



Luonnonvara- ja  
biotalouden  
tutkimus 10/2020

## Ajettavien työkkoneiden istuinergonomian kehittäminen fysioakustisen menetelmän avulla

Jarkko Leppälä, Ilkka Turunen, Markku Rothsten, Juha Oksa, Satu Mänttari, Raimo Linkolehto, Antti Suokannas ja Risto Rautiainen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 10/2020

# **Ajettavien työkoneiden istuinergonomian kehittäminen fysioakustisen menetelmän avulla**

Jarkko Leppälä, Ilkka Turunen, Markku Rothsten, Juha Oksa, Satu Mänttari, Raimo Linkolehto, Antti Suokannas ja Risto Rautiainen

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2020



Viittausohje:

Leppälä, J. Turunen, I., Rothsten, M., Oksa, J., Mänttari, S., Linkolehto, R., Suokannas, A. & Rautiainen, R. 2020. Ajettavien työkoneiden istuinergonomian kehittäminen fysioakustisen menetelmän avulla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 102020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 23 s.

Jarkko Leppälä, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-5187-7185>



ISBN 978-952-326-915-6 (Painettu)

ISBN 978-952-326-916-3 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-916-3>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Jarkko Leppälä, Ilkka Turunen, Markku Rothsten, Juha Oksa, Satu Mänttari, Raimo Linkolehto, Antti Suokannas ja Risto Rautiainen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2020

Julkaisuvuosi: 2020

Kannen kuva: Jarkko Leppälä

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.juvenesprint.fi>

## Tiivistelmä

Leppälä Jarkko<sup>1</sup>, Turunen Ilkka<sup>2</sup>, Rothsten Markku<sup>2</sup>, Oksa Juha<sup>3</sup>, Mänttari Satu<sup>3</sup>, Linkolehto Raimo<sup>1</sup>, Suokannas Antti<sup>1</sup>, Rautiainen Risto<sup>4</sup>

<sup>1</sup>) Luonnonvarakeskus (Luke), Espoo

<sup>2</sup>) Finnish Well-Being Center, Helsinki

<sup>3</sup>) Työterveyslaitos, Oulu

<sup>4</sup>) Luonnonvarakeskus (Luke), University of Nebraska Medical Center (USA)

Maatalouskoneilla ajettaessa kohdistuu huomattavaa kuormitusta erityisesti selän ja lonkan pehmyskudoksiin ja sitä kautta kehon ääreisiin jalkoihin ja käsiin. Ongelmaan ratkaisuna tässä pilottitutkimuksena tutkittiin ns. fysioakustisen hoidon (FA-hoito) vaikutusta työkoneiden kuljettajien terveysriskien ja tuki- ja liikuntaelinsairauksien ehkäisemiseksi maataloudessa. Fysioakustisen hoitomenetelmän sijoittamisella työkoneiden istuimeen oletetaan aiheuttavan aktivoivaa, palautumista nopeuttavaa ja kuormitusta vähentävää vaikutusta työkoneiden kuljettajien hermo-lihasjärjestelmässä. Tämä pilottihanke tehtiin Maatalouskoneiden tutkimussäätiön ja Luonnonvarakeskuksen rahoituksella. Hanketta johti Luonnonvarakeskus (Luke) ja työryhmään kuului asiantuntijoita Finnish Well Being Centeristä, Työterveyslaitoksesta ja Lukesta.

Ensimmäinen ajokoe tehtiin vuonna 2017 Vakolassa Vihdissä standardoidulla koeradalla Valtran traktoriin sijoitetulla Fysioakustisella traktorinistuimella. Neljä koehenkilöä ajoi identtiset koeradat ilman FA-istuinta ja FA-istuimen kanssa. Lihasten kuormittuneisuutta mitattiin ennen ja jälkeen ajorasituksen sekä EMG-mittalaitteella. Ensimmäisen ajokokeen tulosten mukaan fysioakustisen tuolin käyttö vähensi erittäin merkittävästi lihaksiston kuormittuneisuutta traktorijossa. Vuonna 2018 tuloksissa ajokokeet uusittiin hieman lisäten testattavia muuttujia sekä muuttaen FA-ohjelmaa istuimessa. Tässä testissä testattiin myös laitteiston toimivuutta, käytettävyyttä ja luotettavuutta. Syksyllä 2018 tehdyssä ajokokeessa todettiin, että FA-traktorinistuimella annetun hoidon vaikutus voi ulottua kuljettajan raajoihin ja vaikuttaa henkilön vireys- ja stressitasoon.

Vuoden 2018 maatalousmessuilla FA-istuin vietiin kokeiltavaksi messukävijöille (N=47) messukävijöille heidän subjektiivisista tuntemuksista FA-tuolista. Vuonna 2019 tehdyssä käyttöttestissä Okramaatalousmessujen yhteydessä testihenkilöiden määrää kasvatettiin ja testiin osallistuneet henkilöt istuivat tuolilla määritetyn hoito-ohjelman ajan eli vähintään 5 minuuttia. Istuintestiin osallistui yhteensä 111 henkilön vastaajaotos, jotka täyttivät subjektiivista käyttökokemusta mittaavan kyselykaavakkeen.

Hankkeen tuloksena tuotettiin traktorinistuimen ja jolla tehtiin yhteensä 14 ajokoetta, joihin osallistui yhteensä neljä koekuljettajaa. Tuloksena oli myös julkaistava hankeraportti sekä ammattilehtiartikkeli, joihin on koottu FA-traktorinistuinta koskevien pilottitestien keskeiset tulokset. Jos ajettavan työkoneen istuimen asennettavan fysioakustiikkaominaisuuden avulla voidaan vähentää viljelijöiden tuki- ja liikuntaelinsairauksia, jotka ovat suurimpia työkyvyttömyyseläkkeiden syytekijöitä, on hankkeesta syntyvällä sovelluksella erittäin suuri vaikutus viljelijöiden terveyteen, työturvallisuuteen, tuottavuuteen ja kansantalouteen. Hankkeen tuloksia aiotaan käyttää laajemman jatkohankkeen valmistelussa jatkossa. FA-istuimen tuotteistaminen traktorin lisävarusteeksi vaatisi jatkossa laajempaa testausta isommalla koekuljettajaryhmällä.

Asiasanat: Fysioakustiikka, Traktorinistuin, Maatalous, Tuki- ja liikuntaelinsairaudet

## Abstract

Leppälä Jarkko<sup>1</sup>, Turunen Ilkka<sup>2</sup>, Rothsten Markku<sup>2</sup>, Oksa Juha<sup>3</sup>, Mänttari Satu<sup>3</sup>, Linkolehto Raimo<sup>1</sup>, Suokannas Antti<sup>1</sup>, Rautiainen Risto<sup>4</sup>

<sup>1</sup>) Natural Resources Institute Finland (Luke), Espoo

<sup>2</sup>) Finnish Well-Being Center, Helsinki

<sup>3</sup>) Finnish Institute of Occupational Health, Oulu

<sup>4</sup>) Natural Resources Institute Finland (Luke), University of Nebraska Medical Center (USA)

The project aimed to decrease tractor driver's musculoskeletal complaints and disorders (MSD's). Previous studies have pointed that MSDs is one of the most common reason for disability pensions among farmers. One crucial MSD risk factor is long tractor driving hours in agriculture. As a solution to this problem we tested the ability of physioacoustic treatment to reduce tractor drivers' musculoskeletal strain. In this pilot study we tested if physioacoustic treatment in driver's seat can activate and accelerate recovery of the driver's back muscles. The pilot study was funded by the Farm Machinery Research Foundation and Natural Resources Institute Finland (Luke). The project was headed by Luke in collaboration with Finnish Well-Being Center (FWBC) and Finnish Institute of Occupational Health.

Pilot tests were organized at Luke's farm machinery test facilities in Vakola, Vihti in the years 2017 and 2018. Valtra Inc. provided a tractor and seats for the test. On both tests the test days driving programs were identical. The three test drivers used a standard tractor seat during the first day and during the second day a physioacoustic tractor seat, which included four specific acoustic elements located against the driver's buttocks and lower back. Test driving was conducted on a standardized test track. A 50 minute driving period was followed by the physioacoustic program which included a 10 minute activation and 30 minute recovery program. Each test drive lasted one and half hours. An occupational health specialist measured the test drivers' muscle stiffness from the back muscles before and after the test program. Furthermore, electrical muscle activity (EMG) was measured from the lower and upper back and shoulder muscles during driving.

We also presented the tractor seat in a farming exhibition (Okra 2018 and 2019). Altogether 111 visitors did the at least 5 minutes seat trial and answered on questionnaire about the seat.

The test results indicated that the physioacoustic treatment in the tractor seat significantly decreased muscle strain in test drivers. The total strain was reduced by 43% in low back muscles and 28% in upper back muscles when using the physioacoustic tractor seat, compared to standard seat. In the year 2018 tests indicated that stress marker levels were lower when using PA. PA treatment did not affect muscle structure and blood pressure on test persons. No negative health effects were found on test persons. In Okra Farming Exhibition seat trial over 97 % of the respondents found the seat comfortable and 90 % would buy it as being part of new tractor. The preliminary results are promising and more extensive tests are proposed to investigate physioacoustic seat method in future studies.

Key words: Physio Acoustic, Tractor seat, Agriculture, Musculoskeletal diseases

# Sisällys

<b>1. Johdanto .....</b>	<b>6</b>
1.1. Hankkeen tavoitteet .....	8
1.2. Tutkimusmenetelmät.....	9
1.2.1. FA – hoitolaitteet traktorinistuimessa .....	9
1.2.2. Ajokokeet ja lihasmittaukset.....	9
1.2.3. Istuintestit messuilla .....	12
<b>2. Hankkeen tulokset.....</b>	<b>13</b>
2.1. Vuoden 2017 ajokokeiden tulokset .....	13
2.2. Vuoden 2018 ajokokeiden tulokset .....	15
2.3. Istuintestien tulokset maatalousmessuilla .....	17
2.4. Hankkeen muut tulokset.....	19
<b>3. Yhteenveto ja keskustelua .....</b>	<b>21</b>
<b>4. Viitteet.....</b>	<b>22</b>

# 1. Johdanto

Maatalouden työkyvyttömyyden syitä ja ongelmia on tutkittu viime vuosina. Vuonna 2014 tehdyssä TTS:n ja MTT:n tutkimuksessa laskettiin, että vuosina 2008–2012 menetettiin uusien työkyvyttömyystapausten vuoksi yli 6 800 henkilötyövuotta, kun edellisellä mitatussa viisivuotiskaudella 2000–2004 menetettiin vain 2 600 henkilötyövuotta. Uusien työkyvyttömyyseläkkeiden korvaussummat olivat yhteensä yli 60 miljoonaa euroa vuosina 2008–2012. Yhteensä sekä uusia että vanhoja maatalouden työkyvyttömyyseläkkeitä maksetaan noin 40 miljoonaa vuodessa. Maataloudessa suurin osa eli 45 % työkyvyttömyyseläkkeistä aiheutuu tuki- ja liikuntaelinsairauksista, joiden suurimpia aiheuttajia ovat pehmytkudos- ja nikamavälilevyjen sairaudet selässä ja hartioissa (Karttunen ym. 2015; Karttunen ym. 2014).

Tuki- ja liikuntaelinsairaudet (Tule-sairaudet) ovat Suomessa yleisestikin suurin syy työkyvyttömyyseläkkeelle siirtymiseksi ja Tule-sairauksien määrä on ollut kasvussa viime vuosina. Tule-sairauksien erikoissairaanhoidon kustannukset nousivat vuoden 2010 jälkeen neljässä vuodessa 14 miljoonaa euroa. Arvioidaan että Tule-sairauksien kokonaiskustannukset ovat Suomessa vuosittain jopa 3–4 miljardia euroa. Erityinen tule-sairauksien riskitekijä tulee ilmi pitkäkestoisessa työskentelyssä ajettavien työkoneiden kuljettajilla. Erityisen kuormittavaa selän tuki- ja liikuntaelimille työkoneilla ajaminen on maatalouden kuljettajilla, mutta myös raskaan ajoneuvoliikenteen kuljettajilla on havaittu ongelmia (Tule ry 2018; Vuori 2018).

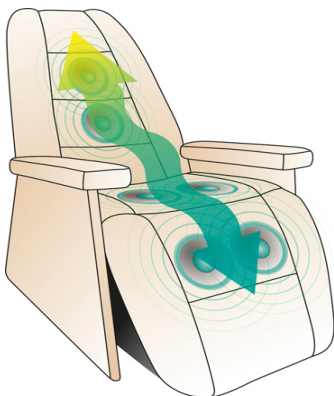
Merkittävä työkyvyttömyyseläkkeiden ja Tule-sairauksien riskitekijä maataloudessa on tutkimusten mukaan pitkäkestoinen työskentely ajettavilla työkoneilla kuten traktoreilla, leikkuupuimureilla ja kaivureilla. Traktorilla ajaessa kuljettajaan kohdistuu mekaanista koko kehoon vaikuttavaa haitallista tärinää, joka kuormittaa lihaksia erityisesti selän alueella (Mayton ym. 2007). Lisäksi viljelijöiden ongelmana maataloudessa on, että työn tulos riippuu hyvin paljon sääolosuhteista, jolloin viljelijän on tehtävä peltotöitä ajettavilla peltotyökoneilla nopealla tahdilla silloin, kun sääolosuhteet ovat tuotannolle otolliset. Tällöin pitkäkestoinen ajokuormitus maataloudessa voi aiheuttaa merkittäviä terveysriskejä traktorin kuljettajien kehon pehmytkudoksille (Mayton ym. 2007; Toren ym. 2001).

Maataloustyökoneilla ajettaessa lihasväsymys (fatigue) aiheuttaa akuutteja ja viivästyneitä muutoksia ihmisessä sekä sentraalisesti, että perifeerisesti. Sentraaliset muutokset ovat hermostotasolla, keskushermostossa ja selkäydintasolla tapahtuvia muutoksia ja perifeeriset kehon ääreisosissa, hermolihasliitos ja lihassolutasolla tapahtuvia muutoksia. Yksilöivämpi termi väsymykselle on neuromuskulaarinen väsymys eli hermolihasväsymys. Neuro- muskulaarinen väsymys aiheuttaa mm. voimantuoton laskua (Leppälä ym. 2016; Karttunen ym. 2014; Mayton ym. 2007). Oletuksena on, että maataloustyökoneilla ajettaessa kuormitus kohdistuu erityisesti selän ja lonkan pehmyskudoksiin ja sitä kautta kehon ääreisosiin jalkoihin ja käsiin. Ongelmaan ratkaisuna tässä tutkimuksessa tutkittiin ns. fysioakustisen hoidon (FA-hoito) vaikutusta työkoneiden kuljettajien terveysriskien ja tuki- ja liikuntaelinsairauksien ehkäisemiseksi maataloudessa. Fysioakustisen hoitomenetelmän sijoittamisella työkoneiden istuimeen oletetaan aiheuttavan aktivoivaa, palautumista nopeuttavaa vaikutusta työkoneiden kuljettajien neuromuskulaariseen väsymykseen selän pehmyskudoksissa (Kuva 1). Tutkimuksessa oli myös tarkoitus selvittää FA-hoidon vaikutuksia työkoneiden kuljettajien vireystilaan.



**Kuva 1.** Fysioakustiikkalaitteisto asennettiin traktorinistuimeen.

Fysioakustisella (FA) hoidolla tarkoitetaan kehoon suunnattua äänivärähtelyä jollain tietyllä taajuudella ja amplitudilla. FA-menetelmässä käytetään kolmea tärkeää äänen parametriä, jotka ovat äänenkiertovaihtelu, -taajusvaihtelu sekä -voimakkuusvaihtelu. FA-hoidon tajuusalue on 27–113 Hz mutta pääosin FA-hoidoissa käytetään 30–50 Hz tajuuksia ja näitä skannataan valitun amplitudin sisällä hoidon aikana. FA-hoitoajat vaihtelevat 10–40 minuutin välillä (Fysioakustiikka.com 2016; Rothsten 2003). Finnish Well Being Center (entinen Next Wave) on kehittänyt näitä hoito-ohjelmia mm. tuoleihin lähes 30 vuoden ajan ja tämän pitkäaikaisen kehitystyön tulokset voidaan hyödyntää suunnittelemalla erikoishoito-ohjelmia erilaisille kohderyhmille (kuva 2). FA-hoito poikkeaa hieronnasta siten, että FA-äänivärähtely läpäisee koko kehon ja siten värähtelyn vaikutukset ulottuvat syvemmälle solutasolla kuin hieronnassa, joten sillä saattaa olla myös pitkäaikaisempaa, aineenvaihduntaa vilkastuttavaa vaikutusta, joka voisi nopeuttaa palautumista esimerkiksi väsytyksen aiheuttamasta viivästyneestä lihassoluvauriosta. FA-hoidossa tuotettu äänivärähtely poikkeaa ajokoneen mekaanisen tärinän aiheuttamasta värähtelystä, jonka on todettu olevan kuljettajalle haitallista. Tässä tutkimuksessa FA-menetelmää testataan maataloustraktorin istuimeen ja työkonelukjettajien lihaksissa ilmeneviin vaikutuksiin. Hankkeen rahoittajana oli Maatalouskoneiden tutkimussäätiö ja Luonnonvarakeskus.



**Kuva 2.** Fysioakustiikkatuolin avulla on elvytetty koehenkilöiden lihaksistoa ja verenkiertoa (Fysioakustiikka.com).



## Fysioakustisen menetelmän taustaa

Sibelius Akatemian musiikkikasvatustieteen lehtorin Petri Lehikoisen ajatuksesta lähti liikkeelle tutkimus, jossa selvitettiin eri äänen taajuuksien vaikutusta ihmiskehon fysiologisiin toimintoihin (Lehikoinen 1990). Next Wave Oy perustettiin vuonna 1988 hyödyntämään kaupallisesti matalajaksoisen siniäänän vaikutusta ihmiskehoon. Perusajatuksena oli se, että eri taajuudet vaikuttavat eri kehon kudoksiin ja puhtaalla siniäänellä voidaan hyvin tarkasti kohdentaa sopiva tai lihakselle hyödyllinen taajuus kullekin kudostyypille.

FA-menetelmässä käytettiin jo alkutestuksissa matalajaksoisia taajuuksia alueella 27–113 Hz. Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu ruotsalaisen Professori Thomas Lundebegin tutkimusryhmän tekemissä mittauksissa, että matalilla taajuusalueilla eri lihakset ja lihasryhmät saadaan värähtelemään lihasvaikutusten kannalta optimaalisesti (Lundebeg 1983). FA-menetelmässä haluttu lihasvaikutus saadaan äänen kiertovaihtelun, taajuusvaihtelun sekä voimakkuusvaihtelun avulla. Näistä tehty FA-menetelmän kiertovaihtelu patentoitiin.

Fysioakustinen tuoli sekä patja ovat rekisteröity USA:n lääkintöhallituksen (FDA) lääketieteellisten laitteiden rekisterin 2. luokkaan hoitovälineeksi luokituksella **low risk, non invasive medical device**. FA-menetelmää käytetään pääasiassa lääketieteellisissä hoidoissa mm. lihashuoltoon ja rentoutukseen, neurologiseen kuntoutukseen sekä verenkierto- ja aineenvaihduntahäiriöiden hoitoon. Lisäksi hyviä kokemuksia on saatu työperäisten kiputilojen ja stressin sekä urheiluvammojen hoidossa. Lisäksi FA-hoitoa käytetään unettomuus-, makuuhaavahoitoihin sekä leikkauspotilaiden kuntoutukseen. (Tiidus ym. 2008; Lehikoinen 1997).



**Kuvat 3–5.** Monet urheilijat ja urheilujoukkueet esim. jalkapallossa ja formulaurheilussa ovat hyödyntäneet fysioakustiikkaa lihaskuormituksesta palautumiseen.

## 1.1. Hankkeen tavoitteet

Hankeessa päätavoitteena ajettavien työkonoiden tule-sairauksien vähentäminen maataloustöissä. Merkittävä työkyvyttömyyseläkkeiden riskitekijä maataloudessa on tutkimusten mukaan pitkäkestoinen työskentely ajettavilla työkononeilla kuten traktoreilla, leikkuupuimureilla ja kaivureilla. Ongelmaan ratkaisuna tässä tutkimuksessa tutkittiin ns. fysioakustisen hoidon (FA-hoito) vaikutusta työkonoiden kuljettajien terveystieteiden ja tuki- ja liikuntaelinsairauksien ehkäisemiseksi maataloudessa. Fysioakustisen hoitomenetelmän sijoittamisella työkonoiden istuimeen oletetaan aiheuttavan aktivoivaa, palautumista nopeuttavaa vaikutusta työkonoiden kuljettajien neuro-muskulaariseen väsymykseen selän pehmytkudoksissa. Hankkeen tulosten perusteella tiedetään, miten FA-menetelmää tulisi kehittää, jotta se soveltuu käytettäväksi ajettavien työkonoiden istuimissa maataloudessa. Mikäli istuintestit vaikuttavat lupaavilta, tavoitteena on tehdä käytettävä FA-traktorinistuimen prototyyppi esittely- ja koekäyttöön.

## 1.2. Tutkimusmenetelmät

Hanke oli kaikkiaan kolmivuotinen, jonka aikana tehtiin yhteensä 14 ajokoetta, joihin osallistui yhteensä 4 koekuljettajaa, kysyttiin istuinta kokeilleiden henkilöiden subjektiivisia tunteuksia Okramaatalousmessuilla vuosina 2018 ja 2019. Menetelmiin kuuluivat myös lihasmittaukset koehenkilöillä sekä ajokokeissa että messuilla. Hankkeeseen kuului myös aihealueen kirjallisuuden ja tutkimusten etsiminen ja läpikäynti.

### 1.2.1. FA–hoitolaitteet traktorinistuimessa

Hankkeessa valmistettiin Luonnonvarakeskuksen Vakolassa toimipisteessä vuoden 2017 aikana testirakenteet uuden fysioakustiikkamenetelmän testaamiseksi traktorinistuimeen. Käytännössä tuotettiin Valtran traktoriin sopiva testipenkki, jossa penkkiin on sijoitettu ajajan selkää ja tukielinlihaksia hoitava fysioakustinen hoitolaite. Työterveyslaitoksen lihasanturimenetelmän avulla mitattiin ensimmäiseksi kahden eri ryhmän henkilöiden lihasten kuormittuneisuutta työkonella ajettaessa. Tässä pilottitutkimuksessa sovellettiin FA-hoitolaitteita ja -ohjelmaa traktorin istuimeen, jossa on kuusi erikoisvalmisteista kaiutinta, joista syötetään matalajaksosta siniääntä ja joiden taajuus vaihtelee välillä 27–113 Hz. Tietokoneohjauksen avulla oli mahdollista toteuttaa erilaisia taajuuksia, jotta kullekin kudostyypille ideaalit taajuudet saavutetaan. Lisäksi äänivärähtely voitiin kohdentaa halutulle kehon alueelle. Laitteeseen voidaan tallentaa joko rentouttavia tai eri tavoin aktivoivia ohjelmia tarpeen mukaan. Fysioakustinen laitteisto asennettiin ja testattiin ensi kertaa nyt traktorin istuimessa ajon aikana (Kuvat 6–7). Fysioakustisessa menetelmässä hyödynnetään useita eri parametreja, joista kolme keskeisintä ovat äänen voimakkuusvaihtelu, Taajuusvaihtelu ja Kiertovaihtelu (Rothsten 2003; Physio acoustic therapy overview 2000).



Kuvat 6 ja 7. Hankkeessa testattiin FA-hoitomenetelmää traktorinistuimessa.

### 1.2.2. Ajokokeet ja lihasmittaukset

Ajokokeiden pilottimittausten tarkoituksena oli selvittää, kuinka fysioakustiikan käyttö traktorilla ajon aikana vaikuttaa lihaksiston kuormittumiseen. FA–menetelmän pilottitestit järjestettiin vuosien 2017 ja 2018 syksyllä Vakolassa Vihdissä. Testipäivät pyrittiin järjestämään mittauksineen ja aikatauluineen mahdollisimman identtisinä. Ainoa ero oli, että ensimmäinen päivä ajettiin tavallisella traktorin istuimella ja toisena päivänä koehenkilöille annettiin istuimeen asennetulla laitteistolla FA-hoitoa ajon aikana. Testipäiviä edeltävänä päivänä suoritettiin laitteiston asentaminen traktorin istuimeen ja varmistettiin, että kaikki on mahdollisimman valmiina testipäiviä varten. FM Markku Rothsten FWBC:stä teki aikataulusuunnitelman testipäivien läpivientiä varten. Testiin valittiin ensimmäisessä testissä 4 eri koehenkilöä, jotka ajoivat testissä identtiset rata kierrokset. Vuoden 2018 testissä mu-

kana oli kolme koehenkilöä. Pilottitesteissä testattiin 50 min ajorasitusta kahdella eri standardoidulla tärinäradalla per testihenkilö, jonka jälkeen oli 30 minuutin palautusajo sileällä radalla. Rasitusten välissä oli oltava riittävän pitkä tauko palautumista varten. FA-hoitoa annettiin aktivointiohjelmalla heti ajon alussa (10 min) ja palautusohjelmalla (30 min) ajon lopussa. Yhteensä testiajo yhdellä koehenkilöllä kesti siten 1,5 h. (Kuvat 8–9).



**Kuvat 8 ja 9.** Traktori testiajossa standardin mukaisilla tärinäradoilla Vakolassa. Testissä traktorin tärinäraajossa simuloitiin tyypillistä peltoajon aikana syntyvää kuormitusta.

Vanhempi tutkija Juha Oksa Työterveyslaitokselta mittasi selän lihasten lihasjännitystä lihasvasaralla ennen ja jälkeen koeajon (Kuva 10). Lisäksi traktorilla ajon aikana mitattiin lihassähköistä aktiivisuutta (EMG) neljästä eri lihaksesta lihaksen pinnalle laitettavien elektrodien avulla:

- alaselkä
- yläselkä
- hartia
- niska

Elektrodeihin kiinnitettiin tallentavaan mittalaitteeseen menevät johdot ja tallentava laite laitettiin vyöllä vyötärölle (Kuva 11).



**Kuvat 10 ja 11.** Lihasten jännittyneisyyttä mitattiin koehenkilöillä ennen ja jälkeen ajon sekä ajon aikana lihasantureilla. Lihassähköistä aktiivisuutta ajon aikana mitattiin lihasantureilla ja vyötärölle kiinnitettävän mittalaitteen avulla.

Toisessa testipäivässä vuonna 2018 istuimessa olevia FA-laitteita ja kaiutinten sijaintia oli muutettu. Kehitetyllä istuimella toistettiin vuonna 2017 traktorijossa suoritettu rasisuskoel ilman FA-hoitoa ja FA-hoidon kanssa. Sen lisäksi, että istuinta oli muutettu, niin testiin lisättiin koehenkilöistä mitattavia parametreja, katsottiin FA-istuimen vaikutusta myös alaraajoihin. Mittausten tarkoituksen oli selvittää kuinka fysioakustiikan käyttö traktorilla ajon aikana vaikuttaa lihaksiston kuormittumiseen, lihasrakenteeseen, verenpaineeseen, alfa-amylaasi stressi-markkeritasoon ja työnaikaiseen hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittumiseen. Vastaavia mittauksia on käytetty myös muissa lihaskuormitusta mittaavissa tutkimuksissa (Oksa ym. 2013).

Traktorilla ajon aikana mitattiin sykevälvaihtelua (HRV) sekä lihassähköistä aktiivisuutta (EMG) kahdeksasta eri lihaksesta lihaksen pinnalle laitettavien elektrodien avulla (kuva 12):

- hartia oikea ja vasen puoli
- yläselkä oikea ja vasen puoli
- alaselkä oikea ja vasen puoli
- reiden etuosa
- pohje



**Kuva 12.** Mittauspisteitä ja FA-ärsytystä lisättiin alaraajoihin vuoden 2018 testissä.

Elektrodeihin kiinnitettiin tallentavaan mittalaitteeseen menevät johdot ja tallentava laite laitettiin vyöllä vyötärölle. Ennen ja jälkeen ajon mitattiin lihasrakenne ylä ja alaselästä nk. ”lihasvasaran” avulla, mitattiin verenpaine ja otettiin sylkinäyte syljen alfa-amylaasitasojen määrittämiseksi.

Kolme tutkittavaa ajoivat radan kahdesti, kerran ilman fysioakustista (ei FA) ärsykettä ja kerran sen kanssa (FA).

Ajo jaettiin neljään osioon samalla tavoin kuin vuoden 2017 ensimmäisessä testissä:

- rata-ajo (n. 10 minuuttia)
- ajokuormitus (n. 35 minuuttia)
- palautuminen (n. 30 minuuttia)
- (koko ajo)

Vihdissä Vakolan toimipisteessä sijaitseva testirata on tarkoitettu ajoneuvojen ja liikkuvien työkoneiden tärinän ja heilunnan mittaamiseen. Nykyään Vakolan testauslaitos on Eurofinns Oy:n hallinnassa. Rata on 100 m pitkä suora. Radan profiili on standardin ISO 5008 mukainen ja tarkoitettu ajonopeuk-



sille 10–15 km/h, mutta soveltuu käytettäväksi suuremmillakin nopeuksilla. Toinen testirata on ympyrämuotoinen ja tarkoitettu tärinän mittaukseen 3 – 7 km/h ajonopeuksilla. Tämänkin radan profiili on standardin ISO 5008 mukainen. Vastaavia testiratoja Eu-roopassa on mm. Saksassa DLG:ssä (Gross-Umstadt) ja Italiassa.

Koeajoissa käytetty traktori oli Valtra T-163 vuosimallia 2013, jossa varusteina mm. ISOBUS-ominaisuudet, automaattiohjaus, etunostolaite ja etuvoimanotto. Lisäksi traktoriin on rakennettu paikkakohtainen tiedonkeruujärjestelmä, joka kerää tietoa traktorin ja työkoneen väyliltä.

### 1.2.3. Istuintestit messuilla

Tarkoituksena oli myös kerätä istuimen koekäyttäjien subjektiivisia arvioita istuimesta maatalousmessuilla. Istuin oli koekäytössä Okra-maatalousmessuilla Algol-tuolivalmistajan osastolla vuonna 2018 ja Luken osastolla vuonna 2019. Vuonna 2018 testihenkilöitä pyydettiin kuvailemaan ja kirjamaan tuntemuksiaan istuimessa yleisesti sekä selän alueilla strukturoidulle kyselylomakkeelle ja kertomaan olisiko istuin hyödyllinen lisävaruste traktorissa ja olisivatko he valmiit ostamaan FA-istuimen traktorin lisälaitteena (kuvat 13–14).

Vuonna 2019 Okra-maatalousmessuilla tehtiin kahtena ensimmäisenä messupäivänä koekäyttäjille ennen ja jälkeen istuintestin lihasjännityksen mittaus lihasvasaralla. Kahtena seuraavana päivänä käytettiin vain henkilöiden subjektiivista arviota tuolista. Lihasmittaukseen suostuneet koehenkilöt istuivat tuolissa 10 minuutin ohjelman ajan ja ilman lihasmittausta tuolia kokeilleet vähintään 5 minuuttia. Jokainen lomakkeen täyttänyt testihenkilö istui vähintään 5 minuuttia tuolissa.



**Kuvat 13–14.** Traktorin istuimeen sijoitettua FA-laitteistoa testattiin OKRA -maatalousmessuilla vuosina 2018 ja 2019.

## 2. Hankkeen tulokset

Tuloksista esitellään erikseen vuosien 2018 ja 2019 ajokokeen testitulokset ja messutestien lihasmitausten ja subjektiivisten tuntemusten kyselytulokset.

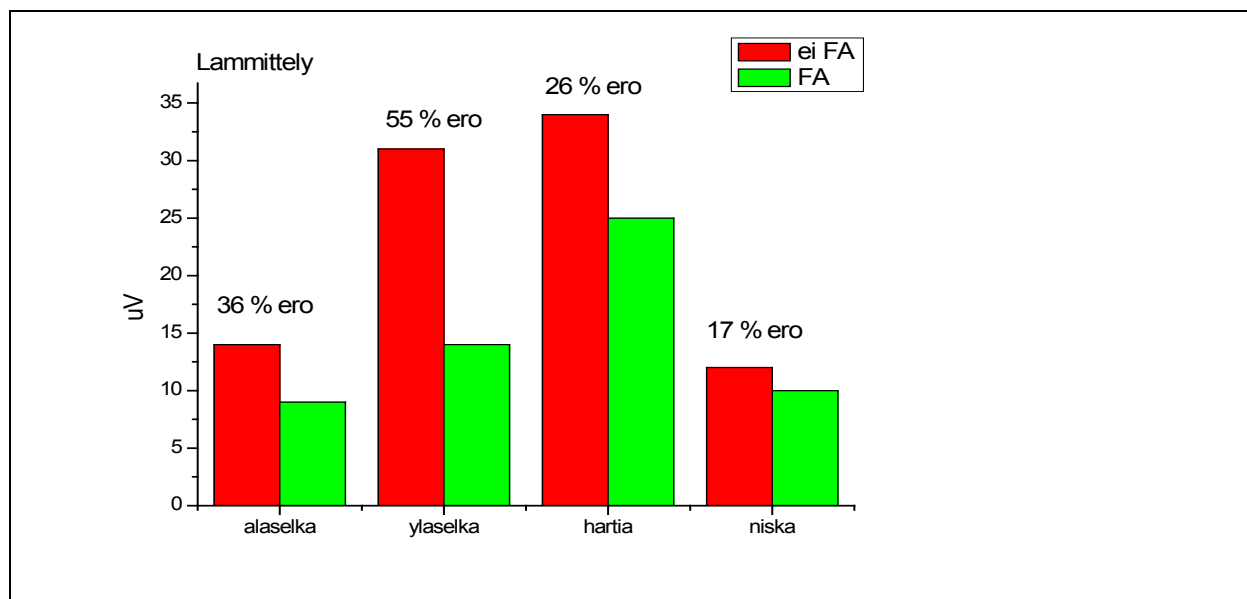
### 2.1. Vuoden 2017 ajokokeiden tulokset

Pilottimittausten tarkoituksena oli selvittää, kuinka fysioakustiikan käyttö traktorilla ajon aikana vaikuttaa lihaksiston kuormittumiseen. FA-menetelmän ensimmäinen pilottitesti ajokokeineen järjestettiin 2.8.–3.8.2017 Vakolassa Vihdissä. Testipäivät olivat mittauksineen, aikatauluineen mahdollisimman identtisiä. Ainoa ero oli, että ensimmäinen päivä ajettiin tavallisella traktorin istuimella ja toisena päivänä koehenkilöille annettiin istuimeen asennetulla laitteistolla FA-hoitoa ajon aikana. FA-laite oli päällä ajon lämmittelyvaiheessa 10 minuuttia ja palautumisvaiheessa 30 minuuttia. Kuormitusvaiheessa FA-laite ei ollut päällä ollenkaan.

Ajo jaettiin neljään osioon:

- lämmittely (n. 10 minuuttia)
- kuormitus (n. 50 minuuttia)
- palautuminen (n. 30 minuuttia)
- koko ajo

Kuvassa 15 ajon lämmittelyvaiheessa prosenttilukema ilmaisee kuormittuneisuuden prosentuaalisen pienentymän käytettäessä fysioakustista ärsykettä. FA-hoidon aikana lihasjännitys on kuljettajilla yläselän alueella 55 % pienempi kuin ilman FA-hoitoa. Alaselän alueella vaikutus on 36 %, hartioissa 26 % ja niskassa 17 % pienempi ilman käytettyä FA-hoitoa istuimessa.

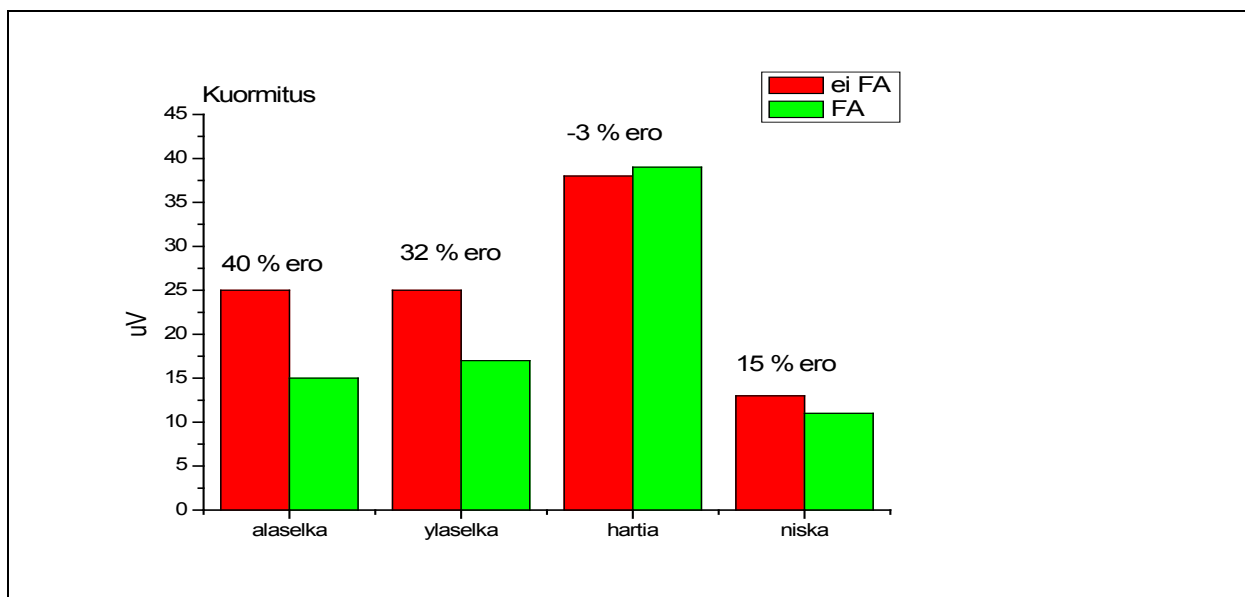


**Kuva 15.** Lihaksiston kuormittuneisuus lämmittelyvaiheen aikana ilman FA-ärsykettä ja sen kanssa.

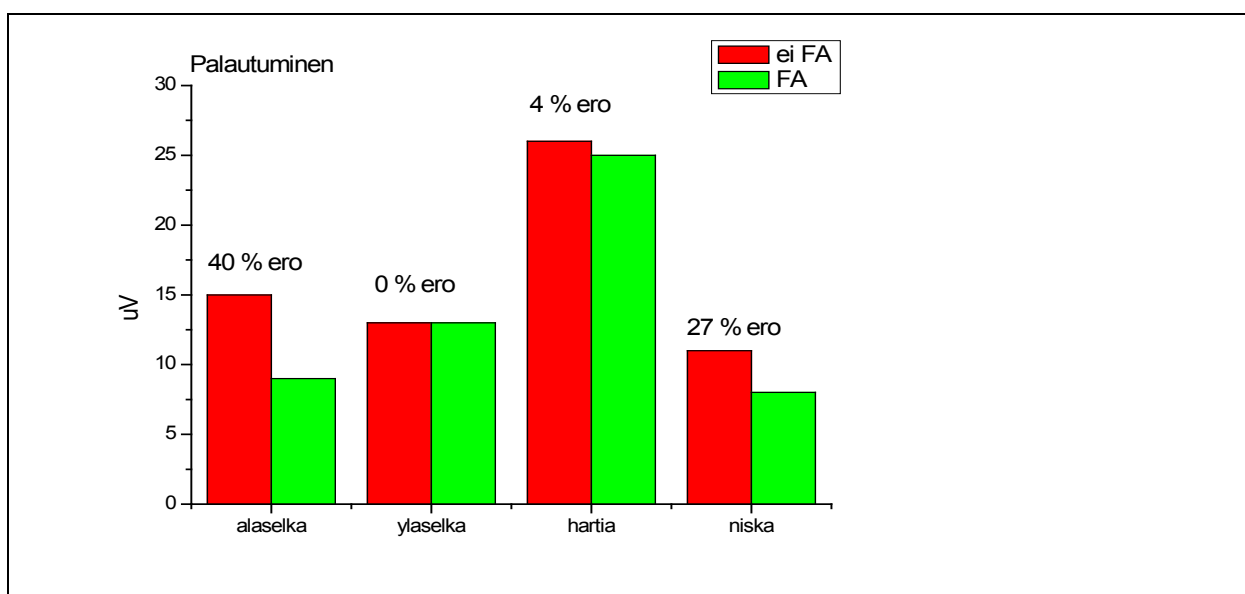
Kuormitusvaiheessa prosenttilukema ilmaisee kuormittuneisuuden prosentuaalisen pienentymän (miinusmerkki tarkoittaa kuormituksen kasvua) käytettäessä fysioakustista ärsykettä (Kuva 16). Lämmittelyvaiheessa annettu FA-hoito vaikuttaa koehenkilöiden lihaksissa vieläkin niin, että lihasjännitys

yläselän alueella oli keskimäärin 32 % pienempi ja alaselässä 40 % pienempi kuin ilman annettua FA-hoitoa. Selkärangan lihaslinjan jatkeena niskalihaksissakin ero lihaskuormituksessa oli vielä 15 % pienempi FA-istuimen käytön yhteydessä kuin ilman FA-istuinta, vaikka varsinaisesti testeissä käytetyn istuimen selkänoja ei ulottunut niskaan asti. Hartian seudulla ei ollut käytännössä eroa lihasjännitykseen. Hartian seudun lihakset ovat eri lihasryhmää kuin selkärangan ympärille kiinnittyneet lihakset alaselästä niskaan.

Palautumisvaiheessa prosenttilukema ilmaisee kuormittuneisuuden prosentuaalisen pienentymän käytettäessä fysioakustista ärsykettä (Kuva 17). Yläselän osalta lihasjännitys on lähes sama, mutta alaselän lihaksissa lihasjännitys on 40 % pienempi ja niskassa 27 % pienempi kuin ilman FA-hoitoa ajokokeen aikana.

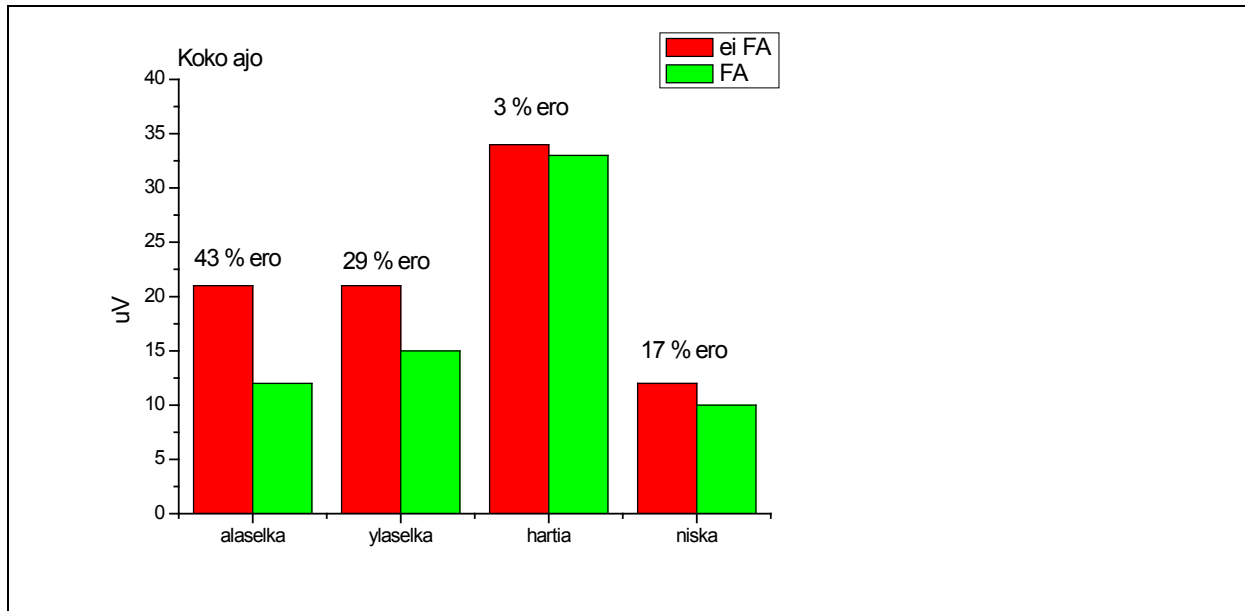


**Kuva 16.** Lihaksiston kuormittuneisuus kuormitusvaiheen aikana ilman FA-ärsykettä ja sen kanssa.



**Kuva 17.** Lihaksiston kuormittuneisuus palautumisvaiheen aikana ilman FA-ärsykettä ja sen kanssa.

Koko ajon aikana yhteenlasketut lukemat ilmaisevat kuormittuneisuuden prosentuaalisen pienenty-  
män käytettäessä fysioakustista ärsykettä. Alaselässä lihaskäynnitys oli 43 % pienempi kuin ilman FA-  
hoitoa. Niskassa lihaksiston yhteenlaskettu kuormittuneisuus koko ajon aikana oli 17 % vähemmän  
FA-istuinta käytettäessä kuin ilman FA-istuinta. Hartioiden kuormitus näyttäisi olevan merkittävästi  
suurempaa traktorilla ajossa yleisesti ottaen (Kuva 18).



**Kuva 18.** Lihaksiston kuormittuneisuus koko ajon aikana ilman FA-ärsykettä ja sen kanssa.

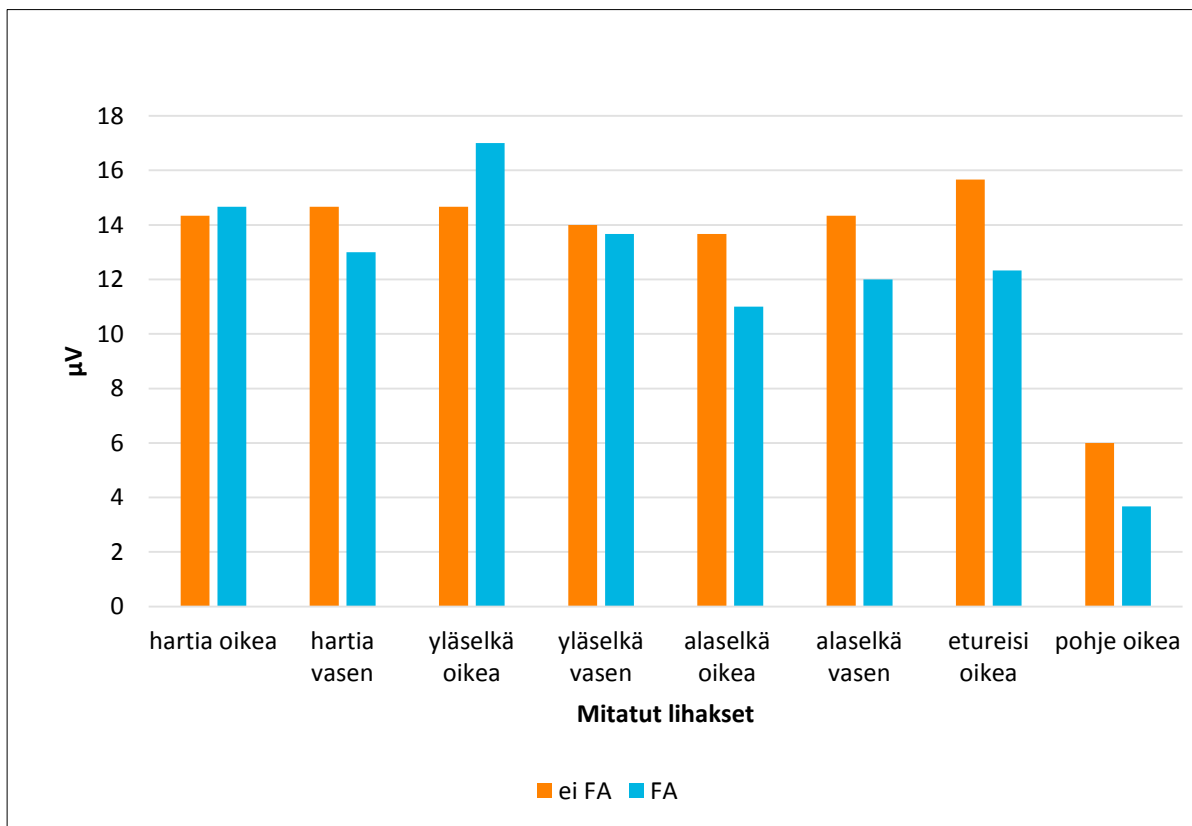
Yhdellä koehenkilöllä testin mittaus epäonnistui ja koetuloksia ei voitu analysoida. Yhteenvetona kokeesta voidaan todeta, että pilottitestin mukaan kolmella hyväksyttävän mittaustuloksen saaneilla koehenkilöillä Fysioakustisen tuolin käyttö vähensi erittäin merkittävästi lihaksiston kuormittuneisuutta. Tästä merkittävin osoitus oli se, että lihaksistossa ajon eri vaiheiden yhteenlaskettu kuormittuneisuus FA-ärsykkeen kanssa oli alaselässä 43 % pienempi verrattuna ajoon ilman FA-hoitoa ja yläselässä kuormitus oli 28 % pienempi FA-hoidon kanssa. Lämmittely- ja aktivointivaiheen aikana alaselän kuormitus oli jopa 55 % pienempi FA-ohjelman aikana. Hartian seutu ei ollut suoraan kosketuksissa traktorin istuimeen ja lisäksi hartian lihakset ovat eri lihasryhmää kuin selkärangan lihakset, mistä johtuen FA-hoidon vaikutus hartioissa oli vähäisempi. Hartian seudun lihasten kuormittuneisuus oli kuitenkin 3 % pienempi yhteenlaskien koko ajon aikainen kuormitus FA-istuimen kanssa kuin ilman FA-ärsykettä.

## 2.2. Vuoden 2018 ajokokeiden tulokset

Tällä kertaa lihaskuormitukseen käytetyllä FA-ärsytyksellä oli selän alueella vain lievä vaikutus. Yläselän oikealla puoliskolla lihaskuormitus FA-ärsytystä käytettäessä oli jopa 15 % suurempaa kuin ilman FA-ärsytystä ja vasemmalla puolella yläselän lihaskuormituksessa ei ollut eroa. Alaselän alueen lihaskuormitus oli puolestaan 15 % pienempi sekä vasemmalla että oikealla puolella selkää. Alaraajoissa kuormitus oli sen sijaan selvästi vähäisempää FA-istuinta käytettäessä (kuva 16). Osasyynä tähän oli tutkittavien toisistaan poikkeavat vasteet, eri mittauspisteet sekä erilainen kaiuttimien sijoittelu ja FA-ohjelma, joka kohdistui vaikuttamaan enemmän myös alaraajoihin. Tällöin periaatteessa yläselän alueen saama hoitoaika testin aikana oli vähäisempi. Lisäksi huomattiin vasta jälkeempään, että traktorinistuimen asento oli liikkunut hieman FA-testipäivän aikana, mikä saattoi vaikuttaa testi-



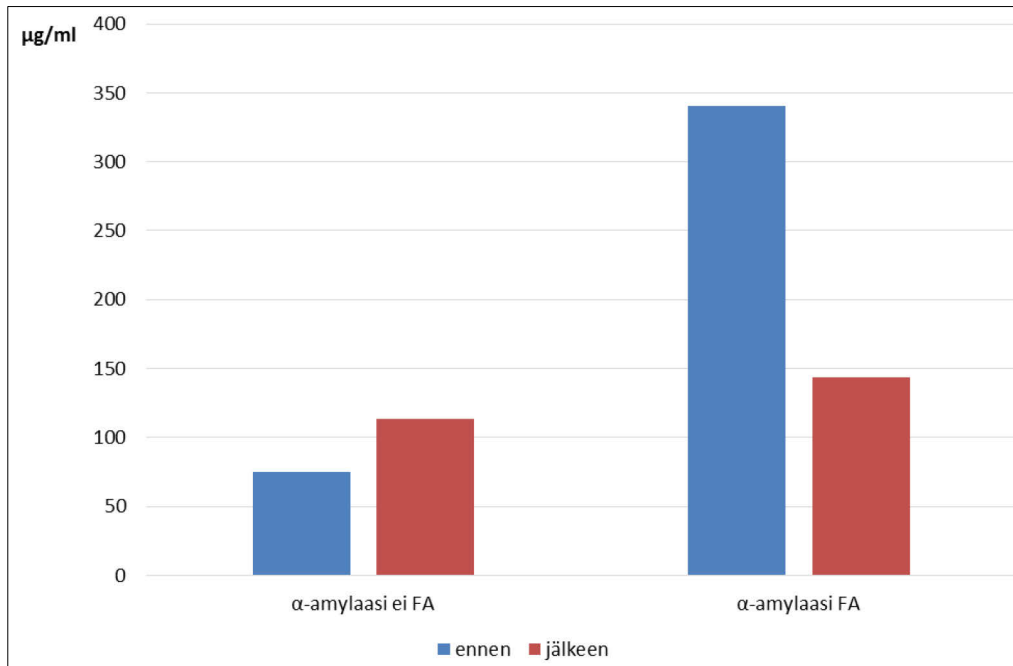
kuljettajien lihaskuormitukseen FA-istuimen testipäivänä. Testeissä kuljettajan tulee tarkistaa istuimen asento ja korkeus ennen ajoa.



**Kuva 16.** Lihaksiston kokonaiskuormitus testeissä lihaksiston eri mittauspisteissä.

Lihaskuormitukseen ja verenpaineeseen FA-ärsytyksellä ei tässä testissä ollut vaikutusta. Osa syynä tähän on voinut olla suhteellisen matala fyysisen kuormituksen taso. Tämä on toisaalta tärkeä tieto henkilöille, joilla on korkea verenpaine. Stressitasoon FA-ärsyke vaikutti sitä selvästi alentavasti (kuva 17). Yksilötason vaihtelut olivat kuitenkin suuria. Hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittuminen ajon aikana ilman FA-ärsytystä oli keskimäärin 1,6 MET. Tämä vastaa luokitukseltaan kevyttä työtä (<3 MET). FA-ärsytyksen kanssa kuormitustaso oli hieman matalampi, keskimäärin 1,5 MET. FA-ärsytys vaikutti myös hieman syketasoa alentavasti. Sykevälivaihtelun perusteella tehdyn hyvinvointianalyysin mukaan yhden henkilön unen palauttavuus parani FA-ärsytyksen kanssa tehdyn ajopäivän jälkeen. Ilman FA-ärsytystä tehdyn ajon jälkeisenä yönä palautumisen määrä unen aikana oli 6 % ja palautumisen laatu kohtalainen, FA-ärsytyksen kanssa tehdyn ajon jälkeisenä yönä vastaavasti 48 %, laadultaan hyvää palautumista.

Tulokset olivat tällä kertaa erilaisia, mutta edelleen lupaavia jatkotutkimusten kannalta. FA-menetelmän käytöllä traktorinistuimessa ilmeni uusia terveyteen vaikuttavia hyötyjä ja tuli esiin myös mahdollisuus vaikuttaa FA-ärsytyksellä alaraajoihin traktorityön aikana. Jatkossa testattavien määrää tulisi lisätä, että saadaan riittävä otos erilaisia testihenkilöitä eri ominaisuuksilla. Tämä vaatisi kuitenkin isompaa hanketta traktorinistuimen FA-vaikutuksen tutkimiseksi.



**Kuva 17.** Stressitaso oli koehenkilöillä selvästi alempi FA-testipäivän aikana.

### 2.3. Istuintestien tulokset maatalousmessuilla

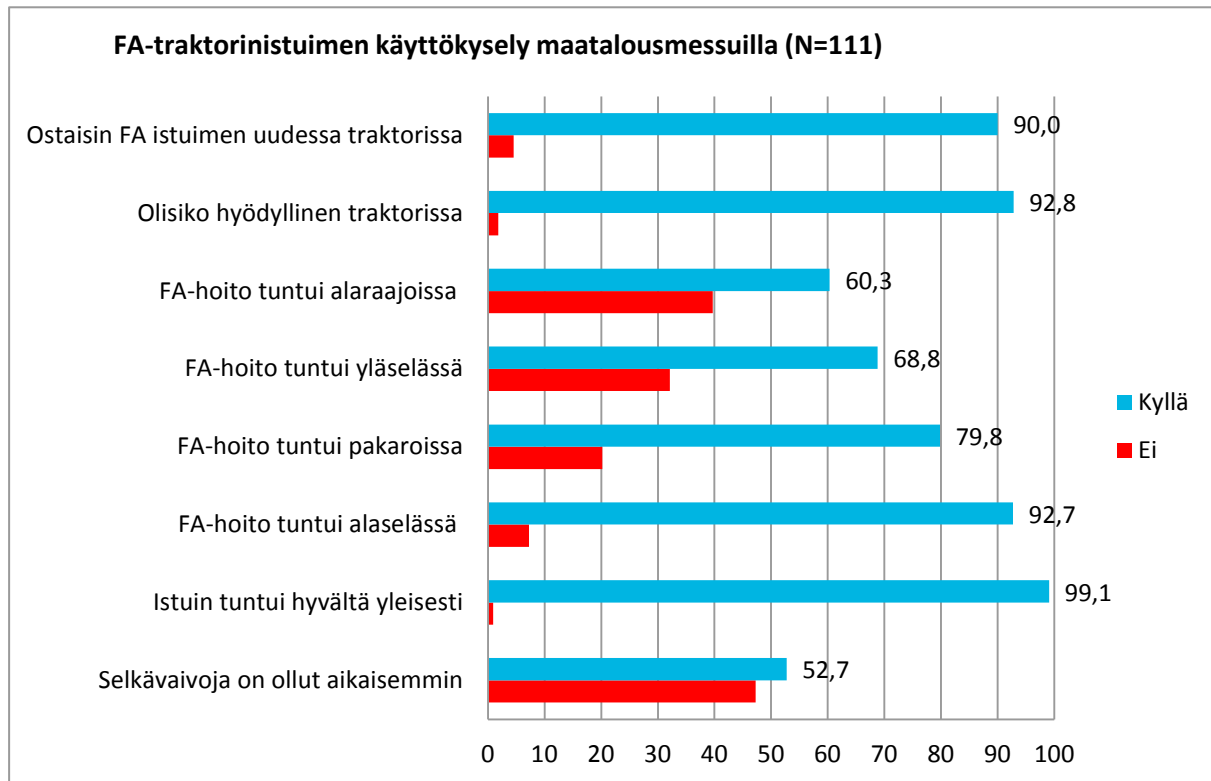
FA-hoitolaitteilla varustettua traktorinistuinta esiteltiin OKRA-maatalousmessuilla vuosina 2018 ja 2019. Istuimen koekäyttäjien subjektiivisia arvioita istuimesta kyseltiin kyselylomakkeella ja tehtiin koekäyttäjille ennen ja jälkeen istuintestin lihasjännityksen mittaus lihasvasaralla. Istuin oli Okra-maatalousmessuilla koekäytössä Algol-yhtiön osastolla vuonna 2018 ja Luken osastolla vuonna 2019. Ajokokeiden perusteella istuinta oli kehitetty niin, että tuolin pehmusteiden muotoilua parannettiin ja muutettiin kaiutinten paikkaa istuimessa aikaisempien testien perusteella. Lisäksi parannettiin tuolin käyttämää vahvistinta ja säädettiin se periaatteessa toimimaan tavallisen autossa käytettävän cd-soittimessa olevan vahvistimen avulla.

Vuosina 2018 ja 2019 Okran messuilla testihenkilöitä oli yhteensä 111 henkilöä, joista vuonna 2019 järjestetyssä lihasmittauspäivinä 27 suostui hartioista otettavaan lihasjännityksen mittaukseen. Istuimen koekäyttäjistä 35 % oli maatalostyötä tekeviä henkilöitä. Maatalous tai luonnonvara-alan tutkijoita oli 25 % mutta lisäksi koehenkilöistä osa oli myös metsäkoneen ja autoalan kuljettajia. Koehenkilöiden keski-ikä oli 46 vuotta ja keskipituus noin 177 cm. Yli 180 cm pitkillä henkilöillä oli selkävaivoja 68 %:lla ja alle 180 cm pitkillä henkilöillä selkävaivoja oli 50:lla prosentilla.

Kaikista istuinta kokeilleista henkilöistä ja subjektiivisen tuntemuksen kyselylomakkeen täyttäneistä koehenkilöistä 99 % vastasi, että istuimessa istuminen tuntui hyvältä. Yhdellä tai kahdella koehenkilöllä oli ollut selän alueella vaikuttanut vanha vamma, mikä saattoi lisätä lihasjännitystä tai selkä olisi ikään kuin tarvinnut erilaista FA-ohjelmaa. Heidän kohdallaan tuntemus ei ollut aina miellyttävä. Muuten mm. selän välilevyongelmista kärsineet henkilöt pitivät tuolista yhtä paljon kuin terveetkin henkilöt.

Lihasmittaukseen ja pidempään koeaikaan (10 min) suostuneiden henkilöiden tai pelkkään subjektiiviseen arviointiin ja lyhyempään koeaikaan suostuneiden henkilöiden subjektiivisen tuntemuksen arvioissa ei ollut juurikaan eroja. Tässä analyysissä on yhdistetty vuosien 2018 ja 2019 istuinkyselyn tulokset. Sekä vuonna 2018 että 2019 vastausten vastausprosentit kysymyksiin olivat molemmissa

ryhmissä hyvin samansuuntaisia (Kuva 18). Eroa olisi voinut tulla esimerkiksi siinä, että kun FA-ohjelma käy läpi tiettyä hoito-ohjelmaa istuimen eri osissa, niin tuolin ääniaallot olisivat voineet vaikuttaa eri lihaksiin eri tavoin 10 minuuttia ja 5 minuuttia istuneilla henkilöillä, mutta näin ei vastausten mukaan ollut.

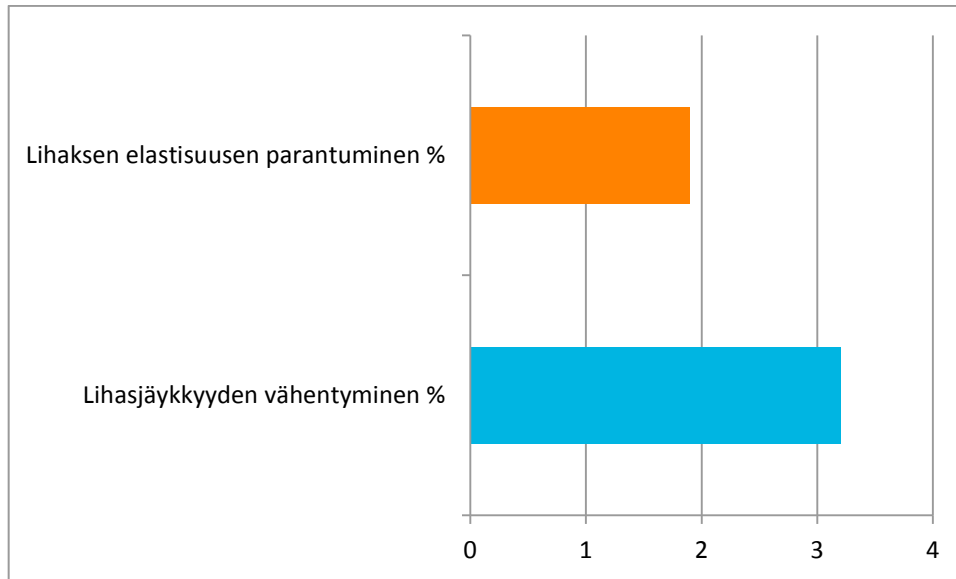


**Kuva 18.** Kyselytestin mukaan FA-istuin tuntuu miellyttävältä ja olisi hyödyllinen lisävaruste traktorissa.

Vuonna 2018 ohjelmassa ei ollut alaraajoihin kohdistettua ohjelmaa eikä kysymystä, mikä huomioitiin analyysissa. Suurimmalla osalla FA-hoidon vaikutus tuntui alaselässä ja pakaroissa (Kuva 18). Alaselässä FA-hoito tuntui 93 %:lla ja pakaroissa 80 %:lla testaajista. FA-hoito-ohjelman vaikutus tuntui hieman vähemmän yläselässä (69 %) ja alaraajoissa (60 %) testaajista. Tähän saattoi vaikuttaa myös henkilön pituus, joskaan se ei vaikuttanut merkittävästi. Yli 180 cm pitkillä henkilöillä 41 % vastasi, että FA-hoito ei tuntunut yläselässä, kun alle 180 cm pitkillä henkilöillä vastaava osuus oli 33 %. FA-ohjelma jäi pidemmällä henkilöillä mahdollisesti useammin kesken lyhyemmän koeistumisen aikana.

Vastaajista 93 % piti istuinta hyödyllisenä lisävarusteena traktorissa. Noin 90 % olisi valmis ostamaan istuimen lisävarusteena uudessa traktorissa. Viisi prosenttia ei osannut sanoa ostaisiko vai ei, koska ei mahdollisesti koskaan tulisi hankkimaan traktoria.

Lihasmittaukseen osallistuneilla henkilöillä (n=27) lihasjännitys vähentyi keskimäärin 3,2 % 10 minuutin FA-istuinohjelmien aikana. Lihaselastisuus mittauskohdasta niskasta parani keskimäärin 1,9 %. Ajokokeisiin verrattuna on kuitenkin oletettavaa että hartioihin ja yläselkään vaikutus on ollut lähtökohdaisesti pienempi kuin alaselkään ja pakaroihin. Yhdistettynä vuonna 2018 istuinta testanneisiin henkilöihin istuinta testasi maatalousmessuilla yhteensä 111 henkilöä.



**Kuva 19.** Lihasvasaralla niskasta tehty mittaus osoitti, että lihaksen elastisuus parani hiukan ja lihäsjäykkyys väheni keskimäärin istuinta 10 minuuttia testanneilla henkilöillä.

## 2.4. Hankkeen muut tulokset

Hankkeen tuloksia on aktiivisesti esitelty vuosina 2017-2019 kotimaassa ja kansainvälisissä ergonomian ja maatalousalojen konferensseissa ja käyty tapaamassa Acco Corp- yhtiön edustajia sekä Grammer istuinvalmistajan edustajia Agritechnica-messuilla Saksassa vuonna 2017. Traktoriin sovellettu fysioakustiikkaistuin on kiinnostanut ja innostanut kuulijoita sekä kotimaassa ja ulkomailla. Tie myytäväksi tuotteeksi vaatii kuitenkin vielä lisätestauksia ja johtavien teknologiavalmistajien rohkeutta lähteä tarjoamaan traktoreissa uutta fysioakustista istuinta. Terveysvaikutusten osalta FA-hoitomenetelmällä on FDA- hyväksyntä, mutta laitteiden saaminen ajettaviin työkonseihin vaatinee vielä kehitystyötä.

Leppälä, J. ja Turunen, I. 2017. Fysioakustinen hoitomenetelmä työkonseen istuimessa – helpotusta kuljettajien selkävaivoihin? Lehdistöiedote. KoneAgria, Tampere 12.10.2017.

Leppälä J., Rothsten, M., Turunen, I., Linkolehto, R., Oksa, J. ja Suokannas, A. 2017. Fysioakustinen hoitomenetelmä työkonseen istuimessa – helpotusta kuljettajien selkävaivoihin? Power Point - esitys. KoneAgria, Tampere 12.10.2017.

Leppälä J., Rothsten, M., Turunen, I., Linkolehto, R., Oksa, J. ja Suokannas, A. 2017. Physioacoustic Treatment in a Tractor Seat. Poster.

Leppälä J., Rothsten, M., Turunen, I., Linkolehto, R., Suokannas, A. ja Oksa, J. 2018. Ajettavien työkonseiden istuinergonomian ja työturvallisuuden kehittäminen fysioakustiikka-menetelmällä. Maataloustieteiden päivät, 10011.2018, Viikki, Helsinki.

Leppälä J., Rothsten, M., Turunen, I., Linkolehto, R. ja Oksa, J. 2018. Physioacoustic Treatment in a Tractor Seat. Biosystems Engineering Conference (BSE). Presentation and abstract. 9.–11.5. 2018, Tartu. Estonia.

Leppälä J., Rothsten, M. ja Turunen, I. 2018. A Pilot Study of Physioacoustic Treatment in a Tractor Seat. Poster presentation. AHFE Conference, 22–24.7. 2018, Orlando. USA.

Leppälä J., Rothsten, M., Turunen, I., Linkolehto, R., Suokannas, A. ja Oksa, J. 2018. Physioacoustic Treatment in a Tractor Seat to Help Drivers' Back Problems. NMAOHS Conference. 11–13.9. 2018, Hurdal. Norway.

Leppälä J., Rothsten, M., Oksa, J. ja Turunen, I. 2019. Fysioakustinen traktorinistuin selkävaivojen ehkäisemiseksi. Roll up -esitys. Okra Maatalousmessut 3–6.7.2019, Oripää.

Leppälä J., Rothsten, M., Turunen, I., Linkolehto, R., Suokannas, A. ja Oksa, J. 2020. Fysioakustinen hoitomenetelmä traktorin istuimessa kuljettajien selkävaivojen ehkäisemiseksi. Posteresitys. Maataloustieteiden päivät, 8–9.2020, Viikki, Helsinki.

### 3. Yhteenveto ja keskustelua

Tuki- ja liikuntaelinsairaudet (Tule-sairaudet) ovat maataloudessa ja Suomessa suurimpia syitä työkyvyttömyyseläkkeelle siirtymiselle. Tule-sairauksien määrä on kasvanut viime vuosina. Tule-sairauksista aiheutuvat kustannukset nousivat vuoden 2010 jälkeen neljässä vuodessa 14 miljoonaa euroa. On arvioitu, että Tule-sairauksien kokonaiskustannukset ovat Suomessa vuosittain 3–4 miljardia euroa. Erityinen tule-sairauksien riskitekijä on pitkäkestoinen työskentely ajettavilla työkoneilla. Erityisen kuormittavaa selän tuki- ja liikuntaelimille työkoneilla ajaminen on maatalouden kuljettajilla, jotka ajavat usein epätasaisissa maastoissa, joilla työkoneen mekaaninen värinä ja lihaskuormitus vaikuttavat voimakkaammin selän alueen lihaksiin. On myös havaittu raskaan ajoneuvoliikenteen kuljettajilla ongelmia selän alueella. Hankkeessa on keskusteltu mahdollisuudesta soveltaa FA-istuinta myös muilla ajettavilla työkoneilla kuin traktoreilla, mutta aihetta ei ole päästy riittävästi tutkimaan.

Työkoneilla ajettaessa lihasväsymys aiheuttaa akuutteja ja viivästyneitä muutoksia lihaksistossa sekä sentraalisesti, että perifeerisesti. Tässä tutkimuksessa tutkittiin fysioakustisen hoidon (FA-hoito) vaikutusta työkoneiden ja lähinnä traktorikuljettajien terveysriskien ja tuki- ja liikuntaelinsairauksien ehkäisemiseksi maataloudessa. Fysioakustisen hoitomenetelmän sijoittamisella työkoneiden istuimeen oletetaan aiheuttavan aktivoivaa, palautumista nopeuttavaa vaikutusta työkoneiden kuljettajien neuro-muskulaariseen väsymykseen selän pehmyskudoksissa. Muutamissa alan tutkimuksissa on osoitettu, että fysioakustiikka-hoito nopeuttaa akuuttia kuona-aineiden poistumista rasituksen aikana väsytyksestä lihaksesta (Chen ym. 2008; Rothsten 2003; Manninen 1983).

FA-menetelmässä käytetään kolmea tärkeää äänen parametriä, jotka ovat äänenkiertovaihtelu, -taajusvaihtelu sekä -voimakkuusvaihtelu. FA-hoito poikkeaa hieronnasta siten, että FA-matalataajuyksinen siniäänivärähtely läpäisee koko kehon esteettömästi ja siten värähtelyn vaikutukset ulottuvat solutasolla syvemmälle, mikä voi nopeuttaa lihaksen palautumista. Tässä Luken Ajofysio-pilottihankkeessa TTL:n asiantuntijan tekemissä lihasten aktiivisuutta mittaavissa testeissä elokuussa 2017 havaittiin, että ajon aikana traktorin istuimeen sijoitettu fysioakustinen hoitomenetelmä vähensi ajon aikana erittäin merkittävästi koneen kuljettajien lihaksiston kuormittuneisuutta. Toisessa ajokokeessa vuonna 2018 havaittiin, että vaikutuksia on mahdollista ulottaa myös alaraajoihin FA-ohjelmaa ja laitteiden sijaintia muuttamalla. FA-istuimen käyttö vähensi merkittävästi koekuljettajien stressitasoa.

Tuki- ja liikuntaelinsairaudet ovat suurimpia työkyvyttömyyseläkkeiden syytekijöitä maataloudessa. Niitä on lähes puolet maatalouden työkyvyttömyyseläkkeistä. Jos ajettavan työkoneen ja tässä tapauksessa traktorinistuimeen asennettavan fysioakustiikkaominaisuuden avulla voidaan vähentää viljelijöiden tuki- ja liikuntaelinsairauksia, on hankkeen tuloksilla miljoonia euroja säästävä vaikutus viljelijöiden terveyteen, työturvallisuuteen, tuottavuuteen ja kansantalouteen. Aihe tärkeä myös siksi, että Tule-sairauksien määrä on ollut kasvussa eri aloilla yhteiskunnassa. Ajofysio-hanke on luonteeltaan alustava pilottihanke. Mikäli FA-istuin aiotaan saada lisävarusteeksi traktoriin jatkossa, on tehtävä laajempi jatkohanke isommalla koekuljettajaryhmällä.

## 4. Viitteet

- Chen, S., Zheng, A., Sakari, R., Cheng, S M., Hietikko, A., Moilanen, P., Timonen, J., Fagerlund, K M, Kärkkäinen, M. & Alen, M. 2008. Matalataajuisen ääniterapian – fysioakustisen hoidon – vaikutukset toiminnalliseen kykyyn, verenkiertoon ja luun metaboliaan heikkokuntoisilla vanhoilla miehillä ja naisilla. Liikunta- ja Terveystieteiden laitos. Jyväskylän yliopisto. <http://docplayer.fi/3004969-Jyvaskylan-yliopisto-liikunta-ja-terveystieteiden-laitos-2008.html>.
- Fysioakustiikka.com. 2016. Suomen fysioakustiikka Oy. <http://www.fysioakustiikka.com/>.
- KARTTUNEN, J., LEPPÄLÄ, J. & RAUTIAINEN, R. 2014. Maatalousyrittäjien työkyvyttömyyden syyt ja työurien pidentäminen. MTT Raportti 144. Jokioinen. 40 s.
- KARTTUNEN, J., RAUTIAINEN, R. & LEPPÄLÄ, J. 2015. Characteristics and Costs of Disability Pensions in Finnish Agriculture Based on 5-year Insurance Records. *Journal of Agromedicine*, 20: 1–10.
- Lehikoinen, P. 1990. The physioacoustic method. Sibelius Academy, Department of Music Education.
- Lehikoinen, P. 1997. The Physioacoustic method. In: Wigram Music vibration and health. T, Dileo C. (eds.) Cherry Hill N. J.: Jeffrey Books, 42–47.
- Leppälä, J., Nysand, M., Ronkainen, A., Kauppi, K., Tuunanen, L., Mäittälä, J., Kotilainen, E. & Rautiainen, R. 2016. Maatalouskoneiden turvallisuusriskien hallinta. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 43/2016. Luonnonvarakeskus. Helsinki.
- Leppälä J., Rothsten, M., Turunen, I., Linkolehto, R., Suokannas, A. & Oksa, J. 2018. Physioacoustic Treatment in a Tractor Seat to Help Drivers' Back Problems. NMAOHS Conference. 11.–13.9. 2018, Hurdal. Norway.
- Leppälä J., Rothsten, M. & Turunen, I. 2018. A Pilot Study of Physioacoustic Treatment in a Tractor Seat. Poster presentation. AHFE Conference, 22-24.7. 2018, Orlando. USA.
- Leppälä J., Rothsten, M., Turunen, I., Linkolehto, R. & Oksa, J. 2018. Physioacoustic Treatment in a Tractor Seat. Biosystems Engineering Conference (BSE). Presentation and abstract. 9.–11.2018, Tartu. Estonia.
- Leppälä J., Rothsten, M., Turunen, I., Linkolehto, R., Suokannas, A. & Oksa, J. 2018. Ajettavien työkonien istuinergonomian ja työturvallisuuden kehittäminen fysioakustiikka-menetelmällä. Maataloustieteiden päivät, 10.–11.2018, Viikki, Helsinki.
- Lundeberg, T. C. M. (1983) Vibratory stimulation for the alleviation of chronic pain. *Acta Physiologica Scandinavica*, Supplementum 523: 1–51.
- Manninen, O. 1983. Studies of combined effects of sinusoidal whole body vibrations and noise varying bandwidths and intensities on TTS in men. *International archives of occupational environmental health*, 51: 273–288.
- Mayton, A., Kittusamy, N., Ambrose, D., Jobes, C. and Legault, M. 2007. Jarring/jolting exposure and musculoskeletal symptoms among farm equipment operators. *International Journal of Industrial Ergonomics*. Vol 38, 9-10, pp. 758-766.
- Mela. 2016. Tilastot. <https://www.mela.fi/>.

Next Wave LTD. 2016. <http://www.fysioakustiikka.com/australia/>.

Oksa J, Rintamäki H, Takatalo K, Mäkinen T, Lusa S, Lindholm H. & Rissanen S. 2013. Fire-fighters muscular recovery after a heavy work bout in the heat. *Appl Physiol Nutr Metab.* 38(3): 292-9.

Physioacoustic therapy overview. 2000. Finland, Espoo. Next Wave.

Rothstén, M. 2003. FYSIOAKUSTISEN TUOLIN VAIKUTUKSET IHMISEN ELIMISTÖN PALAUTUMISEEN SUBMAKSIMAALISEN LIHASVÄSYTYKSEN JÄLKEEN. Pro Gradu. Jyväskylän yliopisto. 70 s.

Tiidus, P.M, Markoulakis, R., Murray, D., Pamela J. Bryden, P.J. & Ahonen-Eerikäinen, H. 2008. Physioacoustic therapy: placebo effect on recovery from exercise-induced muscle damage. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis* Vol. 13, pp. 117–128. (Toivo Jurimae Ed.). Tartu University Press. Estonia

Tule ry. 2018. Mitkä Tule – sairaudet. <http://tulesa.fi/maaritelma/tuki-ja-liikuntaelinsairaudet/>. Viitattu 30.01.2018.

Vuori, I. 2012. Tuki- ja liikuntaelinten vaivat ja sairaudet – kansanterveytemme keskeinen ongelma. *Mediaplanet* 2/2012.





luke.fi

Luonnonvarakeskus  
Latokartanonkaari 9  
00790 Helsinki  
puh. 029 532 6000