

Markus Sarmala

MOBIILITEKNOLOGIOIDEN HYÖDYT KUNNOSSAPITOTOIMINNAN HALLIN- NASSA

Kandidaatintyö
Johtamisen ja talouden tiedekunta
Tarkastaja: Ulla Saari
Toukokuu 2022

TIIVISTELMÄ

Markus Sarmala: Mobiiliteknologioiden hyödyt kunnossapitotoiminnan hallinnassa
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Teknis-taloudellinen tutkinto-ohjelma, TkK
Toukokuu 2022

Kunnossapitotoiminta on erityisesti valmistaville yrityksille kriittinen toiminto, jonka onnistuneella hallinnalla voidaan saavuttaa kilpailuetua tehostuneiden toimintojen kautta. Viimeisen vuosikymmenen aikana yrityksen toimintoja on pyritty tehostamaan digitaalisilla ratkaisuilla, joihin mobiilit informaatioteknologiaratkaisut lukeutuvat. Mobiiliteknologiat kehittyvät nopeasti ja aihealueesta ei juurikaan ole kokoavia ajantasaisia julkaisuja. Näin ollen katsaus mobiiliteknologioiden hyödyntämiseen kunnossapitotoiminnassa on tarpeen. Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan mobiiliteknologioiden hyötyjä kunnossapitotoiminnan hallinnassa. Työn tavoitteena on lisätä ymmärrystä aihealueesta sekä selvittää mobiiliteknologioiden tuomia hyötyjä kunnossapitotoiminnan hallinnassa.

Aluksi työssä esitellään taustakirjallisuutta kunnossapitotoiminnasta ja mobiiliteknologioista osana sitä. Kunnossapitostrategiat voidaan tyypillisesti jakaa reaktiiviseen huoltoon, määräaikaishuoltoon sekä ennakoiivaan huoltoon. Eri kunnossapitostrategiat soveltuvat eri tyyppiisiin käyttökohteisiin. Lisäksi kunnossapitotoiminta noudattaa tyypillisesti eri vaiheista koostuvaa syklistä prosessia. Eri kunnossapitostrategiat ja kunnossapitoprosessin vaiheet asettavat kunnossapitoorganisaatiolle erilaisia vaatimuksia. Näihin vaatimuksiin vastaamisessa voidaan hyödyntää mobiiliteknologioita. Mobiiliteknologiat tarjoavat käyttäjilleen informaatiota lähes ajasta ja paikasta riippumatta.

Tämän jälkeen esitellään työn tutkimusmetodi ja aineisto. Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena, jossa aineistona ovat vertaisarvioidut artikkelit sekä alan kirjallisuus. Aineiston haussa käytettiin Scopus-hakupalvelua. Tiedonhankinnassa havaittiin myös yksittäisiä tutkijoita, joiden julkaisuja tarkasteltiin laajemmin eri sivustojen kautta. Työn aineistoksi valikoitui 11 erityyppistä ja -laajuista tutkimusta.

Tulosten yhteenveto -osiossa kootaan aineistossa yhtenäisesti esiintyviä mobiiliteknologioiden käytön vaikutuksia kunnossapitotoiminnan hallinnalle. Osassa tutkimuksen aineistoissa havaittiin koko yrityksen operaatioiden tehostuneen mobiililaitteiden käytöstä kunnossapitotoiminnassa. Aineistossa tyypillisimpiä hyötyjä mobiiliteknologioiden käytössä ovat tietopohjaisen päätöksenteon parantuminen, informaation saatavuuden aika ja paikka rajoitteiden väheneminen, yksilön ja organisaation osaamisen kehittyminen sekä kommunikaation parantuminen. Aineistossa mobiiliratkaisujen havaittiin soveltuvan erityisesti komplekseihin prosesseihin ja toimenpiteisiin. Mobiiliteknologioiden hyötyjen arvo ei kuitenkaan aina kata siitä aiheutuneita kustannuksia.

Työ osoittaa mobiiliteknologioiden hyödyntämisen mahdollisesti parantavan komplekseja kunnossapitoprosesseja kunnossapitotoimintojen eri vaiheissa. Työssä käytetyssä aihealueen tutkimuksessa on kuitenkin rajoitteita, joten työn tuloksia ei voi täysin yleistää kaikkiin kunnossapitotoimintoihin. Mobiiliteknologioiden hyötyjä tuleekin arvioida kokonaisvaltaisesti osana yrityksen toimintoja mobiiliteknologioiden käyttöönottoa suunnitellessa.

Avainsanat: Kunnossapitotoiminnan hallinta, mobiiliteknologia

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Markus Sarmala: The benefits of mobile technologies in managing maintenance operations
Bachelor of Science Thesis
Tampere University
Industrial Engineering and Management, B.Sc. (Tech.)
May 2022

Maintenance operations are a critical function, especially for manufacturing companies, and successful management of it can achieve a competitive advantage through more efficient operations. Over the past decade, efforts have been made to streamline the company's operations with digital solutions, which include mobile information technology solutions. Mobile technologies are evolving rapidly and there are few up-to-date publications which are gathering the topic from multiple different sources. Therefore, an overview of the utilization of mobile technologies in maintenance operations is timely. This bachelor's thesis examines the utilization of mobile technologies solutions in the management of maintenance operations at different stages of maintenance operations. The aim of the work is to increase the understanding of the topic and to clarify the benefits of mobile technologies in the management of maintenance operations.

Initially, the paper presents background literature on maintenance operations and mobile technologies as part of it. Maintenance strategies can typically be divided into reactive maintenance, scheduled maintenance, and predictive maintenance. Different maintenance strategies are suitable for different types of applications. In addition, maintenance activities typically follow a cyclical process consisting of different steps. Different maintenance strategies and stages of the maintenance process place different demands on the maintenance organization. Mobile technologies can be used to meet these requirements. Mobile technologies provide their users information almost anytime and anywhere.

After this, work's research method and material are presented. The work was carried out as a literature review, in which the material is peer-reviewed articles and literature in the field. The Scopus search service was used to search for the material. The material collection also revealed individual researchers whose publications were viewed more extensively through various websites. Eleven studies of different types and scopes were selected for the work.

The Summary of Results section summarizes the effects of the use of mobile solutions on the management of maintenance operations that appear uniformly in the material. In some of the research materials, it was found that the operations of the entire company became more efficient from the use of mobile devices in maintenance operations. The most typical benefits in the use of mobile technologies are the reduction of time and place restrictions on the availability of information, the improvement of information-based decision-making, the development of individual and organizational competence, and the improvement of communication. In the material, mobile solutions were found to be particularly suitable for complex processes and operations. However, the value of the benefits of mobile technologies does not always cover the costs involved.

The work shows that the use of mobile technologies can potentially improve complex maintenance processes at different stages of maintenance operations. However, there are limitations in the research materials used in the work, so the results of the work cannot be fully generalized to all maintenance activities. The benefits of mobile technologies must therefore be assessed holistically as part of the company's operations when planning the introduction of mobile technologies in maintenance operations.

Keywords: Maintenance management, mobile technology

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Uudet teknologiat tarjoavat yrityksille mahdollisuuden tehostaa toimintojaan prosessi-innovaatioiden kautta. Mobiiliteknologiat kunnossapitotoiminnassa ovat yksi esimerkki tästä. Valitsin tämän aiheekseni, sillä se mahdollisti syvemmän perehtymisen kunnossapitotoimintaan taustakirjallisuuden kautta sekä yhdisti siihen jokaisen arkipäiväisessä käytössä olevaa teknologiaa, jonka hyödyntämisessä on mahdollisesti vielä paljon potentiaalia teollisessa ympäristössä. Tieteellistä kirjallisuutta työn näkökulmasta oli haastavaa löytää, minkä uskon mahdollisesti johtuvan työn tarkasta rajauksesta sekä omista tiedonhakutaidoistani. Työn tekeminen oli kuitenkin opettavaista ja palkitsevaa. Yleisesti ottaen tämä kevät oli upea, ja tämän työnkin tekemisen voi nähdä sen osatekijänä.

Tämä työ ei olisi ollut mahdollinen ilman muita työn tekemiseen vaikuttaneita henkilöitä. Haluankin kiittää Ulla Saarta työn ohjaamisesta sekä seminaarien järjestämisestä, mikä mahdollisti työn teon rytmityksen ja iteratiivisen kehityksen. Kiitos professori Miia Martinsuolle rakentavasta palautteesta seminaarissa, mikä mahdollisti työn ydinsisällön esille tuomisen. Kiitos muille opiskelijoille kommentteista, joiden avulla sain selkeytettyä työni sisältöä. Iso kiitos läheisilleni, jotka aina motivoivat ja tukevat minua kaikessa.

Perttulassa, 8. toukokuuta 2022

Markus Sarmala

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Työn tausta	1
1.2 Työn rajaus ja tavoitteet	2
1.3 Työn rakenne	3
2. KUNNOSSAPITOTOIMINTA	4
2.1 Kunnossapitotoiminnan tavoitteet	4
2.2 Kunnossapitostrategiat	4
2.3 Kunnossapitoprosessi	5
2.4 Kunnossapidon merkitys yrityksen liiketoiminnalle	6
3. MOBIILITEKNOLOGIAT KUNNOSSAPIDOSSA	7
3.1 Mobiiliratkaisujen teoreettinen viitekehys	7
3.2 Mobiiliratkaisujen fyysiset ominaisuudet	7
4. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO	9
4.1 Kirjallisuushakujen toteutus	9
4.2 Kirjallisuushakujen aineisto	10
5. MOBIILITEKNOLOGIOIDEN TUTKIMUSTEN YHTEENVETO JA ANALYSOINTI KUNNOSSAPITOTOIMINNASSA	12
5.1 Mobiiliteknologioiden havaitut hyödyt kunnossapitotoiminnassa	12
5.2 Mobiiliteknologioiden kokonaisvaikutus	15
5.3 Mobiiliteknologioiden kannattavan implementoinnin haasteita	15
6. PÄÄTELMÄT	16
LÄHTEET	19

LYHENTEET JA MERKINNÄT

AR engl. Augmented reality, lisätty todellisuus

1. JOHDANTO

Teknologian nopea kehitys luo uusia mahdollisuuksia ja muuttaa toimintamalljamme tehokkaammiksi. Globaaleissa muutoksen ajureissa tunnistetaan digitaalisten teknologioiden käytön lisääntyminen ihmisten vuorovaikutuksessa (Dufva, 2020). Digitalisaation myötä digitaaliset teknologiat ovat nykyisin ihmisten toiminnassa tiiviisti läsnä ja monessa asiassa hyödynnetään jonkinlaista digitaalista apuvälinettä. Mobiiliteknologiat ovat osa digitalisaation kehityksen hedelmiä. Valmistavan yrityksen operatiivisessa toiminnassa kunnossapitotoiminta on yksi mahdollinen kohde, johon näitä mobiileja teknologioita voidaan hyödyntää. Viime vuosikymmenien aikana digitaaliset teknologiat ovat kehittyneet nopeasti. Nopeasti kehittyvän teknologian kautta saattaa jatkuvasti löytyä uusia mahdollisia prosessi-innovaatioita, joita voidaan hyödyntää myös yrityksen kunnossapitotoiminnassa. Tämä tarjoaa hyvän ja ajankohtaisen lähtökohdan tarkastella mobiiliteknologioita yrityksen kunnossapitotoiminnan näkökulmasta.

1.1 Työn tausta

Kunnossapitotoiminta on valmistavan yrityksen operaatioiden kannalta kriittinen toiminto, jolla varmistetaan ja edistetään laitekannan operointia oletetulla toimintatasolla. Kunnossapitotoiminnan kehittämisen ja sitä kautta saatavien hyötyjen voidaan myös nähdä toimivan yrityksen kilpailuedun lähteenä (Pintelon, et al., 2006). Yrityksissä laadun ja tuottavuuden paranemista sekä kustannusten alenemista onkin haettu kunnossapitotoiminnan kehityksellä (Swanson, 2001). Digitaaliset älykkäät laitteet ovat yksi muutoksen ajuri tehtaiden kunnossapitotoiminnassa, jossa sitä voidaan hyödyntää etävalvonnan ja etäohjauksen avulla sekä tarjoamalla tietoa huoltoa tarvitsevista kohteista huolto-organisaatiolle (Porter & Heppelman, 2014). Mobiilit digitaaliset teknologiat voidaan myös luokitella osaksi tätä muutoksen ajuria. Mobiileja digitaalisia teknologioita voidaankin hyödyntää muun muassa yrityksen operatiivisten toimintojen kehittämisessä (Krotov & Junglas, 2006). Mobiileilla teknologioilla onkin selkeää potentiaalia yrityksen kunnossapitotoiminnan parantamisessa.

1.2 Työn rajausta ja tavoitteet

Mobiiliteknologioita kunnossapitotoiminnassa on tutkittu hyvin, mutta aiheesta ei kuitenkaan löydy aihealuetta kokoavia tutkimuksia. Jatkuvan, nopean kehittymisen myötä aihealue kehittyy ja uusia teoreettisia sekä kokeellisia tutkimuksia syntyy. Näin ollen aiempia havaintoja ja uusia kehityssuuntia on tärkeää koota yhteen paremman yleiskuvan aikaansaamiseksi.

Mobiileja teknologioita voidaan systemaattisella lähestymisellä hyödyntää organisaation ketteryyden parantamisessa, mutta sen tulee olla suunniteltu osaksi organisaation muita toimintoja (Krotov & Junglas, 2006). Mobiiliteknologiat eivät siis itsessään takaa toiminnan tehostumista, vaan niille löytyy omat sovelluskohteensa sekä toteutusmenetelmänsä.

Työn tavoitteena on selvittää, millaisia hyötyjä mobiileilla teknologioilla on yrityksen kunnossapitotoiminnan hallinnassa. Työn lopputulosten tavoitteena on saada selkeä näkemys mobiiliteknologioiden hyödyistä kunnossapitotoiminnan hallinnassa. Pää-tutkimuskysymys on seuraava:

- Millaisia etuja mobiiliteknologioiden hyödyntämisellä on kunnossapitotoiminnan hallinnassa?

Pää-tutkimuskysymyksen lisäksi työn tavoitteena on laajentaa ymmärrystä toimintakentästä, jossa mobiiliteknologioita voi olla kannattavaa hyödyntää. Mobiiliteknologioiden hyödyt riippuvat todennäköisesti myös toiminnon tai toimintaympäristön asettamista rajoitteista, kuten haastavista olosuhteista tai hajautuneesta työntekotavasta. Pää-tutkimuskysymyksen sekä alatutkimuskysymyksen mahdolliset vastaukset siis tukevat toisiaan, ja mahdollistavat paremman arvion tekemisen mobiiliteknologian hyödyntämisen kannattavuudesta yrityksen toiminnoissa. Alatutkimuskysymys on seuraava:

- Millaisiin toimintoihin kunnossapitotoiminnan hallinnassa voidaan hyödyntää mobiileja teknologioita?

Pää- sekä alatutkimuskysymykseen on mahdollista löytää tutkimuksia mobiiliteknologioiden soveltamisesta, joiden perusteella voidaan päätellä mahdollisia vastauksia kysymyksiin. Kysymyksiin ei kuitenkaan kyetä vastaamaan absoluuttisina totuuksina, sillä onnistuneeseen toteutukseen voi vaikuttaa myös muita tekijöitä.

1.3 Työn rakenne

Työn rakenne noudattaa kirjallisuuskatsauksen rakennetta. Luvuissa 2 ja 3 esitellään aiheeseen liittyvää taustakirjallisuutta. Luvussa 2 esitellään ensin kunnossapitotoiminnan tavoitteita sekä eri lähestymistapoja, minkä jälkeen syvennyttään kunnossapidonhallinnan toimintaan. Luvussa 3 esitellään mobiiliteknologioita kunnossapitotoiminnan näkökulmasta. Aluksi luvussa esitellään mobiiliteknologioiden yleinen viitekehys, minkä jälkeen syvennyttään kunnossapitotoiminnan vaatimuksiin mobiiliteknologioille sekä kunnossapidon mobiiliteknologioissa yleisesti käytettäviä ominaisuuksiin. Luvussa 4 esitellään tarkemmin työn tutkimusmenetelmä ja -aineisto.

Tämän jälkeen luvussa 5 havaintoja kootaan yhteen ja analysoidaan niitä teoriaosioon pohjautuen. Luvussa 5 pyritään löytämään teoreettisiin viitekehyksiin pohjautuvia vastauksia aiemmin määritettyihin tutkimuskysymyksiin. Työn lopuksi luvussa 6 kootaan yhteen tutkimuksen tulokset, tutkimuksessa havaitut puutoskohdat sekä jatkotutkimustarpeet.

2. KUNNOSSAPITOTOIMINTA

Tehokas kunnossapito on kriittistä monien operaatioiden kannalta ja se pidentää laitteiden käyttöikää, parantaa laitteiden saatavuutta sekä säilyttää laitteet toimintakuntoisena. Monet yritykset hyödyntävät reaktiivista kunnossapitostrategiaa, jossa laitteet huolletaan niiden rikkoutuessa. Kehittynyt teknologia sekä kunnossapitotoiminnan kehittyminen ovat johtaneet proaktiivisen kunnossapitostrategiaan, jossa hyödynnetään ennakoivaa sekä ennustavaa kunnossapitotoimintaa. Nämä uudemmat kunnossapitostrategiat vaativat suurempia sitoutumisia koulutuksen, resurssien ja integraation osalta, mutta tarjoavat myös paremman laitekannan sekä tehtaan suorituskyvyn. (Swanson, 2001)

2.1 Kunnossapitotoiminnan tavoitteet

Kunnossapidon tavoitteina ovat tuotantolaitteiden saatavuuden optimointi, tuotantolaitteiden käyttökunnon optimointi, kunnossapito-organisaation resurssien käytön optimointi, varmistaa täsmällisten huoltotietojen saatavuus organisaation sisällä, varmentaa tuotantolaitteiden optimaalinen käyttöikä, minimoida varaosavarastosta aiheutuvat kustannukset sekä kyky reagoida nopeasti (Smith, 2001).

2.2 Kunnossapitostrategiat

Teollisuuslaitokset hyödyntävät tyypillisesti kahta erilaista kunnossapitotapaa: reaktiivista- tai määräaikaishuoltoa. Reaktiivisessa huollossa tehtaan tulee olla varautunut useaan erityyppiseen huoltotoimenpiteeseen nopeasti, jos seisonta-aikoja pyritään minimoimaan. Tällainen huolto johtaa tyypillisesti korkeampiin huoltokustannuksiin sekä alhaisempaan käytettävien työlaitteiden saatavuuteen. Määräaikaisessa huollossa laitteiden huolto perustuu keskimääräiseen vikaantumisaikaan, jonka perusteella huollot aikataulutetaan. Määräaikaishuolto ei kuitenkaan ota huomioon laitteen todellista käyttöä eikä käyttöolosuhteita. Tällaisessa tapauksessa laite saatetaan vaihtaa turhaan liian aikaisin, mistä aiheutuu hukkaa tai liian myöhään, mistä aiheutuu reaktiivisessa huollon ongelmia. (Smith, 2001)

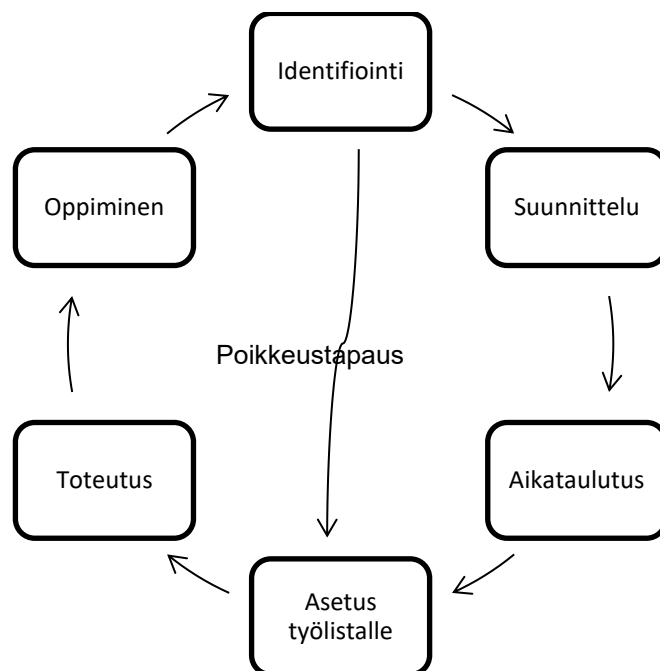
Ennakoivakunnossapito on laitteen kuntoon perustuva kunnossapito-ohjelma, jossa laitteiden kuntoon perustuvan todenmukaisen datan avulla aikataulutetaan kunnossapitotoiminnot. Ennakoivan kunnossapidon tarkoituksena on maksimoida laitteiden

huoltovälit sekä minimoida suunnittelemattomat pysähdykset ja niiden kustannukset. (Smith, 2001)

Optimaalinen huoltostrategia on yhdistelmä näitä kolmea, sillä kaikki laitteet eivät ole niin merkityksellisiä, kaikkia laitteita ei kyetä monitoroimaan tai kunnon monitorointi ei ole kustannustehokasta (Horner, et al., 1997)

2.3 Kunnossapitoprosessi

Kunnossapito voidaan jakaa kuusivaiheiseen sykliseen malliin. Malli koostuu kunnossapitotarpeiden identifioinnista, kunnossapidon suunnittelusta, kunnossapidon aikataulutuksesta, työn asettamisesta kunnossapitohenkilöstön työlistalle, kunnossapitotyön toteutuksesta sekä työn jälkeisestä arvioinnista. Kunnossapidon syklinen malli on esitetty kuvassa 1. Kunnossapidon vaikutuksellisimpia toimia kunnossapidon hallinnan näkökulmasta ovat kunnossapidon suunnittelu sekä kunnossapidon aikataulutus. (Campbell & Reyes-Picknell, 2015)



Kuva 1: Kunnossapidon syklinen malli (mukaillen lähteestä Campbell & Reyes-Picknell, 2015)

Kunnossapidon suunnittelulla hyödynnetään kunnossapito-organisaation resurssit maksimaalisesti sekä minimoidaan kunnossapitotoimenpiteiden vaikutukset tuotantokapasiteettiin. Kunnossapidon suunnittelu vähentää kunnossapidon kokonaiskustannuksia, parantaa tuotantolaitteiden saatavuutta tuotannossa, vähentää tuotteiden laatukustannuksia sekä lisää tuotantokapasiteettia. (Smith, 2001)

2.4 Kunnossapidon merkitys yrityksen liiketoiminnalle

Tehoton kunnossapito vaikuttaa tuotannon laatuun, nostaa tuotannon kustannuksia ja tärkeimpänä vaikuttaa koko liiketoiminnan kannattavuuteen. Poikkeavat huoltokustannukset tehtailla johtuvat pääsoin viiveistä, tuotevirheistä, huollonaikaisista seisonta-ajoista sekä perinteisistä huoltokustannuksista, kuten työvoimasta, ylitöistä sekä varaosista. Lisäksi huoltokustannukset voivat olla merkittäväosa koko tehtaan operointikustannuksista, joten huollon tehostaminen mahdollistaa suuret lyhyen aikavälin parannukset toiminnassa. Pääsyy tehottoman kunnossapidon johtamiseen on puute todenmukaisesta datasta, joka mahdollistaisi tehtaan laitekannan huollontarpeen määrittämisen ja oikea-aikaisen huollon toteutuksen. (Smith, 2001)

3. MOBIILITEKNOLOGIAT KUNNOSSAPIDOSSA

Kunnossapitotoiminnan päätöksentekoa voidaan tukea tarjoamalla reaaliaikaista ja todenmukaista tietoa yrityksen operaatioista, laitekannasta sekä kunnossapito-organisaation sen hetkisestä ja tulevasta kapasiteetista. Mobiiliteknologiat parantavatkin yritysten tuottavuutta sekä kannattavuutta informaation paremman saatavuuden sekä ajankohtaisuuden kautta (Liang, et al., 2007).

3.1 Mobiiliratkaisujen teorettinen viitekehys

Mobiiliteknologian erityisinä ominaisuuksia ovat kannettavuus, tavoitettavuus, helppopääsyisyys, paikannettavuus sekä tunnistettavuus (Krotov & Junglas, 2006). Mobiiliteknologian edut ja niiden määritykset ovat esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1: Mobiiliteknologian edut ja määritelmät (mukaillen lähteestä Krotov & Junglas, 2008)

Ominaisuus	Selite
Kannettavuus	Mobiililaitetta voidaan siirtää helposti
Tavoitettavuus	Mobiililaitetta käyttävä henkilö on tavoitettavissa jokaisella ajanhetkellä sekä jokaisessa paikassa
Helppopääsyisyys	Käyttäjä voi käyttää verkkoyhteyttä jokaisella ajanhetkellä ja jokaisessa paikassa
Paikannettavuus	Käyttäjä voi paikantaa itsensä sekä käyttäjä voidaan paikantaa laitteen sijaintitietojen perusteella helposti
Tunnistettavuus	Käyttäjä voidaan tunnistaa yksilöllisen tunnisteiden avulla helposti

Mobiiliteknologian edut perustuvat pääosin taulukossa 1 esitettyihin ominaisuuksiin.

3.2 Mobiiliratkaisujen fyysiset ominaisuudet

Teollisessa ympäristössä toimiessa mobiililaitteen tulee tarjota liiketoiminnallisia hyötyjä sekä tukea työntekijöiden työntekoa helposti käytettävässä muodossa. Mobiililaitteen tulee olla kestävä, käytettävä sekä tukea langattomia tietoliikenneyhteyksiä. (Backamn & Helaakoski, 2011) Laitteen koon sekä painon tulee olla rajoitettuja,

mutta samanaikaisesti sen tulee tukea monia eri toiminnallisuuksia. Mobiililaitteen tulee tyypillisessä käytössä tarjota samoja toiminnallisuuksia kuin toimistoympäristössä olevissa laitteissa on, mutta käyttäjillä saattaa olla myös erityisiä tarpeita käyttäjän omien kyvykkyyksien, käyttökohteen sekä käyttöympäristön suhteen. (Emmanouilidis, et al., 2009)

Teollisiin mobiililaitteiden yleisiä toiminnallisuuksia ovat langattomat datan siirtotekniikat, viestintäominaisuudet, paikannusominaisuudet, kamera- ja äänitysominaisuudet, mobiiliselaimet, kalenterit, kosketusnäytöt sekä mahdollisuus lukea RFID, NFC tai QR-koodi -tunnisteita. Mobiililaitteessa tulee myös huomioida offline-käytettävyys työskennellessä alueilla, joissa ei ole internet yhteyttä. (Backamn & Helaakoski, 2011)

4. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO

Tämä kandidaatin työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena, jossa aineistona ovat vertaisarvioidut artikkelit sekä alan kirjallisuus. Aineiston haussa käytettiin Scopus-hakupalvelua. Tiedonhankinnassa havaittiin myös yksittäisiä tutkijoita, joiden julkaisuja tarkasteltiin laajemmin eri sivustojen kautta.

4.1 Kirjallisuushakujen toteutus

Kirjallisuushaut tehtiin englannin kielellä, sillä aiheeseen liittyvää tutkimusta löytyy pääosin englanniksi. Taulukkoon 2 on koottu tutkimuksen aihealueen tärkeimpiä käsitteitä sekä niiden englanninkieliset vastineet sekä käsitteeseen liittyviä käsitteitä. Näitä hyödynnettiin hakujen toteutuksessa sekä hakutulosten sisällön arvioinnissa.

Taulukko 2: Aihealueen tärkeimpiä käsitteitä

Käsite	Kunnossapito	Mobiiliteknologia
Englanniksi	Maintenance	Mobile technology
Muut aiheeseen liittyvät käsitteet englanniksi	Maintenance management	Mobile device
	Maintenance organization/organisation	Connectivity
	Up time / Down time	Remote monitoring
	Breakdown	Remote control
		Smart phone
		Maintenance app
		Augmented reality

Kirjallisuushauissa aihealueen keskeisiä englanninkielisiä käsitteitä muodostettiin hakulausekkeita yhdistämällä niitä loogisilla operaattoreilla. Hakusanojen tuli löytyä artikkelien otsikosta, tiivistelmästä tai avainsanoista. Hakuja rajattiin myös tarkentamalla hakua tekniikkaan (engineering, ENGI), liiketoiminnan hallintaan (business, management and accounting, BUSI) tai toiminnanohjaukseen (decision sciences, DECI) liittyviin artikkeleihin. On huomattavaa, että eri hakulausekkeilla löytyi myös muiden hakulausekkeiden tuloksia. Scopus -hakupalvelussa toteutetut haut ovat taulukossa 3. Aluksi haut järjestettiin viittausmäärien mukaan, minkä avulla pyrittiin löytämään tieteellisessä yhteisössä merkittävimmiksi koettuja artikkeleita. Tämän jälkeen hakut järjestettiin järjestykseen julkaisuajan mukaan uusimmasta vanhimpaan,

millä pyrittiin löytämään aihealueen viimeaikaisimpia tutkimuksia, ja sitä kautta löytämään uusimpia kehityssuuntia sekä innovaatioita.

Taulukko 3: Kirjallisuushakujen tulokset

Hakulauseke	Hakutulosten määrä
"mobile techno*" AND maintenance	188
("mobile techno*" AND maintenance) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI"))	63
("mobile techno*" AND maintenance) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "BUSI"))	22
("mobile techno*" AND maintenance) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "DECI"))	5
"mobile device" AND maintenance	860
("mobile device" AND maintenance) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI"))	369
("mobile device" AND maintenance) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "BUSI"))	32
("mobile device" AND maintenance) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "DECI"))	37
"mobile app*" AND maintenance	947
("mobile app*" AND maintenance) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI"))	287
("mobile app*" AND maintenance) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "BUSI"))	35
("mobile app*" AND maintenance) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "DECI"))	58
((("mobile techno*" OR "mobile device" OR "mobile app*") AND maintenance)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "DECI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "BUSI"))	741

Osassa kirjallisuushauista aineistoa löytyi paljon, joten koko aineistosta pyrittiin havaitsemaan myös merkittäviä tutkijoita. Tämä toteutettiin tarkastelemalla Scopus - hakupalvelussa hakutuloksissa eniten julkaisuja tehneitä tutkijoita.

4.2 Kirjallisuushakujen aineisto

Kirjallisuushakujen tuloksia valittiin työn alustavaksi aineistoksi lukemalla julkaisun otsikko, tiivistelmä sekä johtopäätelmät. Tämän jälkeen alustavia valintoja arvioitiin tarkemmin koko sisällön perusteella. Lisäksi julkaisujen arvioinnissa hyödynnettiin julkaisuhakupalvelu Julkaisufoorumin tasoluokitusta. Näiden rajausten jälkeen työtä varten valittiin 12 artikkelia. Valitut artikkelit ovat esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4: Työn aineisto

Lähde	Tutkimusmetodi ja tutkimuksen kohde
Fumagalli, et al., (2010)	Tapaustutkimus kolmen yrityksen mobiiliteknologioiden käyttöönoton saavuttamista taloudellisista hyödyistä kunnossapitotoiminnassa.
Emmanouilidis & Spais, (2010)	Kirjallisuuskatsaus omaan sekä muiden aiempaan tutkimukseen.
Jantunen, et al., (2010)	Kirjallisuuskatsaus omaan sekä muiden aiempaan tutkimukseen.
Backman & Heelakoski, (2011)	Innovointiin perustuva tapaustutkimus mobiiliteknologioiden hyödyntämisestä raskaassa teollisuudessa.
Nee et al., (2012)	Kirjallisuuskatsaus lisätyn todellisuuden (AR) olemassa olevista sovelluskohteista
Syafar & Gao, (2013)	Delphitutkimus kahdellekymmenelle akateemiselle sekä ammatilliselle asiantuntijalle. Tutkimuksen tavoitteena selvittää teknologian vaatimukset, nykyiset käytössä olevat teknologiat sekä nykyisten teknologioiden roolit.
Campos, et al., (2016)	Kyselytutkimuksen tulosten analysointi kunnossapitotoiminnasta.
Mourtzis, et al., (2016)	Tapaustutkimus konepajayrityksen huollon parantamisesta mittausantureilla sekä mobiilisovelluksella
Faisal, et al., (2017)	Haastattelututkimus mobiiliteknologioiden käytöstä kunnossapitotoiminnassa kahdeksassa yksityisessä sekä julkisessa organisaatioissa usealla eri toimialalla.
Obermair, et al., (2020)	Tapaustutkimus teollisten tietokoneiden korjauksessa hyödynnettävän AR etätuen käytöstä mobiililaitteella.
Mourtzis, et al., (2021)	Tapaustutkimus konepajayrityksen AR-pohjaisen mobiilisovelluksen käyttöönoton vaikutuksista kunnossapitotoiminnassa.

Työhön valikoitui useita erityyppisiä artikkeleja. Aineistossa on tapaustutkimuksia ja kirjallisuuskatsauksia aihealueen aiempaan tutkimukseen. Lisäksi aineiston artikkelien laajuudet vaihtelevat yksittäisten toimintojen tarkastelusta kokonaisvaltaisemman kuvan tarkasteluun. Pääasiallisina perusteina kyseisten artikkelien valintaan ovat artikkeleissa johtamiseen, talouteen tai prosessin muutokseen liittyvät havainnot.

5. MOBIILITEKNOLOGIOIDEN TUTKIMUSTEN YHTEENVETO JA ANALYSOINTI KUNNOSSAPITOTOIMINNASSA

Tässä luvussa tarkastellaan kirjallisuuskatsauksen havaintoja mobiilien teknologioiden hyödyntämisestä kunnossapitotoiminnassa. Kirjallisuuskatsauksen aineistoja pyritään kokoamaan yhtenäisesti havaittaviin vaikutuksiin. Kirjallisuuskatsauksessa havaituissa aineistoissa on käytetty erityyppisiä tutkimusmetodeja, erityyppisiä ja erilaajuisia tutkimuksia, minkä vuoksi aineiston havaintoja ei välttämättä kykene varmuudella yleistämään. Mobiiliteknologiat ovat myös kehittyneet nopeasti, joten vanhempien lähteiden yleistettävyyteen tulee suhtautua kriittisesti. Aineistoissa olevat havainnot linkittyvät myös tiiviisti toisiinsa, joten yhden asian muutos johtaa helposti myös toisen asian muutokseen.

5.1 Mobiiliteknologioiden havaitut hyödyt kunnossapitotoiminnassa

Mobiiliteknologioiden hyödyntämisellä kunnossapitotoiminnassa on useita etuja, jotka liittyvät vahvasti taulukossa 1 esitettyihin ominaisuuksiin. Tässä alaluvussa esitetyt hyödyt ovat esitetty kootusti taulukossa 5.

Huolto-organisaation tietopohjaista päätöksentekoa voidaan parantaa mobiiliteknologioiden avulla, mikä parantaa huolto-organisaation resurssiallokaatiota. Mobiiliteknologiat mahdollistavat kunnossapitohenkilöstön kokonaisvaltaisemman raportoinnin ja itse kunnossapitoa toteuttavien henkilöiden paremman tiedon saamisen (Faisal, et al., 2017). Mobiilisovellusten kautta saatu reaaliaikainen tieto parantaa huolto-organisaation tietoisuutta työlaitteiden tilasta (Mourtzis, et al., 2016; Mourtzis, et al., 2021). Mobiiliteknologiat mahdollistavat päätöksenteon kriittisen tiedon perusteella (Faisal, et al., 2017). Huolto-organisaation johto kykenee tunnistamaan kriittiset huoltotarpeet sekä kohteen lähellä käytettävissä olevan osaavan henkilöstön sekä käytettävissä olevat materiaalit (Syafar & Gao, 2013). Mobiiliteknologioiden ominaisuuksia tietopohjaisessa päätöksenteossa kyetään siis käyttämään monipuolisesti huoltosyklin jokaisessa vaiheessa.

Mobiiliteknologiat vähentävät informaation saatavuuden aika- ja paikkarajoitteita. Mobiiliteknologiat mahdollistavat tiedon saannin oikeassa paikassa oikeaan aikaan (Jantunen, et al., 2010; Syafar & Gao, 2013; Campos, et al., 2016). Informaation

paremmasta saatavuudesta hyötyy huoltohenkilöstö ja huolto-organisaation johto (Backman & Heelakoski, 2011; Nee et al., 2012 Syafar & Gao, 2013; Faisal, et al., 2017; Mourtzis, et al., 2021). Yleisesti informaation paremmasta saatavuudesta voisi ajatella olevan hyötyä kunnossapitosyklin jokaisessa vaiheessa.

Taulukko 5: Mobiiliteknologioiden hyödyt kunnossapitotoiminnan hallinnassa

	Fumagalli, et al., (2010)	Emmanouilidis & Spais, (2010)	Jantunen, et al., (2010)	Backman & Heelakoski, (2011)	Nee et al., (2012)	Syafar & Gao, (2013)	Campos, et al., (2016)	Mourtzis, et al., (2016)	Faisal, et al., (2017)	Obermair, et al., (2020)	Mourtzis, et al., (2021)
Tietopohjaisen päätöksenteon parantuminen	X		X	X		X	X	X	X		X
Informaation saatavuuden aika ja paikka rajoitteiden väheneminen			X	X	X	X			X		X
Kommunikaation parantuminen			X	X	X	X		X			X
Operaatioiden tehostuminen	X			X		X	X	X			X
Yksilön ja yhteisön osaamisen kehittyminen		X	X			X			X	X	X
Resurssiallokation tehostuminen	X		X	X		X			X		
Soveltuminen kompleksiin ympäristöön, prosessiin tai tehtävään	X				X		X			X	
Kustannuseurannan parantuminen				X		X			X		
Osaavan henkilöstön houkuttelu				X							
Työturvallisuuden parantuminen				X							

Aineistossa havaittiin myös mobiiliteknologioiden hyötynä yksilön ja organisaation osaamisen kehittyminen. Vähemmän kokemusta omaavat työntekijät kykenevät suorittamaan AR pohjaisella mobiililaitteella kokeneempien työntekijöiden etätuella komplekseja tehtäviä vähemmällä virheillä itsenäiseen työskentelyyn verrattuna (Obermair, et al., 2020). Tehtaan operaattorit voivat kyetä itse suorittamaan AR:n huolto-ohjeiden avulla yksinkertaisia huoltotoimenpiteitä, mikä laajentaa operaattorin osaamista sekä vähentää seisonta-aikaa (Mourtzis, et al., 2021). Mobiililaitteet mah-

dollistavat paremman oppimisen tekemisen kautta, kun teoriaa kyetään hyödyntämään välittömästi käytännössä mobiililaitteiden avulla (Emmanouilidis & Spais, 2010). Mobiililaitteiden avulla voidaan kehittää yhteisön sisällä jaettavaa tietoa, ja siten parantavan koko yhteisön kehittymistä (Syafar & Gao, 2013). Yksilön ja organisaation osaamisen kehittyminen on tärkeä osa organisaatioiden kilpailukyvyn ylläpitoa ja kehittymistä, minkä voikin nähdä mobiiliteknologioiden käyttöönoton merkittävänä hyötynä.

Mobiililaitteissa on tyypillisesti myös viestintäominaisuuksia, mikä parantaa kommunikaatiota myös kunnossapitotoiminnassa. Mobiililaitteet mahdollistavat suuremman ja selkeän kommunikaation huoltohenkilöstön sekä työstökoneen operaattorin välillä (Mourtzis, et al., 2016). AR:ää hyödyntävien laitteiden kautta tapahtuva viestintä työntekijöiden välillä mahdollistaa luonnollisemman yhteistyön, sillä ihmiset ovat totuneet viestimään visuaalisesti (Nee, et al., 2012). Mobiililaitteilla viestinnällä voidaan lähentävää kunnossapidon hallinnan sekä huoltohenkilöstön työskentelyä (Jantunen, et al., 2010; Backamn & Helaakoski, 2011). Mobiililaitteilla tiedonjakaminen on hyödyllistä yhteistyössä tehtävissä huolloissa (Syafar & Gao, 2013). Kommunikaation parantumisen voi nähdä vaikuttavan yleisesti myös edellä mainittuihin tietopohjaiseen päätöksentekoon sekä yksilön ja organisaation osaamisen kehittymiseen positiivisesti.

Aineistosta on havaittavissa myös mobiilien ratkaisujen sopivan hyvin komplekseihin prosesseihin. Ympäristön kompleksisuus kasvattaa mobiiliteknologioiden hyödyntämisestä saatavia etuja (Campos, et al., 2016). Komplekseissa prosesseissa on enemmän hukkaa, mikä mahdollistaa mobiiliteknologioiden suurimpien etujen saavuttamisen (Fumagalli, et al., 2010). Mobiiliteknologioiden edut komplekseissa prosesseissa ovat havaittavissa mobiiliteknologioiden ominaisuuksien kautta. Kompleksit prosessit vaativat todennäköisimmin yhteistyötä usean eri toimijan kanssa, mikä helpottuu paremman kommunikaation kautta. Kompleksit prosessit vaativat myös toiminnan johtamista, jota helpottaa mobiiliteknologioiden kautta saatava parempi tietopohjaisen päätöksenteon parantuminen.

Lisäksi aineistosta on havaittavissa myös mobiilien ratkaisujen sopivan hyvin komplekseihin yksittäisiin toimenpiteisiin. Mobiiliteknologioiden hyödyntämisellä saadaan parannettua monimutkaisten tehtävien toistettavuutta sekä vähennettyä virheitä (Obermair, et al., 2020). Kompleksisempien tuotteiden kunnossapidontoteutuksessa AR pohjaisten mobiiliteknologioiden potentiaali on kaikkein suurin (Nee, et al., 2012). Yksittäiset kompleksit toimenpiteet saattavat olla harvinaisia poikkeustapauksia tai

vaatia useita peräkkäisiä toimenpiteitä. Mobiiliteknologioiden avulla huollon toteuttaja voi hyödyntää muiden osaamista huoltokohteesta tai mobiililaitteen avulla itsenäisesti tunnistaa huollettavan kohteen ja toteuttaa huoltotoimenpiteet mobiililaitteen ohjeistuksen mukaisesti.

5.2 Mobiiliteknologioiden kokonaisvaikutus

Useissa aineiston lähteissä havaittiin myös koko yrityksen operaatioiden tehostuneen mobiililaitteiden käytöstä kunnossapitotoiminnassa. Mobiiliteknologioiden käyttöönotto saattaa vähentää kompleksien kunnossapitoprosessien hukkaa taloudellisesti kannattavasti (Fumagalli, et al., 2010; Campos, et al., 2016). Reaaliaikaisen viestintä sekä käytettävissä olevien resurssien tunnistaminen saattavat lyhentää laitteiden huoltoaikoja (Backamn & Helaakoski, 2011; Mourtzis, et al., 2016). Huoltoajat voivat myös lyhentyä operaattoreiden AR:n avulla suorittamien huoltojen kautta, kun huoltotoimenpiteitä varten ei tarvitse kutsua huoltohenkilöstöä suorittamaan toimenpidettä (Mourtzis, et al., 2021). Mobiiliratkaisujen avulla voidaan siis saavuttaa hyötyjä kunnossapitotoimintojen toteuttamisessa, mikä näkyy koko organisaation operaatioiden parantumisena.

5.3 Mobiiliteknologioiden kannattavan implementoinnin haasteita

Mobiiliratkaisujen implementoiminen osaksi kunnossapitotoimintoja ei itsessään takaa operaatioiden tehostumista kannattavasti. Mobiiliteknologioiden käyttö itsessään ei varmista konkreettisten tulosten saavuttamista, vaan sen tulee olla kiinteä osa yrityksen toimintaa yrityksen toiminnan parantamiseksi (Krotov & Junglas, 2006). Mobiiliteknologioiden huomioiminen osana yrityksen prosesseja ei kuitenkaan riitä, vaan mobiiliteknologiat sopivat vain tietynlaisiin operaatioihin. Yksinkertaisissa kunnossapidon prosesseissa ei välttämättä saavuteta parannuksia, jotka kykenevät peittämään mobiiliteknologioiden käyttöönoton kustannuksia (Fumagalli, et al., 2010). Mobiiliteknologioiden käyttöönotossa tulee siis huomioida se osana yrityksen muita prosesseja sekä mobiiliteknologian avulla saavutettavien hyötyjen arvo sekä siitä aiheutuneet kustannukset prosessissa.

6. PÄÄTELMÄT

Tässä kirjallisuuskatsauksessa tarkasteltiin mobiiliteknologioiden hyötyjä kunnossapitotoiminnan hallinnassa. Kirjallisuuskatsauksessa suuntauduttiin mobiiliteknologioiden hyödyntämiseen kunnossapitotoiminnassa kunnossapitotoiminnan syklisen mallin kautta, mikä esiteltiin taustakirjallisuudessa. Kirjallisuuskatsauksen aineiston avulla pyrittiin tunnistamaan mobiiliteknologioiden hyödyt kunnossapitotoiminnan hallinnassa. Lisäksi kirjallisuuskatsauksessa pyrittiin tunnistamaan toiminnot, joissa mobiiliteknologioita kyetään hyödyntämään. Tutkimuksen tavoitteet suuntasivat työn tarkastelemaan kunnossapitotoimintaa tärkeänä osana yritysten operaatioita, millä pyritään saavuttamaan taloudellisia hyötyjä.

Päätutkimuskysymyksen tarkoituksena oli selvittää, millaisia etuja mobiiliteknologioiden hyödyntämisellä on kunnossapitotoiminnan hallinnassa. Työssä tarkastellussa aineistosta havaittiin yhteneviä etuja mobiiliteknologioiden hyödyntämisestä kunnossapitotoiminnassa, mitä on käsitelty tarkemmin luvuissa 5.1 ja 5.2. Merkittävämpiä havaintoja mobiiliteknologioiden hyödyntämisessä olivat tietopohjaisen päätöksenteon parantuminen, informaation saatavuuden aika ja paikka rajoitteiden väheneminen, yksilön ja organisaation osaamisen kehittyminen sekä kommunikaation parantuminen huolto-organisaation sidosryhmien kanssa ja huolto-organisaation sisällä. Lisäksi muita etuja havaittiin, mutta pienemmällä frekvenssillä. Havainnot lähteineen ovat koottu aiemmin esitettyyn taulukkoon 5.

Alatutkimuskysymyksen tarkoituksena oli selvittää, millaisiin toimintoihin kunnossapitotoiminnan hallinnassa voidaan hyödyntää mobiiliteknologioita. Aiemmassa kappaleessa mainitut merkittävimmät edut voidaan nähdä vaikuttavan yleisesti koko kunnossapidon hallintaan niiden yleisluontoisuutensa vuoksi. Mobiiliteknologioiden hyödyntämisen etuja havaittiin aineistossa myös kunnossapitosyklin yksittäisissä vaiheissa. Mobiiliteknologioiden avulla tulevien huoltokohteiden identifiointi on nopeampaa (Syafar & Gao, 2013; Mourtzis, et al., 2016). Mobiiliteknologioiden avulla käytävissä olevat resurssit voidaan tunnistaa paremmin, mitä voidaan hyödyntää huoltojen suunnittelussa ja aikataulutuksessa (Faisal, et al., 2017; Mourtzis, et al., 2021). Huoltohenkilöstön työlustalle uusia tehtäviä kyetään antamaan suoraan mobiililaitteisiin (Backamn & Helaakoski, 2011). Työn toteutuksessa huoltohenkilöstö saa huoltokohteesta ja muilta työntekijöiltä tietoa ulottuvilleen pienemmällä vaivalla, mikä myös parantaa henkilöstön osaamista (Emmanouilidis & Spais, 2010; Nee et al.,

2012; Syafar & Gao, 2013; Mourtzis, et al., 2021). Mobiiliteknologioita kyetään siis hyödyntämään monipuolisesti kunnossapidon hallinnan eri vaiheissa.

Alatutkimuskysymysten osittaisena tarkoituksena oli selvittää, miten toimintaympäristö vaikuttaa mobiiliteknologioiden toteuttamiseen kunnossapitotoiminnassa. Aineistossa ilmeni mobiiliteknologioiden soveltuvan erityisesti komplekseihin prosesseihin tai tehtäviin kunnossapitotoiminnassa (Fumagalli, et al., 2010; Nee, et al., 2012; Campos, et al., 2016; Obermair, et al., 2020). Soveltuminen komplekseihin prosesseihin tai tehtäviin on perusteltua, sillä mobiiliteknologioiden edut, kuten informaation aika ja paikka rajoitteiden väheneminen tai tietopohjaisen päätöksenteon paraneminen, selkeyttävät kokonais kuvaa operaatioista. Selkeämpi kokonaiskuva tyypillisesti parantaa kokonaisuuksien ymmärtämistä ja toimintojen johtamista, mikä näkyi myös aineistossa.

Tätä kirjallisuuskatsausta rajoitti melko suppea tutkimus aihealueesta. Osassa tämän työn aineistoissa mobiiliteknologioita tarkasteltiin enemmän teknologisen toteutuksen näkökulmasta, kuin kunnossapitotoiminnan hallinnan näkökulmasta. Tämän myötä teknologian hyödyntämisen etujen ja haittojen tarkastelu organisaation operaatioiden kannalta jäi toissijaiseksi tarkastelun kohteeksi näissä tutkimuksissa. Osassa aineistossa mobiiliteknologioiden hyödyntämistä oli tarkasteltu vain teoreettisten mahdollisuuksien tasolla, jolloin mobiiliteknologioiden hyödyistä ei ollut täyttä näyttöön perustuvaa selvyyttä. Aineistossa oli myös tutkimuksia, joissa on tarkasteltu mobiiliteknologioita kunnossapitotoiminnassa tämän työn tutkimuskysymyksiin hyvin sopivalla tavalla. Näissä tutkimuksissa tarkastellut aineistot olivat kuitenkin suppeita, mikä vaikutti tutkimustulosten yleistettävyyteen. Edellä esitetyjen asioiden johdosta tämän työnkin tulosten yleistettävyyteen tulee suhtautua kriittisesti. Tutkimuksen rajoitteet huomioiden mobiiliteknologioiden hyödyntämisellä kunnossapitotoiminnassa on etuja, joita tukevat useissa eri tyyppisissä lähteissä havaitut samankaltaiset havainnot. Näin ollen työn voi katsoa onnistuneen vastaamaan tutkimuskysymyksiin.

Työn pohjalta ilmeni jatkotutkimustarpeita mobiiliteknologioiden hyödyntämisestä kunnossapitotoiminnassa. Edellä olevassa kappaleessa esitettyjen asioiden myötä mobiiliteknologioiden etuja kunnossapitotoiminnassa ei kyetä täysin yleistämään. Näin ollen aiheesta voisi toteuttaa laajempaan aineistoon perustuvan tutkimuksen, joka vahvistaisi esitettyjen etujen yleistettävyyttä. Toisaalta tällaisessa tutkimuksessa voitaisiin havaita myös paremmin kunnossapidon yksittäisiä toimintoja, joissa on erityistä hyötyä mobiiliteknologioiden hyödyntämisessä. Lisäksi jatkotutkimuk-

sissa voisi tarkemmin rajata mobiiliteknologioita tarkemmin yksittäisiin laitesovelluksiin. Esimerkiksi AR:ää itsessään voisi tarkastella tarkemmin tässä työssä esitettyjen tutkimuskysymysten näkökulmasta.

LÄHTEET

Backamn, J. & Helaakoski, H., 2011. Mobile technology to support maintenance efficiency — Mobile maintenance in heavy industry. *9th IEEE International Conference on Industrial Informatics*, pp. 328-333.

Campbell, J. & Reyes-Picknell, J., 2015. *Uptime*. Boca Raton(Florida): CRC Press.

Campos, J., Jantunen, E., Baglee, D. & Gilabert, E., 2016. *The Use of Mobile Technologies and Their Economic Benefits in Maintenance*. Tampere, Springer, pp. 113-119.

Dufva, M., 2020. *Megatrendit 2020*, Vantaa: Sitra.

Emmanouilidis, C., Liyanage, J. & Jantunen, E., 2009. Mobile solutions for engineering asset and maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 15(1), pp. 92-105.

Emmanouilidis, C. & Spais, V., 2010. E-training in Maintenance. In: *E-maintenance*. London: Springer, p. 490.

Faisal, S., Koronios, A. & Gao, J., 2017. Mobile Technologies in Asset Maintenance. *Engineering Asset Management 2016*, pp. 245-253.

Fumagalli, F., Di Leone, F., Jantunen, E. & Macchi, M., 2010. Economic value of technologies in an e-Maintenance platform. *IFAC Proceedings Volumes*, 43(3), pp. 18-23.

Horner, R., El-Haram, M. & Munns, A., 1997. Building maintenance strategy: a new management approach. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 3(4), pp. 273-280.

Jantunen, E., Giordamalis, C., Adgar, A. & Emmanouilidis, C., 2010. Mobile Devices and Services. In: *E-maintenance*. Lontoo: Springer, pp. 227-245.

Krotov, V. & Junglas, I., 2006. Mobile Technology as an Enabler of Organizational Agility. *2006 International Conference on Mobile Business*, pp. 20-20.

Liang, T., Huang, C., Yeh, Y. & B, L., 2007. Adoption of mobile technology in business: a fit-viability model. *Industrial Management & Data Systems*, 107(8), pp. 1154-1169.

Mourtzis, D., Angelopoulos, J. & Zogopoulos, V., 2021. Integrated and adaptive AR maintenance and shop-floor rescheduling. Volume 125, pp. 383-394.

Mourtzis, D., Vlachou, E., Milas, N. & Xanthopoulos, N., 2016. A Cloud-based Approach for Maintenance of Machine Tools and Equipment Based on Shop-floor Monitoring. *Procedia CIRP*, Volume 41, pp. 655-660.

Nee, A., Ong, S., G, C. & Mourtzis, D., 2012. Augmented reality applications in design and manufacturing. *CIRP Annals*, 61(2), pp. 657-679.

Obermair, F. et al., 2020. Maintenance with Augmented Reality Remote Support in Comparison to Paper-Based Instructions: Experiment and Analysis. *IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, pp. 942-947.

Pintelon, L., Pinjala, S. & Vereecke, A., 2006. Evaluating the effectiveness of maintenance strategies. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12(1), pp. 7-20.

Porter, M. & Heppelman, J., 2014. How Smart Connected Product Are Transforming Competition. *Harvard Business Review*, Marraskuu.

Smith, R., 2001. *Plant Engineer's Handbook*. Woburn: Butterworth-Heinemann.

Swanson, L., 2001. Linking maintenance strategies to performance. *International Journal of Production Economics*, 70(3), pp. 237-244.

Syafar, F. & Gao, J., 2013. Mobile collaboration technology in engineering asset maintenance: A Delphi study. *Proceedings of the 2013 IEEE 17th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, pp. 483-488.