



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Kristiina Liuska

Meluttoman tauon vaikutus työntekijän palautumiseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinöörityö

28.5.2019

Tekijä Otsikko	Kristiina Liuska Meluttoman tauon vaikutus työntekijän palautumiseen
Sivumäärä Aika	35 sivua + liite 28.5.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	bio- ja elintarviketekniikka
Ammatillinen pääaine	biotekniikka
Ohjaajat	lehtori Hannu Turunen työsuojeluvaltuutettu Seppo Kiiskinen
<p>Insinööriyössä selvitettiin, vaikuttaako työpaikan taukojen meluärsykkeiden poistaminen työssä palautumiseen. Vertailukohteena oli tauko, jossa meluärsykeitä ei ollut poistettu. Palautumisen mittareina käytettiin verenpainetta ja sykettä sekä subjektiivista kokemusta hiljaisesta tauosta. Tutkimukseen osallistui 9 työntekijää. Heidän verenpaineensa ja sykkeensä mitattiin ennen ja jälkeen melussa vietettyä ja melutonta taukoa. Työntekijät vastasivat kysymyslomakkeen kysymyksiin meluttoman tauon jälkeen.</p> <p>Lisäksi työtilan melua mitattiin melumittarilla. Mittauksessa selvitettiin ekvivalentti äänitasoa A-painotuksella L_{Aeq}. Melun vaihtelua mitattiin nopealla aikavakiolla L_{AFp} ja kovia, iskumaisia ääniä impulssiaikavakiolla L_{CImax}. Mittausjaksot olivat noin 2 minuutin pituisia otteita erilaisista päivittäin toistuvista melujaksoista.</p> <p>Meluttomilla tauoilla havaittiin olevan selkeä palauttava vaikutus toisin kuin melussa vietetyillä tauoilla. Palautumisen mittausvälineet, verenpainemittari ja kyselykaavake, osoittautuivat tutkimuksissa tarkoituksenmukaisiksi. Meluarvot työpisteessä olivat korkeat, mutta eivät ylittäneet ohjearvoja.</p> <p>Insinööriyön tavoite oli myös edistää työssäjaksamista ja työntekijöiden kiinnostusta omaan terveyteen ja sen ylläpitoon. Kyselyn ja mittausten tarkoituksena oli kiinnittää huomio näihin asioihin. Jotta oltaisiin nähty, päästiinkö näihin tavoitteisiin, olisi tarvittu lisätutkimus, jossa edistymistä oltaisiin seurattu pidempään.</p> <p>Tuloksia voidaan hyödyntää esimerkiksi työterveyshuollon tekemissä melumittauksissa. Äänitasomittauksia voitaisiin täydentää ottamalla rinnalle työntekijöille tehtävät fysiologiset mittaukset. Myös uusia työntekijöiden palautumista edistäviä projekteja voidaan ideoida ja kehittää hyödyntämällä tämän insinööriyön tuloksia.</p>	
Avainsanat	melu, palautuminen, verenpaine, syke, tauko

Author Title	Kristiina Liuska Influence of noiseless rest break on employee recovery
Number of Pages Date	35 pages + appendix 28 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Food Engineering
Professional Major	Biotechnology
Instructors	Hannu Turunen, Lecturer Seppo Kiiskinen, Occupational safety representative, Avarn Security Ltd
<p>The purpose of this study was to examine if noise reduction during a rest break has an influence on employee recovery. A rest break without noise reduction was used as baseline. Blood pressure, pulse and subjective experience of silent rest break were used as measurements of recovery. Nine employees took part in the study. Their blood pressure and pulse were measured before and after noisy and noiseless rest breaks. They filled in the questionnaire after the silent rest break.</p> <p>Furthermore, noise in the workspace was measured with a sound level meter. Equivalent continuous sound level was measured with A-weighting (L_{Aeq}). Variance of noise was measured with Fast time constant (L_{AFp}). In addition, loud impulsive noises were measured with impulse time weight (L_{CImax}). The measurement periods lasted approximately two minutes and targeted different daily repeated noise occurrences.</p> <p>A silent rest break was found to have a clear restorative impact opposite to a noisy rest break. Blood pressure monitor and questionnaire were successful as measurement tools. Noise rates in the workspace were high but did not exceed guideline values.</p> <p>A further aim of this study was to promote coping at work and to alert the employees to the need of focussing on their health and to maintaining good health at work. Thus, one purpose of the questionnaire and the measurements was to focus attention on these issues. Long-term observation would be needed to show if this aim was met.</p> <p>Findings from this study can be used for example in occupational health care. Measuring noise levels with a sound level meter could be complemented by measuring also the physiological effects of noise on employees. The results can also be used to ideate and create new projects to promote employee recovery.</p>	
Keywords	noise, recovery, blood pressure, pulse, rest break

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Teoria	2
2.1	Ääni	2
2.2	Melu	8
2.3	Melun mittaaminen	10
2.4	Melu ja työsuojelu	11
2.5	Korva ja kuulo	12
2.6	Verenpaine ja syke	16
3	Melun vaikutus ihmiseen	18
4	Mittaus suunnitelma	20
4.1	Mittausvälineet	21
4.1.1	Äänitasomittari	21
4.1.2	Verenpainemittari	21
4.2	Kyselykaavake	21
4.3	Kuulonsuojaimet	21
5	Toteutus ja tulokset	22
5.1	Verenpaineen ja sykkeen mittausosio sekä kyselykaavake	22
5.2	Melumittausosio	29
6	Pohdinta	34
	Lähteet	36
	Liitteet	
	Liite 1. Kyselykaavake	

Lyhenteet

bpm	beats per minute, lyöntiä per minuutti
dB	kymmenesosa Beli, desibeli
DVP	diastolinen paine, alapaine
L _{Aeq}	Keskiäänitaso (ekvivalenttitaso, A-äänitaso). Keskiäänitaso vastaa jatkuvaa vakioäänitasoa, mittausjakson tehollista keskiarvoa.
L _{AFp}	Fast (nopea) aikavakio A-painotuksella
L _{CImax}	enimmäisäänitaso Impulse (impulssi) aikavakiolla
mmHg	elohopeamillimetri, valtimopaineen mittayksikkö
SLP	sound pressure level, äänitaso, äänenpainotaso
SVP	systolinen paine, yläpaine
THL	Terveyden ja hyvinvoinnin laitos

1 Johdanto

Työssäjaksaminen on asia, joka huolestuttaa viimeistään siinä vaiheessa, kun työvuo-
sia on takana ruhtinaallinen määrä. Silti työuran pitäisi jatkua vielä kauas tulevaisuu-
teen. Työ tuntuu muuttuvan entistä kiireisemmäksi ja vaativammaksi. Taukojen pitämi-
nen jää toissijaiseksi, ja työvuoron jälkeen puhti on täysin poissa. Voisiko tilanteelle
tehdä itse jotain? Tai voisiko työpisteessä saada aikaan myönteisiä muutoksia?

Työhön liittyy olennaisena osana tietty määrä stressiä. Jos stressi on hallittavissa ja
kestää vain tietyn määrääjän, niin työntekijällä on mahdollisuus kokea haastavat tilan-
teet positiivisina ja niiden väistyttyä palautua sekä fyysisesti että psyykkisesti. Sen si-
jaan hallitsematon ja jatkuva stressi vaikuttaa työntekijään negatiivisesti eikä palautu-
mista pääse tapahtumaan. Monesti sen vaikutukset alkavat näkyä työntekijän lisäksi
myös työympäristössä sekä sen ulkopuolella. Ihminen pystyy mahdollisesti tunnistaa-
maan joitakin stressiä aiheuttavia tekijöitä, mutta ei silti välttämättä kykene poistamaan
tai vähentämään niitä. Saatetaan myös ajatella, että stressitekijät kuuluvat olennaisena
osana työhön ja niiden kanssa tulee vain selvitä. Työhyvinvoinnin ylläpitoon ja seuraa-
miseen on olemassa paljon tietoa ja taitoa sekä mahdollisuuksia vaikuttaa. Siitä huoli-
matta toteutus saattaa jäädä puolitiehen, tai ongelmiin ei jostakin syystä jakseta, uskal-
leta taikka osata puuttua.

Työntekijät saattavat tuoda esiin joitakin epäkohtia, joihin työnantajan oletetaan puuttu-
van. Melu on yksi näistä, johon voidaan yrittää vaikuttaa työterveyshuollon osalta. Työ-
pisteessä voidaan tehdä melumittauksia ja antaa niiden perusteella toimintaohjeita,
joilla voidaan suojata kuuloa. Melulle on olemassa säädetyt toiminta- ja raja-arvot, joilla
halutaan estää kuulovammoja. Jos näitä arvoja ei ylitetä, toimenpiteet melua koskien
eivät välttämättä johda oleellisiin tekoihin sen vähentämiseksi. Harvemmin huomioi-
daan, että melun haittavaikutukset ovat moninaiset ja raja-arvojen alittaminen ei vält-
tämättä poista melun haitallisuutta. Melun liittäminen ihmisessä ilmeneviin terveyson-
gelmiin voi olla vaikeaa, jos vaikutus ei ole välittömästi havaittavissa. Myös melulle
altistuva ei välttämättä havaitse melua eikä siten koe sitä vaaralliseksi, vaikka sillä oli-
sikin suoria tai välillisiä terveyshaittoja. Tästä johtuen on hyvä tarkastella melun muita
seurannaisvaikutuksia ja niiden merkitystä työhyvinvoinnissa. Voidaanko melun vaiku-
tusta työpaikoilla tutkia muilla mittareilla ja siten vaikuttaa melukuorman vähentämi-
seen.

Työterveydenhuollossa mitataan työntekijöiden verenpainetta, minkä tarkoitus on vaikuttaa mm. verenkiertoelimistön sairauksiin ennaltaehkäisevästi. Monet tekijät johtavat verenpaineen kohoamiseen, ja siksi olisi hyvä kiinnittää huomiota niihin asioihin, joihin voi itse vaikuttaa omilla valinnoillaan. Kiinnostus näihin kahteen tekijään, meluun ja korkeaan verenpaineeseen, liittyvät työympäristöön, jossa tehdään sekä fyysisesti että psyykkisesti vaativaa vuorotyötä. Jo pitkään samalla-alalla olleet työntekijät saattavat huomata, mitä työn riskitekijät voivat pahimmillaan aiheuttaa työntekijöiden terveydelle ja työssäjaksamiselle, kun taas uusille ja nuorille työntekijöille riskitekijöistä huolehtiminen saattaa tuntua asialta, joka ei vielä koske heitä.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia, voidaanko melun hetkellisellä poistamisella saada aikaan työntekijän terveyttä edistävää palautumista. Mittaukset tehdään Avarn Security Oy:n työntekijöille, jotka työskentelevät yritysasiakkaan työpisteessä. Työpisteen melumäärää mitataan desibelimittarilla ja työntekijöiden palautumista verenpainemittarilla sekä kyselykaavakkeen kysymyksillä. Tarkoitus on vertailla, onko meluärsykkeiden poistamisella tauon aikana vaikutusta verenpaineen ja sykkeen laskuun, kun sitä verrataan työntekijän aiemmin viettämään taukoon, jossa meluärsykeitä ei ole karsittu. Meluttoman tauon jälkeen työntekijä täyttää kyselykaavakkeen, jossa kartoitetaan tietoja ja tuntemuksia, jotka koskevat melun havainnointia, omaa verenpainetta ja sykettä sekä tähänastista tapaa käyttää taukoon varattu aika. Tavoitteena on lisäksi, että työntekijät tulisivat mittausten jälkeen kiinnittämään enemmän huomiota omaan terveyteen ja pysyisivät näkemään sen tuomat edut pitkällä tähtäimellä.

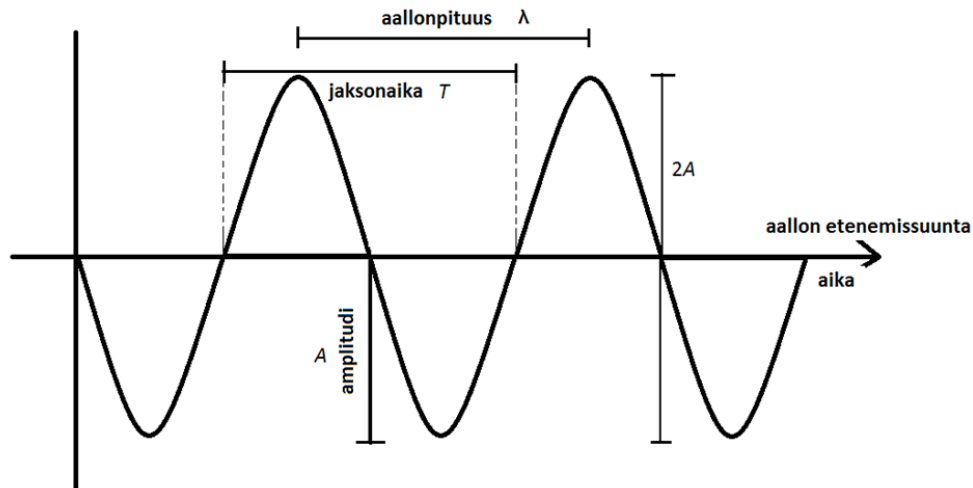
2 Teoria

2.1 Ääni

Ääni on mekaanista aaltoliikettä, joka tarvitsee edetäkseen väliaineen. Tämän perusteella ääni ei etene tyhjiössä. Ääniaallot liikkuvat kaasuissa, nesteissä ja kiinteissä aineissa, jolloin atomien ja molekyylien värähtely vie liikettä eteenpäin. Ääniaalloissa pätevät aalto-oppien lainalaisuudet, joten ääniaaltojen perusyhtälö (kaava 1) on

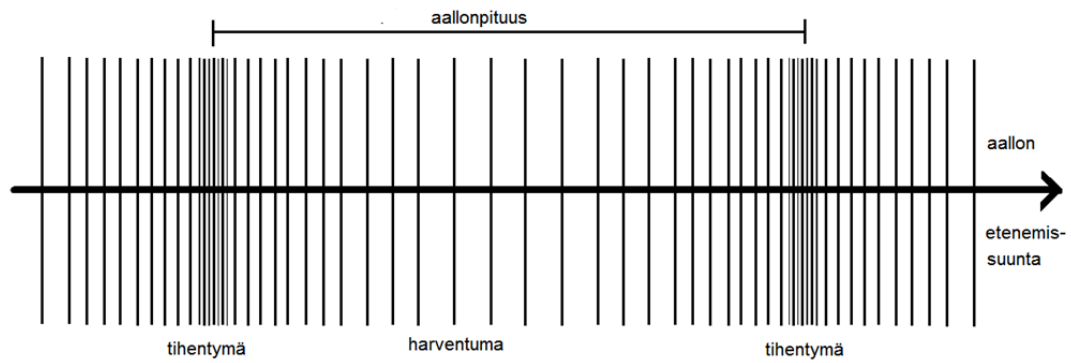
$$v = f\lambda, \quad (1)$$

jossa v on äänen nopeus (m/s), f on taajuus (Hz) ja λ on aallonpituus (m). Kaasuissa ja nesteissä ääniaallot etenevät pelkästään pitkittäisenä aaltoliikkeenä ja kiinteissä pitkittäisen lisäksi poikittaisena. (Lehto ym. 2005: 193–194; Eskola ym. 2006: 26–32.)



Kuva 1. Aaltoliikkeen mittasuureita poikittaisessa aallossa. (Lehto ym. 2005: 159; Eskola ym. 2006: 10.)

Poikittaisessa aaltoliikkeessä (kuva 1) värähtely etenee kohtisuoraan etenemissuuntaa vastaan. Amplitudi tarkoittaa aallon huipun etäisyyttä tasapainosta. Sen symboli on A . Aaltojen harjan ja pohjan välimatka on $2A$. Aallon liikettä tietyistä vaiheesta takaisin samaan vaiheeseen kutsutaan värähdykseksi eli jaksoksi. Värähdysaika eli jaksonaika T on yhden värähdyksen etenemisaika. Taajuus eli frekvenssi on värähdysten määrä sekunnin aikana. Sen yksikkö on hertsi (Hz) eli jaksonajan käänteisarvo $1/T = 1/s = 1 \text{ Hz}$. Aallonpituus (λ) on poikittaisessa aaltoliikkeessä kahden saman vaiheisen värähtelijän välimatka esimerkiksi aallon huipusta seuraavaan huippuun.



Kuva 2. Pitkittäinen aaltoliike. (Lehto ym. 2005: 167.)

Pitkittäisessä aaltoliikkeessä värähtely etenee kierrejousen liikkeen lailla tihentyen ja harventuen aallon etenemissuuntaan. Aallonpituus on matka tihentymästä toiseen tihentymään. Taajuus lasketaan tihentymien lukumäärällä sekunnissa (kuva 2). (Lehto ym. 2005: 159, 167; Eskola ym. 2006: 10.)

Jos rintama kohtaa esteen, aallot heijastuvat tai taittuvat rajapinnasta taikka imeytyvät sen läpi. Lämpötilalla ja aineen tiheydellä on merkitystä aaltojen etenemisnopeuteen.

Taulukko 1. Äänen nopeus väliaineessa. (Aaltoliike ja Valo-oppi 2018.)

Väliaine		° C	Nopeus m/s
Kaasut	ilma	-40	307
		-20	319
		0	331,4
		20	343
		40	354
		60	365
Neste	vesi	0	1403
		20	1484
		40	1529
		60	1540
		80	1555
		100	1543
Kiinteä	alumiini	20	5080
	kupari	20	3800
	lyijy	20	1200
	rauta/teräs	20	5100
	betoni	20	1190
	graniitti	20	4000
	lasi, pii	20	4000
	puu	20	3500
	tiili	20	3650

Ilman ja veden lämpötilan nousu nopeuttaa äänen etenemistä. Nesteissä ja kiinteissä aineissa äänen nopeus on korkeampi kuin kaasuissa johtuen niiden suuremmasta aineitiheydestä (taulukko1). (Jauhiainen 2008: 11.)

Ääni etenee äänilähteestä painerintamana. Äänenpaineen mittayksikkönä käytetään Pascalia (Pa), joka kuvaa voimaa (N) pinta-alaa (m²) kohden (Pa = N/m²). Kuuloalueen äänenpaineen arvot voivat vaihdella 20 µPa:n ja 60 Pa:n välillä. (Eskola ym. 2006: 64.)

Ääniaallot kuljettavat mukanaan energiaa, joka leviää edetessään ääniaaltojen mukana. Tehoa, jolla äänienergia läpäisee sitä kohtisuoraan olevan pinta-alan, kutsutaan intensiteetiksi. Kaavassa 2 intensiteetti (I) kuvaa energian (E) etenemisen nopeutta ajassa (t) kohtisuoraan pinta-alaa (A) kohti eli teho (P) pinta-alaa kohti (W/m²) on äänen intensiteetti. (Peltonen ym. 2018:135–136.)

$$I = \frac{E}{At} = \frac{P}{A} \quad (2)$$

Pistemäisestä äänilähteestä pallomaisena painerintamana etenevän äänen intensiteetti voidaan laskea sen lähtökohdan etäisyyden eli lähtöpisteestä mitatun säteen (r) avulla (kaava 3). Tällöin pinta-ala vastaa pallon pinta-alaa.

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (3)$$

Mitä suuremmaksi säteen arvo kasvaa, sitä pienemmäksi intensiteetti muuttuu. Tämä voidaan havaita käytännössä siten, että ääni vaimenee edetessään äänilähteestä. (Eskola ym. 2006: 64–65.)

Ihmisen kuulokynnystä vastaa intensiteettiarvo 10^{-12} W/m^2 ja kuulon kipurajan intensiteettiarvo on noin 1 W/m^2 . Näiden välille jäävä suhdeasteikko on 10^{12} , joten intensiteettiarvot ja niiden väliset vaihtelut ovat epäkäytännöllisen suuria. Myös kuullun äänen voimakkuutta ei voida mitata intensiteetillä, koska kuuloaisti toimii logaritmisesti. Näistä syistä johtuen äänen voimakkuuden suurena käytetään intensiteettitasoa (L), jonka yksikkö on desibeli (dB). Desibeli on kymmenesosa Belistä (B).

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0} \text{ dB} \quad (4)$$

Kaavassa 4 äänen intensiteettitaso (L_I) on 10 kerrottuna mitatun intensiteetin (I) suhde kuulokynnyksen intensiteettiarvon 10^{-12} W/m^2 (I_0) kymmenkantaiseen logaritmiin.

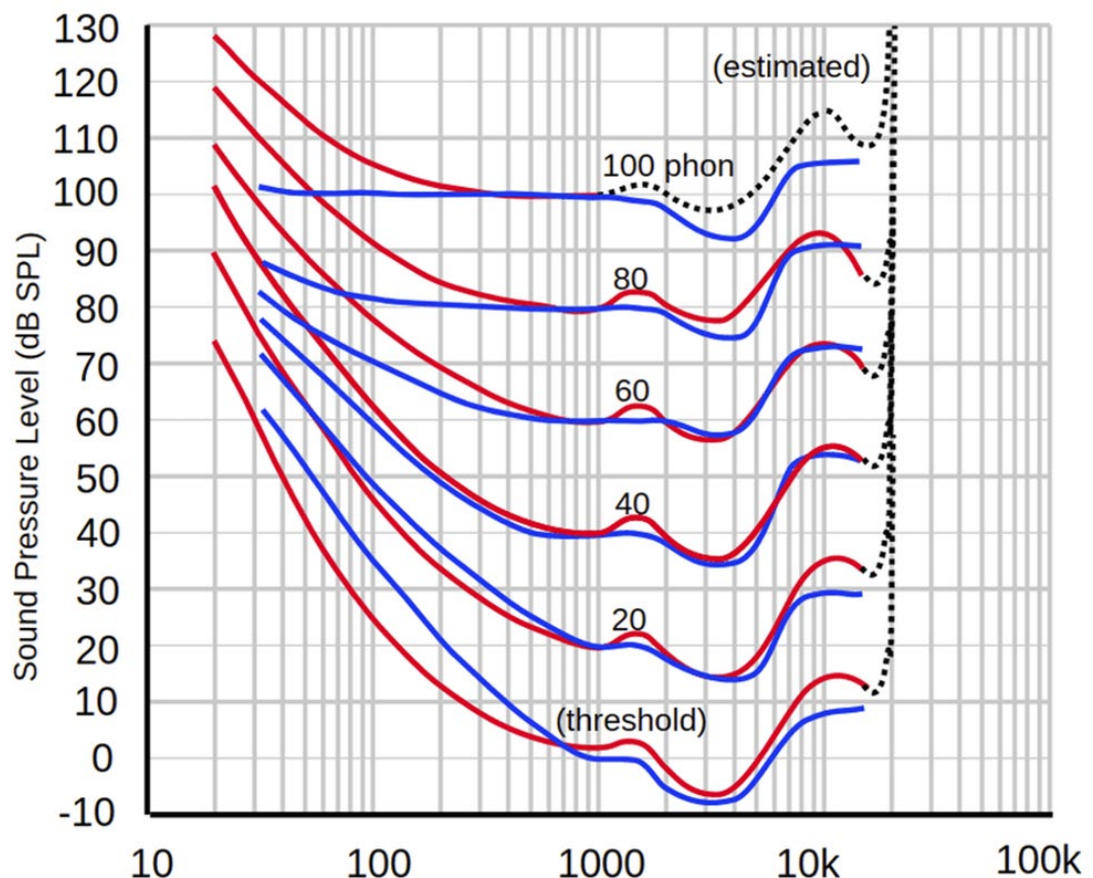
Intensiteettitason käytön periaatteita ja kaavaa soveltaen voidaan laskea myös äänenpainetaso (sound pressure level, SPL), jossa vertaillaan mitatun äänenpaineen tehollista arvoa (p) kuulokynnystä vastaavaan äänenpaineen teholliseen arvoon (p_0) (kaava 5).

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0} \text{ dB} \quad (5)$$

Kaavassa 5 äänenpainetason (L_p) p tarkoittaa tehollista arvoa ja paineen kuulokynnystä vastaava tehollinen arvo (p_0) on $20 \mu\text{Pa}$:ia. (Heurlin 2015: 6; Jauhiainen 2008: 12, 284; Lehto ym. 2005: 210; Peltonen ym. 2018: 135–140.)

Äänenpaineen lisäksi korva aistii äänen korkeudet eli taajuudet. Taajuus (Hz) tarkoittaa paineaaltojen lukumäärää sekunnissa, kuten kuvissa 1 ja 2 aiemmin esitettiin. Pieni

taajuusarvo vastaa matalaa ääntä ja suuri taajuusarvo korkea ääntä. Ihmisen kuuloalue on 20 Hz:n ja 20 kHz:n välillä. Näiden arvojen ulkopuolelle jäävät alle 20 Hz:n infräänet ja 20 kHz:n ylittävät ultraäänet, joita ihminen aistii heikosti tai ei ollenkaan. Iän myötä kyky kuulla korkeita ääniä heikkenee. Harvey Fletcher ja Wilden Munson tekivät vuonna 1933 ensimmäisen vakioäänekkyyssäyrästä, jossa kuvataan kuulon herkkyyttä eri taajuuksilla suhteessa äänen voimakkuuteen (kuva 3).



Kuva 3. Vakioäänekkyyssäyrästä (Tóth 2019).

Käyrästässä (kuva 3) on kuvattuna Fletcher-Munson -käyrästä sinisellä ja siitä korjattu, vuoden 2003 standardin ISO-226:n mukainen käyrästä, punaisella. Molempien käyrästäjen sisälle rajoittuu ihmisen kuuloalue. Kuulokynnys on 0 dB ja kipuraja 125 dB 1 kHz:n kohdalla. Kuulon herkkyyteen vaikuttavat eniten taajuuden muutokset. Keskelle 1 kHz:n kohdalle on merkitty kuuluvuustasot, joiden yksikkö on fooni. Niitä käytetään vertaamaan toisiinsa ääniä, joilla on eri taajuus. Tällöin muilla taajuuksilla äänenpainotason on oltava joko pienempi tai suurempi, jotta äänen voimakkuus kuuluttaisiin samantaisena kuin vertailutaajuus 1 kHz. (Äänipää 2005; Peltonen ym. 2018: 141–143; Jauhiainen 2008: 33–36.)

2.2 Melu

Terveiden ja hyvinvoinnin laitos määrittelee melun ei-toivotuksi ääneksi, joka on epämiellyttävää, häiritsevää, odottamatonta tai kuulolle haitallista (Melu 2019). Valtioneuvoston päätöksellä 993/1992 melulle on määritelty päivällä klo 07–22 ja yöllä klo 22–07 ulko- ja sisätiloissa olevat rajalliset ohjearvot (taulukko 2).

Taulukko 2. Valtioneuvoston päätöksellä 993/1992 annetut melun ohjearvot (Liikonen 2013: 14).

Valtioneuvoston päätöksellä 993/1992 annetut ohjearvot		
	L _{Aeq} enintään	
	Klo 07-22	Klo 22-07
Ulkona:		
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai Loma-asumiseen käytettävät alueet,	55 dB	45 - 50 dB
leirintäalueet, virkistysalueet taajamien	45dB	40 dB
Sisällä:		
Asuin-, potilas- ja majoitustilat	35 dB	30 dB
Opetus- ja kokoontumistilat	35 dB	
Liike- ja toimistohuoneistot	45 dB	

Ulkona ekvivalentti äänitason (L_{Aeq}) arvot ovat päivällä enimmillään 45–55 dB ja yöllä 40 dB–50 dB. Yöaikaan uusia asuinalueita koskee 45 dB:n ohjearvo. Yöaikaiset ohjearvot eivät koske luonnonsuojelualueita, joilla ei tehdä luonnon havainnointia öisin, eikä oppilaitoksia. Sisätiloissa tilan käyttötarkoituksesta riippuen keskiäänitason arvot ovat enimmillään päivällä 45 dB ja yöllä 30 dB. Tämä koskee myös ulkoa sisätiloihin kantautuvaa melua. Opetus- ja kokoontumistiloissa sekä liike- ja toimistohuoneistoissa on pelkästään päiväohjearvot (Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 993/1992 § 2–3).

Taulukko 3. Desibeliarvot ja aikarajat, joiden jälkeen kuulovaurioriskit ovat todennäköisiä (Vapaa-ajan melu 2019).

Kuulovaurion aikarajat	
Melutaso dB	Aika h
85	8
88	4
91	2
94	1
100	15
106	4 min
112	1 min
115	alle 30 s.

Taulukossa 3 olevat arvot koskevat vapaa-ajan melua. Huomioitavaa on, kuinka kolmen desibelin lisäys puolittaa melussa olemisen turvarajaa.

Ääni saatetaan kokea meluksi, jos se herättää epämiellyttäviä tunteita kuulijassa. Toinen henkilö saattaa aistia saman äänen miellyttäväksi, jos se herättää hänessä positiivisia tuntemuksia. Toisenlaiset, alhaisella intensiteetillä ilmenevät stressitekijät, jotka vaikuttavat negatiivisesti mielialaan, käyttäytymiseen ja terveyteen, saatetaan tuntea normaaliksi ja asiaankuuluviksi, vaikka niiden vaikutukset olisivat vielä pahemmat kuin hetkellisillä ja voimakkailla stressitekijöillä. Melu kuuluu myös tähän huomaamattomaan, reaktioita herättämättömään stressitekijään. Melu saatetaan nähdä luonnollisena osana yhteiskuntaa, esim. teollisuudessa, kaupungeissa ja liikenteessä. (Bell ym. 1996: 152–154.)

Kirjassa Unohdetut ympäristöongelmat Jari Lyytimäki (2006: 111-112) kritisoi Suomen lainsäädännön määritelmää melusta siksi, että se koskee vain ihmisiä – heidän terveytään, ympäristöviihtyvyyttään ja työntekoa. Tällöin luonto ja eläimet jäävät määritelmän ulkopuolelle, vaikka on todistettua, että lisääntyvä äänisaaste on hyvin haitallista myös luonnolle ja eläimille, mikä jossain vaiheessa vaikuttaa myös ihmisten hyvinvointiin. Lyytimäki näkee koneellistumisen kasvamisen olevan syy meluhaittojen lisääntymiseen ja siitä johtuvien seurannaisvaikutusten kasvavana ongelmana ihmisille ja eliöille.

2.3 Melun mittaaminen

Melua mitataan äänitasomittarilla, jota kutsutaan myös melu- tai desibelimittariksi. Mittari koostuu mittalaitteen rungosta, jossa ovat laitteen näyttö, toimintapainikkeet ja liitännät sekä mikrofoni ja mikrofonin tuulensuoja (kuva 4).

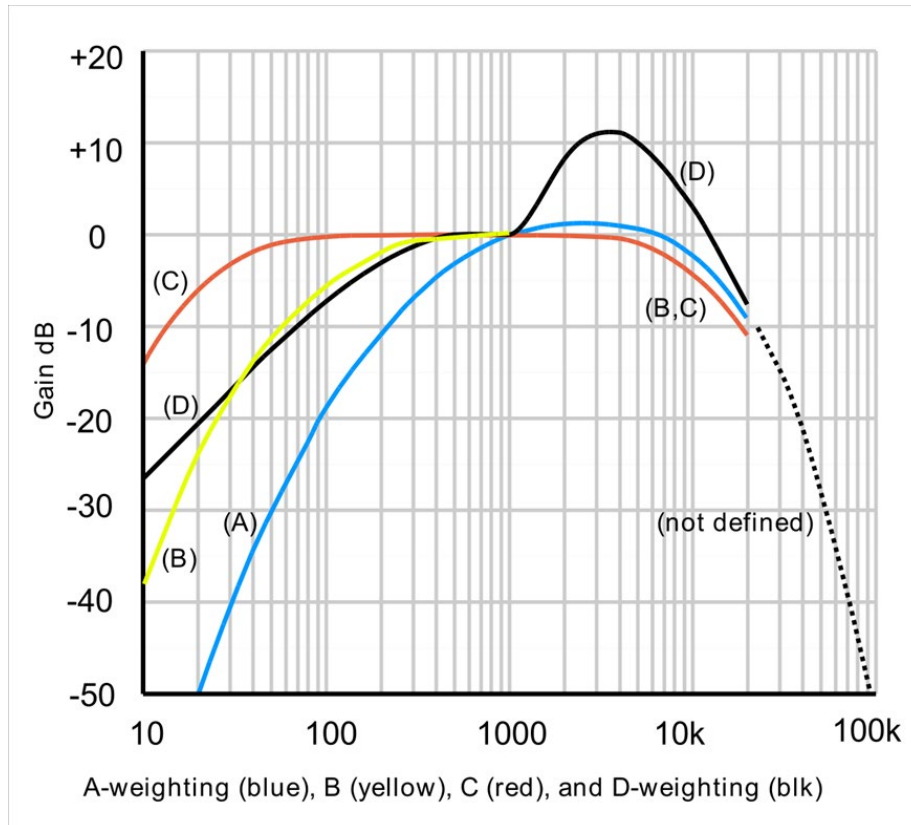


Kuva 4. Äänitasomittari (HD2110L - Class 1 integrating sound level meter 2019).

Mittarin mikrofoniin osuva äänenpaine muuttuu jännitteeksi, joka vahvistetaan tai vaimennetaan suodattimien avulla. Äänenpainetasot (SPL, L_p) ovat luettavissa mittarin näytöltä numeroina tai grafiikkana. (Peltonen ym. 2018: 144–145; Jauhiainen 2008: 15.)

Äänen voimakkuuden vaihdellessa voidaan integroivalla äänitasomittarilla laskea keskiäänitaso eli ekvivalenttitaso (L_{eq}) tietyllä aikajaksolla. Ekvivalenttitaso tarkoittaa samanarvoista, jatkuvaa ääntä, jonka äänienergia on sama kuin todellisella muuttuvalla melulla. Lisäksi tarvitaan aikapainotusta, jolla reagoidaan äänen voimakkuuden muuttumiseen. Aikapainotukset ja niiden aikavakiot ovat impulssi (I, Impulse) 35 ms, nopea (F, Fast) 125 ms ja hidas (S, Slow) 1000 ms. I-aikapainotus sopii nopeiden iskumaisten äänien mittaukseen ja F-aikapainotus on yleisesti käytössä lyhyissä mittauksissa. S-aikapainotus sopii pitkiin mittausaikoihin pitkän mittausvälin vuoksi. (Jauhiainen 2008: 15, 278; Heurlin 2015: 14; Köykkä 2011: 15.)

Melumittauksissa käytetään taajuuspainotuksia, joilla pyritään huomioimaan ihmisen kuuloaistin mukautuminen eri taajuuksille. Yleisimmät painotukset ovat A ja C, joista A on eniten käytetty, koska se kuvaa melun häiritsevyyttä parhaiten. A-painotus vastaa noin 60 foonin ja C-painotus 100 foonin kuuluvuustasoa. A sopii yleisen taustahälyn ja melun mittaamiseen ja C käy impulssiäänien mittaamiseen (kuva 5).



Kuva 5. Taajuuspainotukset (Skirrow 2009).

Kuvassa 5 vaaka-akselilla on kuvattuna taajuudet (Hz) ja pystyakselilla vaimennus (dB). B-painotusta käytetään enää vähäisesti ja D-painotusta vain lentomelun mittauksissa. A-painotus kattaa taajuudet 20 Hz:n ja 20 kHz:n väliltä ja C-painotuksen mitaukset tehdään taajuuksilla 100 Hz–3150 Hz. (Jauhiainen 2008: 15; Peltonen ym. 2018: 144–145; Lemmetty 2016.)

2.4 Melu ja työsuojelu

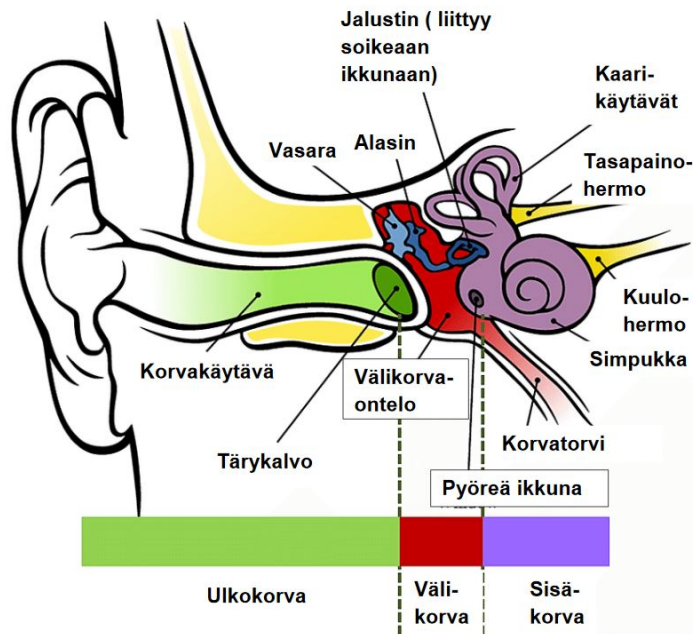
Sosiaali- ja työterveysministeriön alainen Työsuojeluhallinto valvoo työelämän lainsäädännön noudattamista sekä työn terveyttä ja turvallisuutta (Työsuojeluhallinto 2019).

Työterveyslain tarkoituksena on parantaa työympäristöä ja työolosuhteita työntekijöiden työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi sekä ennalta ehkäistä ja torjua työtapa-
turmia, ammattitauteja ja muita työstä ja työympäristöstä johtuvia työntekijöiden fyysisen ja henkisen terveyden, jäljempänä terveys, haittoja (Työturvallisuuslaki 738 2002: § 1). Sekä työnantajan että työntekijän tulee noudattaa laissa annettuja määräyksiä sekä ylläpitää ja parantaa työturvallisuutta työpaikalla.

Työturvallisuuslaissa määritellään työolot, joiden perustana on ylläpitää terveyttä ja turvallisuutta työpaikalla. Työoloihin kuuluu eräänä osana fysikaaliset tekijät, joista yksi on melu. Melulle altistuminen on rajattava niin vähäiseksi, että siitä ei aiheudu työntekijän terveydelle haittaa tai vaaraa. Työnantajan velvollisuus on tunnistaa melusta aiheutuvat vaarat ja haitat sekä vähentää niitä tarpeen mukaan. Lisäksi valtioneuvoston päätöksen mukaisesti työntekijän terveyttä ja turvallisuutta suojellaan asetuksella 85/2006, jossa määritellään mm. melun raja-arvot, mittaukset, riskien arviointi ja meluntorjunta-ohjelma. (Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta 2006.)

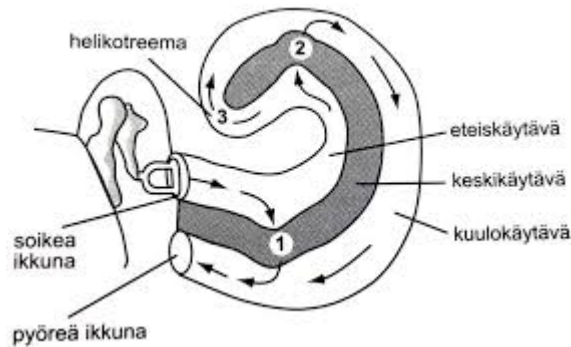
2.5 Korva ja kuulo

Ihminen aistii kuuloalueella olevien taajuuksien äänet korvan (kuva 6) keräämien ääniaaltojen avulla. Eläimet kykenevät kuulemaan ja aistimaan lisäksi infra- ja ultraääniä. Ihminen kuulee heikosti matalataajuiset äänet, mutta voi tuntea ne värähtelynä. (Äänipää 2005.)



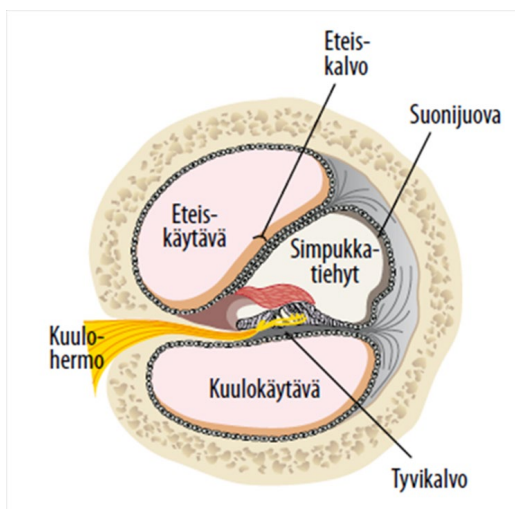
Kuva 6. Korvan rakenne. (Khaleghimeybodi 2018.)

Korva rakentuu kolmesta osasta, jotka ovat ulko-, väli- ja sisäkorva (kuva 6). Ulkokorvassa korvalehti kerää ääniaallot ja suuntaa ne korvakäytävää pitkin tärykalvolle. Tärykalvo värähtelee ääniaaltojen vaikutuksesta. Välikorva koostuu kuuloluista, jotka ovat vasara, alasin ja jalustin. Kuuloluut liikkuvat tärykalvon värähtelyn avulla ja välittävät vahvistetut ääniaallot sisäkorvaan. Kuuloluiden liikkeitä säätelevät vasaraan kiinnittyvä tärykalvon jännittäjälihas (*musculus tensor tympani*) ja jalustimeen kiinnittyvä jalustinlihas (*musculus stapedius*). Nämä lihakset toimivat refleksinomaisesti ja kuuluvat osana ihmisen suojaheijasteita. Ne reagoivat tarvittaessa liian koviin, korvia vaurioittaviin, ääniin 0,015 sekunnin nopeudella. Lihakset jäykistävät tärykalvon, vasaran ja jalustimen liikkeitä ja vaimentavat siten tärykalvolle tulevia ääni-impulsseja. Välikorvasta johdetaan nieluun asti korvatorvi, joka ylläpitää tärykalvolle ja kuuloluille niiden toiminnalle optimaalista ilmanpainetta välikorvaontelossa. Äänivärähtelyt kulkevat jalustimesta sisäkorvan simpukkaan soikean eteisikkunan kautta. (Niensted ym. 1991: 492–497, 549.)



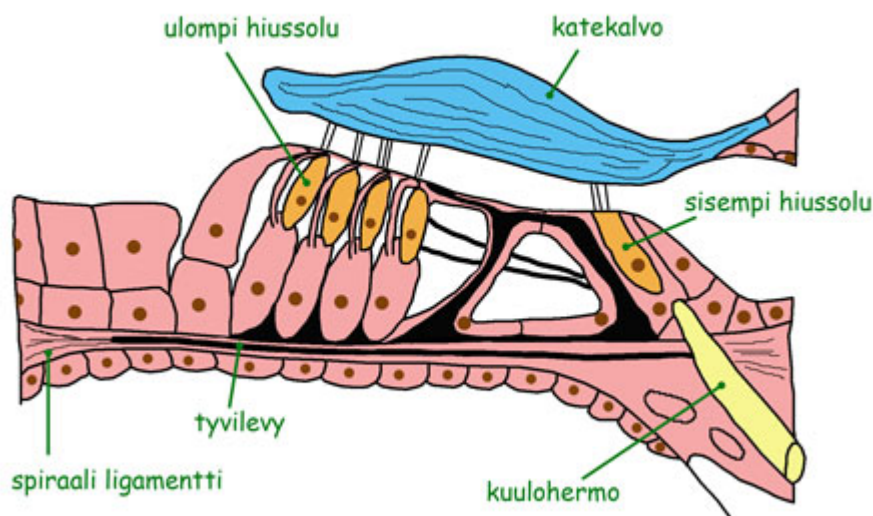
Kuva 7. Simpukan rakenne (Jauhiainen 2008: 75).

Kuvissa 7 ja 8 simpukan kierteinen rakenne koostuu kolmesta päällekkäisestä eri nesteen täyttämästä osasta, jotka ovat eteis- ja kuulokäytävä sekä niiden välissä oleva simpukkatiehyt (keskikäytävä). Äänivärähtelyt kulkevat ensin eteiskäytävää pitkin ja jatkavat pitkin kuulokäytävää kohti simpukan pyöreää ikkunaa. Kuvassa 7 näkyy numeroilla 1 ja 2 äänen paineaallon kierrot korkeilla ja matalilla taajuuksilla. Numero 3 kuvaa paineen tasausta simpukan kärjessä olevan aukon eli helikotreeman kautta. (Jauhiainen 2008: 74–76.)



Kuva 8. Poikkileikkaus simpukasta (Savolainen 2010).

Kuva 8 on poikkileikkaus simpukan rakenteesta. Simpukkatiehyeen reunassa on suonijuova, jonka solut tuottavat endolymfaa. Eteis- ja kuulokäytävän välisessä simpukkatiehyessä on Cortin elin, jonka aistinsolut välittävät kuuloaistimuksen kuulohermoa pitkin aivoihin. (Niensted ym. 1991: 492–497.)

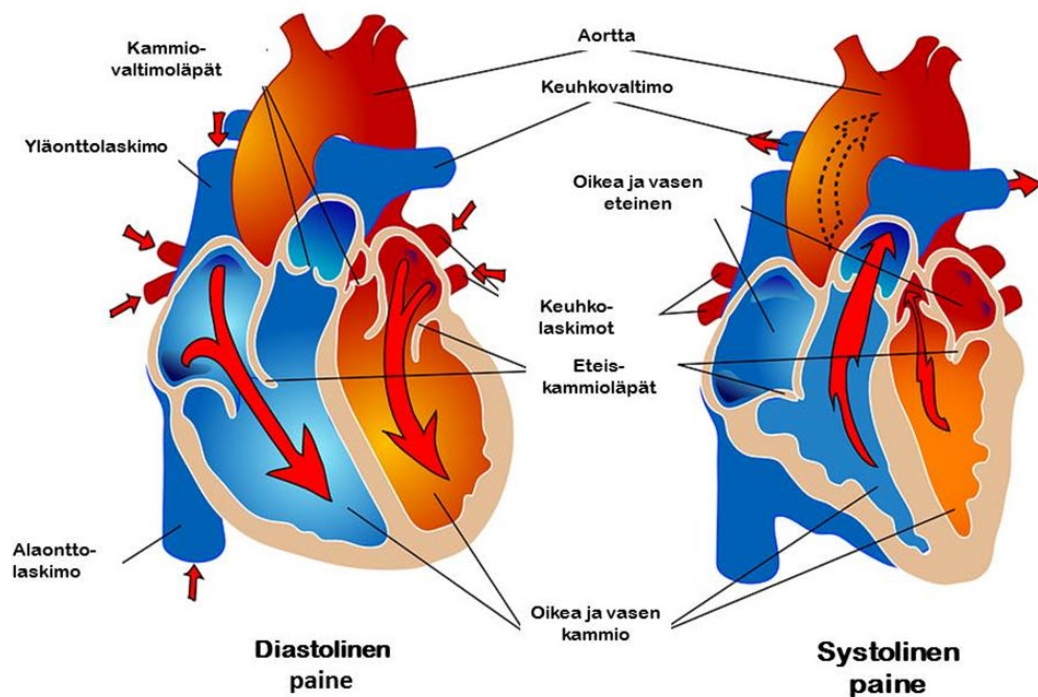


Kuva 9. Cortin elin (Cortin elin, Cortis organ, organum Corti 2006).

Eteis- ja kuulokäytävän sisältämä neste on likvorin kaltaista perilymfää ja simpukkatiehyen neste endolymfää. Tärykalvon ja kuuloluitten johtama äänen liike-energia siirtyy simpukkaan nesteen liike-energiaksi. Paine saa simpukkatiehyen tyvikalvon (kuva 9) liikkumaan ja tyvikalvolla olevat erilaiset reseptorisolut resonoivat vastaavien frekvenssien mukaan. Korkeataajuiset äänet etenevät vain vähän matkaa simpukan eteiskäytävässä, kun taas matalataajuiset äänet kulkeutuvat pitemmälle eteiskäytävää aina simpukan kärkeen asti. Nesteen liike kuulokäytävässä painaa käytävän yllä olevaa tyvikalvoa saaden siinä olevat Cortin elimeen kuuluvat tukisolut liikkumaan. Tukisoluihin kiinnittyneet karvasolut nousevat kohti katekalvoa, joka saa karvasolujen sukakarvat taipumaan mekaanisesti. Karvasolujen sukakarvojen taipuminen katekalvoa vasten käynnistää aktiopotentiaalin kaliumionikalvojen auettua. Näin liike-energia muuttuu elektrokemialliseksi energiaksi. Perilymfän natriumpitoisuus on korkeampi kuin kaliumpitoisuus, ja endolymfassa kaliumpitoisuus on puolestaan korkeampi kuin natriumpitoisuus. Aktiopotentiaalin jälkeen karvasolut välittävät viestin sähköisesti kuulohermosolun soomaan. Karvasolut ovat yksilöllisiä reseptorisoluja, joilla on yhteyksiä vain tiettyihin kuulohermosyihin. Tämän perusteella aivot tulkitsevat erikorkuiset äänet. Kuulohermo johtaa aivorunkoon ja kuuloaivokuorelle, jossa ääni aistitaan. (Hervonen 2012; Niens- ted ym.1991: 492–497; Suojanen 2012: 7.)

2.6 Verenpaine ja syke

Verenpaine on verenkiertojärjestelmän eri osissa vallitseva hydrostaattinen paine, erityisesti vasemmassa kammiossa ja ison verenkierron suurissa valtimoissa vallitseva suhteellisen korkea paine (Lääketieteen sanasto 2019). Sydämen vasen kammio pumppaa verta elimistöön aortan kautta. Elimistöstä veri palaa sydämen oikeaan kammion kautta keuhkoihin, jossa hiilidioksidipitoinen veri vaihtuu verisolujen avulla happipitoiseksi vereksi. Keuhkoista veri palaa keuhkolaskimoa pitkin takaisin sydämen vasempaan kammioon. (Niensted ym. 1991: 185–186.)



Kuva 10. Systolinen ja diastolinen verenpaine. (Bailey 2018.)

Kun sydämen kammiot supistuvat, verenpaine (kuva 10) on suurimmillaan. Tätä kutsutaan systoliseksi paineeksi eli yläpaineeksi (SVP). Verenpaine on alhaisimmillaan sydämen lepovaiheessa, jolloin veri virtaa sydämen eteisistä sydämen kammioihin. Tätä kutsutaan diastoliseksi verenpaineeksi eli alapaineeksi (DVP). Sydämessä olevat läpät toimivat passiivisesti. Ne aukeavat ja sulkeutuvat oikean ja vasemman kammion painevaihtelujen mukaan. Kun sydänlihaksen puristaa kammiota, alipaine sulkee eteis-kammio-läpät ja veri ei pääse palaamaan takaisin eteisiin. Sydänlihaksen lepovaihees-

sa kammiot palautuvat laajemmiksi ja eteis-kammioläpät aukeavat. Kun sydänlihaksen supistusvaiheessa aortan ja keuhkovaltimorungon paine laskee alemmaksi kuin kammioiden paineen, kammio-valtimoläppä aukeaa. (Niensted ym. 1991: 190–198.)

Valtimoiden sisällä vallitsevan paineen mittayksikkö on elohopeamillimetri (mmHg). Verenpaineen normaalirajat ovat SVP alle 130 mmHg ja DVP alle 85 mmHg. Verenpaineen mittaamisella on merkitystä paineen haitallisten muutosten seurannassa. Korkeaa verenpainetta on vaikea havaita omien tuntemusten mukaan, elleivät lukemat ole yli 200/130 mmHg. Tällöin paine saattaa oireilla päänsärkynä ja huimauksena. (Mustajoki 2018.)

Taulukko 4. Verenpainearvojen vertailu (Mustajoki 2018).

Verenpaineen mittausravot		
Yläpaine	Alapaine	
120	80	oikein hyvä
alle 130	85	normaali
130-139	85-89	tyydyttävä
140-159	90-99	lievästi kohonnut
160-179	100-109	kohtalaisesti kohonnut

Verenpainetutkimuksissa verrataan mittaustuloksia taulukkoarvoihin (taulukko 4), joiden perusteella voidaan arvioida jatkotutkimusten tarpeellisuutta ja seurantaväliä. Hyvä mittaustulos tarkoittaa viiden ja normaali kahden vuoden seurantaväliä. Tyydyttävä tulos johtaa vuoden välein tapahtuvaan seurantaan. Tästä korkeammat arvot vaativat jopa kuukausittaista verenpaineen seurantaa. Lukemiin vaikuttavat mm. ikä, elintavat, lääkitys, sairaudet, hormonit ja stressi. (Mustajoki 2018.)

Verenpainemittareina käytetään nykyään erilaisia automaattimittareita, joissa on valtimopaineen tunnistamiseen tarkoitettu, olkavarren ympärille asetettava mansetti. Mittaus suoritetaan rauhallisessa tilassa, jolloin mitattava henkilö on saanut myös tilaisuuden rauhoittua paikoilleen. Rasittavaa liikkumista ja piristävien aineiden, kuten kofeiinin ja tupakan, nauttimista tulisi välttää. Mittaus tehdään mukavassa asennossa pöydän ääressä. Mittarin mansetti asetetaan olkavarren ympärille ja mittaukset tehdään aina samasta olkavarresta. Tämän jälkeen rentoudutaan hetkeksi ennen mittauksen aloittamista. Liikkumista ja puhumista mittauksen aikana vältetään. Mittauslukema otetaan

uudelleen vähintään minuutin päästä ja mittauksista otetaan keskiarvo tulosten tarkastelua varten. (Mustajoki 2018.)

Syke tarkoittaa, kuinka monta kertaa sydän lyö minuutin aikana. Levossa sydämen syke on noin 60-80 bpm (beats per minute). Leposyke voi olla jopa alle 40 bpm. Sykearvot nousevat tavallisesti rasituksessa. Tällöin maksimisyke voi olla yli 200 bpm. Maksimisykkeen arvo laskee ikääntymisen myötä ja iäkkäämpänä voi olla haastavaa saavuttaa enää 200:n syke-arvoja. Molemmat ääripääarvot ovat tavallisia erittäin hyväkuntoisille urheilijoille. Heillä on myös kyky palautua nopeasti maksimisykkeestä alhaiseen leposykkeeseen. Toisaalta liian korkea tai matala syke voi liittyä sairauksiin, stressiin, kipuun, väsymykseen tai huonoihin elintapoihin. Tästä syystä sykkeen mittauksissa on myös huomioitava muita tekijöitä. (Niensted ym. 1991: 195–197; Tunne pulssisi 2019.)

Sykettä mitataan tavallisemmin sykemittarilla, verenpainemittarilla tai käsin palpoimalla. Sykemittarilla mitataan sykettä rinnan ympärille laitettavalla mittausvyöllä tai ranteeseen laitettavalla rannekkeella. Verenpainemittarin mansetilla mitataan sykettä olkavarresta. Käsin tunnustelemalla saadaan syke kaulalta, ranteesta tai kyynärtaipeesta. Aivo-, Sydän- ja Diabetesliitto ovat ryhtyneet kampanjoimaan pulssin mittauksen taidon puolesta tavoitteena saada yli 60-vuotiaat seuraamaan aktiivisesti sydämensä toimintaa. Näin ennaltaehkäistäisiin ikääntyneiden sydänsairauksien kehittymistä. (Tunne pulssisi 2019.)

3 Melun vaikutus ihmiseen

Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen verkkosivustoilla (Melu 2019) luetellaan seuraavia melun ominaisuuksia, joilla on vaikutusta ihmiseen:

- Melu voi olla häiritsevää.
- Melu voi aiheuttaa elimistöön stressireaktion.
- Melu voi häiritä unta.
- Melu voi lisätä sydän- ja verisuonisairauksien riskiä.
- Melu voi heikentää henkistä hyvinvointia.

Ihminen havaitsee yleensä välittömästi voimakkaat stressitekijät ja kykenee suojautumaan niiltä nopeasti. Sen sijaan hitaasti tapahtuvat, terveydelle vaaralliset, tekijät jäävät helposti huomiotta, vaikka niillä olisi peruuttamattomat vaikutukset terveyteen. Melu kykenee aiheuttamaan nopeita vaurioita varsinkin kuuloon, mutta pääsääntöisesti melu vaikuttaa hitaasti ja huomaamattomasti. Yksilöllisten kokemusten, fyysisten ja psyykkisten lisäksi ääni voidaan kokea eri lailla tilanteesta, sosiaalisista tai kulttuurillisista syistä johtuen. (Bell ym. 1996: 151-155.)

Melu koetaan usein ärsyttäväksi. Siihen vaikuttavat äänen voimakkuus, ennakoitavuus ja kyky hallita ääntä. Voimakkuus ja sen kesto vaikuttavat kuulon huonontumisen lisäksi kommunikointiin. Ihmiset joutuvat korottamaan ääntään, jotta heidät kuultaisiin. Ennakoimaton ääni ärsyttää enemmän kuin ennakoitu, koska huomio kiinnittyy siihen muilta asioilta. Toisaalta ennakoitu ääni ärsyttää, kun sen ääntä alkaa odottamaan. Jos ääntä voidaan hallita katkaisemalla tai pienentämällä sitä, niin sen ärsyttävyys on pientä. Pahinta on, jos ääntä ei pysty hallitsemaan ja siitä huolimatta sitä yritetään vaimentaa. Tämä johtaa lopulta periksi antamiseen ja tilanteeseen alistumiseen. Myöhemmin passiivisuus jatkuu, vaikka ääntä kyettäisiinkin hallinnoimaan. (Bell ym. 1996: 158-159.)

Melun vaikutukset elimistöön vaikuttavat kuulon kautta. Autonominen hermosto saa aikaan fysiologisia muutoksia kuten sydämen sykkeen nousun, lihasjännitystä, kilpirauhashormonien eritystä, verisuonten supistumista, kortisolin eritystä, ruuansulatuskanavan toimintaa ja pupillien laajentumista. Meluärsykkeet pitävät elimistön jatkuvasti valppaana ja estävät levon saannin. Pitkään ja toistuvasti jatkuessaan edellä mainitut vaikutukset häiritsevät palautumista. (Jauhiainen ym. 2007: 20-21; Lyytimäki 2006: 117.)

Keskittyminen, tarkkavaisuus, muisti, oppiminen ja suorituskky häiriintyvät melun myötä. Melu häiritsee aistitoimintoja. Tämä korostuu varsinkin tarkkaavaisuutta vaativissa tehtävissä. (Jauhiainen ym. 2007: 20-27.)

Melun aiheuttamat kuulovammat ilmenevät akuuteissa, voimakkaan meluallistuksen tapauksissa korvien soimisena. Tästä seuraa kuulon heikkeneminen ja korvien tukkoisuus. Oireina voi olla myös kipu sekä kuulemista häiritsevä herkkyys ja äänen säröily. Vaikka tilanne palautuisikin, niin usein sisäkorvan aistin- ja tukisolut vaurioituvat pysyvästi. Kova impulssimainen melu saattaa aiheuttaa repeytymän tärykalvossa. Sisäkor-

van vauriot ovat yleensä pysyviä ja haittaavat merkittävästi elämänlaatua. (Savolainen 2010.)

4 Mittaussuunnitelma

Mittaukset suoritetaan työpisteessä, jossa työntekijät työskentelevät päivittäin n. 5–12 tunnin työvuoroissa. Melua syntyy työtilassa käytettävistä laitteista, vaihtelevasti työtilan ulkopuolelta sisään kantautuvista äänistä sekä ihmisistä, jotka liikkuvat työtilassa. Työn luonteesta johtuen kuulonsuojaimia ei voida käyttää työvuoron aikana. Mittaukset suoritetaan käsikäyttöisellä äänitasomittarilla mahdollisimman lähellä työntekijöitä. Työtilan melua mitataan eri työpisteissä, joissa työntekijät liikkuvat vuoronsa aikana. Työntekijöiden verenpaine ja syke mitataan automaattisella verenpainemittarilla välittömästi ennen taukoa ja sen jälkeen. Melua rajoittamattoman tauon työntekijä saa pitää halua massaan paikassa. Meluttoman tauon työntekijä pitää työtilan viereisessä sosiaali-tilassa paikallaan istuen. Koska tilassa ei ole fyysistä äänieristystä, meluärsykkeet poistetaan kuulonsuojaimia käyttämällä. Työntekijän tapaa pitää taukoja ja subjektiivinen kokemus palautumisesta selvitetään kyselykaavakkeen avulla viimeisen mittauksen jälkeen.

Äänitasomittariin valitaan painotussuodattimet A ja C. Yleisimmin käytetty kuuloaistia vastaava A-painotus kuvaa melun häiritsevyyttä parhaiten. Tarvitaan myös C-painotusta, koska mittauspaikalla on paljon impulssimaisia yli 85 foonin ääniä. Aikapainotuksista nopea (Fast) aikavakio sopii lyhyisiin mittausaikoihin ja impulssi (Impulse) nopeisiin äänen voimakkuuden muutoksiin. Lisäksi tarvitaan keskiäänitason eli ekvivalenttitason mittausarvot (L_{eq}). (Vartiainen 2011: 26-28; Heurlin 2015; Peltonen ym. 2018: 144–146.)

Äänentason mittauksia tehdään sekä hiljaisina että meluisina ajankohtina kahden vuorokauden aikana. Verenpaine- ja sykemittauksia tehdään kiireisinä ajankohtina sekä niiden jälkeen huomioimalla muuttuvat työvoimaresurssit. Otannassa pyritään 10 henkilön otokseen.

4.1 Mittausvälineet

4.1.1 Äänitasomittari

Melua mitataan luokan 1 Delta OHM HD2010 -äänitasomittarilla, joka on tarkoitettu ympäristömelun mittaamiseen. Laite on valmistettu 2007, ja se täyttää kansainvälisen standardin ICE 61672-1 vuoden 2002 vaatimukset. Laitteen tallentamat tiedot ovat siirrettävissä tietokoneelle DeltaLog5 -ohjelmaan. Laite on tehdaskalibroitu.

4.1.2 Verenpainemittari

Verenpaine ja syke mitataan Omron M6 Comfort -olkavarsiverenpainemittarilla. Paineen mittausalue on 0–299 mmHg ± 3 mmHg ja sykkeen 40–180/min $\pm 5\%$. Laitteessa on kokoluokan 22–42 cm Intelli Wrap -mansetti, joka estää ylimääräisen ilman pääsyn mansetin sisään. Laite on tehdaskalibroitu.

4.2 Kyselykaavake

Kyselyyn vastataan paperille laaditulla nelisivuisella kaavakkeella (liite 1). Kysymykset ovat sekä monivalintoja että avoimia. Kysymyskaavake on testattu käytännössä, ja se on työnohjaajien hyväksymä.

4.3 Kuulonsuojaimet

Suojaimina käytetään 3M Peltor Optime H540A III -luokan kupumallia, jossa on päälakisangat. Suojaustaso on SNR 35 dB ja HLM: H 40 dB, M 32 dB ja L 23 dB. Korkeiden ja matalien äänien vaimennus on maksimaalinen, mutta ei estä kuulemasta puheääntä eikä äänimerkkejä.

5 Toteutus ja tulokset

5.1 Verenpaineen ja sykkeen mittausosio sekä kyselykaavake

Suunniteltu mittausjärjestys, jossa ensimmäisenä olisi kartoitettu työpisteen desibeliarvot ja seuraavaksi verenpaineen ja sykkeen mittaukset, suoritettiin käänteisesti melumittauksen hyväksyntää odotellessa. Verenpaineen ja sykkeen mittauspäivien kiireellisyydestä ja resurssipulasta johtuen mittaukset aloitettiin ensin meluärsykeettömään taukoon liittyvillä mittauksilla. Mittaukseen osallistuville selitettiin ensin opinnäytetyön mittaussuunnitelma sekä kirjallisesti että suullisesti. Osallistuminen oli vapaaehtoista, ja tavoitteena oli saada 10 henkilön otos. Lopullinen otos oli 9 henkilöä.

Meluttomaksi mittauspaikaksi valitussa sosiaalitallassa oli viallinen loisteputkivalaisin, joka vilkkui jatkuvasti, joten kuulonsuojaimien lisäksi mitattavilla oli tauon aikana myös silmälaput. Tämä seikka muutti suunniteltua mittausasettelua, mutta saattoi myös edesauttaa palautumista. Mittauspaikkaa ei ollut mahdollista vaihtaa käytännön syistä. Meluttoman tauon jälkeen mitattava henkilö täytti kyselykaavakkeen. Lopuksi tehtiin alku- ja loppumittaukset kunkin henkilön itsenäisesti pitämiltä tauoilta, joissa melua ei ollut rajattu pois. Taukoja pidettiin sekä työpisteessä että sen ulkopuolella.

Verenpaine- ja syke mitattiin 2–3 kertaa minuutin välein alku- ja loppumittauksissa. Näistä laskettiin keskiarvot, jotka kirjattiin ylös tulosten vertailua varten. Kaikki tauot kestivät noin 10–15 minuuttia.

Mittausasento ja -paikka olivat kaikille henkilöille samat. Käytössä oli pöytä ja säädettävä tuoli, jolloin jokainen mitattava pystyi pitämään oikean käsivartensa levossa pöydän päällä olkavarsi sydämen tasolla ja jalat rentoina jalkapohjat lattiassa. Poikkeuksena oli, että yhden henkilön mittaus meluisan tauon aikana jouduttiin muuttamaan työpisteeseen ja mittaus tehtiin vasemmasta olkavarresta.

Kaikki mittaukseen osallistuvat täyttivät kyselykaavakkeen. Vastaajista 6 oli naisia ja 3 miehiä. Vastaajien ikäjakauma oli 20–51 vuotta. Yksi vastaajista ei kertonut ikäänsä. Mittausten aikana mitattavat kommentoivat myös suullisesti mittaukseen liittyviä asioita, joihin palataan myöhemmin yhteenvedoissa ja pohdinnassa. Vastaukset käsitellään seuraavaksi kysymysten aihealueittain.

Kysymysten 1-3 oli tarkoitus selvittää vastaajien tietoja omasta terveydestä verenpaineen, sykkeen ja kuulon osalta. Joidenkin oli vaikea muistaa mittausajankohdat, mutta vastauksista sai karkean kuvan seuranta-ajoista (taulukko 5).

Taulukko 5. Kuinka pitkä aika siitä on, kun sinulta on mitattu/ tutkittu...

	< 1 v	1-2 v	2-3v	> 3 v	ei koskaan
verenpaine	3	1	4		
syke	3		4		
kuulo	1		4	3	

Verenpaineen ja sykkeen arvot olivat korkeintaan 3 vuotta vanhoja. Sen sijaan kuulon mittausarvot olivat jopa yli 3 vuoden takaisia. Yksi vastaajista jätti vastaamatta kaikkiin kohtiin ja yksi jätti sykesarakkeet avoimiksi (taulukko 5).

Vastaajilta tiedusteltiin tarkempia verenpaine ja syke-arvoja, joko mitatun tiedon tai oman arvioinnin perusteella. Viisi henkilöä ei tiennyt arvoja, ja neljän vastausta verrattiin tässä tutkimuksessa tehtyihin mittaus-arvoihin meluttoman tauon jälkeen. Verenpaineet arvioitiin joko mittauksia korkeammiksi tai melko samanarvoisiksi. Leposykkeet arvioitiin matalammiksi kuin mittauksissa.

Kysymyksissä 4 ja 5 selvitettiin vastaajien kokemuksia työpisteen melusta ja melun aiheuttajista. Kysymyksessä 4 oli ohjeistettu valitsemaan vain yksi vaihtoehto, mutta vastauksia tuli useampiin kohtiin yksittäisiltä vastaajilta. Vastauksia tarkastellessa olisi ollut informatiivisempaa, että valittavina olisi ollut useampia vaihtoehtoja, koska yksi vastausvaihtoehto saattoi sulkea muut olennaiset vaihtoehdot pois (taulukko 6).

Taulukko 6. Milloin työpiste on häiritsevän meluisa.

	Vastausten lkm/vastaus
Aina aukioloaikoina	0
Ruuhka-aikoina	9
Vain remonttien aikoina	2
Muulloin,	remonttien aikana
Ei koskaan	0

Kaikki vastaajat olivat sitä mieltä, että työpiste on häiritsevän meluisa vain ruuhka-aikoina. Lisäksi kaksi vastaajaa koki remontointiajat häiritsevän meluisiksi. Kukaan ei ollut sitä mieltä, että työpisteessä ei olisi koskaan häiritsevää melua (taulukko 6).

Edellistä vastausta täydennettiin vastaajien mielipiteillä melunlähteistä. Vastaajalla oli mahdollisuus valita kysymyksessä 5 useampi vaihtoehto sekä täydentää vastausta kirjallisesti (taulukko 7 ja 8).

Taulukko 7. Mistä häiritsevä melu mielestäsi tulee.

	Vastausten lkm/vastaus
Laitteista	4
Ihmisistä	6
Ilmastoinnista	1
Melu tulee ulkopuolelta	1
Jostain muusta. Mistä?	remontointi

Eniten häiritsevää melua vastaajien mielestä aiheuttivat ihmiset ja laitteet. Myös ilmastointi, ulkopuolelta tuleva melu ja remontointi oli määritelty kerran häiritseviksi melunlähteiksi (taulukko 7).

Taulukko 8. Millaista häiritsevä melu mielestäsi on.

	Vastausten lkm
Melu on ärsyttävää	6
Melu häiritsee keskittymistä ja tarkkaavaisuutta työssä	6
Melu haittaa kuulemista	7
Joudun korottamaan ääntäni, jotta puheeni kuultaisiin	7
Melu heikentää kuuloani pysyvästi	1 + ?
Melun vaikutukset tuntuvat vielä työajan jälkeen	3
En kiinnitä huomiota meluun	0
Koen melun.....	0

Melu koettiin haittaavan kuulemista ja ääntä jouduttiin korottamaan, jotta työntekijöiden puhe kuuluisi. Lisäksi melu herätti ärsytystä ja haittasi sekä työhön keskittymistä että tarkkaavaisuutta. Kolme vastaajaa tunsivat melun vaikutukset vielä työajan jälkeen. Vain yksi vastaaja koki melun heikentävän kuuloa pysyvästi, ja hänen lisäkseen yksi oli merkinnyt kyseiseen vaihtoehtoon kysymysmerkin (taulukko 8).

Kuulon suojaamista käsittelevät kysymykset olivat 7 ja 8. Vain kolme vastaajista ilmoitti käyttävänsä harvoin kuulonsuojaimia tai korvatulppia tässä työpisteessä. Loput kuusi eivät käyttäneet niitä koskaan.

Kysymyksessä 8 pyydettiin kirjoittamalla selventämään syitä siihen, miksi työpisteessä ei käytetä tai käytetään suojaimia. Seitsemän vastasi, että suojaimia ei pysty käyttämään työpisteen luonteesta johtuen ja että suojainten käyttö hankaloittaa asiakaspalvelua. Yksittäisinä syinä mainittiin suojainten puuttuminen työpisteeltä ja työnteon vaikeutuminen. Lisäksi yhdessä vastauksessa ei koettu melun olevan haitallista terveydelle. Kuulosuojaimia käytettiin vain remonttimelun aikana.

Loput kysymykset 9–13 käsittelivät taukoon liittyviä asioita. Vain yksi vietti tauot pelkästään työpisteen ulkopuolella. Lopuista vastaajista puolet piti tauon pelkästään työpisteessä ja toinen puolikas sekä työpisteessä että sen ulkopuolella. Lepääminen ja palautuminen melkein aina onnistui vain kahdella. Viisi vastaajista palautui harvoin ja kaksi ei koskaan. Syitä palautumiseen liittyviin ongelmiin sai selittää kirjallisena. Näistä päälimmäisinä olivat tauon keskeytyminen työtehtävien takia sekä rauhallisen taukotilan puuttuminen. Edellä mainitut syyt oli kirjattu neljässä vastauksessa. Lisäksi palautumista vaikeutti työpisteen toiminnan seuraaminen taukopaikalta ja asiakkaiden aikaansaama melu.

Kysymys 12 käsitteli taukojen sisältöä eli mitä tauon aikana tehtiin. Vastaajilla oli mahdollisuus valita useampi vaihtoehto ja lisätä vielä jotain, mitä vaihtoehtoissa ei oltu mainittu (taulukko 9).

Taulukko 9. Mitä teen tauon aikana.

	Vastausten lkm/vastaus
syön	9
juon kofeiinittomia juomia	1
juon kahvia, teetä, energiajuomia tms.	8
poltan tupakkaa, käytän sähkösavuketta tai nuuskaa	2
luen	4
kuuntelen musiikkia	1
otan päiväunet	0
teen rentoutusharjoituksia	1
seurustelen työkavereitten kanssa	7
selaan puhelinta, pelaan	9
hoidan työasioita	1
treenaan	1
jotain muuta...	seuraan työpistettä ja teen töitä

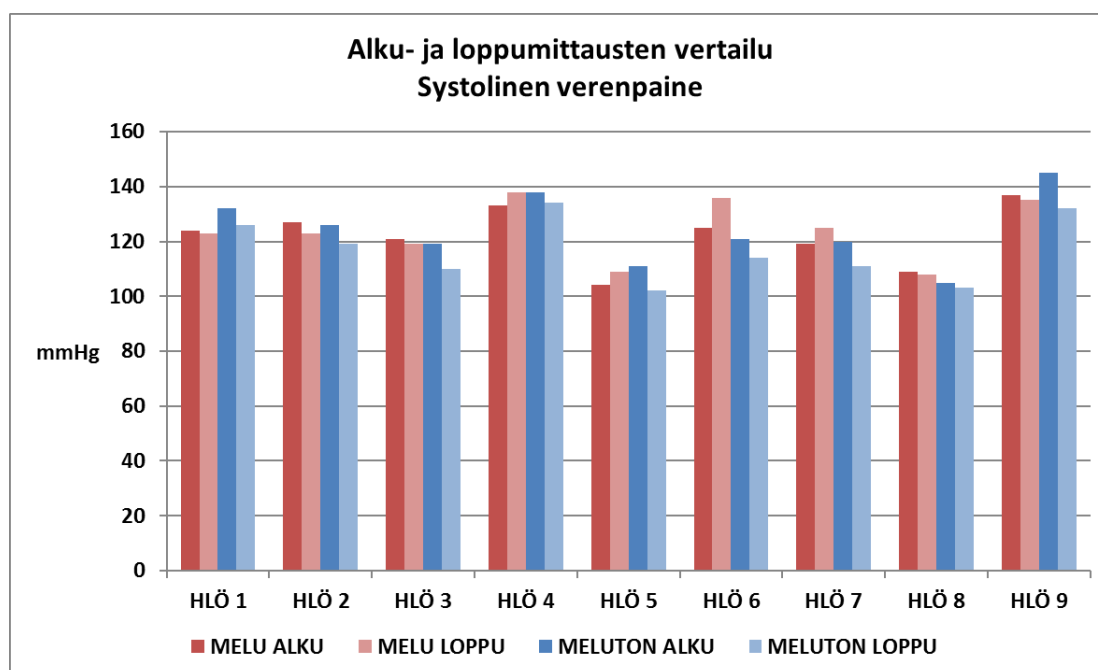
Taukojen sisältöön kuului ruokailu ja piristävien juomien nauttiminen. Myös puhelimen käyttö kuului jokaisen vastaajan taukoihin. Moni luki ja seurusteli työkavereiden kans-

sa. Kukaan ei nukkunut tauolla. Musiikin kuunteleminen, treenaaminen ja rentoutusharjoitukset olivat vain yksittäisten henkilöiden tapa viettää taukoa. Työasioiden hoitaminen tuli jälleen esille kahdessa vastauksessa (taulukko 9).

Kysymyksen 13 vastaukset käsitellään verenpaine- ja sykemittausten tulosten tarkastelun jälkeen, jolloin mittaustuloksia ja mitattavien vastuksia on helpompi vertailla keskenään.

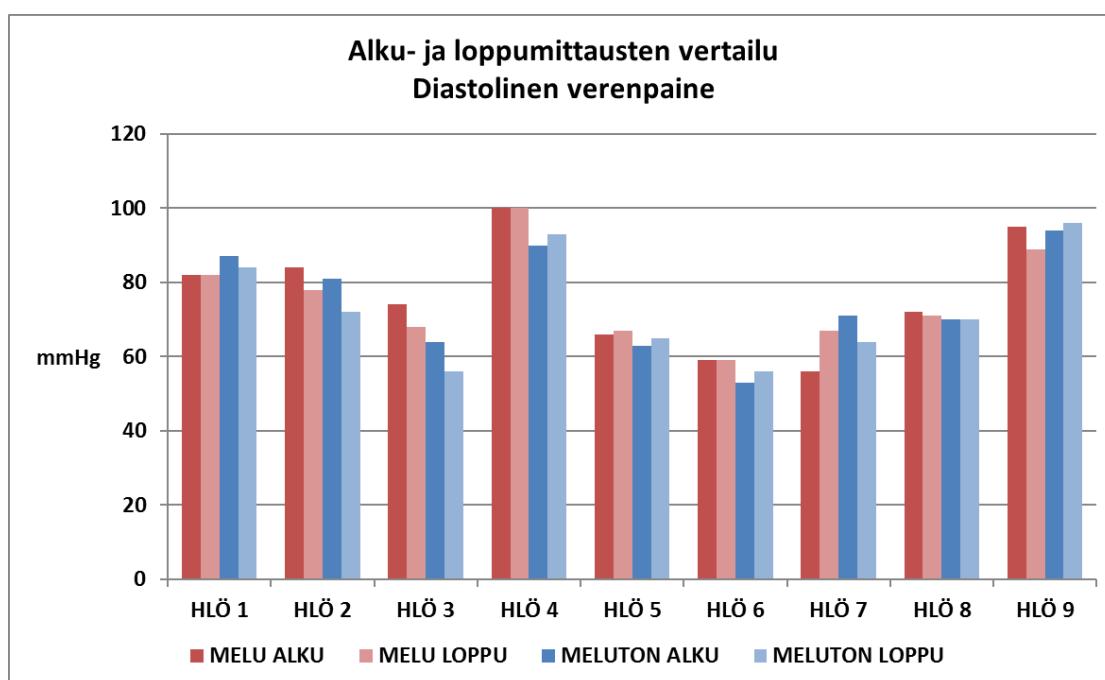
Verenpainemittarilla saadut mittaustulokset jaoteltiin jokaisen tutkitun henkilön osalta melussa pidettyyn taukoon ja meluttomaan taukoon. Lisäksi arvoja tarkasteltiin erottamalla systoliset-, diastoliset- ja sykearvot omiin taulukoihin.

Paineen (kuvat 11 ja 12) ja sykkeen (kuva 13) muutokset on kuvattu pylväsdiagrammeilla, joissa pylväät kuvaavat mittaukseen osallistuneiden henkilöiden (HLÖ 1–9) mittaustuloksia ennen taukoa ja tauon jälkeen. Punainen ja vaaleanpunainen pylväs kuvaavat melussa vietetyn tauon alku- ja loppumittaustuloksia. Vastaavasti sininen ja vaaleansininen kuvaavat meluttoman tauon alku- ja loppumittaustuloksia. Tauot kestivät noin 10–15 minuuttia.



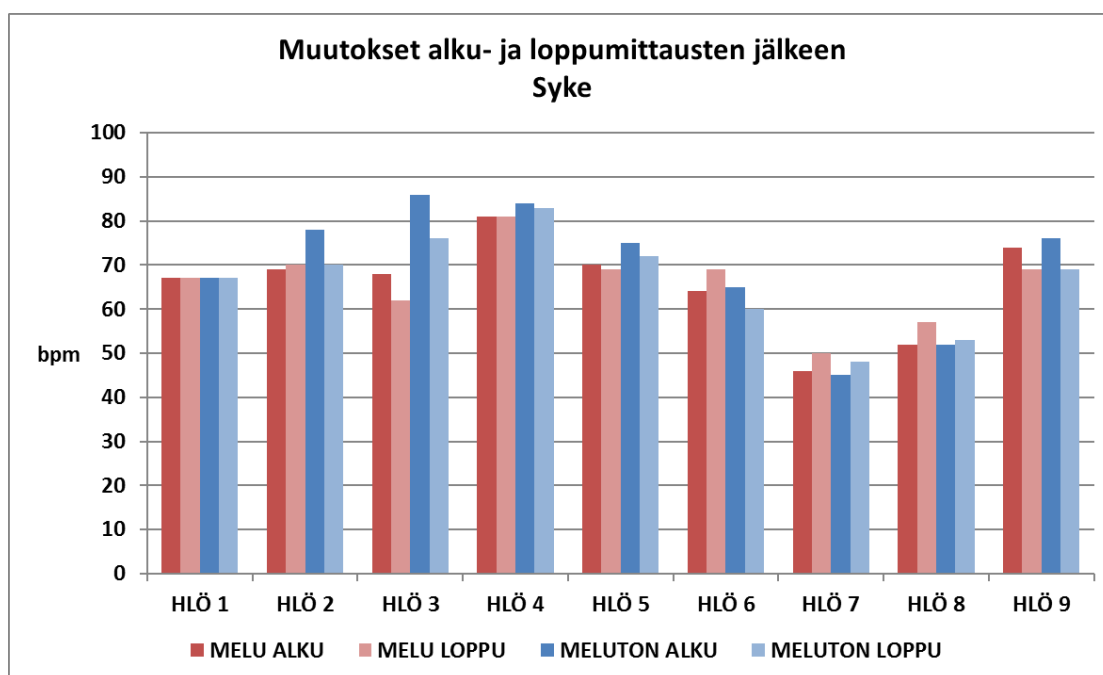
Kuva 11. Systolisen verenpaineen muutokset taukojen aikana.

Kuvassa 11 on havaittavissa, että melussa pidetyn tauon loputtua viiden henkilön yläpaine laski hieman. Laskua oli 1–3 %. Sen sijaan neljällä henkilöllä paine nousi tauon alkumittauksista 4–8 %. Melussa vietetty tauko ei näin ollen ollut palauttava näille neljälle henkilölle. Meluttoman tauon aikana systolinen verenpaine laski kaikilla. Muutos oli henkilöiden 3, 5, 7 ja 9 kohdalla 8–10 % ja muiden paine laski 2–6 %. Tämä tarkoittaa, että yläpaine voi laskea meluttomassa ympäristössä jopa 10 minuutin aikana.



Kuva 12. Diastolisen verenpaineen muutokset taukojen aikana.

Kuvassa 12 huomio kiinnittyy siihen, että alapaineen muutokset eivät välttämättä seuraa yläpaineen muutoksia (kuva 11). Melussa vietetyn tauon aikana kolmella henkilöllä paine pysyi samana, vaikka systolinen paine muuttui. Toisaalta henkilöillä 2, 3 ja 9 alapaine laski 7–9 %, kun yläpaine oli laskenut vain 1–3 %. Poikkeuksena henkilöillä 7 alapaine nousi jopa 16 % ja yläpaine 5 %. Meluttoman tauon aikana alapaine laski vain neljällä henkilöllä. Heistä kolmella laskua oli 11–14 %. Lisäksi neljällä alapaine nousi 2–5 % ja yhdellä alapaineessa ei tapahtunut muutosta mittausten välissä.



Kuva 13. Sykkeen muutokset taukojen aikana

Kuvassa 13 on havaittavissa runsasta vaihtelua melussa vietetyn tauon tuloksissa. Kahdella henkilöllä syke laski selkeästi. Toisella 10 % ja toisella 7 %. Kolmella syke nousi tauon aikana 7–9 % ja loput neljä pysyivät melkein samoissa lukemissa alku- ja loppuarvoissa. Meluttomuus laski kuuden henkilön sykettä. Neljällä laskua oli 8–13 %. Kahdella henkilöllä syke nousi meluttoman tauon aikana. Molemmilla oli muihin testihenkilöihin verrattuna jo alkumittauksissa alhaisimmat sykearvot. Yhdellä henkilöllä mitattujen sykkeiden keskiarvot pysyivät samana kaikissa mittauksissa.

Meluttoman tauon positiiviset vaikutukset näkyivät selkeimmin systolisen paineen lukemissa. Jotta tuloksia ei olisi tarkasteltu pelkästään mittalukujen perusteella, kysymyskaavakkeen 13. kohdassa pyydettiin vastaajia kuvailemaan kokemuksiaan meluttomasta tauosta.

Esimerkkejä vastauksista, miten mittaukseen osallistuneet henkilöt kokivat meluttoman tauon:

- Tuntui mahtavalta!! Rentouttavalta!!
- Oma rauha auttoi rentoutumaan nopeammin ja tauon jälkeen oli energisempi olo.
- Siinä pääsi aidosti irrottautumaan työn hektisyydestä.
- Jos olisi ollut väsyneempi, niin varmaan olisi nukahtanut hetkeksi.

- Oli rentouttavaa, ei tarvinnut vahtia tuleeko asiakkaita, sai olla rauhassa omissa oloissaan.
- Keho ja mieli vaikuttaa rentoutuneemmalta ja sain hetken täysin oman rauhan käydä läpi ajatuksiani.
- Olisi hyvä saada viettää kaikki ajat poissa työtilasta, oikeassa sosiaalitallassa.
- Tuntui ajallisesti pidemmältä. Kiireetön tunne.
- Väsymys iski heti kun rauhoittui aloilleen.
- Lupa olla tekemättä töitä. Ajatukset nollaantuivat.

Vaikka joidenkin mittausarvot eivät muuttuneen merkittävästi, niin positiiviset tunteet ja ajatukset nousivat esiin senkin edestä. Suullisissa kommentteissa mittaaminen koettiin kiinnostavaksi ja hieman jännittäväksi tulosten suhteen. Osa huolestui siitä, että nukahdaa kesken tauon, ja osalla mittaaminen herätti negatiivisia muistoja epämiellyttävistä terveystarkastuksista. Myös mansetin puristus tuntui monen mielestä liian kovalta. Mittausajan venyminen yli 10 minuutin oli kiinnittänyt huomiota mitattavaan henkilöön.

5.2 Melumittausosio

Melumittaukset tehtiin mitattavien henkilöiden työtilassa. Aluksi ajatuksena oli mitata melua pitkäkestoisina ajanjaksoina, joissa saataisiin selville työtilan melun keskiarvot ja yksittäiset huippuarvot. Näiden mittausten perusteella olisi päätelty työntekijöiden saama meluannostus. Lopullisessa toteutuksen suunnittelussa oli havaittavissa, että meluarvot saattoivat muuttua ajallisesti ja tilassa sijoittautumisen perusteella ääripäistä toiseen. Lisäksi vaihteluja oli runsaasti vuorokaudesta ja työntekijöiden työvuorojen pituudesta ja ajankohdasta riippuen. Mittauslaitteen sijoittaminen yhteen paikkaan työtilassa ei olisi tuonut oikeanlaista määrää eikä kokemusta yksittäisen työntekijän saamasta melukuormasta. Ihanteellisin mittalaite olisi ollut mukana kulkeva henkilökohtainen meluannosmittari, jolla olisi saatu jokaiselta mitattavalta henkilökohtaiset mittaustulokset. Koska käytettävissä oli käsikäyttöinen mittari, niin mittauskäytäntöä oli sovellettava uudelleen.

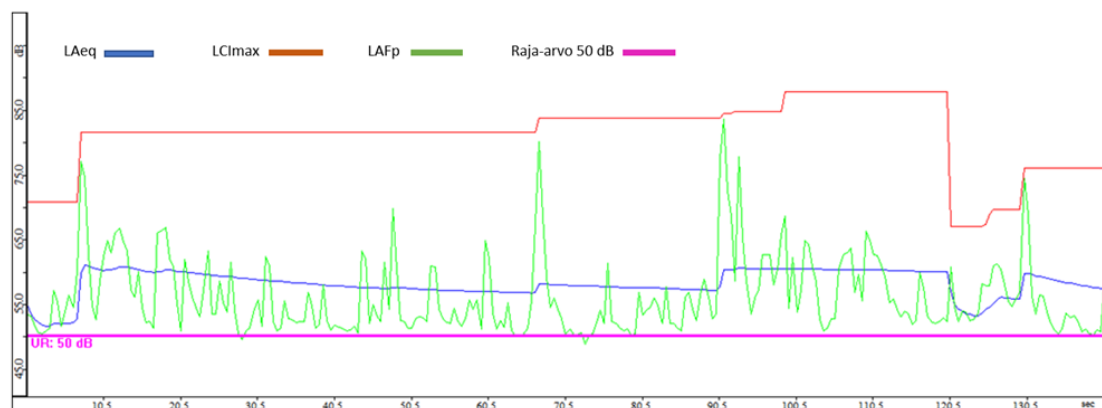
Mittaukset tehtiin lyhyinä noin 2 minuutin tallennuksina työpisteen eri kohteissa ja erilaisissa tilanteissa, joissa työntekijä työskentelee tai pitää taukoa. Mikrofonin kuljetaminen henkilön vieressä osoittautui hankalaksi, koska pisteessä liikutaan paljon ja välillä hyvinkin nopeasti. Myös asiakkaiden hämmennys haittasi mittaustulosten saamista.

Aiemman käytöksen sijaan asiakkaat lopettivat melua nostavan puhumisen ja huutamisen. Koska laitteen kuljettaminen työntekijän vierellä oli hankalaa ja huomiota herättävää, niin laitteeseen liitettiin 5 m pitkä mikrofonikaapeli, jonka päässä olevaa mikrofonia oli helpompi liikuttaa työntekijän vieressä. Mikrofonin pää ei myöskään herättänyt niin paljon huomiota kuin aiemmin. Mittari ja tietokone olivat paikoillaan työtasolla. Laitte yhdistettiin kannettavaan tietokoneeseen, johon oli asennettuna mittaustuloksia tallentava ja käsittelevä Delta Log 5 ohjelmisto. Mittaustulokset näkyivät heti paikan päällä, joten mittaustapaan pystyi tekemään korjauksia ennen seuraavaa mittauksia ja varsinaisten mittausten aloitusta.

Mittalaitteella mitattiin keskiäänitasoa eli ekvivalenttitasoa A-painotuksella (L_{Aeq}), joka vastaa ihmisen kuuloaistin taajuusherkkyyttä. Melun vaihtelua mitattiin nopealla (Fast) aikavakiolla eli 125 ms (L_{AFp}), joka vastaa parhaiten kuulon reagointiaikaa. Koska työtilassa altistuttiin päivittäin koville, iskumaisille äänille, niin mittauksissa huomioitiin enimmäisäänitaso impulssi (I)-aikavakiolla (L_{CImax}) ja C-painotuksella, joka mittaa matalataajuuksiset äänet. Äänenpainetaso vertailuarvoksi laitteeseen oli asetettu 50 dB:n arvo, joka vastaa hiljaisen keskustelun tai tietokoneen ääntä. Sama minimiarvo mitattiin myös sosiaalitalasta, jossa meluttomat tauot pidettiin. 50 dB:n raja näkyy grafiikassa rajaviivana.

Mittaustuloksia käsiteltiin yksittäisinä osioina, joita työvuoron aikana esiintyy vakiona tiettyinä vuorokauden aikoina. Melulle altistumista tarkasteltiin samoin yksittäisinä tapahtumina, koska työvuorot ovat erilaisia pituutensa ja melulle altistumisen suhteen.

Ensimmäinen kuvio (kuva 14) kuvaa hiljaista hetkeä, jolloin asiakkaita ei ollut eivätkä työntekijät aiheuttaneet mitään ääntä. Äänilähteitä olivat pelkästään laitteet, ilmastointi ja satunnaiset äänet työtilan ulkopuolelta. Kuvioden selitteet löytyvät kuvasta 14.



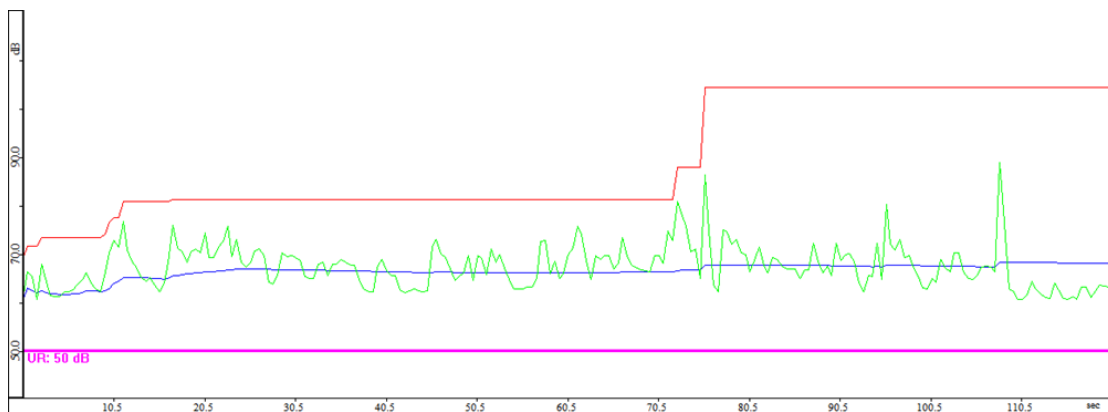
Kuva 14. Melumittaustulokset hiljaisena aikana.

Kuvassa 14 mittausaika on luettavissa vaaka-akselilta kohtaan 120 s asti. Mikrofonia kuljetettiin työtilassa, jossa äänet vaihtelivat laitteiden sijainnista johtuen. Välillä työtilan ulkopuolelta kuului ääniä, jotka selittävät impulssiäänet 80 dB ja 82 dB sekä viimeinen 86 dB, joka on L_{CImax} . L_{Aeq} eli keskiäänitaso oli 59 dB. L_{AFp} vaihteli 49–62 dB. Arvo laskee hetkellisesti alle 50 dB:n 73 sekunnin kohdalla.



Kuva 15. Työtilan viereisessä tilassa olevan laitteen melumittausarvot.

Kuvassa 15 mitataan melua tilanteessa, jossa työtilan viereisessä tilassa oleva laite käynnistyy ja sammuu satunnaisesti työpäivien aikana. Melua mitattiin ensin noin 40 sekunnin ajan tilassa, jossa laite oli päällä. Tilasta siirryttiin takaisin työtilaan, johon melu kuului avonaisesta oviaukosta. Mittausaika oli yhteensä 111 s ja L_{CImax} oli 87 dB. L_{Aeq} oli 72 dB ja L_{AFp} vaihteli 63–79 dB. Edellä mainittua melua kesti tänä ajankohtana noin 15 minuuttia.



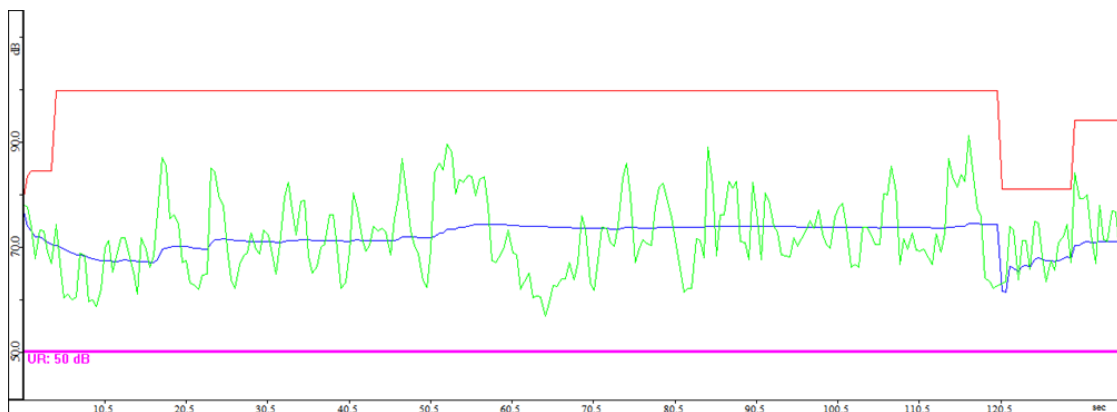
Kuva 16. Melumittaus tauon aikana ja sen keskeydyttyä.

Työntekijän valitseman tauokopaikan ympärillä oli useampi äänilähde. Tässä kohdassa (kuva 16) L_{CImax} oli 86 dB, L_{Aeq} 66 dB ja L_{AFp} vaihteli 60–80 dB. Tauko keskeytyi asiakkaan tullessa paikalle noin 75 sekunnin kohdalla. Tästä ajankohdasta 120 sekuntiin asti L_{CImax} nousi 102 dB:iin ja L_{Aeq} 67 dB:iin. Melumittauksen jälkeen ja asiakkaan poistuttua työntekijä jatkoi tauon pitämistä.



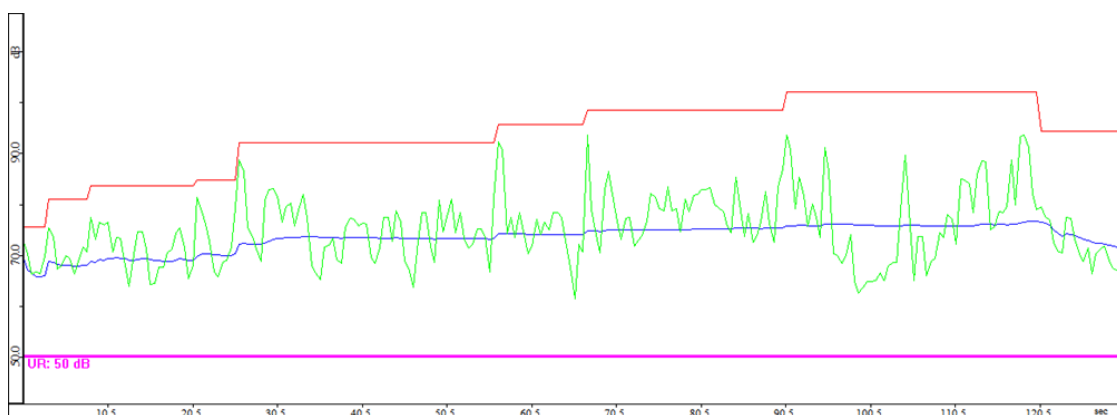
Kuva 17. Ruuhka-ajan melumittaus nro 1.

Kuvassa 17 on ensimmäinen ruuhka-ajan mittaus aikavälillä 2 min. Työtilassa oli tällöin useita asiakkaita. Äänet tulivat ihmisistä, laitteista, ilmastoinnista ja tavaroiden siirtämisestä. Melu mitattiin yhden työntekijän työpisteestä käsin, jossa L_{CImax} oli 94 dB, L_{Aeq} 75 dB ja L_{AFp} 57–92 dB.



Kuva 18. Ruuhka-ajan melumittaus nro 2.

Kuvassa 18 on toinen ruuhka-ajan melumittaus. Mittausväli oli sama kuin edellisessä kuviossa ja olosuhteet työtilassa edelleen samat. Mittausarvot olivat L_{CImax} 98 dB, L_{Aeq} 73 dB ja L_{AFp} 57–89 dB.



Kuva 19. Ruuhka-ajan melumittaus nro 3.

Kolmannessa ruuhka-ajan melumittauksessa (kuva 19) mittausväli oli sama kuin edellisessä kuviossa ja olosuhteet työtilassa edelleen samat. Mittausarvot olivat L_{CImax} 100 dB, L_{Aeq} 75 dB ja L_{AFp} 61–92 dB.

Ruuhka-aikojen melumittaukset 1–3 olivat esimerkkejä tavallisesta melukuormasta, joka kestää vaihtelevasti noin 30 minuutista 3 tuntiin. Meluhiippujen välissä saattaa olla noin 30 sekunnista 10 minuuttiin kestäviä taukoja. Välillä saattaa olla myös pitkiä yli 30 minuutin hiljaisia taukoja. Ulkopuolelta tulevat äänet ovat täysin satunnaisia vaihdellen rakennustyömaalta, laitteista tai ihmisistä lähteviin ääniin.

6 Pohdinta

Insinööriytyön ensisijaisena tavoitteena oli tutkia, voidaanko meluärsykkeiden hetkellisellä poistamisella saada aikaan työntekijän terveyttä edistävää palautumista taukojen aikana. Melulla on tutkitusti negatiivista vaikutusta kuuloon ja autonomiseen hermoston toimintaan, joten mittari valittiin sillä tarkoituksella, että se mittaisi näihin liittyviä arvoja. Melu vaikuttaa autonomiseen hermostoon nostamalla sykettä ja verenpainetta, joten verenpainemittari soveltui parhaaksi mittavälineeksi näiden seuraamisessa. Koska mittarivälikkeet antavat yksipuolisen kuvan fysiologisista muutoksista, niiden tueksi liitettiin kyselykaavake, jonka tarkoitus oli kertoa mitattavan henkilön subjektiivinen kokemus palautumisesta. Vaikka verenpaineen ja sykkeen mittaukset eivät menneet aina ohjeiden mukaisesti, mittausarvoissa oli nähtävissä meluttoman tauon paremmat palautumisarvot verrattuna melun keskellä vietettyyn taukoon. Parhaiten meluttoman tauon palauttavat vaikutukset olivat luettavissa kyselykaavakkeen vastauksista. Molemmat mittarit toimivat erinomaisesti ja niiden yhdistelmä oli mielestäni hyvin toisiaan täydentävä. Työntekijöistä tuntui miellyttävältä viettää tauko meluttomassa tilassa ilman ympäristön ärsykejä ja olla samalla pois työpisteeltä. Tähän liittyen lupa pitää tauko ilman valmiudessa oloa oli myös tuntunut tärkeältä. Kuulonsuojaimien lisäksi silmälappujen käyttäminen saattoi edesauttaa rentoutumista ja sitä kautta palautumista. Alkujaan ei ollut tarkoitus käyttää silmälappuja kuulonsuojaimien lisäksi, joten se saattoi vääristää lopputulosta. Toisaalta taukotilassa vilkkuva valaisin olisi voinut lisätä stressiä ja kumota hiljaisuuden vaikutuksen, joten tässä tapauksessa ongelma ratkaistiin hyvin. Meluttomalla tauolla oli positiiviset vaikutukset työntekijän palautumisessa, ja palautumista mittaavat mittarit olivat tätä päätelmää tukevia.

Toissijaisena tavoitteena oli parantaa työntekijöiden työssäjaksamista sekä kiinnittää heidän huomionsa omasta terveydestä huolehtimiseen ja ylläpitoon pitkällä tähtäimellä. Vaikka käytännön syistä otanta jäi pieneksi, niin oli hienoa huomata työntekijöiden innostus ja kiinnostus opinnäytetyön aihetta kohtaan. Mittausten yhteydessä sain heiltä paljon uusia näkemyksiä, joita en ollut tullut edes ajatelleeksi. Toivon jakaneeni myös heille uusia ajatuksia, joista heille olisi hyötyä oman terveyden ylläpitämiseksi. Toisaalta olin myös elävä esimerkki siitä, miten jatkuva alhaisessakin melussa työskentely vaikuttaa kuuloon vuosien saatossa. Kuulon alenema haittaa kuulemistakin melussa ja tekee melun entistä stressaavammaksi. Eniten huolta herätti kysymyslomakkeen kysymys nro 6:n vastaukset (taulukko 8), jossa kysyttiin, miten koet työpisteen melun. Vain yksi henkilö oli valinnut kohdan ”melu heikentää kuuloani pysyvästi”. Huoli siitä,

ymmärtävätkö työntekijät nykyisen meluallistuksen vaikutuksen kuuloon, jäi mietityttämään. Melumittauksilla saatiin tietoa desibelimääristä, ja ne olivat korkeammat kuin oli arvioitu. Ne eivät kuitenkaan ylittäneen melun raja-arvoja, mutta kuulostivat häiritsevästi. Huomasin, että tällä kertaa ulkopuolisena seuraajana niihin kiinnitti enemmän huomiota, kuin työvuorossa olevat työntekijät. Vaikka meluarvojen altistusaikoja ei ylitetty, niin toivoisin, että melun muihin haittatekijöihin kiinnitettäisiin huomiota. Näkisin, että työntekijät havaitsevat melun, mutta yrittävät pärjätä sen kanssa, koska melulle ei ole tehty mitään toimenpiteitä sen vähentämiseksi. Tavoite työntekijöiden työssäjaksamisen parantamisesta sekä huomion kiinnittämisestä oman terveyden huolehtimiseen ja ylläpitoon näkyy vasta pitemmällä aikavälillä. Tutkimusta voisi tästä syystä jatkaa näiden tavoitteiden osalta tekemällä nyt uudet alkumittaukset ja seuraavat vuoden välein.

Selvitettäväksi jäi, olisiko iällä ja sukupuolella merkitystä palautumisessa. Otos oli sen verran pieni ja yksipuolinen, että luovuin näiden muuttujien käsittelystä tulosten tarkastelussa. Jatkossa olisi mielenkiintoista seurata verenpainetta ja sykettä henkilökohtaisilla mittareilla pidemmällä aikavälillä, koska näin voisi saada luotettavampia tuloksia palautumisesta. Myös melun taajuuden vaikutusta voisi tutkia tarkemmin. Onko eri taajuuksilla vaikutusta siihen, miten häiritsevästä melusta koetaan, ja vaikuttaako taajuus ratkaisevasti tutkittuihin fysiologisiin tekijöihin.

Työterveyshuollon ja työnantajan tulisi lähteä mukaan ideoimaan palautumista edistäviä hankkeita ja sijoittaa voimavaroja niihin. Näistä hyötyisivät työntekijät ja työnantajat sekä asiakkaat. Myös vanhojen melumittaustapojen rinnalle voisi kehittää tämänkaltaisia mittareita kuin tässä työssä käytettiin. Lopputyötä voi hyödyntää pohtimalla uusia keinoja melun vähentämiseksi. Melun lähteet voidaan nyt paremmin eritellä ja pohtia, voisiko niihin vaikuttaa jatkossa meluseikat huomioiden. Myös taukotilan ongelmiin voidaan päästä paremmin käsiksi ja tehdä parannuksia sen toimivuuden suhteen. Toivon työyhteisön ja asiakkaiden mielenkiinnon työsuojelu- ja työterveysasioiden kehittämistä kohtaan kasvavan ja paranevan.

Lähteet

Aaltoliike ja Valo-oppi. 2018. Verkkoaineisto. Taulukot.com Taulukkokirja verkossa. <http://www.taulukot.com/fysiikka/aaltoliike_valo_oppi/>. Luettu 20.4.2019.

Bailey, Regina. 2018. Diastole and Systole Phases of the Cardiac Cycle. Verkkoaineisto. ThoughtCo. <<https://www.thoughtco.com/phases-of-the-cardiac-cycle-anatomy-373240>>. Luettu 19.5.2019.

Bell, Paul A; Greene, Thomas C; Fisher, Jeffrey D & Baum, Andrew. 1996. Environmental Psychology, Fourth Edition. Fort Worth, Texas: Harcourt Brace College Publishers.

Cortin elin, Cortis organ, organum Corti. 2006. Verkkoaineisto. Solunetti. <http://www.solunetti.fi/fi/histologia/cortin_elin/>. Luettu 19.5.2019.

Eskola, Sisko Maria; Ketolainen, Pasi & Stenman, Folke. 2006. Fotoni 3, FY3 Aallot. Helsinki: Otava.

HD2110L – Class 1 integrating sound level meter. 2019. Verkkoaineisto. Delta OHM. <<https://www.deltaohm.com/en/product/hd2110l-class-1-integrating-sound-level-meter/>>. Luettu 19.5.2019.

Hervonen, Heikki. 2012. Korvan makroanatomiaa. Luentomoniste. Helsingin Yliopisto.

Heurlin, Eerikki. 2015. Äänenpainetason mittaaminen konserteissa. Insinööritö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Jauhiainen, Tapani (toim.). 2008. Audiologia. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Jauhiainen, Tapani; Vuorinen, Heikki S & Heinonen-Guzejev, Marja. 2007. Ympäristömelun vaikutukset. Suomen Ympäristö 3. Helsinki: Edita Prima Oy.

Khaleghimeybodi, Morteza. 2018. Schematic of the auditory system with its primary components including external auditory canal, Tympanic Membrane (TM), Ossicles (including Malleus, Incus, and Stapes), and the Cochlea. Verkkoaineisto. Researchgate. <https://www.researchgate.net/figure/Figure-31-Schematic-of-the-auditory-system-with-its-primary-components-including_fig1_322343133>. Luettu 19.5.2019.

Köykkä, Kimmo. 2011. Ilmastoinnin äänenpainetasojen mittaus. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Lehto, Heikki; Havukainen, Raimo; Leskinen, Janna & Luoma, Tapani. 2005. Fysiikka 2-3 Lämpö Aallot. Helsinki: Tammi.

Lemmetty, Sami. 2016. Teknistä akustiikkaa. Verkkoaineisto. PiiSamin kotisivut. <<http://piisami.net/tieto/akutek.htm>>. Luettu 28.4.2019.

Liikonen, Larri. 2013. Johdatus ympäristömeluun – Meluntorjunnan perusteet, Meluselvitykset ja niiden teettäminen sekä laatu. Verkkoaineisto. Koulutuspäivämateriaali 4.12.2013 Pohjois-Savon ELY. <http://www.elykeskus.fi/documents/10191/2073102/Liikonen_Johdatus_ymp%C3%A4rist%C3%B6meluun.pdf>. Luettu 9.10.2018.

Lyytimäki, Jari. 2006. Unohdetut ympäristöongelmat. Helsinki: Gaudeamus Kirja. Oy Yliopistokustannus University Press Finland.

Lääketieteen sanasto. 2019. Verkkoaineisto. Duodecim Terveyskirjasto. <https://www.terveyskirjasto.fi/kotisivut/tk.koti?p_artikkeli=ltt03702&p_teos=ltt>. Luettu 2.5.2019.

Melu. 2019. Verkkoaineisto. THL Ympäristöterveys. <<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/melu>>. Luettu 20.4.2019.

Mustajoki, Pertti. 2018. Kohonnut verenpaine (verenpainetauti). Verkkoaineisto. <http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00034>. Luettu 4.10.2018.

Niensted, Walter; Hänninen, Osmo; Arstila, Antti & Björkqvist, Stig-Eyrik. 1991. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 7. painos. Porvoo: WSOY.

Peltonen, Hannu; Perkkiö, Juha & Vierinen, Kari. 2018. Insinöörin (AMK) Fysiikka osa II. 9. painos. Porvoo: Lahden Teho-opetus Oy.

Savolainen, Seppo. 2010. Akuutti meluvamma. Lääketieteen aikakauskirja Duodecim 2010, Numero 20, s. 2373–2379.

Skirrow, Peter. 2009. A, C and D weighting curves. Verkkoaineisto. Wikimedia. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/39/Acoustic_weighting_curves_%281%29.svg>. Luettu 19.5.2019.

Suojanen, Lauri. 2012. Otoskleroosileikkausten tulokset Kuopion yliopistollisessa sairaalassa 1999-2008. Opinnäytetyö. Itä-Suomen yliopisto. UEF-Finna.

Tóth, Viktor. 2019. Fletcher-Munson equal-loudness contours. Verkkoaineisto. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/figure/Fletcher-Munson-equal-loudness-contours-shown-in-blue-the-latest-ISO-2262003-revision_fig5_332547811>. Luettu 19.5.2019.

Tunne pulssisi-hanke. 2019. Verkkoaineisto. <<https://www.tunnepulssisi.fi/hanke>>. Luettu 21.4.2019.

Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. 2019. Verkkoaineisto. Työsuojeluhallinto. <<http://www.tyosuojelu.fi/>>. Luettu 18.4.2019.

Työturvallisuuslaki. 2002. 738—754/23.8.2002.

Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuvilta vaaroilta 2006. 85/ 26.1.2006.

Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista. 1992. 993/29.10.1992.

Vapaa-ajan melu. 2019. Verkkoaineisto. Kuuloliitto ry. <<https://www.kuuloliitto.fi/vapaa-ajan-melu/>>. Luettu 1.4.2019.

Vartiainen, Timo. 2011. Melun mittaaminen paperitehtaassa. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Äänipää. 2005. Verkkoaineisto. <http://www.aanipaa.tamk.fi/taajuu_1.htm>. Luettu 27.4.2019.

Kyselykaavake

Ikä: ____

Sukupuoli: nainen ☐
 mies ☐
 muu / en halua sanoa ☐

1.

Kuinka pitkä aika siitä on, kun sinulta on mitattu/ tutkittu...: (rastita oikeat vaihtoehdot)

	< 1 v	1-2 v	2-3v	> 3 v	ei koskaan
verenpaine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
syke	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kuulo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.

Tiedätkö/ osaatko arvioida mikä on keskimäärin verenpaineesi levossa?

En ☐

Kyllä ☐ Kuinka paljon se on? _____/_____

3.

Tiedätkö/ osaatko arvioida mikä on leposykkeesi?

En ☐

Kyllä ☐ Kuinka paljon se on? _____

4.

Milloin tämä työpiste on sinusta häiritsevän meluista? (valitse yksi vaihtoehto)

Aina aukioloaikoina ☐

Ruuhka-aikoina ☐

Vain remonttien aikana ☐

Muulloin, _____

Ei koskaan ☐

5.

Jos vastasit edelliseen jotain muuta kuin *ei koskaan*, niin mistä häiritsevä melu mielestäsi tulee?
(voit valita useamman vaihtoehdon)

Laitteista ☐

Ihmisistä ☐

Ilmastoinnista ☐

Melu tulee ulkopuolelta ☐

Jostain muusta. Mistä? _____

6.

Miten koet työpisteen melun? (voit valita useamman vaihtoehdon)

Melu on ärsyttävää ☐

Melu häiritsee keskittymistä ja tarkkaavaisuutta työssä ☐

Melu haittaa kuulemista ☐

Joudun korottamaan ääntäni, jotta puheeni kuultaisiiin ☐

Melu heikentää kuuloani pysyvästi ☐

Melun vaikutukset tuntuvat vielä työajan jälkeen ☐

En kiinnitä huomiota meluun ☐

Koen melun _____

7.

Käytän kuulonsuojaimia/ korvatulppia tässä työpisteessä: (valitse yksi vaihtoehto)

aina ☐

usein ☐

harvoin ☐

en koskaan ☐

8.

Selvennä vielä edellisen kysymyksen vastausta. Miksi käytän tai en käytä kuulonsuojaimia/ korvatulppia?

9.

Pidätkö tauot yleensä...

työpaikalla ☐

poissa työpaikasta ☐

sekä että ☐

10.

Pystytkö mielestäsi lepäämään/ palautumaan tauon aikana?

melkein aina ☐

harvoin ☐

en koskaan ☐

11.

Jos vastasit harvoin tai ei koskaan, niin mikä/ mitkä mielestäsi vaikuttaa siihen, että lepo/ palautuminen ei onnistu?

12.

Mitä seuraavista teet tauon aikana:

syön ☐

juon kofeiinittomia juomia ☐

juon kahvia, teetä, energiajuomia tms. ☐

poltan tupakkaa, käytän sähkösavuketta tai nuuskaa ☐

luen ☐

kuuntelen musiikkia ☐

otan päiväunet ☐

teen rentoutusharjoituksia ☐

seurustelen työkavereitten kanssa ☐

selaan puhelinta, pelaan ☐

hoidan työasioita ☐

treenaan ☐

jotain muuta _____

13.

Vietit 10 minuutin tauon istuen hiljaisuudessa. Miltä tämä kokemus tuntui itsessään ja verrattuna aiemmin pitämääsi taukoon?
