

# Käytettävyytutkimus maatalousteknologiassa - Case: kuljettajan tilannetietoisuus

Piia Nurkka ja Pasi Suomi  
MTT Maa ja elintarviketalouden tutkimuskeskus  
Maatalousteknologian tutkimus  
Vakolantie 55, 03400 Vihti  
piia.nurkka@mtt.fi, pasi.suomi@mtt.fi

## Tiivistelmä

Työn tuottavuuden parantaminen on yleisin argumentaatio automaation hyötyjä todisteltaessa. Sen avulla katsotaan voitavan vähentää ihmisen työtaakkaa ja väsymistä, lisätä turvallisuutta ja mahdollistaa nopeampi ja täsmällisempi useiden samanaikaisten tehtävien suorittaminen. Automaation suorituskyvyn optimointi ei kuitenkaan välttämättä takaa ihminen-kone-työparin täydellistä toimintaa ja sen kaikkien mahdollisuuksien hyödyntämistä. Automaation ja tietotekniikan lisääntymisen vaikutuksesta ihmisen rooli järjestelmissä on muuttumassa enenevässä määrin aktiivisesta toimijasta passiiviseksi valvojaksi. Tämä ihmisen uusi työrooli automaation valvojana voi kuitenkin tuoda esille uudenlaisia toimintaan vaikuttavia tekijöitä, jotka ovat seurausta ihmisen rajallisista kognitiivisista kyvyistä. Automaatio- ja työkonejärjestelmiä suunniteltaessa olisi osattava ottaa huomioon työntekijän ominaisuudet entistä laajemmin, jotta uusista järjestelmistä saatava hyöty ei vähene ihmisen kognitiivisten ominaisuuksien vuoksi.

Maatalousteknologian alaan kuuluvaa automaatio- ja työkonejärjestelmien suunnittelua tulisi tarkastella ihmisen ja koneen vuorovaikutuksen näkökulmasta. Vaikka pyrittäisiin suunnittelemaan optimaalinen vuorovaikutus ihmisen ja automatisoidun järjestelmän välille, voi teknologiakeskeiseen ideaan perustuva tuotesuunnitelma aiheuttaa ongelmia käytännössä. Suunnitteluvaiheessa on todennäköisesti mahdoton täydellisesti ennustaa ihmisen ja koneen vuorovaikutusta ja yhteistoimintaa, sillä oikeassa käyttöympäristössä voi ilmetä lukuisa joukko ennalta tuntemattomia tekijöitä, jotka vaikuttavat vuorovaikutukseen. Käyttäjakeskeisen suunnittelun menettelytapa pyrkii vastaamaan tarpeeseen ottaa huomioon tuotteen käyttäjien asettamat vaatimukset. Käytettävyytutkimuksen avulla vaatimusten täytyminen voidaan todentaa suunnittelun edetessä.

Käytettävyyden käsite on implisiittinen, joten sen tarkka määritelmä muotoutuu tutkimusalan mukaan. Lähtökohtana toimii usein standardin SFS-EN ISO 9241-11 (1998) käytettävyyden määritelmä tuotteen käytön tuloksellisuudesta, tehokkuudesta ja miellyttävyydestä määrättyllä käyttäjäryhmällä määrättyssä käyttötilanteessa, jotta määritetyt tavoitteet saavutetaan. Maatalousteknologian alalla ei käytettävyytutkimuksen menetelmäkehitystä ole vielä juuri tehty, joten käytettävyydelle ei ole muodostunut toimintaympäristön ominaisuudet huomioivaa täsmällistä määritelmää. MTT maatalousteknologian tutkimuksessa pyritään aikaansaamaan perusta käytettävyyden määritelmälle, sekä kehittämään toimintaympäristöön soveltuvia menetelmiä.

Tämä kirjallisuuskatsaukseen pohjautuva tutkimus kenttäkokeineen soveltaa tilannetietoisuuden käsitettä ja tutkimusmenetelmiä maatalousteknologisen laitteen tutkimuksessa tarkastellen menetelmän soveltuvuutta sovellusalueen käytettävyyden tutkimusmenetelmänä. Esimerkkityökohteena tutkimuksessa on kasvinsuojeluruiskutus. Työtehtävä suoritettiin traktori-kasvinsuojeluruiskuyhdistelmällä, jossa käytettiin Agrix - Kasvinviljelykoneiden automaatiojärjestelmä -hankkeessa kehitettyä yleiskäyttöistä kasvinviljelykoneiden automaatiojärjestelmän prototyyppiä. Arvioinnin kohteena oli erityisesti työkoneen hallintalaite ja tietoa välittävä käyttöliittymä.

Tutkimuksen tuloksiin pohjautuen tilannetietoisuuden arviointia on mahdollista soveltaa maatalousteknologian alalla varsinkin liikkuvan, peltotyöskentelyssä käytettävän koneen käyttöliittymän käytettävyyden arviointiin. Käytettävyyden määrittelyn viitekehyksenä on maatalousteknologisen laitteen osalta mahdollista käyttää standardia ISO/IEC 9126-1 (2001).

Asiasanat: käytettävyys, tilannetietoisuus, automaatio

## Johdanto

Automaation lisäämistä perustellaan työn tuottavuuden paranemisella, sillä sen avulla katsotaan voitavan vähentää ihmisen työtaakkaa ja väsymistä. Jotta tämä toteutuisi, olisi automaatiojärjestelmiä suunniteltaessa tarkasteltava ihmisen ja koneen muodostama kokonaisuutta vuorovaikutuksen näkökannalta, ei yksittäisen osajärjestelmän kannalta teknologiakeskeisesti. Olisi selvítettävä ideaalinen ihmisen ja koneen vuorovaikutussuhde. Tämä tarkoittaa sitä, että ihmisen ja koneen vuorovaikutuksessa osajärjestelmien tulisi olla rakennettu ja suunniteltu toimimaan yhteen (Sawaragi & Murasawa, 2001). Sawagin ja Murasawan (2001) mukaan suunnittelijat ovat perinteisessä teknologialähtöisessä ihminen-kone-järjestelmäsuunnittelussa olleet ulkopuolisia tarkkailijoita, joiden tehtävänä on ollut suunnitella teknologiakeskeiseen ideaan pohjautuva optimaalinen vuorovaikutus ihmisen ja automatisoidun järjestelmän välille. Suunnitteluvaiheessa on kuitenkin mahdotonta täydellisesti ennustaa ihmisen ja koneen vuorovaikutusta ja toimintaa tai käyttäjän tapaa käyttää laitetta. Siksi käyttötilanteessa voi ilmetä lukuisia joukko tuntemattomia tekijöitä, joita ei ole pystytty ennakoimaan suunnittelussa. Olssonin ja Janssonin (2005) mukaan käyttäjät olisi huomioitava laajemmin ja huomattavasti aikaisemmassa vaiheessa järjestelmän kehitystä, jotta työympäristöstä ja -kontekstista johtuvilta ongelmilta vältyttäisiin lopputuotteen käyttötilanteessa. Ihminen voi olla surkea automaation valvoja ja ohjaaja, jos hän joutuu jakamaan tarkkaavaisuuttaan useille samanaikaisille tehtäville, eikä tätä ole huomioitu suunnitteluvaiheessa.

Maanviljelytoimien tarkkuus lisääntyy täsmällistä paikkatietoa hyödyntämällä. Viljelijän saatavilla ja käytettävissä on enemmän tietoa niin viljelysuunnitteluun kuin varsinaisen viljelytapahtuman toteuttamiseen (esimerkiksi kasvinsuojeluruiskutuksen toteuttaminen täsmätasolla). Täsmäviljely vaikuttaa myös koneiden automaation lisääntymiseen. Työssä tarvittavan tiedon välitykseen ja käyttöön työsuorituksen aikana on kehitettävä uusia laitteita. Muutokset peltotyöskentelyn nykyisiin käytäntöihin uusien laitteiden muodossa voi johtaa kuljettajan vaikeuksiin selviytyä uudenlaisista tehtävistä.

Liikkuvan työkonenekuljettajan informaationkäsittelyn mahdollisuudet eri työympäristöissä olisi osattava ottaa huomioon informaatiota välittävien laitteiden suunnittelussa. Suunnittelussa olisi ennakoitava ja tiedostettava laitteiden käytön mahdollisuudet niin silloin kun niitä käytetään yksittäin, kuin yhtäaikaaisesti muiden laitteiden kanssa. Laitteen suunnittelun onnistumisen edellytyksenä on kuljettajan vaatimusten ja työtehtävän suorittamiseen liittyvien vaatimusten selvittäminen ja huomioon ottaminen.

Käytettävyydestä tehdyt tutkimukset eri toimintaympäristöihin liittyen osoittavat (Zhang & Adipat, 2003), että käytettävyyden määritelmä muokkautuu aihealueen mukaisesti. Maatalousteknologian alueella ei ole kirjallisuudesta löytenyt vakiintunutta käytettävyyden määritelmää, eikä käytettävyydetutkimuksen menetelmiä. Sovelluskohteita maatalousteknologian alueella on monia. Esimerkiksi liikkuvan koneen käyttöliittymän arviointimenetelmältä vaaditaan monipuolisuutta ja joustavuutta, sillä samalla laitteella suoritetaan useita erilaisia tehtäviä, monenlaisissa eri tilanteissa ja ympäristöissä. Tehtävien suorittaminen tehokkaasti ja turvallisesti edellyttää käyttäjältä hyvää tietoisuutta työskentelytilanteesta.

Tämän tutkimuksen tarve syntyi kun MTT Maatalousteknologian tutkimuksessa havaittiin, että olemassa olevat käytettävyyden arviointimenetelmät vaativat soveltamista varsinkin peltotyössä käytettävien koneiden ohjauksen ja näyttölaitteiden käyttöliittymien arvioimiseksi. Näiden laitteiden käyttöympäristö on dynaaminen, joten niiden kehittäminen vaatii kuljettajan havaitsemisen ja tiedonkäsittelyn mekanismien tunnistamista ja tuntemista

Tämän tutkimuksen tavoitteena on arvioida tilannetietoisuuden arvioinnin soveltuvuutta maatalousteknologisen laitteen, case-tapauksena kasvinsuojeluruiskun hallintalaitteen ja tietoa välittävän käyttöliittymän sekä käytettävyyden arviointimenetelmänä, että käyttäjäkeskeisenä suunnittelumenetelmänä. Tutkimus pohtii lisäksi käytettävyyden käsitteen määritelmää maatalousteknologian alalla. Tutkimus perustuu kirjallisuuskatsaukseen ja kenttäkokeeseen tilannetietoisuuden arvioinnista kasvinsuojeluruiskutuksessa.

## Teoreettinen tausta

### *Vuorovaikutussuunnittelu*

Automaatiojärjestelmiä suunniteltaessa olisi tehtävien jakaminen ihmisen ja automaation välillä suunniteltava huolella, jotta ihmisen ja koneen olisi mahdollista toimia yhteistyössä tavoitteen saavuttamiseksi (Hollnagel & Bye, 2000). Vuorovaikutussuunnittelulla on tässä oleellinen rooli. HCI (Human –

Computer Interaction) on Hewett ym. (2004) määritelmän mukaan ala, joka keskittyy vuorovaikutteisten, ihmisen käytössä olevien tietokonejärjestelmien suunnitteluun, arviointiin ja täytäntöönpanoon.

Vuorovaikutussuunnittelun tavoitteena on ymmärtää kuinka käyttäjän työprosesseja voidaan parantaa. Sen lisäksi se pyrkii ymmärtämään kuinka ihmiset käyttävät tietokonejärjestelmiä, jotta niiden suunnittelua voitaisiin kehittää tai edistää.

Käyttöliittymän kautta ja sen avulla käyttäjä on vuorovaikutuksessa koneen kanssa. Sen kautta ohjataan koneen toimintoja. Tavoitteena vuorovaikutuksen suunnittelussa on täyttää osajärjestelmien asettamat vaatimukset, jotta tehtävien suorittaminen sujuisi ennalta asetettujen vaatimusten mukaisesti.

### ***Käyttäjakeskeinen suunnittelu***

Vuorovaikutussuunnittelun tavoitteisiin pääsemistä tukemaan on syntynyt käyttäjakeskeisen suunnittelun menettelytapa. Tämä on tuotekehitykseen liittyvä käytäntö, joka pitää sisällään käyttäjien mukanaolon tuotekehityksen eri vaiheissa. Standardi SFS-EN 13407 (1999) kuvaa vuorovaikutteisten järjestelmien käyttäjakeskeisen suunnittelun prosessin olennaiset sykliset toiminnot ja vaiheet, jotka olisi suoritettava, jotta lopputuloksena olisi käytettävä tuote. Näitä ovat esimerkiksi kartoitus tuotteen oikeiden käyttäjien ominaisuuksista, tarpeista ja odotuksista, heidän tavoitteiden ja niiden saavuttamista vaativien tehtävien selvittämistä sekä toiminnan sosiaalisen ja fyysisen ympäristön huomioimista (SFS-EN ISO 13407, 1999).

Tuotteelle asetettujen vaatimusten täyttymistä arvioidaan tuotekehityksen eri vaiheissa. Arviointimenetelmiä on lukuisia asiantuntija-arvioinneista käytettävyydesteihin (Nielsen, 1993). Käytettävien menetelmien valinta täytyy tehdä tapauskohtaisesti. Arviointien ja käyttäjien mukanaolon tarkoitus tuotekehityksessä on varmistaa lopputuotteen soveltuvuus käyttäjille.

### ***Käytettävyys***

Vuorovaikutussuunnitteluun ja käyttäjakeskeiseen suunnitteluun liittyvä oleellinen termi on käytettävyys. Termi on implisiittinen ja se muokkautuu aihealueen mukaisesti, joten se on vaikea määrittellä yleispätevästi (Stanton & Baber, 1996). Tässä esitetään kahden eri standardin antamat määritelmät käytettävyydelle.

Laajasti käytetyn standardin SFS-EN-ISO 9241-11 (1998) mukaan käytettävyys on mitta, miten hyvin määrätty käyttäjä voi käyttää tuotetta määrättyssä käyttötilanteessa saavuttaakseen määrättyt tavoitteet tuloksellisesti, tehokkaasti ja miellyttävästi. Standardi kuvaa näyttöpäätteillä tehtävän toimintotyön ergonomisia vaatimuksia. Toinen esiteltävä standardi kuvaa käytettävyyttä ohjelmistosuunnittelun, ohjelmistotuotteen laadun kautta. Tietokoneohjelmistojen osalta tuotteen käytön laatu (quality in use) on määritelty käsitteillä tehokkuus, tuloksellisuus, turvallisuus ja tyytyväisyys (ISO/IEC 9126-1, 2001). Käytön laatu muodostuu kuudesta ominaisuudesta, joita ovat käytännöllisyys, luotettavuus, käytettävyys, tehokkuus, ylläpidettävyys ja muokattavuus. Ohjelmistotuotteen laatuominaisuutena käytettävyys määrittellään tuotteen käytön ymmärrettävyytenä, opittavuutena, hallittavuutena ja miellyttävyytenä tietystä tilanteesta (Bevan, 2001). Käytettävyys on tämän standardin mukaan kaksitahoinen; se on osa yksityiskohtaista suunnittelutoimintaa (käytettävyys), mutta se edustaa myös lopullista tavoitetta (käytön laatu), jonka saavuttaminen täyttää käyttäjän tarpeet.

Käytettävyyden tutkimisen ja mittaamisen edellytyksenä on sen täsmällinen määrittely ja sopivien tutkimusmenetelmien valinta. Käytettävyyden viitteellinen määrittely tulee konkreettisemmaksi ja hallittavammaksi käytettävyyden mittareiden kautta. Se mitä tarkoitamme käytettävyydellä, määrittyy pitkälti sen mukaan kuinka sitä mittaamme (Hornbæk, 2006). Hornbæk (2006) ilmaisee tutkimuksessaan, että uusien teknologioiden kehityksessä haasteena on kehittää uusia käytettävyystudkimusmenetelmiä, sekä käytettävyyden mittareita, jotka asiaankuuluvasti ilmaisevat oleelliset tekijät kysymyksessä olevassa kontekstissa. Käytettävyystudkimuksessa arvioidaan käytettävyydsmittarein suunnitteluratkaisuja käyttäjän ja hänen tehtäviensä kannalta, sekä pyritään löytämään ja ratkaisemaan käyttäjän ja laitteen vuorovaikutuksessa ilmeneviä ongelmia (Väyrynen ym. 2004). Tavoitteena on saavuttaa käyttäjän, tuotteen ja tehtävän välinen paras mahdollinen suhde ja vuorovaikutus. Esimerkit eri aloilta vahvistavat, että tarkoituksenmukaisuus ja helppokäyttöisyys ovat kriittisiä ominaisuuksia, jotka vaikuttavat tuotteiden hyväksyttävyyteen ja omaksuttavuuteen käyttäjien keskuudessa. Siksi sopivien käytettävyystudkimusmenetelmien ja mittareiden kehittäminen on oleellisen tärkeää (Zhang & Adipat, 2003). Teknologian nopea kehittyminen edellyttää myös testausmenetelmien jatkuvaa kehittämistä, jotta markkinoille saataisiin tuotteita, jotka tarkoituksenmukaisesti palvelevat käyttäjiään.

## **Tilannetietoisuus**

Tilannetietoisuuden määritelmä perustuu ihmisen ymmärrykseen järjestelmän tilasta suhteessa todelliseen järjestelmän tilaan. Sitä käytetään operationaalisten tilanteiden (ilmailu, lennonjohto, ydinvoimalan valvonta) tutkimiseen, joissa asianomaisilla pitää olla hyvä tilannetietoisuuden taso, koska huonolla tilannetietoisuudella voisi olla negatiivisia tai turvallisuuskriittisiä seurauksia.

Sawagi ja Murasawan (2001) mukaan tilannetietoisuus on monimutkainen käsite, joka esiintyy ihmisten sisäisten kognitiivisten prosessien ja ulkoisen ympäristön välisessä liityntäpinnassa. Ihmisen käyttäytymistä ei voi ennustaa pelkästään sisäisiä kognitiivisia prosesseja simuloimalla, sillä monet tilanteeseen ja ulkoisiin tekijöihin liittyvät tekijät määrittävät ja muokkaavat ihmisen käyttäytymistä ja ihmisen osallistumisen tapaa. Durso ym. (1998) pitää tilannetietoisuutta henkilön tilanteesta muodostamana ”kuvana”, jonka muodostamiseen vaikuttaa tarkkaavaisuuden ja muistin väliset yhteydet. Tilannetietoisuus eroaa muista kognitiivisista mekanismeista (esimerkiksi ymmärtämisestä ja havaitsemisesta) siinä, että se keskittyy tulevaisuuden tapahtumiin. Toimijan eräs ominaisuus on tavoite-orientoituneisuus, sillä hän toimii dynaamisissa ympäristöissä tähtäimenään tietyn tavoitteen saavuttaminen alati vaihtelevissa tilanteissa. Endsleyn (2000) määritelmän mukaan tilannetietoisuus on ympäristön elementtien havaitsemista tietyllä ajan hetkellä tietyssä tilanteessa, niiden tarkoituksen ymmärtämistä ja niiden lähitulevaisuudessa tapahtuvan tilan muuttumisen arviointia.

Tilannetietoisuuden arvioimisella on merkitystä käytettävyyteen ja käyttöliittymäsuunnitteluun. Sen avulla voidaan määritellä käyttäjälle tarpeellinen ja sopiva tieto kulloisellekin tehtävänsuorituksen hetkelle. Käyttöliittymän suunnittelu siten, että käyttäjä saa aina tilanteeseen sopivaa palautetta on ratkaiseva tekijä, kun tuetaan tilanteen ymmärtämistä (Itoh & Inagaki, 2004). Nachreiner ym. (2006) toteaa, että tehokkaan ja tuloksellisen suoriutumisen mahdollistamiseksi on tehtävä analyysi tarvittavasta tiedosta, sillä ainoastaan sopivalla näytön suunnittelulla ja tarkoituksenmukaisilla prosessin hallintajärjestelmän hallintalaitteilla mahdollistetaan käyttäjän suoriutuminen tehtävästä ilman kompromisseja turvallisuuteen liittyen. Tehtävänsuorituksen liittyvät tavoitteet vaikuttavat siihen kuinka käyttäjän tarkkaavaisuus ohjautuu, siihen kuinka tieto havaitaan ja kuinka se tulkitaan. Tehtävään soveltuva käyttöliittymä tai ohjausjärjestelmä tukee käyttäjää tavoitteen saavuttamisessa (Endsley, 2000). Tilannetietoisuuden määrittelyllä voidaan ymmärtää kuinka käyttäjä valitsee ja liikkuu eri tavoitteiden välillä. Käyttöliittymän suunnittelija pystyy paremmin ymmärtämään saavutetun tiedon merkityksen käyttäjälle tietyssä tilanteessa, jolloin suunnittelija voi käyttää tietoa hyväkseen suunnitlessaan käyttöliittymän välittämän tiedon sisältöä tai siellä navigointia.

## **Yhteenveto**

Käytettävyyssuunnittelu- ja arviointimenetelmiä alettiin alun perin kehittää tietokoneohjelmien ja –ohjelmistojen arviointiin. Siksi olemassa olevat menetelmät ja käytettävyyden määritelmät ovat lähinnä soveltuvia järjestelmille, joissa työ tehdään jaksollisina sarjoina suhteellisen staattisessa ympäristössä. Sen vuoksi nämä menetelmät eivät sellaisenaan sovellu monimutkaisissa ja dynaamisissa ympäristöissä käytettävän laitteen arviointiin. Nachreiner ym. (2006) kuitenkin toteaa tutkimuksessaan, että ergonomian huomioonottaminen prosessien ohjausjärjestelmien suunnittelussa mahdollistaa järjestelmän tehokkuuden, tuloksellisuuden, luotettavuuden ja turvallisuuden parantamisen.

Monimutkaisissa tilanteissa käyttäjä joutuu käsittelemään tietoa, joka tulee monista eri lähteistä samanaikaisesti. Siksi olisi pyrittävä vertaamaan käyttäjän todellista tiedon käsittelyn tapaa ja tiedon tarvetta suhteessa koneen tiedonkäsittelyn ja -esittämisen tapaan todellisessa tilanteessa. Tilannetietoisuuden määrittely soveltuu arviointiperusteena toimintaympäristöihin, joissa operaattorin pyrkimyksenä on saavuttaa useita tavoitteita samanaikaisesti, operaattorin huomiosta kilpailevat monet tehtävät, joilla on eri merkitys tavoitteen saavuttamisen kannalta ja joissa operaattorin toiminta on aikakriittistä jolloin huonolla suorituksella voi olla negatiivisia vaikutuksia (Kaber & Endsley, 1997). Nämä tekijät toteutuvat maatalousympäristössä pelloilla tehtävissä viljelytyöissä.

## **Aineisto ja menetelmät**

### ***Kirjallisuuskatsaus***

Kirjallisuuskatsauksen avulla pyrittiin määrittelemään tutkimuksen aihepiiriin liittyvät käsitteet.

### ***Tavoite suuntautunut tehtävänälyysi***

Kasvinsuojeluruiskutuksen tilannetietoisuuden arvioiminen edellytti tilannetietoisuuden vaatimusanalyysin laatimista. Tämä tarkoitti viljelijän kasvinsuojeluruiskutuksessa tarvitseman informaation ja informaatiota välittävien tekijöiden selvittämistä. Tämä toteutettiin määrittelemällä operaattorin tiedon tarpeet *tavoite suuntautuneen tehtävä-analyysin* (Goal-Directed Task Analysis) avulla (Endsley ym. 2003). Analyysiä käytetään tunnistamaan työn tärkeimmät päämäärät, sekä merkittävät alatavoitteet, jotka on saavutettava ennen päämäärien saavuttamisen mahdollisuutta. Tehtävänälyysi laadittiin asiantuntija haastattelun ja kasvinsuojeluruiskutuksen työtahtuman havainnoinnin perusteella.

### ***Kenttäkoe***

Tutkimuksessa käytettiin hyväksi Agrix-tutkimuksessa kehitettyä älykkään kasvinsuojeluruisku-traktori yhdistelmän prototyyppiä. Agrix - Kasvinviljelykoneiden automaatiojärjestelmä -hankkeessa kehitettiin täsmäviljelyä tukeva, avoin ja yleiskäyttöinen kasvinviljelykoneiden automaatiojärjestelmän prototyyppi (Suomi ym. 2006). Tässä tutkimuksessa käytetyssä traktori-työkone-yhdistelmässä oli kaikki ominaisuudet, joita Agrix-projektissa oli kehitetty. Järjestelmän rakenteesta ja sen toiminnasta on kerrottu tarkemmin edellä mainitussa julkaisussa.

Testihenkilöiksi valittiin kuusi maanviljelijää. Heillä tuli olla kokemusta kasvinsuojeluruiskutuksessa, mutta ei Agrix-järjestelmän käytöstä. Yksi testihenkilöstä osallistui pilottitestiin, viisi muuta testihenkilöä osallistui varsinaiseen kenttäkokeeseen.

Kenttäkoe muodostui neljästä osasta. Ensimmäinen osa oli lyhyt haastattelu, jossa selvitettiin testihenkilöiden aikaisemmat kokemukset ja tieto kasvinsuojeluruiskutuksesta. Toisessa vaiheessa esiteltiin annettu työtehtävä ja perehdytettiin testihenkilö traktori-työkoneyhdistelmän toimintaan. Perehdyttämistilanteessa käytiin läpi tehtävän lataaminen tehtävähallintalaitteelta Agrix-järjestelmään sekä tehtävän lopettaminen. Tehtävän lataamisen yhteydessä käytiin läpi pääkohdat täsmäruiskutuksen periaatteesta ja siitä kuinka järjestelmä teknisesti toteuttaa ajonaikaisen säädön. Tämän lisäksi testihenkilöille kerrottiin kaikki järjestelmän hallintaan liittyvät ominaisuudet, joita testi-tehtävänä annetuissa ruiskutustehtävissä tarvittiin. Perehdyttämisen jälkeen testihenkilöillä oli mahdollisuus järjestelmän käytön harjoitteluun. Harjoittelua jatkettiin niin kauan, kunnes testihenkilölle oli kaikki tarpeellinen selvillä ja hän koki voivansa suoriutua tehtävästä itsenäisesti.

Varsinaisena testitehtävänä oli noin kahden hehtaarin kokoisen alan ruiskutus (vedellä). Sänki-peltoon oli muodostettu alue, johon kuului päisteiden kiertämistä ja edestakaisin ajettavia ajolinjoja. Jokaiselle testihenkilölle haluttiin luoda samanlainen testitilanne, joten ohjeena oli testialueen ruiskuttaminen ennalta määriteltyjä ajolinjoja pitkin ajamalla. Koealue suunniteltiin siten, että kuljettaja joutui käyttämään järjestelmän kaikkia toimintoja, kuten lohkojen sulkemista ja puomin korkeuden ja kaltevuuden säätöä. Ruiskun tankkiin tankattiin ruiskutusnestettä niin vähän, että testitilanteen aikana järjestelmän hälytystoiminto ilmoitti hälytyksin kuljettajalle nesteen loppumisesta. Tehtävänsuorituksen aikana testinoperaattori esitti testihenkilöille kysymyksiä järjestelmän tilasta. Kysymykset oli laadittu siten, että vastaukset ilmaisivat testihenkilöiden ymmärrystä järjestelmän tilasta. Testitilanteet tallennettiin webkameroilla ja testioperaattori havainnoi testin aikaisia tapahtumia koko ajan.

Viimeinen, neljäs osa kenttäkokeesta suoritettiin heti kun koehenkilöt olivat suoriutuneet testiruiskutuksessa. Tehtävänä oli täyttää kyselyt mentaalisen rasituksen (Nasa Task Load Index, Hart & Staveland, 1988) ja tilannetietoisuuden (SART -Situation Awareness Rating Scale, Jones, 2000) osalta. Samalla heidän oli mahdollista kommentoida testitilannetta ja laitetta.

### **Tulokset**

Tavoitesuuntautuneen tehtävä-analyysin avulla tunnistettiin kasvinsuojeluruiskutukseen liittyvät tilannetietoisuuden eri tasot. Ensimmäinen taso edellyttää toimintaympäristön elementtien havaitsemisen, toinen taso elementtien tarkoituksen ja tehtävien ymmärtämisen ja kolmas taso elementtien tilan muuttumisen ennakoimisen. Analyysi osoittaa, että kasvinsuojeluruiskutuksen tilannetietoisuuden tason muodostumiseen vaikuttavat varsinaista tehtävänsuoritusta edeltävät toimenpiteet, kuten ruiskun säiliön täyttö tai ruiskutusaineen sekoitus. Näiden tietojen puutteellisuus voi heikentää tehtävän suorituksen aikaisen tilannetietoisuuden kokemista. Lisäksi tehtävän suorituksen aikainen tilannetietoisuus ei muodostu pelkästään koneen tilan ymmärtämisestä, vaan se on riippuvainen myös koneen ulkopuolisten asioiden, kuten esimerkiksi tuulen suunnan muuttumiseen tms. liittyvistä tekijöistä.

Testihenkilöiden vastaukset testitilanteessa esitettyihin kysymyksiin osoittivat testihenkilöille ominaisen tavan hakea tietoa ja ottaa sitä vastaan. Testihenkilöillä arvostivat tietyllä tavalla esitettyä tietoa. Tämä ilmeni kysymyksiin vastaamista graafisena esitettyyn tietoon pohjautuen mieluummin kuin auditiivisena välitettyyn tietoon. Testitilanteen havainnoiminen mahdollisti huomioiden tekemisen testihenkilöille ominaisesta ja heille sopivasta tavasta käyttää hallintalaitteita. Havainnoinnin avulla pystyttiin myös määrittelemään käytön aikaiset virheet ja ongelmat.

Testin jälkeen täytetty kysely mentaalisen rasituksesta ilmaisi testihenkilöiden henkisen kuormituksen kokemista laitteen käytön aikana. Kysely tilannetietoisuuden tasosta ilmaisi testihenkilöiden subjektiivisen mielipiteen omasta testin aikaisesta tilannetietoisuuden tasosta.

## **Tulosten tarkastelu**

Kasvinsuojeluruiskutuksen aikaisen tilannetietoisuuden arvioinnin tuloksia arvioidaan suhteessa olemassa oleviin käytettävyyden arviointimenetelmiin ja niitä käyttämällä saatavaan aineistoon.

Tilannetietoisuuden arvioinnin mahdollistava tavoiteohjautunut tehtäväanalyysi vastaa käyttöliittymäsuunnittelussa ja käytettävyyden arvioinnissa käytettyä tehtäväanalyysia. Tehtäväanalyysi voidaan määritellä useilla eri tavoilla, mutta lähtökohtana on pyrkiä selvittämään mitä toimintoja ja missä järjestyksessä käyttäjä niitä suorittaa ja kuinka näistä tehtävänsuorituksista voidaan tehdä sujuvampia (Hackos & Redish, 1998). Normaalisti tehtäväanalyysissa pääasia on tehtävän suoritukseen liittyvien asioiden määrittely, ei sen suorittamisen tavoitteiden erittely, joten näiltä osin tavoiteohjautunut tehtäväanalyysi eroaa täsmällisestä tehtävänsuorituksen määrittävästä tehtäväanalyysista. Kuitenkin, tavoiteohjautunut tehtäväanalyysi vaatii tehtävänsuorituksen perusteellista tutkimista ja paneutumista toimintaan, joten se edesauttaa käyttäjän vaatimusten ymmärtämistä ja määrittelyä ja tuo näin apua käyttöliittymäsuunnitteluun osoittamalla tiedontarpeita tehtävänsuorituksen aikana.

Tilannetietoisuuden arvioinnin kenttäkokeen tulokset tuottivat samankaltaisia tuloksia kuin käyttäjäkeskeisinä suunnittelu- ja arviointimenetelminä käytettävät havainnointi ja käytettävyydesti (Jordan, 1998). Havainnoinnin avulla käyttäjäkeskeisessä suunnittelussa selvitetään laitteen käytön tapaa oikeassa käyttötilanteessa ja – ympäristössä. Tilannetietoisuuden arvioinnin testitilanteessa oli mahdollisuus huomioida ja selvittää samoja asioita. Käytettävyydesti, jossa testihenkilöt suorittavat annettuja tehtäviä arvioitavalla laitteella, suoritetaan yleensä kontrolloiduissa olosuhteissa. Tilannetietoisuuden arvioinnin testitilannetta voisi verrata käytettävyydestiin sillä erolla, että tilannetietoisuuden arvioinnissa dynaamisella ympäristöllä oli vaikutusta tehtävien suorittamiseen. Tuloksena molemmista selviää käsitys käyttäjän ymmärryksestä laitteen toiminnoista ja suoriutumisesta tehtävistä laitteen käytön avulla. Näitä asioita voidaan määritellä esimerkiksi suorituksen aikaisten virheiden määrällä.

Käytettävyyden arviointiin kuuluu yleisesti kysely käyttäjän mielipiteistä laitteen ominaisuuksista ja sen käytön miellyttävyydestä (Jordan, 1998). Mentaalisen rasituksen ja tilannetietoisuuden subjektiivisen arviointikyselyn avulla ei saada tietoa käyttäjän mielipiteistä käyttöliittymän yksityiskohdista tai laitteen ominaisuuksista. Ne kuvaavat kuitenkin välillisesti kuljettajan kokemusta laitteen käytön miellyttävyydestä.

## **Johtopäätökset**

Tilannetietoisuuden arvioimisen ydin on selvittää ihmisen ymmärrys järjestelmän tilasta verrattuna todelliseen järjestelmätilaan. Näin ollen menetelmän avulla voidaan selvittää puutteet järjestelmän tuottamasta informaatiosta suhteessa ihmisen tarvitsemaan informaatioon tehtävän suorittamiseksi. Olemassa olevat käytettävyytutkimusmenetelmät keskittyvät yksittäisten laitteiden käytettävyyden arviointiin. Peltotyöskentelyssä kuljettajan on jaettava tarkkaavaisuuttaan useiden eri laitteiden välillä tilanteissa, joissa tarkkaavaisuuden herpaantuminen voi johtaa vaaratilanteisiin. Tilannetietoisuuden arvioiminen huomioi tämän, sillä se perustuu kuljettajan tavoitteiden määrittämiseen. Kuljettajan suoriutuminen todellisessa tilanteessa arvioidaan suhteessa ennalta määritettyyn tilannetietoisuuden vaatimusmäärittelyyn. Vaatimusmäärittelyssä huomioidaan kaikki kuljettajan huomiosta kilpailevat tekijät, jotka vaikuttavat hänen mahdollisuuksiinsa päästä tavoitteisiinsa laitetta käyttämällä. Näin ollen yksittäisen laitteen arvioinnin lisäksi saadaan tietoa kaikista tekijöistä, jotka vaikuttavat käytön mahdollisiin ongelmiin. Tutkimukseen perustuen tilannetietoisuuden arvioinnin soveltaminen käytettävyytutkimuksen menetelmänä maatalousteknologisten laitteiden osalta on mahdollista.

Vuorovaikutteisten järjestelmien osalta käytettävyyden määrittämisen termeillä tehokkuus, tuloksellisuus ja miellyttävyys (SFS-EN ISO 9241-11, 1998). Liikkuvan koneen käyttöliittymä on vuorovai-

lutteinen, sillä laitteen avulla syötetään ja saadaan tietoa tehtävänsuorituksen tueksi. Tutkimukseen perustuen standardi ISO/IEC 9126-1 (2001) ohjelmistotuotteen käytön laadusta vaikuttaa olevan sovellettavissa maatalousteknologian käytettävyyden määritelmänä. Käytettävyyden huomioiminen standardissa on kokonaisvaltaista, sillä standardissa on ulottuvuus myös suunnitteluun liittyvään, ei pelkästään valmiin tuotteen käytettävyyden arviointiin. Vaikka standardi koskee ohjelmistosuunnittelua, sen sisältö tuntuu kuvaavan hyvin peltotyöskentelyssä käytettävän laitteen ominaispiirteitä. Standardi painottaa tehokkuuden, tuloksellisuuden ja tyytyväisyyden lisäksi myös turvallisuuden merkitystä käytettävyyden osatekijänä lopputuotteen osalta. Hyvä tilannetietoisuus ja koneen hallinta edistävät kuljettajan työturvallisuutta ja tyytyväisyyttä. Tämän tutkimuksen perusteella maatalouskoneiden käytettävyyden olisi mahdollista määritellä käytön laatu -viitekehityksessä.

Jatkotutkimukset aihepiiristä ovat tarpeen havaintojen ja tulosten yleistämiseksi, sillä tämä tutkimus perustui yhden koneen ja peltotyötapahtuman tilannetietoisuuden arviointiin.

## Kirjallisuus

- Bevan, N.** 2001. International standards for HCI and usability. *Int. J. of Human Computer Studies*. 55: 533-552.
- Durso, F.T., Hackworth, C.A., Truitt, T. R., Crutchfield, J., Nikolic, D. & Manning, C.A.** 1998. Situation awareness as a predictor of performance for en route air traffic controllers. *Air Traffic Control Quarterly*. 6:1-20.
- Endsley, M. R.** 2000. Direct Measurement of situation awareness: Validity and Use of SAGAT. Endsley, M.R & Garland D.J (Eds.). *Situation Awareness Analysis and Measurement*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Endsley, M. R., Bolté, B. & Jones, D. G.** 2003 *Designing for situation awareness. An approach to user centered design*. Taylor & Francis Inc. New York.
- Hackos, J. T. & Redish, J. C.** 1998. *User and Task Analysis for Interface Design*. John Wiley & Sons.
- Hart, S. G. & Staveland, L. E.** 1988. Development of NASA-TLX: Results of empirical and theoretical research. Kirjassa: Hancock and Meshkati (eds.). *Human mental workload*. Elsevier, Amsterdam, 139-183.
- Hewett T.T., Baecker R. M., Card S., Carey J. G., Gasen, M. M., Mantei, G., Perlman, G. W., Strong & Verplank B.** 2005. ACM SIGCHI Curricula for Human-Computer Interaction. [https://www.acm.org/sigchi/cdg/cdg2.html#2\\_1](https://www.acm.org/sigchi/cdg/cdg2.html#2_1). Pääsy 28.11. 2005.
- Hollnagel, E. & Bye, A.** 2000. Principles for modelling function allocation. *International Journal of Human - Computer Studies*. 52: 253-265.
- Hornbæk, K.** 2006. Current practices in measuring usability: Challenges to usability studies and research. *International Journal of Human-Computer Studies*. 64: 79-102.
- ISO/IEC 9126-1.** 2001. *Software engineering -- Product quality -- Part 1: Quality model*.
- Itoh, M. & Inagaki, T.** 2004. A microworld approach to identifying issues of human-automation stem design for supporting operator's situation awareness. *Int. J. of Human-Computer Interaction*. 17: 3-24.
- Jones, D.** 2000. Subjective measures of situation awareness. Kirjassa: Endsley, M. R. & Garland, D. J. (Eds.) *Situation awareness analysis and measurement*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. New York.
- Jordan, P.** 1998. *An introduction to usability*. Taylor & Francis Ltd.
- Kaber, D.B. & Endsley, M.R.** 1997. Out-of-the-loop performance problems and the use of intermediate levels of automation for improved control system functioning and safety. *Process Saf. Prog.* 16 : 126-131.
- Nachreiner, F., Nickel, P. & Meyer, I.** 2006. Human factors in process control systems: The design of human-machine interface. *Safety Science*. 44: 5-26.
- Nielsen, J.** 1993. *Usability Engineering*. Academic Press Inc.
- Olsson E., & Jansson A.** 2005. Participatory design with train drivers – process analysis. *Interacting with Computers*. 17: 147-166.
- Sawaragi T. & Murasawa K.** 2001. Simulating Behaviors of Human Situation Awareness Under High Workload. *Artificial Intelligent in Engineering* 15: 365-381.
- SFS- EN- ISO 9241-11.** 1998. Näyttöpäätteillä tehtävän toimistotyön ergonomiset vaatimukset. Osa 11: Käytettävyyden määrittely ja arviointi.
- SFS-EN ISO 13407.** 1999. Vuorovaikutteisten järjestelmien käyttäjakeskeinen suunnitteluprosessi.
- Stanton, N & Baber, C.** 1996. Factors affecting the selection of methods and techniques prior to conducting a usability evaluation. Kirjassa: Jordan, P. (Ed.) *Usability evaluation in industry*, Taylor and Francis, London. UK.
- Suomi, P., Pesonen, L., Kaivosoja, J., Haapala, H., Oksanen, T., Visala A., Öhman, M. & Miettinen, M.** 2006. AGRIX-järjestelmä - älyä, automaatiota ja tehokkuutta kasvintuotantoon. *Maataloustieteen päivät 2006*.
- Väyrynen, S., Nevala, N. & Päivinen M.** 2004. *Ergonomia ja käytettävyyden suunnittelu*. Teknologiateollisuus ry. Teknologiainfo Teknova Oy.
- Zhang, D. & Adipat, B.** 2003, Challenges, methodologies and issues in the usability testing of mobile applications. *International Journal of Human-Computer Interaction*. 18: 293-308.