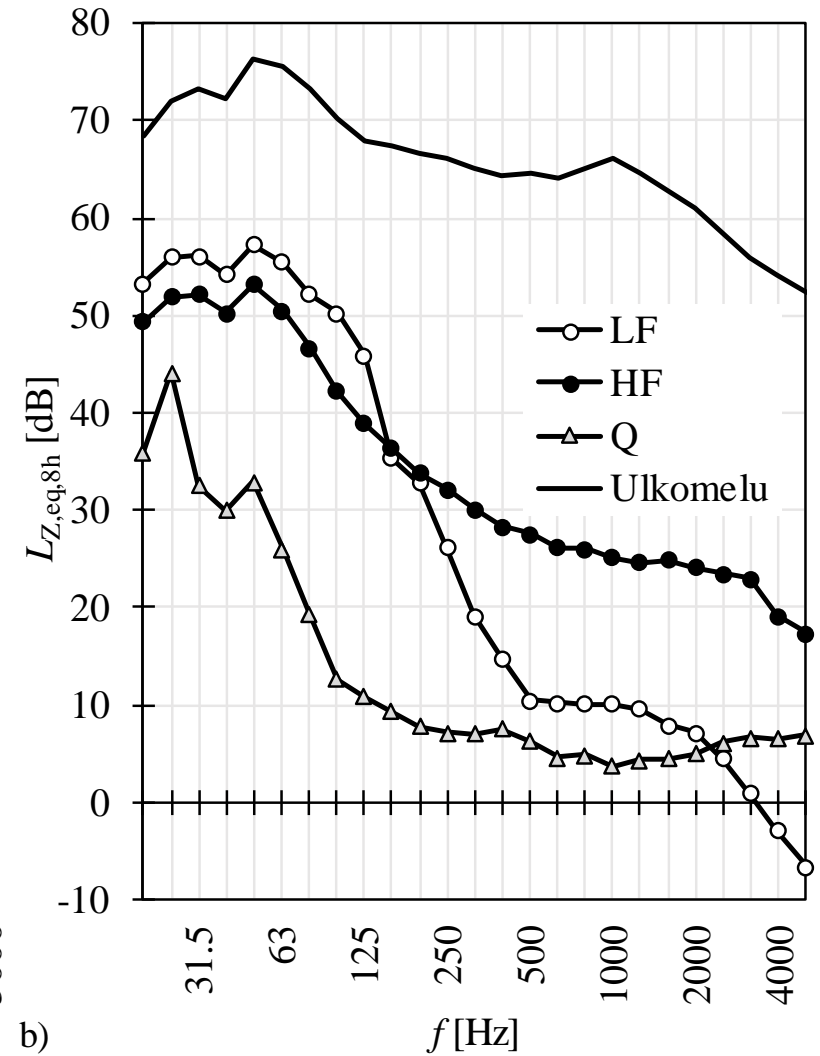
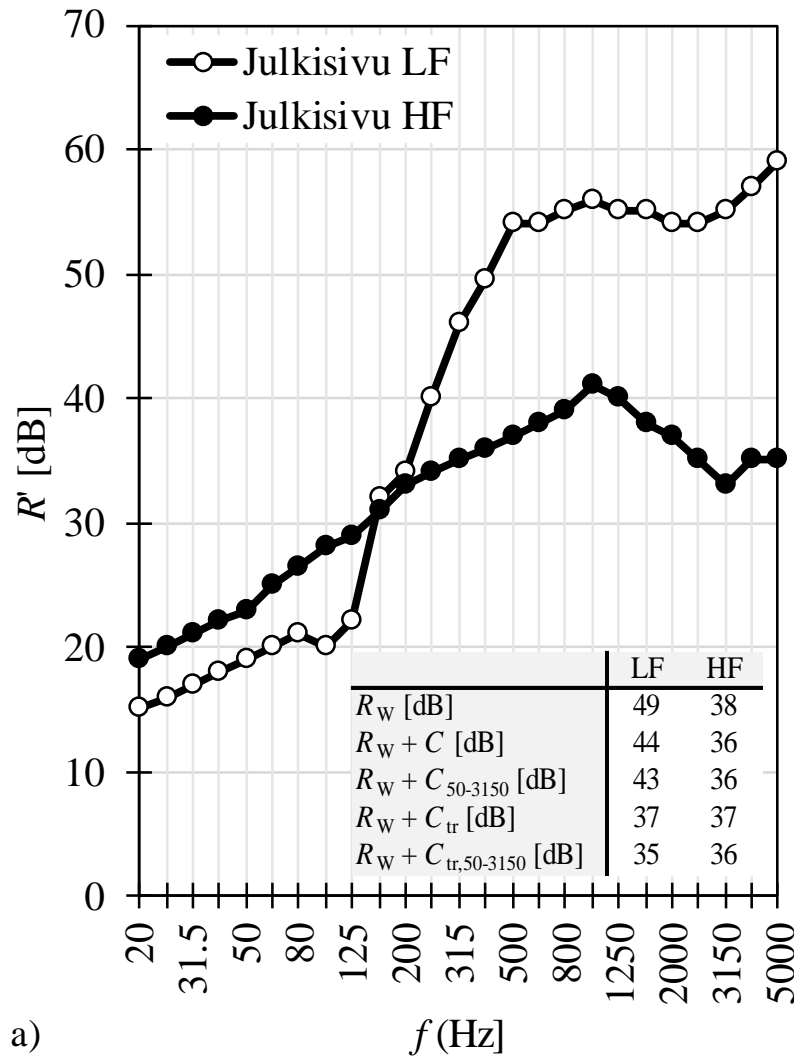
MENETELMÄT – Yleiskuvaus

- Tutkimussuunnitelma on HUS:n tutkimuseettisen toimikunnan puoltama
- 21 vapaaehtoista nukkui neljä yötä 23.00-07.00 Työterveyslaitoksen unilaboratoriossa
 - totutteluyö (ma-ti)
 - kolme varsinaista tutkimusyötä (ti-pe)
- Kolme **äänitilannetta**, joista kukin vietettiin laboratorion eri huoneissa
 - hiljaisuus, 17 dB $L_{Aeq,8h}$
 - äänitilanne LF, 37 dB $L_{Aeq,8h}$
 - äänitilanne HF, 37 dB $L_{Aeq,8h}$
- Altistusjärjestys äänitilanteille oli satunnainen.



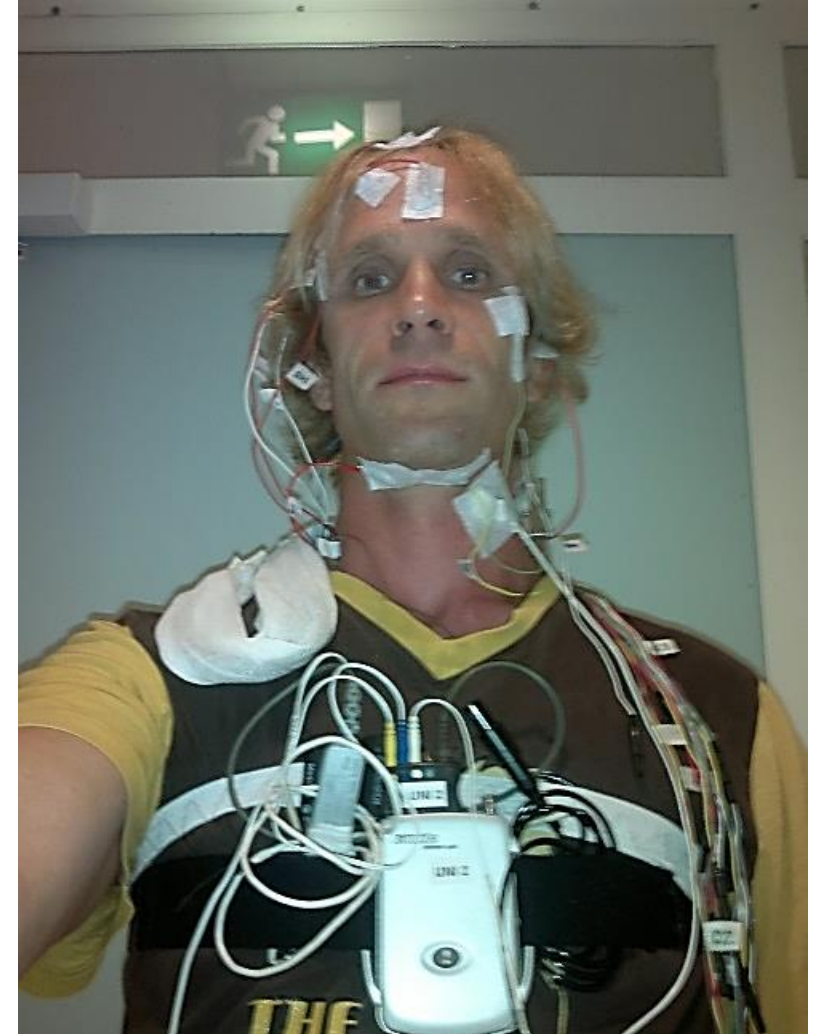
MENETELMÄT - Äänet

- Äänitilanteet LF ja HF luotiin siten, että nauhoitettiin melua kaupunkiristeyksessä ja ääni suodatettiin kahden äänieristysominaisuuksiltaan erilaisen julkisivurakenteen LF ja HF läpi.
- Kummankin rakenteen nimellisäänieristys oli sama ($R_w + C_{tr} = 37$ dB)
- Kummallakin rakenteella aikaansaatiin myös sama äänitaso (37 dB), mikä oli asetelman tavoitteena.
 - se, että seinän eristys ja melualtistuksen äänitaso ovat molemmat 37 dB on sattumaa



MENETELMÄT – Mitattavat muuttujat

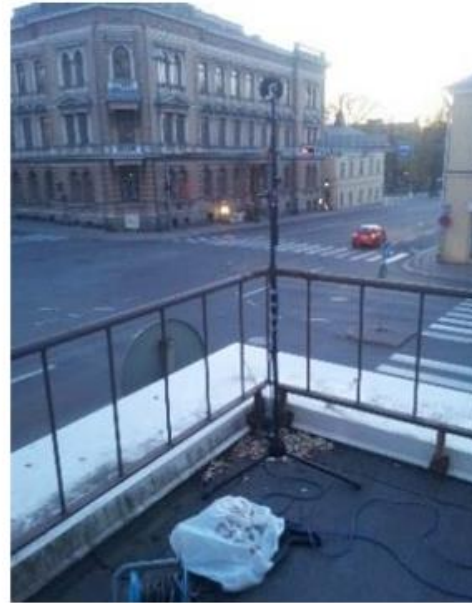
- **Objektiivisten** mittarien (polysomnografia) avulla kerättiin tietoa fysiologisista muutoksista yön aikana.
- Tutkittavilta mitattiin mm. aivosähkökäyrä (EEG), silmänliikkeet (EOG) ja lihastonius (EMG) univaiheiden luokittelua ja havahtumisindeksiä varten.
- Polysomnografian perusteella määriteltiin univaiheet 30 sekunnin jaksoissa eli epokeissa. Eri univaiheiden (REM, S1, S2 ja syvä uni) kestot muodostuvat näiden epokkien yhteenlasketuista kestoista.
- **Subjektivistä** kokemusta unen laadusta pyydettiin arvioimaan sekä aamuisin että iltaisin. Kyselyissä pyydettiin arvioimaan esim. vireyttä, kuormittuneisuutta, edellisen yön nukkumista, unen laatua ja nukkumista häirinneitä tekijöitä.
- Koska tutkimusasetelman arvioitiin paljastuvan tutkittaville kokonaisuutena vasta kokeen lopussa, tutkimusjakson jälkeen kysyttiin vielä erikseen, mikä nukutuista öistä oli unen kannalta häiritsevin (*retrospective*),
- Erot äänitilanteiden välillä katsottiin tilastollisesti merkitseväksi, kun $p < 0.05$ (toistettujen mittausten ANOVA).



a)



b)



c)



d)



a) Risteys, jossa tieliikenteen ääntä nauhoitettiin yöllä 8 tunnin ajan

b) Mikrofonin paikka risteyksessä

c) Unilabran huoneen HF valeikkunan taakse sijoitetut kaiuttimet

d) Unilaboratorion huone HF

TULOKSET – Objektiiviset mittarit

- Syvää unta nukuttiin äänitilanteissa LF ja HF merkitsevästi vähemmän kuin äänitilanteessa Q.
 - Äänitilanteet LF ja HF eivät kuitenkaan eronneet toisistaan merkitsevästi parivertailujen perusteella
- Äänitilanteilla ei ollut vaikutusta muihin objektiivisiin mittareihin.

Taulukko 1. Objektiiivisten unimittausten tulokset. M on keskiarvo ja SD on keskihajonta. Äänitilanteet erosivat toisistaan merkitsevästi, jos p-arvoon on merkitty *.

Muuttuja	Äänitilanne			p
	LF	HF	Q	
	M (SD)	M (SD)	M (SD)	
<i>Sängyssäoloaika [min]</i>	480	480	480	
<i>Unen kesto [min]</i>	448 (17)	449 (17)	453 (22)	0.43
<i>Nukahtamiseen kulunut aika [min]</i>	14 (13)	13 (10)	13 (11)	0.55
<i>NREM S1-vaiheen kesto [min]</i>	29 (14)	32 (17)	27 (13)	0.80
<i>NREM S2-vaiheen kesto [min]</i>	228 (28)	225 (28)	218 (43)	0.31
<i>Syvän unen kesto [min]</i>	87 (31)	89 (25)	97 (27)	0.01*
<i>REM-vaiheen kesto [min]</i>	104 (25)	104 (24)	111 (27)	0.50
<i>Heräämisten lukumäärä</i>	49 (23)	54 (24)	47 (25)	0.16
<i>Yöllinen hereilläoloaika [min]</i>	19 (16)	18 (13)	15 (17)	0.55

NREM unen tasot: N1 (torke) ja N2 (kevyt uni) ja syväuni. REM on vilkeuni.

TULOKSET – Subjektiiiviset mittarit 1

Taulukko 2. Unen laatua koskevien kyselyiden tulokset.

- Äänitilanteissa LF ja HF unen laatu oli hiljaisuutta Q heikompi usealla subjektiivisella mittarilla.
- Äänitilanteet LF ja HF eivät parivertailujen perusteella eronneet toisistaan millään subjektiivisella mittarilla.

Muuttuja	Äänitilanne			<i>p</i>
	LF M (SD)	HF M (SD)	Q M (SD)	
<i>Tyytyväisyys uneen</i> ^a	0.1 (1.1)	0.3 (1.0)	1.0 (1.0)	0.02
<i>Nukahtamisvaikeudet</i> ^b	2.1 (1.1)	1.9 (1.1)	1.5 (0.9)	0.01
<i>Univaikeudet</i> ^b	2.2 (1.0)	2.1 (1.1)	1.6 (1.0)	0.01
<i>Palautuminen</i> ^b	3.2 (1.0)	3.2 (0.9)	3.5 (1.2)	0.29

Vastausasteikot

^a -2 Erittäin tyytymätön, +2 Erittäin tyytyväinen

^b 1 Ei lainkaan, 5 Erittäin paljon.

TULOKSET – Subjektiiiviset mittarit 2

- Muilla ympäristötekijöillä kuin tieliikennemelulla ei raportoitu olevan unihaittoja.
- Totutteluyö vastasi tarkoitustaan.

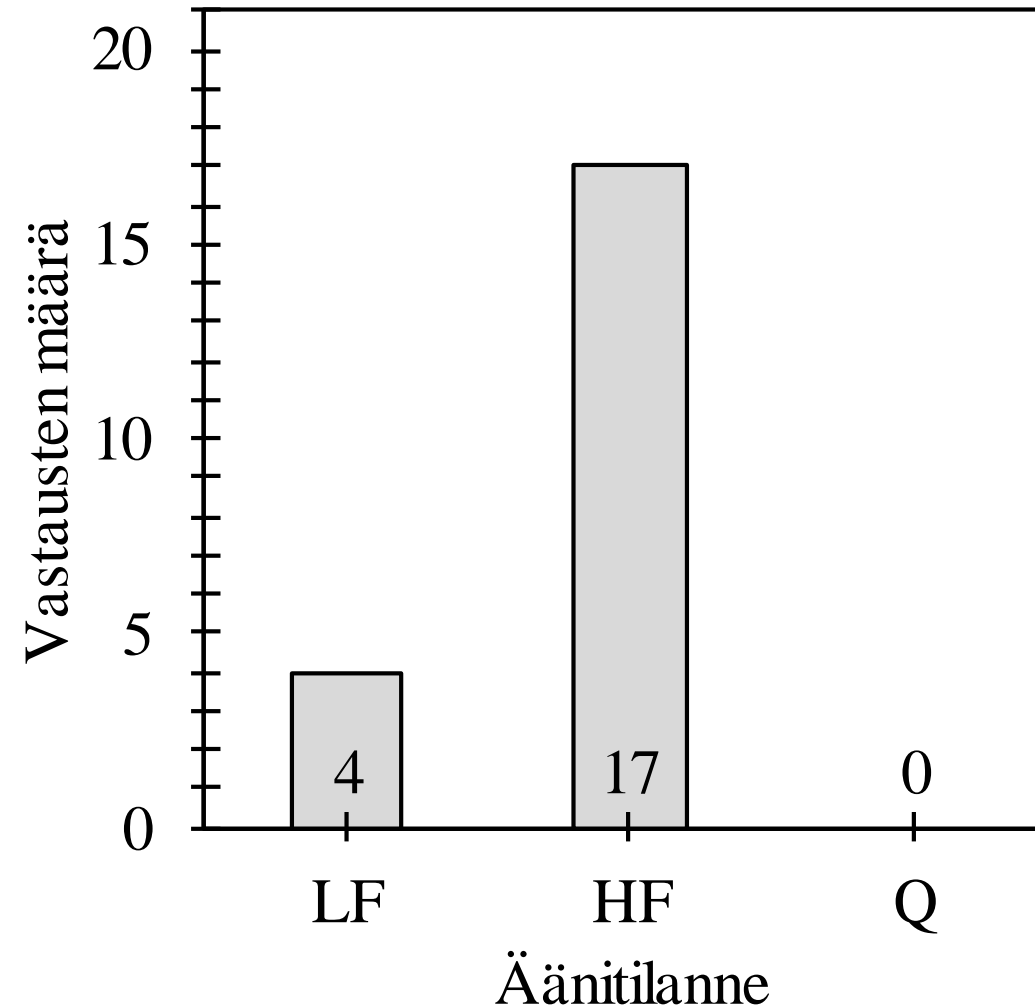
Taulukko 3. Eri ympäristötekijöiden aiheuttama unihaitta totutteluyön ja koeöitä vastaavien äänitilanteiden (LF, HF ja Q) jälkeen tehdyn kyselyn perusteella.

Tekijä	Totutteluyö M (SD)	Äänitilanne		
		LF M (SD)	HF M (SD)	Q M (SD)
<i>Tieliikennemelu***</i>	1.2 (0.5)	2.5 (1.2)	2.8 (1.1)	1.1 (0.2)
<i>Hiljaisuus</i>	1.9 (1.3)	1.0 (0.0)	1.0 (0.0)	1.2 (0.5)
<i>Kylmä</i>	1.9 (0.9)	1.4 (0.7)	1.6 (0.9)	1.3 (0.7)
<i>Kuuma</i>	1.8 (1.0)	1.4 (0.7)	1.3 (0.6)	1.2 (0.5)
<i>Sängyn laatu</i>	1.1 (0.3)	1.1 (0.3)	1.1 (0.5)	1.1 (0.5)
<i>Kehooni kiinnitetyt laitteet</i>	2.8 (1.0)	1.1 (0.3)	1.2 (0.5)	1.2 (0.5)
<i>Pimeys</i>	1.5 (1.2)	1.1 (0.4)	1.1 (0.2)	1.2 (0.6)
<i>Vieras paikka</i>	2.5 (1.2)	1.3 (0.5)	1.3 (0.6)	1.4 (0.7)
<i>Valvontakamera</i>	1.5 (0.9)	1.3 (0.7)	1.1 (0.5)	1.2 (0.5)

*** Tilastollisesti merkitsevä ero äänitilanteiden LF, HF ja Q välillä ($p < 0.001$).

TULOKSET – Retrospektiivinen mittari

- Kokeen jälkeen 81 % tutkittavista arvioi äänitilanteen HF unen kannalta häiritsevimmäksi.
 - Kysyttiin erikseen sekä huonetta että yötä ja tulokset olivat kiistattomia
- Ero on tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0.001$).



JOHTOPÄÄTÖKSET

- Tasolla 37 dB L_{Aeq} esitetty yöaikainen tieliikennemelu (LF ja HF) oli hiljaisuuteen (17 dB) nähden haitallinen unen laadulle sekä objektiivisilla mittareilla (syvän unen määrä) että subjektiivisilla mittareilla mitattuna.
- Taajuusjakaumalla (LF tai HF) ei kuitenkaan havaittu eroja.
- Koko koejakson jälkeen toteutettu **retrospektiivinen** kysely kuitenkin antoi toisen kuvan kokonaisuudesta: äänitilanne HF oli unen laadun kannalta merkitsevästi häiritsevämpi kuin äänitilanne LF.
- Tämä oli ensimmäinen tiemelun spektriä ja kokonaista yötä koskeva unitutkimus. Tulos vahvistaa aiempaa junan ohiajomelututkimusta [1].
- Jatkotutkimuksia tarvitaan. Suurempi tutkittavien määrä olisi eduksi.
- Jos korkeataajuinen melu vaikuttaa uneen, julkisivurakenteita valittaessa tulisi kiinnittää huomiota myös korkeiden taajuuksien ääneneristyskykyyn eikä pelkästään $R_w + C_{tr}$ arvoon.
- Tutkimusta koskeva käsikirjoitus on arvioitavana kansainvälisessä tieteellisessä lehdessä [2].

[1] Smith et al. (2019)

[2] Myllyntausta et al. (2019)

KIITOKSET

- Artikkelin laadittiin Turun ammattikorkeakoulun ja Turun yliopiston toimesta.
- Tutkimusaineisto perustuu ÄKK - tutkimusprojektiin, jonka rahoittivat Tekes, Työterveyslaitos, Turun yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto, ympäristöministeriö ja useat yritykset.
- Kiitämme mukana olleita tutkijoita, tutkittavia ja unilaboratorion henkilökuntaa.