

Timo Partala & Timo Saari

## **Teknologian hyväksyttävyys älykkäiden koneiden työkäytössä**

Loppuraportti Työsuojelurahaston tutkimus- ja kehittämishankkeesta  
(hankenumero 113103)



Tampereen teknillinen yliopisto. Tietotekniikan laitos. Raportti 5  
Tampere University of Technology. Department of Pervasive Computing. Report 5

Timo Partala & Timo Saari

**Teknologian hyväksyttävyyys älykkäiden koneiden työkäytössä**  
Loppuraportti Työsuojelurahaston tutkimus- ja kehittämishankkeesta  
(hankenumero 113103)



Työsuojelurahasto  
Arbetarskyddsfonden  
The Finnish Work Environment Fund

Tampereen teknillinen yliopisto. Tietotekniikan laitos  
Tampere 2014

Painopaikka:  
Suomen Yliopistopaino Oy  
Juvenes Print TTY  
Tampere 2014

ISBN 978-952-15-3356-3 (nid.)  
ISBN 978-952-15-3357-0 (PDF)  
ISSN 2323-9174

# TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Tietotekniikan laitos

**PARTALA, TIMO ja SAARI, TIMO:**

**Teknologian hyväksyttävyyttä älykkäiden koneiden työkäytössä**

Tutkimusraportti, 19 sivua, 2 liitesivua

Elokuu 2014

Avainsanat: teknologian hyväksyttävyyttä, tuottavuus, käyttäjäkokemus, psykologiset tarpeet, hyvinvointi, burnout, metsäkoneenkuljettajat

Älykkäiden koneiden työkäyttöä on perinteisesti tarkasteltu tuottavuuden, turvallisuuden, fyysisen ergonomian ja automaation näkökulmista, mutta vähemmän käyttäjän subjektiivisen kokemuksen tai hyvinvoinnin näkökulmista. Tämän hankkeen tavoitteena oli kehittää kyselytutkimusmittari, jonka avulla pystytään tutkimaan teknologian hyväksyttävyyttä, käyttäjäkokemusta ja hyvinvointia monipuolisesti, mutta kustannustehokkaasti. Mittarin kehittämistä varten tehtiin tutkimus, jossa 76 osallistujaa analysoi onnistuneita ja epäonnistuneita teknologian käyttöönottokokemuksiaan käyttäen suurta määrää erilaisia olemassa olevia skaaloja. Tämän aineiston analyysin perusteella skaalojen määrä vähennettiin menetelmän perusversiossa 28 määrälliseen skaalaan, jotka käyttävät Likert-asteikkoa.

Kehitettyä mittaria täydennettynä alakohtaisilla kysymyksillä testattiin verkossa toteutetussa kyselytutkimuksessa, jonka pääasiallinen vastaajaryhmä olivat metsäkoneenkuljettajat (N=90). Metsäkoneenkuljettajia myös havainnoitiin ja haastateltiin. Tulokset osoittivat, että mittarin avulla saatiin kerättyä monipuolista subjektiivista tietoa tutkimuksen kohteena olleista käsitteistä. Tuottavuus ja teknologian hyväksyttävyyttä olivat metsäkoneenkuljettajien mielestä keskimäärin korkealla tasolla. Työssä raportoitiin myös enemmän positiivisia kuin negatiivisia tunnekokemuksia. Psykologisten tarpeiden täyttyminen jakautui, itsenäisyys ja pätevyys olivat tärkeitä motivaation lähteitä työssä, kun taas yhteenkuuluvuus ja fyysinen hyvinvointi työn aikana saivat keskimääräistä alemmat arvosanat. Yleinen työhyvinvointi oli kuitenkin keskimäärin hyvällä tasolla ja raportoidut burnout-oireet melko vähäisiä, joskin pieni vähemmistö vastaajista ilmoitti kokevansa säännöllisiä burnout-oireita. Tulosten mukaan erityisesti kiireelliset ajalliset vaatimukset työssä vähentävät hyvinvointia ja lisäävät burnout-oireita. Ajatustyön lisääntymisellä sen sijaan voi olla päinvastainen vaikutus.

## ABSTRACT

The use of intelligent machines at work has been traditionally examined from the viewpoints of productivity, safety, physical ergonomics, and automation, but less from the viewpoint of the users' subjective experiences and well-being. The aim of this project was to develop a holistic yet cost-effective questionnaire metric to study technology acceptance, user experience, and well-being. To achieve this goal, a study was carried out, in which 76 participants analyzed their different successful and unsuccessful technology adoptions using a large number of existing scales. After an analysis of this data, the number of scales used could be reduced to 28 quantitative Likert scales, which formed the basis of the method.

The developed metric, extended with nine additional scales, was tested in an online questionnaire study, which had forestry machine operators (N=90) as the main group of participants. Some of the forestry machine operators were also observed and interviewed. The results indicated that using the metric provided versatile subjective information about the various concepts studied. The forestry machine operators thought that productivity and technology acceptance are on a high level on average. They also reported more positive than negative emotional experiences related to their work. The ratings for fulfilment of psychological needs were divided. Autonomy and competence were important work motivators, while relatedness and physical thriving received below average ratings. Nevertheless, overall work-related well-being was on a good level and burnout symptoms were fairly rare on average. However, there was a minority of operators, who reported experiencing burnout symptoms on a regular basis. According to the results, very high temporal demands in work are related with decreased overall well-being, and increased frequency of burnout symptoms. In contrast, increased mental demands may have opposite effects.

## ALKUSANAT

Tämä julkaisu toimii loppuraporttina Työsuojelurahaston päärahoittamassa hankkeessa Teknologian hyväksyttävyyden älykkäiden koneiden työkäytössä (hankenumero 113103). Raportti on lyhennelmä hankkeen toiminnasta ja tuloksista, jotka on esitetty kokonaisuudessaan hankkeessa kirjoitetuissa tieteellisissä julkaisuissa (ks. kohta ”Hankkeen julkaisut”). Raportin kirjoittajat haluavat kiittää kaikkia hankkeen tutkimuksiin osallistuneita teknologian käyttäjiä. Lisäksi haluamme kiittää yhteistyöstä Puuliiton Jyrki Alapartasta ja Olli Peltolaa sekä Metalliliiton Jorma Antilaa, joiden apu oli tärkeää tämän hankkeen kohderyhmään kuuluvien työkoneiden käyttäjien tavoittamisessa.

Tampereella 25.8.2014

Timo Partala

## SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä .....	I
Abstract .....	II
Alkusanat .....	III
1. Tausta .....	1
2. Empiirinen tutkimus menetelmän kehittämisen tueksi .....	4
2.1. Materiaalit ja menetelmät.....	4
2.2. Tulokset.....	5
3. Metsäkoneenkuljettajille suunnattu kyselytutkimus .....	8
3.1. Materiaalit ja menetelmät.....	8
3.2. Tulokset.....	9
3.2.1. Määrälliset tulokset.....	9
3.2.2. Laadulliset tulokset.....	11
4. Kaivostyökoneiden käyttäjille suunnattu kyselytutkimus.....	13
5. Johtopäätökset.....	14
Hankkeen julkaisut.....	17
Lähdeluettelo.....	18
Liite 1 – Metsäkoneenkuljettajille suunnatussa kyselyssä käytetyt väittämät .....	20

# 1. TAUSTA

Suomalaisessa teollisuudessa ja myös monissa muissa ammateissa on viime aikoina yleistynyt erilaisten älykkäiden koneiden käyttö. Älykästä teknologiaa käytetään usein liikkuvissa työkoneissa esimerkiksi metsätyömailla, kaivoksissa, satamissa ja logistiikkakeskuksissa. Älykkäät koneet sisältävät tietotekniikkaa, joka avustaa koneen käyttäjää tai tekee toiminnasta kokonaan tai lähes kokonaan automaattista. Älykkäät koneet hyödyntävät tyypillisesti sensoriteknologiaa, joka aistii tietoa ympäristöstä ja välittää sitä käyttäjälle tai kone voi käyttää tietoa muokkaamaan omaa toimintaansa tarkoituksenmukaisella tavalla. Älykkään teknologian käyttöönotolla pyritään yleensä parantamaan tuottavuutta, mutta kasvaneen automaation myötä myös esimerkiksi turvallisuutta. Automaation kasvaessa ja koneen osatessa suorittaa enemmän työvaiheita, käyttäjän on osattava itse entistä vähemmän toimintoja ja koneista tulee tyypillisesti helppokäyttöisempiä. Toisaalta monissa tapauksissa käyttäjän täytyy osata tulkita koneen tarjoamaa sensoritietoa ja osata muokata koneen käyttöään, jotta älykkäistä ominaisuuksista on hyötyä.

Yksi keskeisistä älykkäiden koneiden sovellusaloista on metsäkoneala. Metsäkonealan tutkimus on perinteisesti keskittynyt tuottavuuden parantamiseen automaation keinoin (esim. Laitila ja Väättäinen, 2013) tai kuljettajien työergonomian tutkimukseen ja kehittämiseen. Myös kuljettajien työturvallisuus on ollut tutkimuksen kohteena (esim. Salminen et al., 1999). Viime aikoina uudet sensoritekniikat ovat mahdollistaneet älykkäiden kuljettajia opastavien järjestelmien tutkimuksen (Väättäinen et al., 2012). Käyttäjien subjektiivisia näkemyksiä metsäkoneteknologiasta ja sen hyväksyttävyydestä ja käytön aikaansaamia käyttäjäkokemuksia on tutkittu alalla vain vähän.

Teknologian hyväksyttävyyden tutkimuksella on maailmanlaajuisesti pitkät perinteet. Ensimmäinen teknologian hyväksymismalli Technology Acceptance Model (TAM, Davis 1989) ilmestyi 1980-luvun loppupuolella ja toinen ja kolmas versio mallista esitettiin 2000-luvulla (Venkatesh ja Davis, 2000; Venkatesh ja Bala, 2008). Malleissa



teknologian käyttöaikomusta ennustaa teknologian havaittu hyödyllisyys ja helppokäyttöisyys, joihin puolestaan vaikuttaa joukko erilaisia muuttujia. Teknologian hyväksymismalli on osoittautunut hyödylliseksi monella alalla, mutta on saanut osakseen myös kritiikkiä. Esimerkiksi Bagozzi (2007) osoitti mallin rajallisuuden ja ehdotti uusien muuttujien mukaan ottamista emotio-, motivaatio- ja sosiaalitieteiden tutkimuksen aloilta.

Tällaisia muuttujia on viime vuosina sovellettu teknologian tutkimukseen käyttäjäkokemustutkimuksen alalla. Emootioita on tutkittu esimerkiksi PANAS-menetelmällä (Watson et al., 1988), lisäksi käyttäjäkokemuksen alalla keskeisiksi käsitteiksi on todettu mm. psykologiset tarpeet ja arvot. Työkontekstissa on tärkeää ymmärtää myös teknologian vaikutus käyttäjän hyvinvointiin. Teknologian hyväksyttävyyttä on tutkittu jo paljon erilaisten tietotekniikan sovellusten ja tietojärjestelmien kontekstissa, mutta vähemmän raskaassa teollisuudessa. Samoin käyttäjäkokemustutkimus on keskittynyt enimmäkseen kuluttajatuotteiden tai toimistotyösovellusten arviointiin. Tampereen teknillisessä yliopistossa kuitenkin käyttäjäkokemusta on tutkittu koneautomaatiokontekstissa jo viime vuosikymmenen lopulta lähtien (Palviainen ja Väänänen-Vainio-Mattila, 2009).

Tässä hankkeessa tehty tutkimus keskittyi aluksi kehittämään uutta kyselytutkimusmenetelmää, jonka avulla korkean teknologian parissa työskentelevien työtä olisi mahdollista tutkia aikaisemmin monipuolisemmin, multa silti kustannustehokkaasti. Aikaisemmat tutkimukset ovat paljolti keskittyneet tuottavuuden, turvallisuuden ja ergonomian objektiiviseen arviointiin, joten tässä hankkeessa pyrittiin ymmärtämään erityisesti työtekijöiden subjektiivista kokemusta työstään ja siinä käytettävästä teknologiasta. Jotta saataisiin aikaan menetelmä, joka voisi toimia runkona monella erilaisella toimialalla, hankkeessa tehtiin esitutkimus, jossa osallistujat kuvasivat kokemuksiaan erilaisista onnistuneista ja epäonnistuneista teknologian käyttöönotoista lähes sadalla eri asteikolla, jotka tutkivat teknologian hyväksyttävyyttä, käyttäjäkokemusta ja hyvinvointia monien eri käsitteiden kautta. Tämän tutkimuksen pohjalta saavutettiin alustava ymmärrys eri muuttujien välisistä suhteista tässä ongelmakentässä ja saatiin rajattua kyselylomakkeen perusversiossa kysyttävät asiat 28:aan. Tavoitteena oli myös testata kehitettyä menetelmää käytännössä älykkäiden koneiden käyttäjillä. Hankkeessa järjestettiin kyselytutkimukset

metsäkoneenkuljettajille ja kaivostyökoneiden käyttäjille, joista metsäkoneenkuljettajilta saatiin riittävästi vastauksia, jolla tuloksia pystyttiin analysoimaan myös tilastollisin analyysin.

## **2. EMPIIRINEN TUTKIMUS MENETELMÄN KEHITTÄMISEN TUEKSI**

### **2.1. Materiaalit ja menetelmät**

Tutkimuksessa oli 76 osallistujaa (48 miestä ja 28 naista), keski-ikä 26.6 vuotta, vaihteluväli 20-48 vuotta. Vastaajat olivat 37 suomalaista ja 39 kansainvälistä opiskelijaa Tampereen teknillisessä yliopistossa. Kaikki vastasivat kyselyyn englanniksi, vastaajia ohjeistettiin käyttämään sanakirjaa, jos kysely sisälsi heille tuntemattomia termejä. Vastaajaryhmällä oli perustiedot käyttäjäpsykologiasta ja heidän oletettiin omaavan tarvittavat introspektiiviset taidot pystyäkseen erottelemaan erilaisia käyttäjäkokemustensa aspekteja riittävän tarkasti, jotta tuloksia voitiin käyttää ohjaamaan muuttujien valintaa lopulliseen menetelmään.

Tutkimus suoritettiin anonyyminä verkkokyselynä. Vastaajia ohjeistettiin miettimään yksi viimeaikainen onnistunut ja yksi epäonnistunut teknologian käyttöönottoprosessi ja molemmissa tapauksissa yksi teknologian hyväksymisen kannalta erityisen ratkaiseva käyttäjäkokemus. Vastaajat kirjoittivat lyhyet kuvaukset arvioitavista käyttöönottoprosesseista ja arvioivat käyttäjäkokemuksena niihin liittyen käyttäen suurta määrää erilaisia skaaloja.

Tunnekokemuksia tutkittiin Self Assessment Manikin (SAM) -menetelmällä ja PANAS-menetelmän alkuperäisellä versiolla (Watson et al., 1988), jossa vastaaja arvioi oman tunnekokemuksensa suhteessa kymmeneen positiiviseen ja kymmeneen negatiiviseen emootioon. Lisäksi otettiin teknologian hyväksymismallin uusimmasta versiosta (TAM3, Venkatesh ja Bala, 2008) mukaan keskeiset käsitteet havaittu hyödyllisyys (perceived usefulness), havaittu helppokäyttöisyys (perceived ease of use), tuotoksen laatu (output quality) ja käyttöaikomus (intention to use). Näiden käsitteiden mittaamiseen käytettiin TAM3-mallin yhteydessä esitettyjä skaaloja. Mukaan otettiin myös neljä skaalaa mittaamaan havaittua käytön nautinnollisuutta (perceived

enjoyment). Käytön aiheuttamaa kuormitusta mitattiin NASA-TLX –menetelmän kuudella skaalalla.

Psykologisia tarpeita tutkittiin kymmenen psykologisen tarpeen mallin ja siihen liittyvän kyselytutkimusmenetelmän mukaisesti (Sheldon et al., 2001). Tässä tutkimuksessa itsemääräämisteoriaan liittyviä perustarpeita (Deci ja Ryan, 2014) tutkittiin kolmella väittämällä tarvetta kohti ja muita seitsemää tarvetta tutkimaan valikoitiin yksi keskeinen väittämä. Lisäksi Schwartzin (2006) arvoteorian jokaista kymmentä universaalia arvoa mittaamaan muotoiltiin omat väittämänsä. Lopuksi kyselyssä oli 16 hyvinvointiin liittyvää väittämää, joista kahdeksan väittämää mittasi positiivista hyvinvointia, ja ne olivat peräisin Flourishing Scale (FS) –menetelmästä. Loput kahdeksan väittämää mittasivat masennusoireita ja nämä väittämät oli valikoitu yleisesti käytetystä CES-D –menetelmästä. Alkuperäisten väittämien sanamuotoja oli tarvittaessa muokattu siten, että ne sopivat teknologiaan liittyvien käyttäjäkokemusten arviointiin yleisen tason arvioinnin sijaan. Tunnekokemuksiin liittyvissä menetelmissä käytettiin alkuperäisen tyyppistä skaalaa (SAM: 1-9 kuvallinen skaala, paranneltu versio; PANAS: 1-5 skaala), muut väittämät muokattiin käyttämään 1-7 skaalaa ja, jos mahdollista, Likert-asteikkoa.

Määrälliset tulokset analysoitiin tilastollisesti. Friedmanin ja Wilcoxonin testeillä etsittiin eroja muuttujien välillä (esim teknologian hyväksyttävyyden eri osa-alueiden arvioissa) ja hierarkisella monimuuttujaregressiolla pyrittiin löytämään tilastollisesti merkitseviä yhteyksiä muuttujien välille. Pääkomponenttianalyseja käytettiin vähentämään mitattavien dimensioiden määrää kehitettävässä menetelmässä. Jokaista syntynyttä komponenttia edustamaan valittiin tai muokattiin yksi väittämä lopulliseen menetelmään.

## **2.2. Tulokset**

Yleiskuva tuloksista on esitetty Taulukossa 1. Tarkemmat tulokset on esitetty tutkimuksesta kirjoitetussa tieteellisessä julkaisussa (ks. ensimmäinen julkaisu kohdassa ”Hankkeen julkaisut”).

Taulukko 1. Yleiskuva tuloksista (keskiarvot). Skaala oli 1-7 muissa kuin tunnearvioinneissa.

	Muuttuja	Onnistunut teknologian käyttöönotto	Epäonnistunut teknologian käyttöönotto
<i>Tunnekokemukset</i>	Valenssi (1-9 kuvallinen)	7.7	2.3
	Vireystila (1-9 kuvallinen)	6.3	5.8
	Positiiviset emootiot (1-5)	3.3	2.3
	Negatiiviset emootiot (1-5)	1.4	2.4
<i>Teknologian hyväksyttävyyys</i>	Havaittu hyödyllisyys	5.8	2.5
	Havaittu helppokäyttöisyys	5.5	2.9
	Tuotoksen laatu	5.6	2.6
	Käyttöaikomus	6.2	3.4
	Havaittu nautittavuus	5.8	3.2
<i>Kuormitus</i>	Kuormitus	2.6	4.1
<i>Käyttäjätarpeet</i>	Psyk. tarpeiden täytyminen	4.0	2.7
<i>Käyttäjien arvot</i>	Vastaavuus arvojen kanssa	4.1	2.8
<i>Hyvinvointi</i>	Flourishing	4.2	3.2
	Masennus	2.4	3.7

Regressioanalyysissä löydettiin, että käyttäjäkokemuksen valenssia ennusti onnistuneissa teknologian käyttöönotkokemuksissa havaittu hyödyllisyys, psykologisten tarpeiden keskimääräinen täytyminen ja koettujen negatiivisten emootioiden keskiarvo (käänteinen suhde valenssiin). Epäonnistuneissa käyttöönotkokemuksissa tilastollisesti merkitseviksi tulivat havaittu hyödyllisyys, tuotoksen laatu ja koettujen negatiivisten emootioiden keskiarvo (käänteinen suhde).

Pääkomponenttianalyysin pohjalta muotoillut väittämät on esitetty Liitteessä A. Väittämät, joiden perässä ei ole tähteä, muodostavat kehitetyn menetelmän rungon.

Teknologian hyväksymismallin keskeisiä käsitteitä (hyödyllisyys, helppokäyttöisyys ja tuotoksen laatu) mittaavat skaalat latautuivat omiksi komponenteikseen, mikä viittaa siihen, että niitä voidaan tehokkaasti tutkia myös yksittäisillä väittämillä. Tunneasteikkojen tulokset osoittivat, että käyttäjät raportoivat tyypillisesti sekä positiivisia että negatiivisia tunteita samanaikaisesti, jolloin tunnekokemusten mittaaminen PANAS-menetelmän pohjalta on perustelua. Tutkimuksen tulosten perusteella PANAS-emootioista valittiin menetelmään mukaan otettavaksi yhdeksän (viisi positiivista ja neljä negatiivista) emootiota/emootioryhmää, jotka latautuivat pääkomponenttianalysissa omiksi komponenteikseen. Samaan tapaan mukaan valittiin seitsemän psykologista tarvetta, kolme arvoihin liittyvää väittämää, ja kolme masennusoireita luotaavaa väittämää.

## **3. METSÄKONEENKULJETTAJILLE SUUNNATTU KYSELYTUTKIMUS**

### **3.1. Materiaalit ja menetelmät**

Hankkeen pääasialliseksi kohderyhmäksi valikoituivat metsätyökoneiden kuljettajat. Metsätyökoneen kuljettajille tehdyn kyselyn menetelmällisen rungon muodostivat edellisessä tutkimuksessa muodostetut 28 väittämää. Lisäksi otettiin mukaan kahdeksan uutta teknologian hyväksyttävyyteen liittyvää väittämää ja yksi uusi psykologinen tarve (turvallisuuden tunne), joiden ajateltiin olevan mahdollisesti relevantteja muuttujia metsätyön kontekstissa. Nämä väittämät on merkitty liitteessä A tähdellä (\*).

Kyselytutkimukseen osallistui 103 vastaajaa, joista 90 vastaajaa (87 miestä, 3 naista; keski-ikä 41.4 vuotta, vaihteluväli 21-62 vuotta) valittiin mukaan lopulliseen analyysiin. Tässä aineistossa kaikki vastaajat olivat kokopäiväisiä nykyaikaisten metsätyökoneiden käyttäjiä ja he olivat vastanneet kyselyn kaikkiin kohtiin. Vastaajille lähetettiin Puuliiton avustuksella sähköpostilla kutsu osallistua tutkimukseen ja itse tutkimus täytettiin anonyyminä verkkokyselynä. Osallistujien kesken arvottiin kymmenen 20 €:n lahjakorttia. Vastaajat ohjeistettiin ajattelemaan viimeaikaista työkoneen käyttöään ja siihen liittyviä kokemuksiaan käytetystä teknologiasta ja teknologian vaikutuksesta työntekijän omaan hyvinvointiin.

Kyselyssä kuljettajat vastasivat ensin muutamaaan demografiseen kysymykseen ja kuvasivat työtään laadullisesti. Sen jälkeen he täyttivät kehitetyn kyselylomakkeen (Liite A) liittyen tämänhetkiseen työkoneeseen liittyvään käyttäjäkokemukseensa. Tämän jälkeen heitä pyydettiin laadullisessa kysymyksessä tunnistamaan asioita, jotka metsätyössä vaikuttavat erityisen positiivisesti tai negatiivisesti työkoneen hyväksyttävyyteen, käyttäjäkokemukseen, tai omaan työhyvinvointiin. Tämän jälkeen käyttäjät arvioivat vielä kokonaistyöhyvinvointinsa asteikolla 1 = erittäin heikko - 4 = keskimääräinen - 7 = erittäin hyvä ja loppuunpalamisen oireiden esiintymistiheyden

seitsenportaisella asteikolla 1 = ei koskaan, 2 = muutaman kerran vuodessa, 3 = kerran kuukaudessa tai harvemmin, 4 = muutaman kerran kuukaudessa, 5 = noin kerran viikossa, 6 = muutaman kerran viikossa, 7 = joka päivä.

Kyselyn lopuksi käyttäjillä oli mahdollisuus siirtyä toiseen kyselyyn, jossa heidän oli mahdollista antaa yhteystietonsa, jos halusivat osallistua haastatteluun ja/tai työn havainnointiin. Hankkeen puitteissa käytiin lopulta havainnoimassa neljän hakkuukoneenkuljettajan työtä paikan päällä metsätyömailla Etelä-Suomessa. Kaikki neljä hakkuukoneenkuljettajaa myös haastateltiin ja lisäksi tehtiin yksi puhelinhaastattelu. Haastattelut keskittyivät samoihin teemoihin kuin kehitetyn kyselylomakkeen kysymykset ja lisäksi kysyttiin metsätyökoneen kuljettajan työstä myös yleisemmin. Sekä haastatteluun että observointiin osallistumisesta oli erikseen palkkiona 20€:n lahjakortti.

## **3.2. Tulokset**

### **3.2.1. Määrälliset tulokset**

Yleiskuva tuloksista on esitetty alla Taulukossa 2. Tarkemmat tulokset on esitetty tutkimuksesta kirjoitetussa tieteellisessä julkaisussa (ks. toinen julkaisu kohdassa ”hankkeen julkaisut”).

Kaikki teknologian hyväksyttävyyden osa-alueet arvioitiin metsätyökoneiden käytössä selvästi asteikon keskimääräisen arvosanan yläpuolelle. Regressioanalyysillä pystyttiin myös muodostamaan malli, jossa TAM3-mallin keskeiset käsitteiden vuorovaikutussuhteet voitiin toistaa. Käyttöaikomusta ennusti havaittu hyödyllisyys, johon puolestaan vaikuttivat mm. tuotoksen laatu ja havaittu helppokäyttöisyys. Sen sijaan TAM3-mallin relaatio, jonka mukaan helppokäyttöisyys vaikuttaa suoraan käyttöaikomukseen, ei tullut tilastollisesti merkitseväksi metsätyökoneiden kontekstissa. Nämä tulokset viittaavat siihen, että teknologian hyväksymismallin (TAM3) keskeisiä käsitteitä voidaan soveltaa mallin perinteisten sovellusalueiden kuten tietojärjestelmien lisäksi myös liikkuvien työkoneiden hyväksyttävyyden tutkimukseen. Uutena tähän tutkimukseen tuodut vaikuttavuuteen (effectiveness) liittyvät skaalat (Liite A, skaalat 4-7) eivät nousseet mallissa erityisen keskeiseen rooliin, vaan vaikuttivat teknologian



hyväksyttävyyteen ainoastaan käyttäjän havaitseman tuotoksen laadun arvioinnin kautta.

Taulukko 2. Yleiskuva metsätyökoneen kuljettajille tehdyn kyselyn tuloksista (Likertskaala 1-7 kaikissa arvioinneissa).

	Muuttujat	Keski-arvo	Keski- virhe
<i>Teknologian hyväksyttävyys</i>	Hyödyllisyys	5.3	.1
	Helppokäyttöisyys	5.8	.1
	Tuotoksen laatu	4.9	.1
	Vaikuttavuus	5.2	.1
<i>Vaatimukset</i>	Ajatteluvaatimukset	4.1	.2
	Ajalliset vaatimukset	3.5	.2
<i>Emootiot</i>	Positiiviset emootiot	4.3	.1
	Negatiiviset emootiot	2.3	.1
	Tunnebalanssi	2.0	.1
<i>Tarpeet, arvot</i>	Psyk. tarpeiden täytyminen	3.7	.1
	Vastaavuus arvojen kanssa	3.6	.2
<i>Hyvinvointi</i>	Masennusoireet	2.5	.2
	Kokonaistyö- hyvinvointi	4.7	.2
	Loppuunpalamisen oireet	3.1	.2

Metsäkoneenkuljettajat ilmoittivat tuntevansa enemmän positiivisia kuin negatiivisia emootioita käytön aikana. Tulokset ovat linjassa olemassa olevien tulosten kanssa, joiden mukaan ihmiset raportoivat PANAS-menetelmällä ylipäätään keskimäärin enemmän positiivisia emootioita. Tulosten perusteella metsätyökoneissa ei ole mitään erityistä systemaattista tekijää, joka aiheuttaisi välitöntä henkistä kuormitusta negatiivisten emootioiden muodossa. Yksittäisistä tunteista innostuneisuudella oli

tilastollinen yhteys yleiseen työhyvinvointiin ja ärtyneisyydellä loppuunpalamisen oireisiin.

Ajatteluun liittyvät vaatimukset ja ajalliset vaatimukset metsäkonetyössä arvioitiin keskimäärin lähelle skaalan puoliväliä. Regressioanalyseissa löydettiin kuitenkin, että vaatimuksiin liittyvät tekijät ennustivat tilastollisesti merkitsevästi sekä työntekijöiden kokonaishyvinvointia että loppuunpalamisen oireiden esiintymistä. Tarpeettoman kiireisiksi arvioidut ajalliset vaatimukset vähensivät hyvinvointia ja lisäsivät loppuunpalamisen oireiden esiintymistä. Ajatustyöllä oli päinvastainen vaikutus: enemmän ajatustyötä raportoineet kuljettajat raportoivat hyvinvointinsa paremmaksi ja loppuunpalamisen oireet harvinaisemmiksi. Loppuunpalamisen oireita vähentävä vaikutus havaittiin myös keskimääräisellä psykologisten tarpeiden täyttymisellä (keskiarvoistettuna kaikkien kahdeksan tutkitun tarpeen yli). Yksittäisten tarpeiden analyysissä yhteenkuuluvuudella oli tilastollisesti merkitsevä positiivinen yhteys kokonaistyöhyvinvointiin.

### **3.2.2. Laadulliset tulokset**

Havainnointien ja haastattelujen tulokset tukivat korkeita arvosanoja teknologian hyväksyttävyyteen liittyvillä mittareilla. Haastateltavien oli vaikeaa keksiä parannusehdotuksia työkoneen suoranaiseen tuottavuuteen ja parannusehdotukset liittyivätkin pääasiassa huolto- ja korjausvarmuuteen. Koneen toimintavarmuus oli myös yksi kyselyn laadullisissa vastauksissa eniten mainituista omaa hyvinvointia parantavista tekijöistä, yhdessä automaattisen kuljettajan hytin vakauksen ja pyörityksen ja yleisesti hyvän ergonomian kanssa. Eniten omaa hyvinvointia heikentävät tekijät liittyivät myös ergonomiaan ja toimintavarmuuteen, eniten mainittu asia oli koneen tärinä, heilunta ja ravistelu ja toiseksi eniten nostettiin esiin koneen korjaaminen ja siihen liittyvät osaamisvaatimukset. Kolmanneksi eniten otettiin esiin ulkoisia vaatimuksia kuten kiire ja työtuntien määrä. Älykkääseen teknologiaan suhtauduttiin yleisesti ottaen positiivisesti. Kyselyssä vain yksi kuljettaja ilmoitti kytkeneensä kaiken älykkään avustavan teknologian koneestaan pois päältä, koska koki sen työtään haittaavaksi, ja haastatteluissa yksi haastateltava ei halunnut lisää älykästä teknologiaa, koska sen myötä lisääntyisivät mahdolliset vikatilanteet liittyen uusiin teknologioihin.

Haastattelut nostivat esiin psykologisten tarpeiden tärkeyden metsäkoneenkuljettajan työssä. Kaikki haastateltavat mainitsivat joko suoraan tai välillisesti kaikki kolme itsemääräämisteorian perustarvetta, kun heiltä kysyttiin motivoivia ja motivaatiota alentavia tekijöitä metsäkoneen kuljettajan työssä. Itsenäisyys ja pätevyys omassa työssä mainittiin tärkeinä työmotivaation lähteinä. Itsenäisyys toteutui pääasiassa työn käytännön toteutuksessa (esimerkiksi miten tietty hakkuualue kannattaa käydä läpi), mutta myös tarkkojen työaikojen ja työtahdin päättämisessä. Yhteenkuuluvuuden ja sosiaalisuuden puute sen sijaan mainittiin usein joko suoraan tai välillisesti motivaatiota tai omaa työhyvinvointia heikentävänä tekijänä.

## **4. KAIVOSTYÖKONEIDEN KÄYTTÄJILLE SUUNNATTU KYSELYTUTKIMUS**

Hankkeessa kehitetystä kyselystä tehtiin kaivostyökoneiden käyttäjille oma versio, joka oli olennaisilta piirteiltään samanlainen metsätyökoneiden kuljettajille suunnatun kyselyn kanssa. Kyselyyn värvättiin vastaajia kaivostyökoneiden käyttäjistä sähköpostitse Metalliliiton avustuksella. Kohderyhmän tavoittaminen sähköpostin välityksellä osoittautui kuitenkin haastavaksi ja kyselyyn saatiin ainoastaan 17 vastausta, joista 14 täytti vastauksille asetetut kriteerit kohderyhmän ja vastausten laadun suhteen. Pienen otoskoon vuoksi päätettiin, että tälle aineistolle ei tehdä täyttä tilastollista analyysia. Tulokset kuitenkin analysoitiin keskiarvotasolla ja tuloksista lähetettiin raportti Metalliliiton tutkimusosastolle. Tämän pienen aineiston tulokset olivat pääsääntöisesti positiivisia: teknologian hyväksyttävyyssarviot olivat samansuuntaisia kuin metsätyökoneiden kuljettajilla ja raportoitu hyvinvointi ja burnout-oireiden välttäminen olivat tässä pienessä otoksessa jopa hieman paremmalla tasolla kuin metsätyökoneiden kuljettajilla keskimäärin.

## 5. JOHTOPÄÄTÖKSET

Kokonaisuutena hankkeen tulokset antoivat tuen monipuolisen subjektiivisen mittauksen soveltamiselle teknologian käyttöönoton ja käytön tutkimuksessa ja arvioinnissa. Molempien tehtyjen päätutkimusten arvioinneissa oli tilastollisesti merkitseviä eroja läheistenkin käsitteiden välillä (esim. teknologian hyväksyttävyyden osa-alueet, psykologiset tarpeet), mikä viittaa siihen, että käyttäjät ovat ymmärtäneet kysymykset ja mittari pystyy erottelemaan eri käsitteet hyvin. Myös metsäkonetutkimuksen haastattelujen yhteydessä haastateltavat ilmoittivat ymmärtäneensä kyselyn kysymykset ja osanneensa vastata niihin. Verrattuna olemassa oleviin kirjallisuudesta löytyviin menetelmiin, jotka pääsääntöisesti keskittyvät tutkimaan yhtä tai muutamaa läheistä käsitettä, tämän hankkeen tuloksena kehitetty mittari on myös poikkeuksellisen monitahoinen.

Ensimmäisen tutkimuksen tulokset auttoivat ymmärtämään teknologian käyttöönottoa yleisellä tasolla ja tutkimuksessa löydettiin yhteyksiä erilaisten muuttujaryhmien välillä. Esimerkiksi löydettiin, että käyttäjän kokonaiskäyttäjäkokemukseen teknologiasta valenssiasteikolla mitattuna voivat vaikuttaa tilastollisesti merkitsevästi teknologian hyväksymismalliin liittyvät muuttujat (esim. havaittu hyödyllisyys, tuotoksen laatu), tunnekokemukset, ja psykologiset tarpeet, jotka liittyvät läheisesti hyvinvointiin. Nämä kolme muuttujaryhmää (teknologian hyväksyttävyyteen, tunnekokemuksiin ja hyvinvointiin liittyvät muuttujat) saivatkin jokainen oman osionsa lopulliseen kyselyyn. Tämän tutkimuksen tulokset toimivat hyvänä lähtökohtana teknologian käyttäjäkokemuksen tulevalle tutkimukselle eri aloilla ja datalle tehtyjen pääkomponenttianalyyysien avulla pystyttiin vähentämään tutkittavien muuttujien määrää käytännölliselle tasolle.

Jälkimmäisen tutkimuksen tulokset antoivat tukensa psykologisten tarpeiden tutkimuksen tarpeellisuudelle työelämässä. Amerikkalaiset tutkijat Deci ja Ryan (2014) ovat pitkään tutkineet ns. itsemääräämisteoriana, jonka mukaan kolme psykologista

tarvetta, itsenäisyys, pätevyys ja yhteenkuuluvuus ovat suurelta osin ihmisen hyvinvoinnin ja motivaation taustalla. Työkonteksteissa nämä psykologiset tarpeet voivat olla tutkimusten mukaan (ks. Deci ja Ryan, 2014) myös tuottavuuden taustalla. Kaikki kolme tarvetta osoittautuivatkin tässä projektissa tärkeiksi tekijöiksi myös metsäkoneenkuljettajien kontekstissa. Itsenäisyys ja pätevyys toimivat positiivisina motivaattoreina työssä, kun taas yhteenkuuluvuuden tarve ei täyty kovinkaan hyvin, paljolti sen vuoksi, että metsäkoneenkuljettajan työ on jo lähtökohtaisesti yksinäistä. Työntekijät mieltävät työpaikkansa silti sosiaalisesti ympäristöksi ja työntekijöiden yhteenkuuluvuuden kehittäminen onkin tärkeä haaste niillä aloilla, joilla sitä ei luonnostaan työhön sisälly. Metsäkonealalla työntekijät ovat kehittäneet sosiaalisuuden lisäämiseksi omiakin käytäntöjä kuten kokemusten vaihtamisen työn lomassa hands free -teknologian avulla. Myös esimiehen ja alaisen välisen kommunikaation laatu ja toimivuus korostuvat, jos itse varsinaiseen työhön ei sisälly kommunikointia.

Älykkäiden ominaisuuksien käyttöönotto metsätyökoneissa vaikuttaa enimmäkseen varsin onnistuneelta. Ominaisuudet ovat vaikuttaneet positiivisesti tuottavuuteen, mutta myös hyvinvointiin. Esimerkkinä onnistuneesta ominaisuudesta otettiin useimmin esiin kuljettajan hytin pyöritys ja vakaus, joka on parantanut työn fyysistä ergonomiaa. Kokonaan ergonomiaongelmia ei ole vielä onnistuttu ratkaisemaan, mistä oli osoituksena mm. fyysisen hyvinvoinnin keskimääräistä alempi arvosana metsäkoneen käyttämisen aikana ja se, että tärinä ja heilahtelut mainittiin yhä melko usein työhyvinvointia heikentävänä tekijänä.

Kokonaisuutena metsäkoneenkuljettajien työhyvinvointi oli kuitenkin keskimäärin hyvällä tasolla. Toisaalta vähemmistö (n. 20%) kuljettajista ilmoitti kokevansa burnout-oireita viikoittain. Tutkimuksen tulokset antoivat kuvan, jonka mukaan tämä johtuu ainakin osittain liian tiukalle vedetystä välittömästä aikataulupaineesta ja työn rutiininomaisuudesta. Tästä, yhdistettynä edellä mainittuun tulokseen työskentelyn itsenäisyydestä keskeisenä motivaattorina, voidaan päätellä, että tälle riskiryhmälle tilanteen helpottamiseksi auttaisi työn uudelleenjärjestely siten, että työntekijät saisivat itse määritellä työskentelyaikansa ja -tahtinsa entistä laajemmin olemassa olevien tuottavuustavoitteiden puitteissa. Yllättävä tulos tutkimuksessa oli, että konetta käytettäessä suurempi ajatustyön määrä oli yhteydessä parempaan työhyvinvointiin ja harvempiin burnout-oireisiin. Tämä tulos antaa alustavan indikaation siitä, että

lähtökohtaisesti melko monimutkainenkin työ voi automaation lisääntyessä mennä liian yksinkertaiseksi ja monotoniseksi käyttäjien hyvinvoinnin kannalta pitkällä aikavälillä.

## HANKKEEN JULKAISUT

Partala, T. ja Saari, T. (lähetetty). User Experience Meets Technology Acceptance: Understanding Most Influential User Experiences in Successful and Unsuccessful Technology Adoptions. Lähetetty julkaistavaksi *Computers in Human Behavior* lehdessä.

Partala, T. ja Saari T. (lähetetty). Technology Acceptance, User Experience, and Well-Being among Finnish Forestry Machine Operators. Lähetetty julkaistavaksi *Cognition, Technology, and Work* -lehdessä.

Partala, T. Metsätyökoneiden kuljettajien työstä tutkimustietoa. Metsäalan ammattilehti (hyväksytty).



## LÄHDELUETTELO

Bagozzi, R. P., 2007. The Legacy of the Technology Acceptance Model and a Proposal for a Paradigm Shift. *Journal of the association for information systems*, 8(4), 244-254.

Davis, F. D., 1989. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340.

Deci, E. L., & Ryan, R. M., 2014. The Importance of Universal Psychological Needs for Understanding Motivation in the Workplace. In: *The Oxford Handbook of Work Engagement, Motivation, and Self-Determination Theory*, 13-32. New York: Oxford University Press.

Laitila, J. & Väätäinen, K., 2013. The Cutting Productivity of the Excavator-based Harvester in Integrated Harvesting of Pulpwood and Energy Wood. *Baltic Forestry* 19(2): 289-300.

Palviainen, J., & Väänänen-Vainio-Mattila, K., 2009. User experience in machinery automation: from concepts and context to design implications. In: *Human Centered Design*, 1042-1051. Springer Berlin Heidelberg.

Salminen, S., Klen, T., & Ojanen, K., 1999. Risk taking and accident frequency among Finnish forestry workers. *Safety science*, 33(3), 143-153.

Schwartz, S. H., 2006. Basic human values: Theory, measurement, and applications. *Revue française de sociologie*, 42, 249–288.

Sheldon, K.M., Elliot, A.J., Kim, Y., & Kasser, T., 2001. What is satisfying about satisfying events? Testing 10 candidate psychological needs. *Journal of Personality and Social Psychology* 80, 325–339.

Venkatesh, V., & Bala, H., 2008. Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision sciences*, 39(2), 273-315.

Venkatesh, V., & Davis, F. D., 2000. A theoretical extension of the technology acceptance model: four longitudinal field studies. *Management science*, 46(2), 186-204.

Väätäinen, K., Ikonen, T., Ala-Ilomäki, J., Sirén, M., Lamminen, S. & Asikainen, A., 2012. Kuljettajaa opastavat älykkäät järjestelmät ja niiden käyttö koneellisessa puunkorjuussa. *Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute* 223. 40 s.

Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A., 1988. Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *Journal of personality and social psychology*, 54(6), 1063-1070.

# LIITE 1 – METSÄKONEENKULJETTAJILLE SUUNNATUSSA KYSELYSSÄ KÄYTETYT VÄITTÄMÄT

## Teknologian hyväksyttävyys

### Väittämä

Tämän järjestelmän käyttäminen oli helppoa

Tämän järjestelmän käyttäminen paransi tuottavuuttani

Tätä järjestelmää käyttämällä tuloksen laatu oli korkea

Tätä järjestelmää käyttämällä pystyin viemään loppuun asti kaikki aloittamani tehtävät\*

Tätä järjestelmää käyttämällä pystyin viimeistelemään vaikeimmatkin tehtävät\*

Tätä järjestelmää käyttämällä pystyin suorittamaan tehtäviä, jotka vaativat suurta tarkkuutta\*

Tätä järjestelmää käyttämällä pystyin helposti välttämään virheiden tekemisen\*

Tätä järjestelmää käyttämällä tehtävien suorittamisen nopeus oli suuri\*

Tätä järjestelmää käyttämällä muut arvostivat tuloksiani\*

Tämän järjestelmän käyttäminen vaati paljon ajatustyötä

Tämän järjestelmän käyttäminen oli tarpeettoman kiireistä

Tämän järjestelmän käyttäminen oli nautittavaa

Minulla oli vahva aikomus käyttää tätä järjestelmää\*

Järjestelmän käyttöni oli vapaaehtoista\*

## Tunnekokemukset

### Väittämä

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan itseni innostuneeksi

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan itseni ahdistuneeksi

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan itseni järkyttyneeksi

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan itseni vahvaksi

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan itseni pelästyneeksi

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan itseni ylpeäksi

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan itseni ärtyisäksi

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan itseni valppaaksi

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan itseni tarkkaavaiseksi

## Käyttäjätarpeet, -arvot ja hyvinvointi

### Väittämä

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan, että olin vapaa tekemään asiat omalla tavallani

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan, että olin hyvin taitava siinä mitä tein

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan, että olin läheisessä yhteydessä toisten ihmisten kanssa

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan itseni fyysisesti hyväkuntoiseksi

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan, että minulla oli mukavia tavaroita ja omaisuutta

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan, että olin tyytyväinen itseni

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan, että sain jännittäviä virikkeitä

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan oloni turvalliseksi. \*

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan itseni menestyväksi henkilöksi

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan, että voin edistää muiden ihmisten hyvinvointia

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan, että ihmiset arvostivat minua

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan itseni masentuneeksi

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan itseni levottomaksi

Tämän järjestelmän käyttäminen sai minut tuntemaan, että minua vaivasivat asiat, jotka yleensä eivät vaivaa minua

\* Väittämä lisättiin hankkeessa kehitettyyn menetelmään metsäkoneenkuljettajilla tehtävää tutkimusta varten.

Skaala kaikille väittämille:

Vahvasti eri mieltä			Ei samaa eikä eri mieltä			Vahvasti samaa mieltä
1	2	3	4	5	6	7

Tampereen teknillinen yliopisto  
PL 527  
33101 Tampere

Tampere University of Technology  
P.O.B. 527  
FIN-33101 Tampere, Finland



Työsuojelurahasto  
Arbetskyddsfonden  
The Finnish Work Environment Fund

ISBN 978-952-15-3356-3 (nid.)  
ISBN 978-952-15-3357-0 (PDF)  
ISSN 2323-9174