

Opinnäytetyö (AMK)

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

Käyttöpainotteinen ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

2017

Matti Tirkkonen

KUNNOSSAPIDON KUSTANNUKSIEN ENNUSTAMINEN

– Case: CV9030-rynnäkköpanssarivaunu

Matti Tirkkonen

KUNNOSSAPIDON KUSTANNUKSIEN ENNUSTAMINEN

– Case: CV9030-rynnäköpanssarivaunu

Tässä opinnäytetyössä perehdytään kunnossapitokustannusten ennustamiseen tapaustutkimuksen keinoin. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää CV9030-rynnäköpanssarivaunusta Puolustusvoimilla ja Millog Oy:llä käytettävissä olevan kunnossapito- ja vikahistorian soveltuvuus rynnäköpanssarivaunun käytön määrään perustuvan kunnossapitokustannusennusteen tuottamiseen.

Opinnäytetyössä kuvataan käytettävissä olevan historiatiedon avulla rynnäköpanssarivaunun käytössä ja kunnossapidossa esiintyviä vaihteluita ja niihin mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä. Kerätyn aineiston perusteella arvioidaan käytettävissä olevan käyttöhistorian soveltuvuutta CV9030:n käyttöprofiiliin määrittämiseen. Kunnossapitokustannusennusteen tuottamiseksi opinnäytetyössä esitetään kaksi vaihtoehtoista menetelmää, joista toisessa hyödynnetään lineaarista regressioanalyysiä ja toisessa todennäköisyyslaskentaa.

Opinnäytetyössä saadut tulokset osoittavat, ettei CV9030-rynnäköpanssarivaunun käyttöprofiilia voida määrittää käytettävissä olevan historiatiedon kvantitatiivisella tarkastelulla. Tämä johtuu havaituista merkittävistä eroista vaunujen käyttömäärissä. Tehtyjen regressioanalyysien perusteella voidaan ennen vuotta 2015 kertynyttä kunnossapitohistoriaa pitää soveltumattomana CV9030:n kunnossapidon kustannusten ennustamiseen. Vuoden 2015 jälkeiseen aineistoon perustuvat analyysit osoittivat, että vaunujen käytön määrällä on selkeä vaikutus niiden kunnossapidon työmäärään. Menetelmä ei kuitenkaan sovellu varaosista aiheutuvien kustannusten ennustamiseen, minkä takia opinnäytetyössä esitetään myös vaihtoehtoinen menetelmä kustannusennusteen tuottamiselle. Tämän menetelmän toimivuutta ei kuitenkaan voitu testata, koska tarvittava historiatieto puuttui.

ASIASANAT:

kunnossapito, käytettävyys, kustannukset, ennustaminen, regressioanalyysi, todennäköisyyslaskenta

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automotive and Transportation Engineering

2017 | 60

Matti Tirkkonen

FORECASTING THE COST OF MAINTENANCE

– Case: CV9030 Infantry Fighting Vehicle

This Bachelor's thesis examines methods for forecasting the cost of maintenance by means of a case study. The purpose of this thesis was to determine the usability of the historical data gathered by the Millog Ltd and the Finnish Defence Forces about the usage and maintenance of the CV9030 Infantry Fighting Vehicle to forecast the vehicle's future maintenance expenses.

This thesis addresses the fluctuation in the use and maintenance of the CV9030 and the possible causes for this by examining the historical data that was gathered. By examining the gathered data the suitability of it for predicting the future usage of the CV9030 Infantry Fighting Vehicles was assessed. Two alternative methods for forecasting the cost of maintenance were studied, one based on the linear regression model and one based on the statistical model.

The results of this study showed that the prediction of the future usage of the CV9030 IFV is not possible by solely studying historical data. This is caused by the significant fluctuations in the vehicle usage. The study also showed that the maintenance history produced before the year 2015 is not suitable for the evaluation of the future maintenance costs. Regression analyses that were conducted for the data produced after 2015 showed a clear linear correlation between the usage of the vehicle and the maintenance hours needed by the vehicle. The analysis between the vehicle usage and the number or the cost of the spare parts used for maintaining the vehicles showed no meaningful results, which is why also another method for forecasting the cost of maintenance, one that is based on the statistical model, was studied. The suitability of this method for forecasting the cost of maintenance could not be tested with in this thesis.

KEYWORDS:

maintenance, usability, costs, forecasting, regression analysis, probability statistics

SISÄLTÖ

JOHDANTO	8
1 KUNNOSSAPITO – CASE: CV9030	10
1.1 Kunnossapito	10
1.1.1 Suunniteltu ja suunnittelematon kunnossapito	10
1.1.2 Kunnossapidon kustannukset	11
1.2 Maavoimien kunnossapito ja siihen vaikuttavat toiminnan erityispiirteet	12
1.2.1 Kunnossapitoon vaikuttavat Maavoimien toiminnan erityispiirteet	12
1.3 SAP osana Maavoimien kunnossapitoa	13
1.3.1 Kunnossapitoprosessi SAP:ssä	13
1.3.2 SAP:hen kirjattavat tiedot	14
1.4 CV9030-rynnäkköpanssarivaunun kunnossapito	16
1.5 CV9030:n kunnossapitohistoria	18
1.5.1 Kerääminen	18
1.5.2 Koonti	20
1.5.3 Aineiston esittämisessä käytettävät tunnusluvut	20
1.5.4 Kunnossapitohistoria	22
2 KÄYTTÖPROFILII RYNNÄKKÖPANSSARIVAUNULLE	28
2.1 Käyttöhistoria	28
2.1.1 Rynnäkköpanssarivaunujen vuosittainen käyttö	28
2.1.2 Rynnäkköpanssarivaunujen käyttöjakson aikainen käyttö	31
2.1.3 Rynnäkköpanssarivaunujen käyttö- ja varastointijaksojen kestot	33
2.2 Käyttöjakson keston ja käytön määrän välinen korrelaatio	35
2.2.1 Lineaarinen regressioanalyysi teoriassa	35
2.2.2 Käyttöjakson keston ja sen aikaisen käytön määrän välinen korrelaatio	37
2.3 Johtopäätökset	39
3 REGRESSIOANALYYSIIN PERUSTUVA KUSTANNUSENNUSTE	41
3.1 Käyttöjakson keston sekä sen aikaisen käytön ja kunnossapidon määrän välinen korrelaatio	41
3.2 Huoltojen välisen käytön ja kunnossapidon määrän välinen korrelaatio	43
3.3 Johtopäätökset	54
4 TODENNÄKÖISYYSLASKENTAAN PERUSTUVA KUSTANNUSENNUSTE	55

4.1 Vikaantuminen ja sen todennäköisyys	55
4.1.1 Vikakorjauksien määrän todennäköisyys	55
4.1.2 Vikakorjauksien määrä tietyllä todennäköisyydellä	56
4.2 Menetelmän soveltamisen edellytykset	56
4.3 Johtopäätökset	57
POHDINTA JA ARVIOINTI	58
LÄHTEET	60

KAAVAT

Kaava 1	Muuttujan x otoskeskiarvo	20
Kaava 2	Muuttujan x otoskeskihajonta	20
Kaava 3	Pearsonin korrelaatiokerroin	36
Kaava 4	Suoran yhtälö	36
Kaava 5	Muuttujan y regressiomalli muuttujan x suhteen	37
Kaava 6	Yhden selittävän muuttujan regressiomallin selitysaste	37
Kaava 7	x :n pistetodennäköisyys, kun $x \sim \text{Poisson}(\lambda)$	56
Kaava 8	x :n todennäköisyyskertymä, kun $x \sim \text{Poisson}(\lambda)$	56

KUVAT

Kuva 1 CV9030-rynnäkköpanssarivaunun kunnossapito ja kierrätys (Valokuva: Puolustusvoimat)	17
--	----

KUVIOT

Kuvio 1 Järjestelmän elinjakso ja kunnossapidon hinnoittelu (Muokattu, Yhdysvaltain puolustusministeriö 2016, kuva 4)	9
Kuvio 2 Opinnäytetyössä käytettävä kunnossapitotoimenpiteiden lajittelu	11
Kuvio 3 CV9030-rynnäkköpanssarivaunujärjestelmän toimintopaikka- ja laitehierarkia	14
Kuvio 4 Ruutu- ja janakaavio	21
Kuvio 5 Varastostaottohuoltojen vuosittaiset kokonaistyömäärät	23
Kuvio 6 Teknisten huoltojen vuosittaiset kokonaistyömäärät	24
Kuvio 7 Varastointihuoltojen vuosittaiset kokonaistyömäärät	25
Kuvio 8 Vaunuille vuosittain kertyneet erilliset vikakorjaustunnit	26
Kuvio 9 Vaunujen vuosittaiset ajomäärät	29
Kuvio 10 Vaunujen moottoreiden vuosittaiset käyntimäärät	30
Kuvio 11 Vaunujen käyttöjaksojen aikaiset ajomäärät	31
Kuvio 12 Vaunujen käyttöjaksojen aikaiset moottoreiden käyntimäärät	32
Kuvio 13 Vaunujen käyttöjaksojen kestot	33

Kuvio 14 Vaunujen varastointijaksojen kestot	34
Kuvio 15 Käyttöjaksojen keston vaikutus käyttöjakson aikana rynnäkköpanssarivaunulle kertyviin ajokilometreihin	38
Kuvio 16 Käyttöjaksojen keston vaikutus käyttöjakson aikana rynnäkköpanssarivaunulle kertyviin moottorin käyntitunteihin	39
Kuvio 17 Käyttöjakson aikaisen käytön määrän ja sen keston vaikutus kunnossapidon työmäärään	42
Kuvio 18 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus teknisen huollon kokoanistymäärään	44
Kuvio 19 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus teknisen huollon yhteydessä tehtävien vikakorjausten työmäärään	45
Kuvio 20 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus teknisen huollon yhteydessä kirjattujen vikojen määrään	46
Kuvio 21 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus teknisen huollon yhteydessä tehtyihin vikakorjauksiin käytettyjen varaosien määrään	47
Kuvio 22 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus teknisen huollon yhteydessä tehtyihin vikakorjauksiin käytettyjen varaosien kustannuksiin	48
Kuvio 23 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus varastointihuollon kokonaistymäärään	49
Kuvio 24 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus varastointihuollon yhteydessä tehtävien vikakorjausten työmäärään	50
Kuvio 25 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus varastointihuollon yhteydessä kirjattujen vikakorjausten määrään	51
Kuvio 26 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus varastointihuollon yhteydessä tehtyihin vikakorjauksiin käytettyjen varaosien määrään	52
Kuvio 27 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus varastointihuollon yhteydessä tehtyihin vikakorjauksiin käytettyjen varaosien kustannuksiin	53

TAULUKOT

Taulukko 1 Tuotannon tekijöiden ryhmittely	11
Taulukko 2 Välittömät ja välilliset kustannukset	12
Taulukko 3 Kunnossapidoimintolajit jaoteltuna eri kunnossapitolajeihin	15
Taulukko 4 PVSAP:stä haetut kunnossapitohistorian lähdeluettelot	18
Taulukko 5 MSAP:stä haetut kunnossapitohistorian lähdeluettelot	19
Taulukko 6 Työtilausten luokittelu palvelunimikkeen perusteella	22
Taulukko 7 Varastostaottohuoltojen vuosittaisten kokonaistymäärien tunnusluvut	23
Taulukko 8 Teknisten huoltojen vuosittaisten kokonaistymäärien tunnusluvut	24
Taulukko 9 Varastointihuoltojen vuosittaisten kokonaistymäärien tunnusluvut	25
Taulukko 10 Vaunuille vuosittain kertyneiden erillisten vikakorjaustuntien tunnusluvut	26
Taulukko 11 Vaunujen vuosittaisten ajomäärien tunnusluvut	29
Taulukko 12 Vaunujen moottoreiden vuosittaisten käyntimäärien tunnusluvut	30
Taulukko 13 Vaunujen käyttöjaksojen aikaisten ajomäärien tunnusluvut	31
Taulukko 14 Vaunujen käyttöjaksojen aikaisten moottoreiden käyntimäärien tunnusluvut	32
Taulukko 15 Vaunujen käyttöjaksojen kestojen tunnusluvut	33
Taulukko 16 Vaunujen varastointijaksojen kestojen tunnusluvut	34
Taulukko 17 Käyttöjaksojen keston ja käyttöjakson aikana kertyneiden ajokilometriä välisen regressioanalyysin tulokset	38

Taulukko 18 Käyttöjaksojen keston ja käyttöjakson aikana kertyneiden käyntituntien välisten regressioanalyysien tulokset	39
Taulukko 19 Käyttöjakson aikaisen käytön ja sen keston välisten regressioanalyysin tulokset	42
Taulukko 20 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja teknisen huollon kokonaistyömäärän välisten regressioanalyysien tulokset	44
Taulukko 21 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja teknisen huollon yhteydessä tehtävien vikakorjausten työmäärän välisten regressioanalyysien tulokset	45
Taulukko 22 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja teknisen huollon yhteydessä kirjattujen vikojen määrän välisten regressioanalyysien tulokset	46
Taulukko 23 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja teknisen huollon yhteydessä vikakorjauksiin käytettyjen varaosien määrän välisten regressioanalyysien tulokset	47
Taulukko 24 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja teknisen huollon yhteydessä vikakorjauksiin käytettyjen varaosien kustannusten välisten regressioanalyysien tulokset	48
Taulukko 25 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja varastointihuollon kokonaistyömäärän välisten regressioanalyysien tulokset	49
Taulukko 26 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja varastointihuoltojen yhteydessä tehtyjen vikakorjausten työmäärän välisten regressioanalyysien tulokset	50
Taulukko 27 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja varastointihuoltojen yhteydessä kirjattujen vikojen määrän välisten regressioanalyysien tulokset	51
Taulukko 28 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja varastointihuollon yhteydessä vikakorjauksiin käytettyjen varaosien määrän välisten regressioanalyysien tulokset	52
Taulukko 29 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja varastointihuollon yhteydessä vikakorjauksiin käytettyjen varaosien kustannusten välisten regressioanalyysien tulokset	53

JOHDANTO

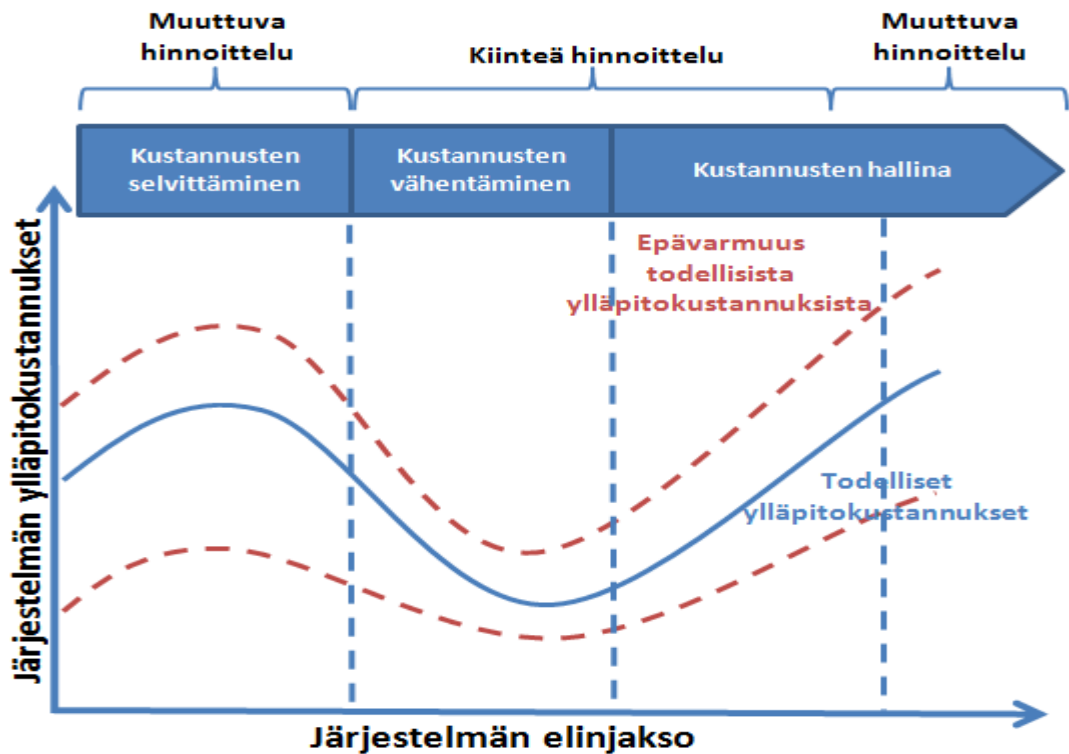
Vuonna 2013 julkaistussa opinnäytössään ”Käyttövalmiuden tuottaminen Maavoimissa” Ilkka Mäkipirtti tarkastelee Yhdysvaltain puolustusministeriön 2000-luvun alussa käyttöönotettavaa toimintamallia, Performance Based Logistics (PBL), jossa järjestelmien kunnossapidon ostaminen perustuu asiakkaan asettamiin suorituskykyvaatimuksiin perinteisen tilaaja-tuottajamallin sijasta. Tästä toimintamallista hän käyttää opinnäytetyössään nimitystä *käyttövalmiuserusteinen toimintamalli*. (Mäkipirtti 2013, 9, 68.)

Toimintamallin keskeisimpänä tavoitteena on maksimoida järjestelmän käytettävyys, eli toimintakykyisenä olevien laitteiden määrä, käytettävissä olevilla resursseilla (Yhdysvaltain puolustusministeriö 2005, 49). Tähän tavoitteeseen pyritään sitomalla palvelun tuottajan kate palvelun tilaajan saamaan suorituskykyyn sen sijaan, että se olisi sidottu palvelun tuottajan tekemien töiden määrään (Mäkipirtti 2013, 50–51). Käytännössä tällä pyritään kannustamaan palvelun tuottajaa panostamaan ylläpidettävän sotavarusteen luotettavuuden parantamiseen, mikä vähentäisi vikakorjauksien tarvetta ja sitä kautta johtaisi myös sotavarusteen käytettävyyden paranemiseen (Yhdysvaltain puolustusministeriö 2016, 18).

Merkittävimpana haasteena toimintamallin käyttöönotossa Mäkipirtti näkee asetettavien vaatimusten ja kunnossapidon kustannusten välisen suhteen tunnistamisen, ja hän esittääkin yhtenä jatkotutkimuksen aiheena käytettävyyden ja kustannusten välisen korrelaation laskemiseen soveltuvan menetelmän tai mallin tuottamista (Mäkipirtti 2013, 87–88, 98).

Ongelma ei kuitenkaan, ainakaan palvelun tuottajan näkökulmasta katsottuna, ole niinkään käytettävyyden, vaan kunnossapidon hinnoittelusta. Mitä järjestelmän kunnossapito todellisuudessa kustantaa, mitkä tekijät siihen vaikuttavat ja kuinka näitä tekijöitä voidaan ennustaa? Nämä ovat niitä kysymyksiä, joihin palvelun tuottajan tulee kyetä vastaamaan ennen, kuin se voi sitoutua ylläpitämään mitään järjestelmää kiinteään hintaan.

Näihin kysymyksiin vastaaminen edellyttää myös tietoa, minkä takia toimintamallin käytäntöön panevan *käyttövalmiussopimuksen* (Mäkipirtti 2013, 6) kiinteä hinnoittelu ei välttämättä ole tarkoituksenmukaista järjestelmän elinjakson alkuvaiheessa, jolloin tietoa järjestelmän todellisesta käytöstä ja tämän vaikutuksista sen kunnossapidon kustannuksiin ei ole käytettävissä. Toimintamallin käyttöönoton tulisi tapahtua vaiheittain järjestelmän elinjakson aikana siten, että elinjakson alkupäässä kerätään tarvittavat tiedot järjestelmän todellisesta käytöstä ja siitä seuraavista kustannuksista. Kun tarvittavat tiedot on kerätty ja järjestelmän käyttöönoton jälkeen siinä paljastuneet lapsentaudit on saatukorjattua, voidaan ylläpidossa siirtyä kiinteähintaiseen käyttövalmiussopimukseen. Toisaalta tämä menettely vähentää palveluntarjoajan sopimukseen liittyvää riskiä ja toisaalta menettely tarjoaa myös tilaajalle mahdollisuuden arvioida eri toimintamallien taloudellisuutta. Tätä käyttövalmiussopimuksen hinnoitteluperusteen vaihtelua järjestelmän elinjakson aikana on havainnollistettu kuviossa 1. (Yhdysvaltain puolustusministeriö 2016, 19–21.)



Kuvio 1 Järjestelmän elinjakso ja kunnossapidon hinnoittelu (Muokattu, Yhdysvaltain puolustusministeriö 2016, kuva 4)

Puolustusvoimien, ja etenkin Maavoimien, toimintaan liittyy monia erityispiirteitä, mitkä tekevät näihin kysymyksiin vastaamisesta erittäin hankalaa. Näistä yksi merkittävimmistä on vaihtelut järjestelmien käyttöasteessa, minkä takia kunnossapidon kustannuksia ei, ainakaan lähtökohtaisesti, voi määrittellä suoraan vuosittaisten kunnossapitokustannuksien perusteella. Yhdeksi käyttövalmiussopimuksen hinnoittelun perusteeksi tyypillisesti esitetäänkin järjestelmän suunniteltua käyttöprofiilia (mm. Mäkipirtti 2013, Lepoaho 2015).

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan tätä ongelmaa CV9030-rynnäköpanssarivaunun osalta tapaustutkimuksen keinoin. Työn tavoitteena oli selvittää menetelmä, jolla kunnossapidon kustannukset kyseiselle järjestelmälle voitaisiin ennustaa suunnitellun käyttömäärän (käyttöprofiilin) perusteella ja arvioida käytettävissä olevan historiatiedon hyödynnettävyyttä esitettyjen menetelmien soveltamiseen sekä rynnäköpanssarivaunun käyttöprofiilin määrittämiseen.

Opinnäytetyötä varten kerättiin käytettävissä oleva historiatieto rynnäköpanssarivaunun käytöstä ja kunnossapidosta. Kerätty kunnossapitohistoria on esitetty ensimmäisessä luvussa, jossa kuvataan Maavoimien materiaalin kunnossapitoa yleisesti sekä tarkemmin CV9030:n osalta. Toisessa luvussa tarkastellaan kerättyä CV9030:n käyttöhistoriaa käyttöprofiilin määrittämisen kannalta. Kunnossapidon kustannusten ennustamisessa päädyttiin tarkastelemaan kahta vaihtoehtoista menetelmää, joista ensimmäistä, regressioanalyysiin perustuvaa menetelmää, tarkastellaan luvussa kolme, ja toista, todennäköisyyslaskentaan perustuvaa menetelmää, tarkastellaan neljännessä luvussa.

1 KUNNOSSAPITO – CASE: CV9030

Tämän luvun tarkoituksena on muodostaa riittävät perusteet tämän opinnäytetyön ja siinä esitettyjen tulosten tarkastelulle. Luku alkaa *kunnossapito*-käsitteen määrittelyllä, jonka jälkeen tarkastellaan Maavoimien materiaalin kunnossapitoon liittyviä erityispiirteitä. Tämän jälkeen luvussa kuvataan SAP-toiminnanohjausjärjestelmän käyttöä osana Maavoimien kunnossapitoa. Viimeiset kaksi lukua käsittelevät CV9030:n kunnossapidon toteutusta ja järjestelmästä kerättyä kunnossapitohistoriaa.

1.1 Kunnossapito

Kunnossapito määritetään mm. standardeissa SFS-EN 13306 ja PSK 6201 kokonaisuudeksi, joka muodostuu kaikista kunnossapidettävään kohteeseen liittyvistä teknisistä, taloudellisista, organisatorisista ja johdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen kyky suoriutua sille osoitetusta tehtävästä. Puolustusvoimissa kunnossapito on määritetty materiaaliin sen elinjakson aikana kohdistuvaksi suunnitelmalliseksi huolto- ja korjaustoiminnaksi (HJ1054 2015, 2).

Tässä opinnäytetyössä *kunnossapito*-käsitteellä tarkoitetaan kunnossapidon kohteelle tarkastelujakson aikana tehtäviä huolto- ja korjaustoimenpiteitä.

1.1.1 Suunniteltu ja suunnittelematon kunnossapito

Standardeissa on esitetty useita erilaisia tapoja kunnossapidon toimenpiteiden jaoteluun. Esimerkiksi standardi PSK 6201 jakaa kunnossapidon suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjauksiin. Standardissa esitetään näiden rinnalla myös termi *korjaava kunnossapito*. Alan kirjallisuudessa esitetään myös standardien ulkopuolisia tapoja kunnossapidon lajittelulle (esim. Järviö 2006, 41). (PSK 6201 2011, 23.)

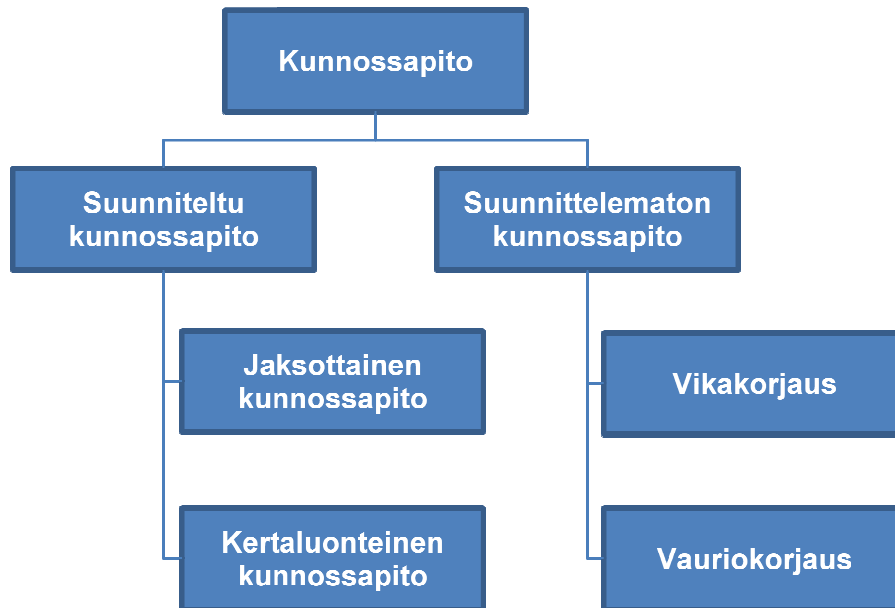
Standardeissa esitetyissä tavoissa kunnossapidon toimenpiteiden lajittelulle ei lähtökohtana kuitenkaan ole ollut kunnossapidon kustannusten ennustaminen, minkä takia tätä opinnäytetyötä varten on kunnossapito jaoteltu suunniteltuun ja suunnittelemattomaan kunnossapitoon sen perusteella, kuinka niiden kustannukset on ennustettavissa. Jako on havainnollistettu kuviossa 2.

Suunniteltu kunnossapito on jaoteltu edelleen jaksottaiseen ja kertaluonteiseen kunnossapitoon, joista jaksottaisella kunnossapidolla tarkoitetaan määräväleihin tehtäviä kunnossapidon toimenpiteitä, kuten huoltoja ja tarkastuksia. Kertaluonteisella kunnossapidolla tarkoitetaan taas kullekin laitteelle kerran tehtäviä toimenpiteitä, kuten modifikaatioita. Yhteistä näillä on se, että niiden toteutusajankohta ja kustannukset on tarkkaan määritettävissä ja siten helposti ennustettavissa.

Suunnittelematon kunnossapito on vastaavasti jaettu vika- ja vauriokorjauksiin. Vikakorjauksilla tarkoitetaan tässä yhteydessä jo syntyneen vian poistamista tai korjattavan kohteen todennetun kunnon perusteella tapahtuvaa vian syntymisen estämiseen täh-

täävää toimintaa (*kuntoon perustuvaa kunnossapitoa*, CBM). Vauriokorjauksella tarkoitetaan laitteella tapahtuneen vahingon tai siihen kohdistuneen ulkoisen voiman vaikutuksen seurauksena tapahtuvan vikaantumisen poistamista.

Esimerkiksi sotaharjoituksessa kiveen osumisen seurauksena vääntyneen rynnäköpanssarivaunun pääaseen putken korjaus luokitellaan vauriokorjaukseksi, kun taas telaketjun vaihtaminen sen kuluneisuuden takia luokitellaan vikakorjaukseksi. Vika- ja vauriokorjauksien ero tämän opinnäytetyön kontekstissa on niiden ennustettavuudessa.



Kuvio 2 Opinnäytetyössä käytettävä kunnossapitotoimenpiteiden lajittelu

1.1.2 Kunnossapidon kustannukset

”Yrityksen kustannukset syntyvät tuotannontekijöiden ostamisesta” (Vilkkumaa 2005, 73).

Tuotannontekijöitä ovat kaikki ne resurssit, joita yritys käyttää palveluiden tai tuotteiden tuottamiseen, ja ne jaetaan tyypillisesti neljään ryhmään: työsuorituksiin, aineisiin, muihin lyhytvaikutteisiin ja pitkävaikutteisiin tuotannontekijöihin. Näiden ryhmien sisältöä työssä tarkasteltavan toiminnan osalta on avattu taulukossa 1. (Mm. Vilkkumaa 2005, 74.)

Taulukko 1 Tuotannontekijöiden ryhmittely

Työsuoritukset	Ainekset	Muut lyhytvaikutteiset tuotannontekijät	Pitkävaikutteiset tuotannontekijät
Asiantuntijapalvelut Kunnossapitopalvelut Materiaalipalvelut	Varaosat Nesteet Pientarvikkeet Raaka-aineet	Toimitilat Laitteet Energia Tietohallinto Markkinointi	Poistot Korot Muut rahoituskustannukset Vakuutukset

Tämän lisäksi tuotannontekijät on jaettavissa välittömiä kustannuksia ja välillisiä kustannuksia aiheuttaviin sen perusteella, ovatko aiheutuvat kustannukset suoraan kohdennettavissa tuotteelle tai palvelulle. Taulukossa 2 on edellä esitetyt tuotannontekijöiden ryhmät jaoteltu välittömiä ja välillisiä kustannuksia aiheuttaviin. (Vilkkumaa 2005, 81.)

Taulukko 2 Välittömät ja välilliset kustannukset

Välittömät kustannukset	Työsuoritukset
	Ainekset
Välilliset kustannukset	Muut lyhytvaikutteiset tuotannontekijät
	Pitkävaikutteiset tuotannontekijät

Tässä opinnäytetyössä kunnossapidon kustannusten tarkastelu on rajattu ainoastaan välittömiin kustannuksiin, eli kunnossapitopalveluiden tuottamiseen tarvittaviin työtunteihin (työsuorituksiin) sekä varaosiin (aineksiin).

1.2 Maavoimien kunnossapito ja siihen vaikuttavat toiminnan erityispiirteet

Maavoimissa kunnossapito jakautuu maavoimien orgaaniseen sekä ulkopuoliseen kunnossapitoon. Näitä kuvataan kunnossapidon tasoina, joista tason 1 kunnossapidolla tarkoitetaan joukko-osastojen orgaanista kunnossapidon, ns. käyttöhuollon, ja tason 2 kunnossapito käsittää kaiken muun kunnossapidon (HJ1054 2015, 3).

Tyypillisesti käyttöhuollon tehtäviksi luetaan mm. määräaikaiset tarkastukset sekä yksinkertaisemmat vikakorjaukset, kun tason 2 töiksi katsotaan mm. suuremmat määräaikaishuollot ja vaativammat vikakorjaukset. Opinnäytetyön tekoheikellä näiden tasojen välisestä rajapinnan selventäminen on edelleen kesken ja käyttöhuollon kyvyssä suorittaa erilaisia toimenpiteitä on havaittu merkittäviä vaihteluja eri joukko-osastojen välillä (Lepoaho 2015, 21).

1.2.1 Kunnossapitoon vaikuttavat Maavoimien toiminnan erityispiirteet

Maavoimien materiaalin käyttöön liittyy lisäksi useita teollisuudesta poikkeavia erityispiirteitä, jotka vaikuttavat kunnossapidon suunnitteluun ja ennustettavuuteen. Näistä keskeisimmät ovat materiaalin kierrättämisessä, käytössä ja käyttöympäristössä.

Kierrätys

Maavoimien sotavarusteille on tyypillistä normaaliolojen tarpeen ylittävä materiaalmäärä (Mäkipirtti 2013, 38). Lepoaho viittaa opinnäytetyössään (2015, 31) 20–40 % normaaliolojen käyttöasteeseen, minkä perusteella jopa 80 % järjestelmään kuuluvista laitteista olisi normaalioloissa varastoituna tai käyttämättömänä. Mäkipirtti (2013, 38) toteaa merkittävimpinä varastointiin liittyvinä käytettävyyteen vaikuttavina tekijöinä varastointiolosuhteet ja kierrätysmenetelmien hallinnan.

Maavoimissa kierrätyksellä tarkoitetaan menettelyä, jolla tarkasteltavan sotavarustelautan käyttöä ja varastointia pyritään ohjamaan siten, että lauttaan kuuluvien laitteiden kuluminen olisi mahdollisimman tasaista niiden elinjakson ajan. Kierrätyssuunnittelulla haetaan mahdollisimman kustannustehokasta tapaa ylläpitää normaaliolojen joukko- tuotantotarpeiden edellyttämä määrä laitteista toimintakunnossa. (Mäkipirtti 2013, 38.)

Käyttö ja käyttöympäristö

Maavoimien materiaalin käytön määrä perustuu joukkotuotantosuunnitelmaan, jossa määritetään mitä joukkoja Maavoimien milloinkin tulee kouluttaa. Tällöin vaihtelut koulutettavien joukkojen määrässä ja laadussa vaikuttavat suoraan koulutukseen tarvittavien laitteiden ja niiden käytön määriin. Lisäksi merkittävä osa laitteiden käytöstä koostuu sotaharjoituksista, joiden toteutus yksittäisen laitteen käytön kannalta vaihtelee merkittävästi. (Mäkipirtti 2013, 41.)

Tämä asettaa laitteiden tulevan käytön ennustamiselle, eli käyttöprofiilin määrittämiselle, ainakin merkittäviä haasteita, ellei tee siitä jopa täysin mahdotonta.

Myös yksi käyttöön liittyvä piirre, joka poikkeaa normaalista teollisuudesta, on laitteiden käyttöympäristö. Sotavarusteita käytetään vaihtelevissa sää- ja maasto-olosuhteissa. (Mäkipirtti 2013, 41.)

1.3 SAP osana Maavoimien kunnossapitoa

SAP SE on saksalainen ohjelmistoyritys, joka on keskittynyt erilaisten liiketoimintaso- vellusten tuottamiseen. Puolustusvoimissa ja Millog Oy:ssä käytetään SAP:n ERP- toiminnanohjaussovellusta, joista Puolustusvoimien järjestelmästä käytetään yleisesti nimitystä PVSAP ja Millog Oy:n käyttämästä järjestelmästä nimitystä MSAP. Tässä alaluvussa kuvataan lyhyesti, kuinka toiminnanohjausjärjestelmää käytetään osana kunnossapitoprosessia, sekä tarkastellaan sitä, miten opinnäytetyössä hyödynnetyt historiatiedot järjestelmään tuotetaan.

1.3.1 Kunnossapitoprosessi SAP:ssä

Kunnossapitoprosessi alkaa PVSAP:ssä luotavalla kunnossapitoilmoituksella, jonka kautta luodaan työtilaus. Työtilauksen avaaminen siirtää kunnossapitoilmoituksen MSAP:hen, jossa siltä avataan oma työtilauksensa MSAP:ssä. Työn aikana siihen ku- luvat työtunnit kirjautuvat työajanseurantaan käytettävän Jotbar Solutions Oy:n työ- aikapääätteelle tehtävien leimauksien perusteella erillisen liittymän kautta MSAP:n tila- ukselle. Työlle kulutettavat materiaalit kirjataan materiaalihenkilöstön toimenpitein MSAP:n tai PVSAP:n työtilaukselle riippuen siitä, onko materiaali Millog Oy:n vai Puo- lustusvoimien kirjanpidossa. Mahdolliset alihankintana teetettävien töiden kustannukset kirjautuvat niitä varten MSAP:n tilaukselle erikseen avattaville vaiheille. Työn päätyttyä tehdyt toimenpiteet kirjataan MSAP:ssä "Kaikki toimet" -välilehdelle, josta ne siirtyvät liittymän kautta PVSAP:hen. Prosessi päättyy, kun PVSAP:ssä olevalle ilmoitukselle kirjataan häiriön päättymisajankohta ja ilmoitus merkataan toteutetuksi.

Huoltojen yhteydessä tehtäville vikakorjauksille avataan aina oma työtilauksensa, jolle vikakorjauksiin käytetyt työtunnit ja materiaalit kirjataan.

1.3.2 SAP:hen kirjattavat tiedot

SAP:hen tallentuu edellä kuvatun prosessin aikana paljon tietoja, mutta läheskään kaikkea tästä tiedosta ei ole tarkoituksenmukaista hyödyntää tämän opinnäytetyön yhteydessä. Tästä johtuen on seuraavassa tarkasteltu vain niitä kunnossapitoprosessin aikana SAP:hen kirjattavia tietoja, joita tämän opinnäytetyön yhteydessä hyödynnettiin.

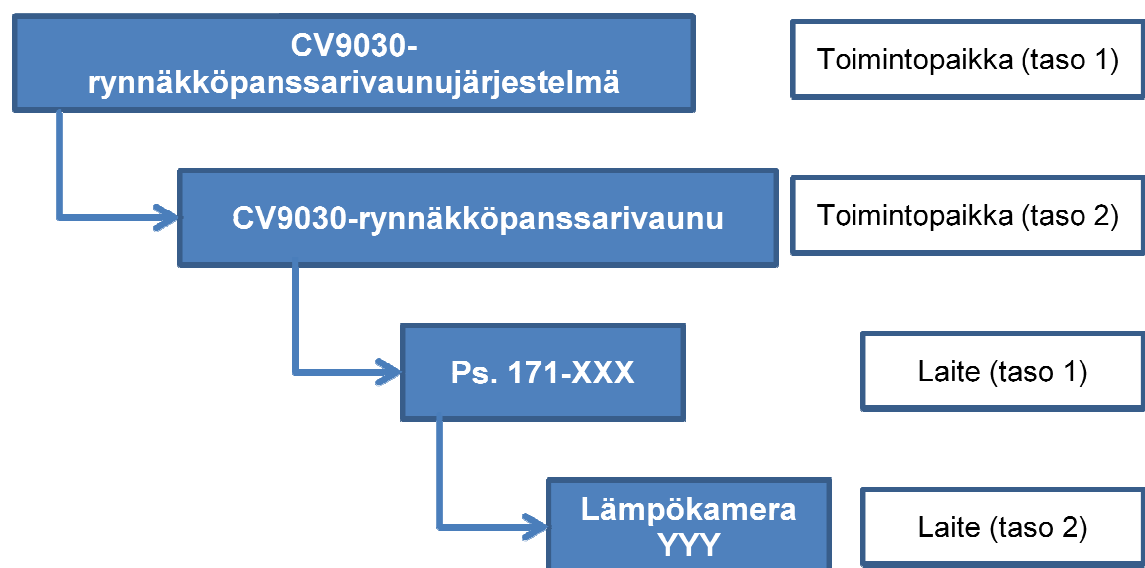
Kunnossapidon kohde – SAP:n rakenne-elementit

SAP tarjoaa useita erilaisia rakenne-elementtejä teknisten järjestelmien kuvastamiseen SAP:n sisällä. Tämän opinnäytetyön kohteena oleva rynnäköpanssarivaunu-järjestelmä rakentuu PVSAP:ssä toimintopaikoista ja laitteista.

Toimintopaikka on SAP:n rakenne-elementti, joka on tarkoitettu lähtökohtaisesti monitasoisten, kiinteiden kohteiden, kuten tuotantolaitosten tai -linjojen, rakenteiden kuvaamiseen. Toimintopaikka voi koostua useista siihen kohdistetuista toimintopaikoista ja/tai laitteista.

Laite on pienempien ja yksinkertaisempien, yksilöitävissä olevien kokonaisuuksien, kuten autojen ja voimakoneiden, kuvaamiseen SAP:ssä tarkoitettu rakenne-elementti. Laite voidaan kiinnittää joko toimintopaikkaa tai toiseen laitteeseen, ja se voi koostua useista siihen kiinnitetyistä laitteista. Jokaisella laitteella on SAP:ssä sen yksilöivä tunnus, laitenumero.

Kuviossa 3 on havainnollistettu CV9030-rynnäköpanssarivaunujärjestelmän rakennetta PVSAP:ssä.



Kuvio 3 CV9030-rynnäköpanssarivaunujärjestelmän toimintopaikka- ja laitehierarkia

Työn tunniste

Jokainen SAP:ssä tallennettu ilmoitus ja tilaus saavat yksilöivän tunnisteiden ensimmäisen tallennuskerran yhteydessä. Kun tilaus luodaan suoraan ilmoitukselta, kohdistuu ilmoituksen numero tilaukselle, ja tilauksen tallentamisen jälkeen myös ilmoitukselle kirjautuu tieto siihen kohdistetusta tilauksesta.

Kunnossapitolaji

Kunnossapitolajin määrittämiseen SAP:ssä on Puolustusvoimissa käytetty kunnossapidon toimintolajia, joka on alun perin tarkoitettu erilaisten kunnossapitotöiden hinnoitteluun esimerkiksi työn vaativuuden mukaan. Puolustusvoimissa ja Millog Oy:ssä käytetään useita eri kunnossapitolajeja mm. erilaisille huolloille ja tarkastuksille. Taulukossa 3 on esitetty tyypillisimmät kunnossapitotöihin käytettävät toimintolajit ja niiden lyhenneet. Taulukossa toimintolajit on jaoteltu aikaisemmin kuviossa 1 esitettyihin kunnossapitolajeihin.

Taulukko 3 Kunnossapidon toimintolajit jaoteltuna eri kunnossapitolajeihin

Jaksottainen kunnossapito	VOH	Varastostaottohuolto
	MHU	Määräaikaishuolto
	VHU	Varastointihuolto
	MVH	Määräaikaisvarastohuolto
	MVT	Määräaikaisvarastotarkastus
	MTA	Määräaikaistarkastus
	TTA	Tekninen tarkastus
Kertaluontoinen kunnossapito	MTY	Muutostyö
	VAR	Varustelutyö
	PHU	Perushuolto
Vikakorjaus	VIK	Vikakorjaus
Vaurikorjaus	VAK	Vaurikorjaus

Kunnossapidon toimintolajit ovat muuttuneet PVSAP:n historian aikana ainakin kerran, minkä takia tätä ominaisuutta ei tämän opinnäytetyön yhteydessä lopulta voitu hyödyntää.

Palvelutuote

Palvelutuote mahdollistaa valmiiden vaiheluetteloiden kohdistamisen SAP:n tilaukselle. Palvelutuotteiden kohdentamiseen käytetään niitä varten luotuja palvelunimikkeitä. Yhdelle palvelunimikkeelle voidaan kohdistaa yksi vaiheluettelo, jolloin siitä muodostuu palvelutuote. Palvelunimikettä voidaan käyttää ilman siihen kohdistettua vaiheluetteloä. Millog Oy:ssä palvelunimikkeet otettiin laajamittaisesti käyttöön vuoden 2016 aikana ja niiden tuotteistaminen, vaiheluetteloiden kohdistaminen, on tämän opinnäytetyön tekoheikellä kesken.

Työaikakirjaukset

Millog Oy:ssä työaikakirjaaminen tapahtuu lähtökohtaisesti Jotbar Solutions Oy:n työaikapäätteellä, josta tuntikirjaukset siirtyvät yön aikana MSAP:hen. Puolustusvoimissa työaikojen kirjaaminen on tapahtunut syöttämällä tiedot käsin PVSAP:ssä. Tuntikirjauk-

set kirjataan työtilausten vaiheille ja kirjauksista selviää mm. työtilaus ja sen vaihe, jolle työtä on tehty, työn tekijä sekä päivämäärä, jolloin tunnit on tehty.

Materiaalikulutukset

Työhön käytettävä materiaali kulutetaan työtilauksille kirjaamalla ne käsin SAP:hen. Millog Oy:n varastosta kulutettavan tai työlle suoraan ostettavan materiaalin kirjaaminen tapahtuu MSAP:ssä ja Puolustusvoimien varastosta kulutettavan materiaalin kirjaaminen tehdään PVSAP:ssä. Materiaalikirjauksesta selviää mm. kirjauspäivämäärä, kulutettavan materiaalin nimike, määrä, määräyksikkö ja arvo.

Tehtyjen toimien dokumentointi

Vuoden 2016 alusta alkaen on Millog Oy:n Puolustusvoimien materiaalille tekemät työt dokumentoitu kunnossapitoilmoituksille ns. ”Kaikki toimet” -välilehdille. Kyseessä on SAP:n vakio toiminnallisuus, joka on osa ilmoituksen rivejä, jotka on tarkoitettu kunnossapidon kohteessa havaittujen vikojen ja niille tehtyjen korjaustoimenpiteiden dokumentointiin. Tällä hetkellä tätä ominaisuutta käytetään ainoastaan tehtyjen toimien dokumentointiin.

Yksi ”toimi” koostuu toimikoodiryhmästä, toimikoodista ja toimitetystä. Koodiryhmiä toimille on käytössä kaksi (kunnossapitotoimet ja viiveet). Kunnossapitotoimi-ryhmässä on valittavissa 15 eri koodia, jotka ovat vaihto, korjaus, modifiointi, säätö/viritys, kunnostus, tarkistus, huolto, testi, tarkastus, perushuolto, yhdistelmä, muu, kalibrointi, akreditoitu kalibrointi ja vastaanottotarkastus. Toimitetystä on vapaa teksti -kenttä, jolla toimen kirjaaja voi vapaasti tarkentaa tehdyn työn sisältöä. Tämän lisäksi toimea voidaan kuvata myös pitkä teksti -kentässä, minne kirjattuja tietoja ei kuitenkaan kvantitatiivisessa analyysissä voida hyödyntää.

1.4 CV9030-rynnäköpanssarivaunun kunnossapito

Vuoteen 2015 asti CV9030-rynnäköpanssarivaunun kunnossapidosta pääasiallisesti vastasi Karjalan prikaatin Panssarivaunukorjaamo, ja vuoden 2015 alussa tämä vastuu, yhdessä korjaamon mukana, siirtyi strategisen kumppanuuden laajentumisen myötä perustetulle Millog Oy:n Vekaranjärven yksikön panssari- ja aseosastolle.

CV9030-rynnäköpanssarivaunun kunnossapito rakentuu kierrätysuunnitelmaan ja sitä tukevaan huolto-ohjelmaan perustuvan huoltosuunnitelman ympärille. Rynnäköpanssarivaunun huolto-ohjelma perustuu pitkälti valmistajan ohjeistukseen lukuun ottamatta ajan myötä saadun kokemuksen perusteella huoltojen sisältöön tehtyjä pieniä muutoksia.

CV9030:n huolto-ohjelma sisältää määrävällein kunnossapidon tasoilla 1 ja 2 tehtäviä toimenpiteitä, jotka on koottu nimetyiksi kokonaisuuksiksi, huolloiksi. Valmistaja jakaa kunnossapidon tasolla 1 tehtävät huollot päivittäin, viikoittain ja kuukausittain tehtäviksi toimenpiteiksi. Käyttöhuollon tekemät huollot koostuvat erilaisista tarkistus-, puhdistus- ja voitelutoimista. Kunnossapidon tasolla 2 tehtäviä huoltoja ovat varastostaottohuolto, tekninen huolto 3 (vuoden välein), tekninen huolto 4 (5 vuoden välein) ja tekninen huolto

to 5 (15 vuoden välein), varastointihuolto sekä määräaikaivarastohuollot vuosittain ja 4 vuoden varastoinnin jälkeen. Suurin osa näiden huoltojen sisällöstä on erilaisia tarkistus-, puhdistus- ja voitelutoimenpiteitä. Huolto-ohjelman perusteella määrävälein vaihdettavia komponentteja ovat erilaiset suodattimet ja tietyt tiivisteet.

Huolto-ohjelman lisäksi rynnäkköpanssarivaunuille tehdään eritasoisia vika- ja vauriokorjauksia molemmilla kunnossapidon tasoilla. Panssarijoukkojen käyttöhuollon kykyä suorittaa eritasoisia vikakorjauksia voidaan pitää suhteellisen korkeana verrattaessa ainakin teollisuuteen, mikä näkyy myös valmistajan ohjeistuksessa. Kunnossapidon kustannusten tarkastelun kannalta on erityisen tärkeää huomioida käyttöhuollon toimenpitein tehtävien vikakorjausten varaosakustannukset, jotka saattavat yksittäistenkin komponenttien osalta olla kymmeniä tuhansia euroja.



Kuva 1 CV9030-rynnäköpanssarivaunun kunnossapito ja kierrätys (Valokuva: Puolustusvoimat)

Kuvassa 1 on havainnollistettu tyypillinen rynnäköpanssarivaunun kiertosykli, joka on jaettu käyttö- ja varastointijaksoihin. Käyttöjakso alkaa varastostaottohuollolla ja päättyy varastointihuoltoon, jonka jälkeen vaunu siirtyy varastointijaksolle, joka päättyy seuraavaan varastostaottohuoltoon. Käyttöjakson aikana vaunulle tehdään käyttäjän toi-

mesta päivittäiset, viikoittaiset ja kuukausittaiset huollot sekä erilaisia käytön aikana havaittujen vikojen korjauksia. Kunnossapidon tasolla 2 vaunulle tehdään käyttöjakson pituudesta ja käytönmäärästä riippuen yksi tai useampi tekninen huolto huolto-ohjelman mukaisesti sekä korjataan vikoja ja vaurioita, jotka havaitaan tehtävien huoltojen yhteydessä. Lisäksi taso 2 tukee käyttöhuoltoa käyttäjän toimesta vaunun käytön aikana havaittujen sellaisten vikojen ja vaurioiden korjaamisessa, joiden tekemiseen käyttöhuollolla ei ole resursseja. Varastointijakson aikana rynnäkköpanssarivaunulle ei lähtökohtaisesti (valmistajan mukaan) ole tarpeellista tehdä määräaikaivarastohuoltojen lisäksi muita toimenpiteitä.

CV9030:n kohdalla on lähtökohtaisesti pyritty minimoimaan kierrätysjaksojen pituudet käytettävissä olevien resurssien puitteissa, mikä poikkeaa mm. muiden panssarivaunujen kierrätys suunnittelusta, jossa varastointijaksot voivat olla jopa kymmenen vuoden mittaisia. Tällä on pyritty vähentämään vaunujen seisomisesta aiheutuvien vikojen syntymistä.

1.5 CV9030:n kunnossapitohistoria

Opinnäytetyötä varten kerättiin kaikkien CV9030-rynnäkköpanssarivaunuille SAP:hen tallentunut vaunukohtainen kunnossapitohistoria vuosien 2009 ja 2016 väliltä. Työssä tarkasteltava kunnossapitohistoria koostuu vaunukohtaisista työtilauksista, niille kirjatusta työtunneista ja varaosista sekä vuoden 2016 aikana ilmoituksille kirjatusta toimenpiteistä.

1.5.1 Kerääminen

Kunnossapitohistoria kerättiin käyttämällä SAP:n List Viewer – transaktioita IW73, IW47, IW3M ja IW65. Taulukossa 4 on esitetty PVSAP:stä ja taulukossa 5 MSAP:stä näillä transaktioilla haettujen luetteloiden hakuperusteet ja niihin valitut sarakkeet. Tietojen hakuprosessi on tarkemmin kuvattu näiden taulukoiden jälkeen.

Taulukko 4 PVSAP:stä haetut kunnossapitohistorian lähdeluettelot

Transaktio	IW73	IW47	IW3M
Nimitys	Luettelo – Tilaukset	Luettelo – Vahvistukset	Luettelo – Varastotapahtumat
Hakuperuste	Laitenumero	Tilausnumero	Tilausnumero
SARAKEVALINNAT	Tilaus	Tilaus	Tilaus
	Ilmoitus	Kirjauspäivämäärä	Nimike
	KP-toimintolaji	Toteutunut työ	Nimikkeen lyhyt selitys
	Laite		Määrä
	Sarjanumero		Perusmääräyksikkö
	Lyhyt teksti		Summa
	Ajoitettu alku		Tapahtumalaji
	Nimike		
	Nimikkeen lyhyt selitys		

Taulukko 5 MSAP:stä haetut kunnossapitohistorian lähdeluettelot

Transaktio	IW73	IW47	IW3M	IW65
Nimitys	Luettelo - Tilaukset	Luettelo - Vahvistukset	Luettelo - Varastotapahtumat	Luettelo - Toimet
Hakuperuste	Ilmoitusnumero	Tilausnumero	Tilausnumero	Ilmoitusnumero
SARAKEVALINNAT	Ilmoitus	Tilaus	Tilaus	Ilmoitus
	Tilaus	Kirjauspäivä-	Nimike	Toimikoodiryhmä
	Palvelutuote	määrä	Nimikkeen lyhyt	Toimikoodi-
	Palvelutuotteen	Toteutunut työ	selitys	ryhmän lyhyt
	nimitys		Määrä	selitys
			Perusmääräyksikkö	Toimikoodi
		Summa	Toimikooditeksti	Toimiteksti

Ensimmäisenä PVSAP:stä haettiin kaikki yksittäisille CV9030-rynnäkköpanssari-vaunuille kohdistetut työtilaukset. Tilaukset haettiin laitenumeroiden perusteella, koska SAP:n muissa laitetiedoissa, kuten toimintopaikoissa ja nimikkeissä, havaittiin tarkastelujakson aikana tapahtuneen joitakin muutoksia ja osassa tiedoista oli havaittavissa myös virheitä ja puutteita.

Luetteloon valituilla sarakkeilla (kts. taulukko 4) saatiin Excel-tilaukseen tilausnumero (tilaus), tilaukselle kohdistetun ilmoituksen ilmoitusnumero (ilmoitus), kunnossapidon toimintolaji, laitteen (jolle työ oli kohdistettu) laitenumero (laite), työkohteena olleen rynnäkköpanssari-vaunun panssarirekisteritunnus (sarjanumero), tilausta kuvaava vapaamuotoinen ”otsikko” (lyhyt teksti), SAP:hen kirjautunut työn ”suunniteltu” aloituspäivämäärä (ajoitettu alku), työn kohteelle määritetty nimike (nimike) ja sen lyhyt selitys (nimikkeen lyhyt selitys).

Kaikki näille tilauksille PVSAP:ssä kohdistetut tuntikirjaukset haettiin vahvistuksetluettelolla. Luetteloon valituilla sarakkeilla (ks. taulukko 4) saatiin luettelo kaikista järjestelmään valituille tilauksille kirjatuista Puolustusvoimien henkilöstön tekemistä työtunneista työtilauksen ja tekopäivämäärän mukaan.

Myös kaikki tilauksille kirjatut materiaalitapahtumat haettiin PVSAP:stä varastotapahtumaluettelolla, johon valituilla sarakkeilla (ks. taulukko 4) saatiin tiedot siitä, mitä materiaali, minkä verran ja millä hinnalla tilauksille oli kirjattu.

Vastaavat tiedot haettiin myös MSAP:stä (ks. taulukko 5), kuitenkin sillä erolla, että tilausluetteloon valittiin ainoastaan sarakkeet ilmoitus, tilaus, palvelutuote ja palvelutuotteen nimitys.

MSAP:stä edellä kuvattujen luetteloiden lisäksi transaktiolla haettiin toimiluettelo, johon kerättiin kaikki vuonna 2016 tehdyille työtilauksille kohdistetuille ilmoituksille kirjattujen toimien toimikoodiryhmä ja sen kuvaus, toimikoodi ja sen kuvaus sekä toimiteksti, eli vapaamuotoinen kuvaus siitä, mitä ja mille varsinaisesti on tehty.

1.5.2 Koonti

Ennen kerätyn kunnossapitohistorian tarkastelua se koottiin kolmeen taulukkoon, jotka luotiin PVSAP:stä transaktioilla IW73 ja IW3M sekä MSAP:stä transaktiolla IW65 ladattujen luetteloiden ympärille. PVSAP:n työtilaukset -luettelon päälle rakennettiin tiedot yhteen kokoava taulukko, jonka avulla voidaan tarkastella mm. yksittäisten tilausten kokonaiskestoja sekä materiaalikulutuksien kokonaismääriä ja -kustannuksia. Materiaalikirjaukset -taulukon päälle rakennetun taulukon avulla voidaan tarkastella SAP:ssä laitteille kohdistettujen tilausten materiaalikulutuksia ja niiden kustannuksia esim. laiteyksilöittäin tai taulukossa 6 esitetyn luokittelun mukaisesti. MSAP:n toimikirjaukset – taulukon tarkoituksena oli mahdollistaa tilauksille kirjattujen eri toimien määrien tarkastelu.

1.5.3 Aineiston esittämisessä käytettävät tunnusluvut

Kerättyä kunnossapitohistoriaa kuvataan erilaisilla tilastollisilla tunnusluvuilla, jotka esitellään seuraavaksi. Osion lopussa esitetään, kuinka aineiston visualisoinnissa käytettävää ruutu- ja janakaaviota tulkitaan, koska tämä kuvaaja on tyypillisesti tuntemtomampi tiedon visualisoinnin työkalu. Samoja tunnuslukuja käytetään myös seuraavassa luvussa kerätyn käyttöhistorian kuvaamiseen.

Keskiarvo

Keskiarvo kuvaa tarkasteltavan aineiston matemaattisesti määriteltyä keskikohtaa ja se saadaan laskemalla kaikkien havaintoarvojen summan ja havaintoarvojen lukumäärän osamäärä. Keskiarvon yhtälö on esitetty kaavassa 1.

$$\text{Kaava 1} \quad \text{Muuttujan } x \text{ otoskeskiarvo } \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Keskihajonta

Keskihajonnalla kuvataan sitä, kuinka lähelle keskiarvoa otos on jakautunut. Keskihajontaa laskettaessa huomioidaan jokaisen havaintoarvon (x_i) etäisyys keskiarvosta (\bar{x}). Yhtälö otoskeskihajonnan laskemiselle on esitetty kaavassa 2.

$$\text{Kaava 2} \quad \text{Muuttujan } x \text{ otoskeskihajonta } s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Mediaani (Md)

Mediaani on parittoman otoksen keskimäinen havaintoarvo ja parillisen otoksen keskimmäisten havaintoarvojen keskiarvo. 50 % otoksen havaintoarvoista on pienempiä tai enintään yhtä suuria mediaanin kanssa ja toisen 50 % ollessa vähintään yhtä suuria tai suurempia mediaanin kanssa. Poikkeavilla havainnoilla (outliers) ei ole merkittävää vaikutusta mediaaniin, minkä takia se soveltuu keskiarvoa paremmin aineiston keskikohdan kuvaamiseen.

Vaihteluväli (R) ja vaihteluvälin pituus (R_d)

Vaihteluväli on aineiston pienimmän ja suurimman havaintoarvon rajaama väli ja se ilmoitetaan muodossa x_{min}, x_{max} . Vaihteluvälin pituus on aineiston suurimman ja pienimmän havaintoarvon erotus, eli $R_d = x_{max} - x_{min}$.

Kvartiilit

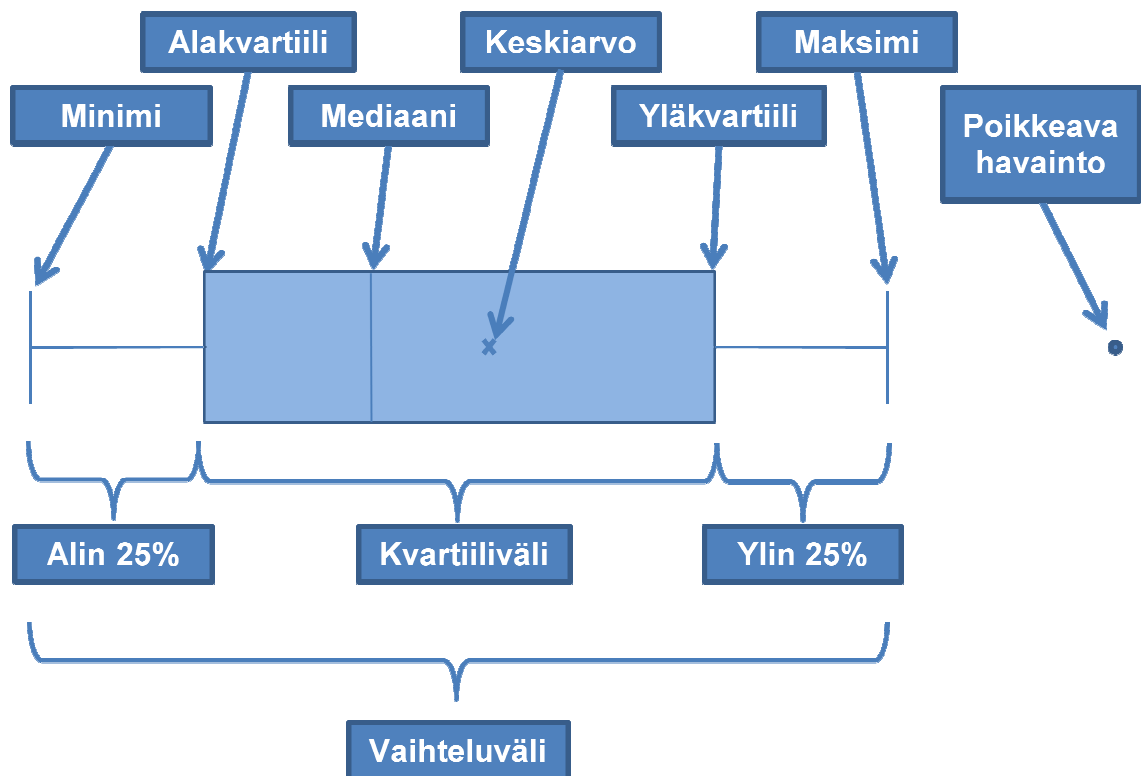
Kvartiilit ovat prosenttipisteitä, fraktiileja, jotka jatkavat aineiston neljään yhtä suureen osaan ja niitä on olemassa kolme; ala-, keski- ja yläkvartiili. Alakvartiili (Q_1) on se havaintoarvo, jota pienempiä tai korkeintaan yhtä suuria on 25 % aineiston havaintoarvoista. Keskikvartiili (Q_2) on sama, kuin mediaani. Yläkvartiili (Q_3) on se havaintoarvo, jota suurempia tai vähintään yhtä suuria on 25 % aineiston havaintoarvoista.

Kvartiiliväli ja kvartiilivälin pituus (IQR)

Kvartiiliväli on aineiston ala- ja yläkvartiilin rajaama väli ja se ilmoitetaan muodossa Q_1, Q_3 . Aineiston keskimmäiset 50 % sijoittuu tälle välille. Kvartiilivälin pituus on ylä- ja alakvartiilin erotus, eli $IQR = Q_3 - Q_1$.

Ruutu- ja janakaavio

Ruutu- ja janakaavio mahdollistaa tarkasteltavan aineiston keskeisimpien tunnuslukujen esittämisen yhdellä kuvaajalla ja se soveltuu erittäin hyvin aineistosta visuaaliseen vertailuun. Ruutu- ja janakaaviota ja sen eri arvopisteet on havainnollistettu kuviossa 4.



Kuvio 4 Ruutu- ja janakaavio

Ruutu- ja janakaavio kostuu ruudusta ja sen molemmissa päissä olevista janoista. Ruudun päädyt ilmaisevat aineiston ala- ja yläkvartiilien arvot ja janojen päät osoittavat aineiston pienimmän ja suurimman arvon. Ruudun kahteen osaan jakava viiva ilmaisee aineiston mediaanin ja x osoittaa aineiston keskiarvon. Ruutu rajaa aineiston kvartiilivälin ja janojen päiden väli rajaa aineiston vaihteluvälin. Janat osoittavat alimman ja ylimmän neljänneksen aineistosta. Janojen ulkopuolelle jäävät pisteet ilmaisevat poikkeavia arvoja, jotka Microsoft Excel 2016 – sovelluksessa ovat havaintoarvoja, jotka poikkeavat mediaanista vähintään kahden kvartiilivälin verran.

1.5.4 Kunnossapitohistoria

Seuraavilla sivuilla esitetään CV9030:n SAP:stä kerätty kunnossapitohistoria. Esitettävä aineisto on luokiteltu alla olevan taulukon mukaisiin kokonaisuuksiin työtilauksille kohdistetun palvelunimikkeen perusteella. Esitettäviin huoltojen työmääriin on siis laskettu varsinaiseen huoltoon sekä sen yhteydessä tehtyihin vikakorjauksiin käytetyt työtunnit. Miksi huoltoja ja niiden yhteydessä tehtyjen vikakorjauksien määriä ei tarkastella erikseen, johtuu työaikojen kirjaamiseen käytettyjen menetelmien tarkkuudesta, jossa havaittiin selvää vaihtelua.

Taulukko 6 Työtilausten luokittelu palvelunimikkeen perusteella

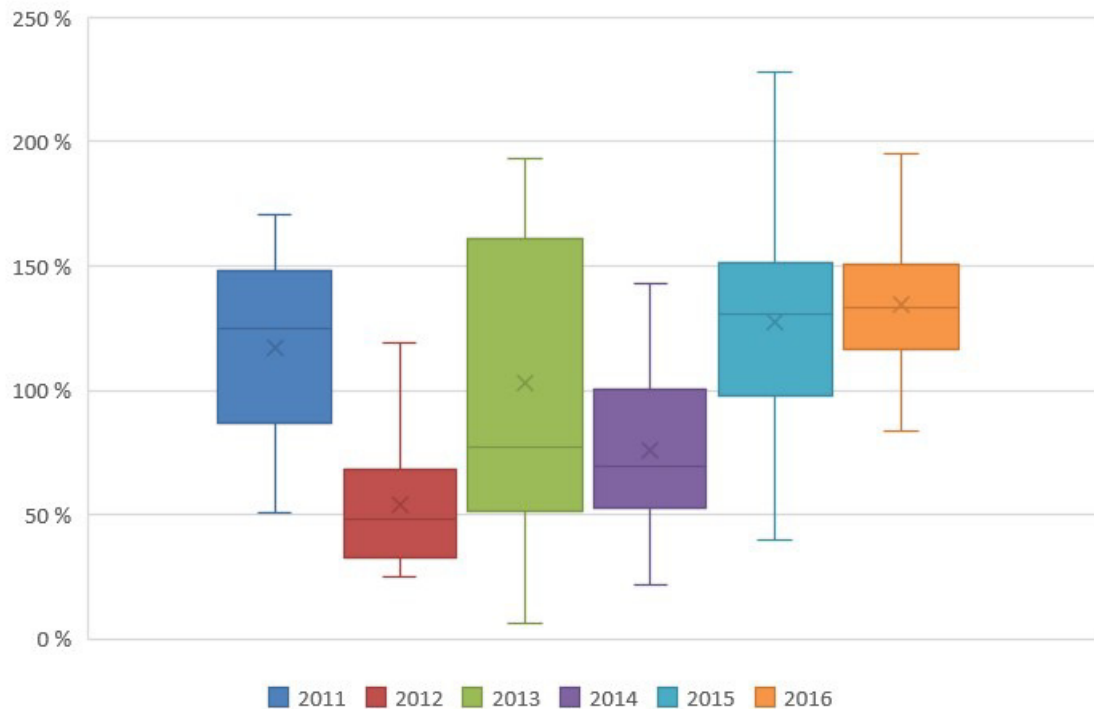
Luokka	Palvelunimike
Varastostaottohuolto	CV9030 varastostaottohuolto
	CV9030 vikakorjaus VOH
Tekninen huolto	CV9030 tekninen huolto
	CV9030 vikakorjaus TH
Varastointihuolto	CV9030 varastointihuolto
	CV9030 vikakorjaus VHU
Vikakorjaus	CV9030 vikakorjaus
Vauriokorjaus	CV9030 vauriokorjaus

Kunnossapitohistoria esitetään ainoastaan kirjattujen työtuntien osalta, johtuen materiaalikirjauksiin sovellettujen käytäntöjen muutoksista tarkastelujakson aikana. Esitettävä aineisto on suhteutettu aina tarkasteltavan otoksen kaikkien havaintoarvojen keskiarvoon. Tämä menettely on seurausta tarkastellun aineiston laajuudesta sekä siitä, että opinnäytetyössä käsitellään Puolustusvoimien suorituskykyyn liittyviä tekijöitä.

Aineisto esitetään ruutu- ja janakaaviona sekä taulukoina. Esittämistavan tarkoituksena on ennen kaikkea havainnollistaa työmäärissä eri vuosien välillä tapahtuneita muutoksia sekä havaittavissa olevia eroja työmäärien vuosittaisissa vaihteluissa.

Vauriokorjauksien osalta tämän aineiston esittämistä ei katsottu tarkoituksenmukaiseksi niiden epäsäännönmukaisen, ts. mielivaltaisen, luonteen takia.

Varastostaottohuolto



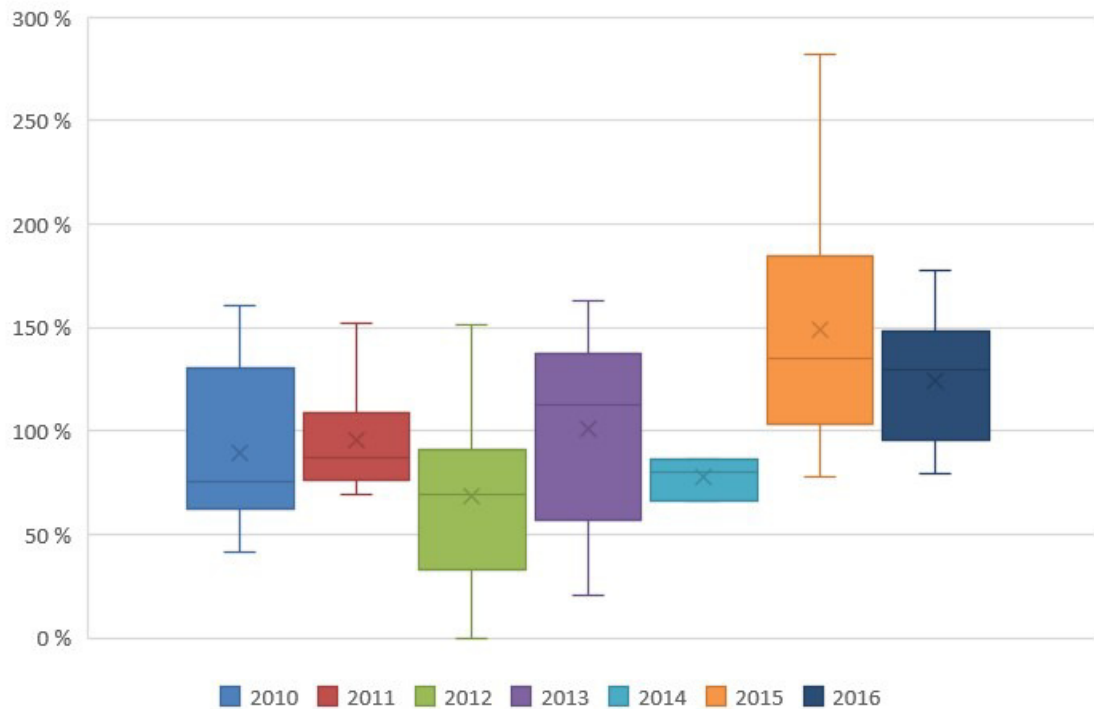
Kuvio 5 Varastostaottohuoltojen vuosittaiset kokonaistyömäärät

Taulukko 7 Varastostaottohuoltojen vuosittaisten kokonaistyömäärien tunnusluvut

Vuosi	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Keskisarvo	117 %	54 %	103 %	76 %	128 %	134 %
Keskihajonta	40 %	28 %	64 %	34 %	42 %	33 %
Pienin arvo	51 %	25 %	6 %	22 %	40 %	83 %
Alakvartiili	87 %	33 %	51 %	52 %	110 %	122 %
Mediaani	125 %	48 %	77 %	70 %	131 %	133 %
Yläkvartiili	148 %	67 %	161 %	101 %	150 %	147 %
Suurin arvo	171 %	119 %	193 %	143 %	228 %	195 %
Kvartiilivälin pituus	62 %	34 %	109 %	48 %	40 %	25 %
Vaihteluvälin pituus	120 %	94 %	187 %	121 %	188 %	111 %

Yllä esitetystä kuviosta voidaan havaita merkittävää vuosittaista vaihtelua vuosien 2011 ja 2014 välisenä aikana sekä vuoden 2014 jälkeen tapahtuva selkeä kasvu tehtyjen varastostaottohuoltojen työmäärissä. Vuosien 2015 ja 2016 jakaumia vertailemalla voidaan havaita hajonnan selkeä pieneneminen.

Tekninen huolto



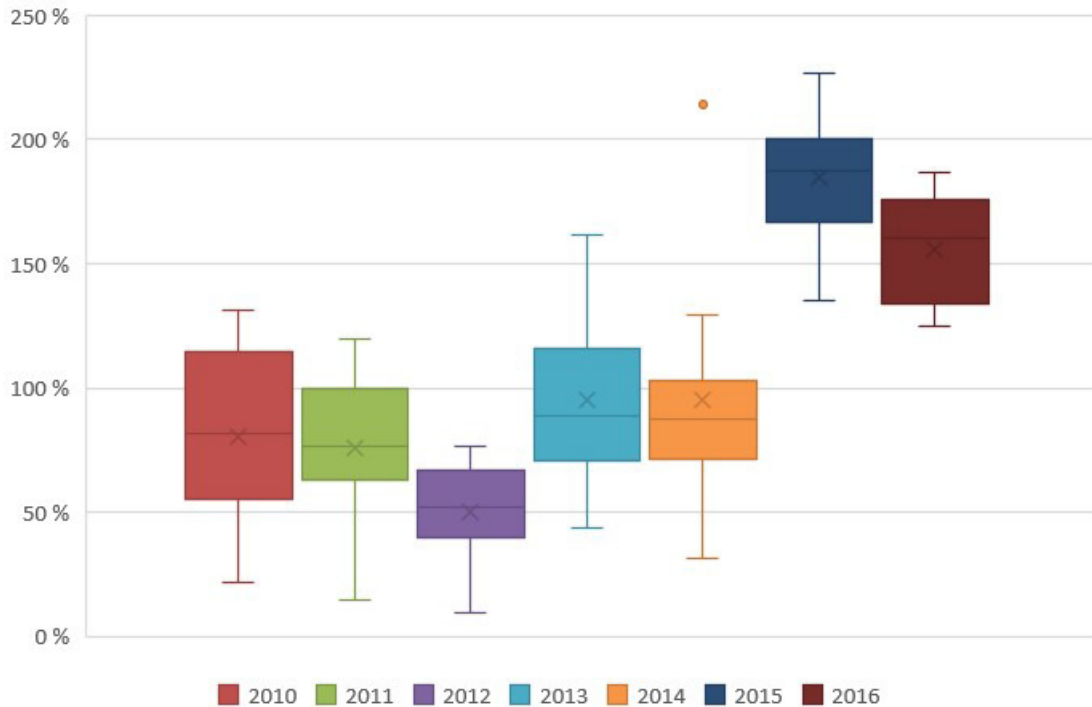
Kuvio 6 Teknisten huoltojen vuosittaiset kokonaistyömäärät

Taulukko 8 Teknisten huoltojen vuosittaisten kokonaistyömäärien tunnusluvut

Vuosi	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Keskiarvo	89 %	95 %	72 %	101 %	78 %	149 %	124 %
Keskihajonta	39 %	27 %	38 %	50 %	11 %	52 %	30 %
Pienin arvo	42 %	69 %	17 %	21 %	66 %	78 %	80 %
Alakvartiili	65 %	77 %	47 %	80 %	73 %	107 %	99 %
Mediaani	75 %	87 %	72 %	113 %	80 %	135 %	130 %
Yläkvartiili	117 %	99 %	89 %	126 %	83 %	181 %	146 %
Suurin arvo	160 %	152 %	151 %	163 %	87 %	282 %	178 %
Kvartiilivälin pituus	52 %	23 %	42 %	46 %	10 %	73 %	48 %
Vaihteluvälin pituus	119 %	83 %	134 %	142 %	21 %	204 %	98 %

Kuvio 6 teknisten huoltojen vuosittaisista työmääristä muistuttaa paljolti edellisellä sivulla esitettyä varastostaottohuoltojen vuosittaisia työmääriä esittävää kuviota 5. Teknisten huoltojen osalta vuosien 2015 ja 2016 välinen ero on kuitenkin huomattavampi. Siinä missä varastostaottohuoltojen työmäärien jakauman hajonta oli pienentynyt, on teknisten huoltojen työmäärässä havaittavissa hajonnan pienenemisen lisäksi selkeä lasku.

Varastointihuolto



Kuvio 7 Varastointihuoltojen vuosittaiset kokonaistyömäärät

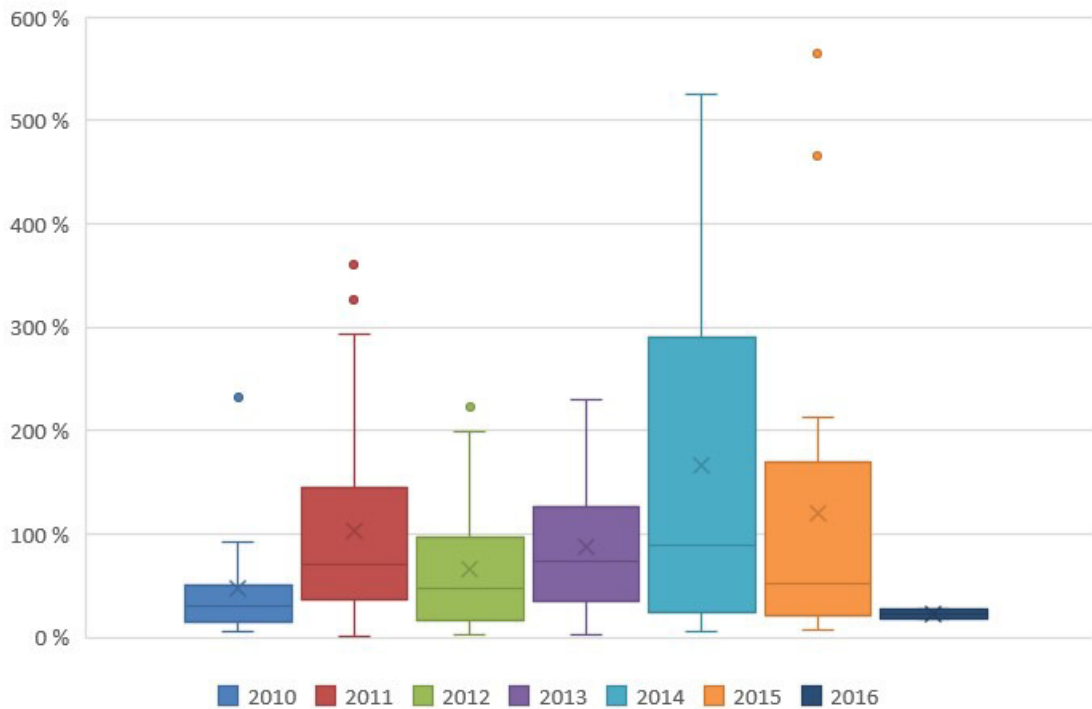
Taulukko 9 Varastointihuoltojen vuosittaisten kokonaistyömäärien tunnusluvut

Vuosi	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Keskiarvo	81 %	76 %	50 %	95 %	95 %	185 %	156 %
Keskihajonta	36 %	29 %	22 %	33 %	44 %	25 %	21 %
Pienin arvo	22 %	15 %	9 %	43 %	31 %	135 %	125 %
Alakvartiili	63 %	66 %	40 %	71 %	73 %	171 %	136 %
Mediaani	82 %	77 %	52 %	89 %	87 %	187 %	160 %
Yläkvartiili	109 %	95 %	67 %	116 %	101 %	199 %	174 %
Suurin arvo	131 %	120 %	76 %	162 %	214 %	227 %	187 %
Kvartiilivälin pituus	47 %	29 %	27 %	46 %	29 %	29 %	38 %
Vaihteluvälin pituus	110 %	105 %	67 %	118 %	182 %	92 %	62 %

Vuoden 2015 luvut sisältävät vuodelle 2015 suunnitellut, mutta vuonna 2016 tehdyt varastointihuollot.

Vuosittain tehtyjen varastointihuoltojen työmäärien jakauman kehitys on hyvin samankaltainen kuin teknisten huoltojen vastaava, kuitenkin sillä erotuksella, että vuonna 2015 tapahtunut työmäärien kasvu ja vuosien 2015 ja 2016 välinen muutos työmäärien hajonnan sijainnissa ovat selkeämmin havaittavissa.

Vikakorjaukset



Kuvio 8 Vaunuille vuosittain kertyneet erilliset vikakorjaustunnit

Taulukko 10 Vaunuille vuosittain kertyneiden erillisten vikakorjaustuntien tunnusluvut

Vuosi	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Lukumäärä	15	29	20	14	20	18	2
Keskiarvo	48 %	103 %	66 %	88 %	166 %	121 %	22 %
Keskiahajonta	57 %	94 %	67 %	70 %	164 %	159 %	6 %
Pienin arvo	6 %	2 %	3 %	3 %	6 %	7 %	17 %
Alakvartiili	15 %	36 %	20 %	39 %	26 %	22 %	20 %
Mediaani	30 %	70 %	47 %	73 %	89 %	52 %	22 %
Yläkvartiili	51 %	145 %	85 %	117 %	283 %	165 %	24 %
Suurin arvo	233 %	361 %	224 %	230 %	526 %	565 %	27 %
Kvartiilivälin pituus	36 %	108 %	65 %	78 %	257 %	143 %	5 %
Vaihteluvälin pituus	227 %	359 %	221 %	227 %	520 %	558 %	9 %

Kuviossa 8 ja taulukossa 10 esitettävät luvut kuvaavat vuosittain vaunuyksilöille kohdistettuja erillisten vikakorjaustilausten työtunteja, eikä näihin ole laskettu mukaan niitä vaunuyksilöitä, joille ei ole erillisiä vikakorjauksia kirjattu. Kuviosta ja taulukossa esitetyistä luvuista nähdään jakaumien olevan positiivisesti (oikealle) vino, eli suurin osa havainnoista on keskiarvoa pienempiä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että suurimmalle osalle vaunuista kertyy suhteessa hyvin vähän (tai ei ollenkaan) vikakorjaustunteja ja keskiarvoa nostaa muutamien yksilöiden työläämmät vikakorjaukset. Vuosi 2016 esiintyy aineistossa poikkeavana, kun erillisiä vikakorjauksia tehtiin vain kahdelle vau-

nulle ja näillekin kertyneiden työmäärien ollessa erittäin vähäisiä suhteessa keskiarvoon.

Yhteenveto

Kerätyn aineistosta voidaan havaita selkeä muutos CV9030-rynnäköpanssarivaunun kunnossapidossa vuonna 2015, jolloin huoltojen ja niiden yhteydessä tehtyjen vikakorjausten työmäärät nousivat edeltäviin vuosiin nähden merkittävästi. Aineisto osoittaa myös vuonna 2016 tapahtuneen laskua vuoden 2015 työmääristä, ainoan poikkeuksen ollessa varastostaottohuollot, joiden kesto on pysynyt samalla tasolla, vaikkakin jakauman hajonta on pienentynyt. Merkittävin muutos vuosien 2015 ja 2016 välillä on havaittavissa erillisissä vikakorjauksissa joiden luku- ja työmäärät ovat romahtaneet lähes olemattomiin vuodelle 2016.

Sen toteaminen, onko vuosien 2015 ja 2016 välillä havaittavissa oleva kehitys seurausta kunnossapito prosessien kehittymisestä ja vakiintumisesta sekä painopisteen siirtymisestä ennakoivan kunnossapidon yhteydessä tehtäviin korjauksiin vai jostain muusta, on vielä liian aikaista, mutta aineisto ainakin tukee tätä olettamusta.

Varastointihuoltojen työmäärien kasvun vaikutusta varastostaottohuoltoihin ei nähdä ennen ensimmäisten vuonna 2015 varastoitujen rynnäköpanssarivaunujen varastostaottohuoltoja, mutta on todennäköistä, että varastostaottohuoltojen työmäärä laskee merkittävästi.

Aineiston perusteella voidaan myös todeta, ettei ennen vuotta 2015 kertynyttä kunnossapitohistoriaa voida mielekkäällä tavalla hyödyntää tulevan kunnossapitotarpeen enustamisessa.

2 KÄYTTÖPROFIILII RYNNÄKKÖPANSsarIVAUNULLE

Käyttöprofiililla tarkoitetaan käyttövalmiusperusteiseen kunnossapitoon liittyvissä teksteissä tyypillisesti sopimuksen hinnoittelun perusteena käytettävää ennustetta tarkastelujakson aikaisesta järjestelmän käytön määrästä. Esimerkiksi Lepoaho (2015, 16–17) esittää käyttöprofiilin siten, että se ”sisältää vuotuisen koulutus- ja harjoituskäytön sekä operatiivisen käytön esimerkiksi tunteina tai kilometreinä”. Sitä pidetään yleisesti myös yhtenä tärkeimmistä ja vaikeimmin arvioitavista käyttövalmiussopimuksen hinnoitteluun vaikuttavista suunnitteluperusteista (Mäkipirtti 2013, 79 ja 90).

Sitä minkälainen käyttövalmiussopimuksen perusteena käytettävän käyttöprofiilin tulisi olla tai sitä miten ja minkälainen käyttöprofiili todellisuudessa Maavoimien järjestelmille ylipäätään voidaan muodostaa, ei kuitenkaan ole aikaisemmissa aiheeseen liittyvissä tutkimuksissa tarkasteltu.

Yhtenä tämän opinnäytetyön tavoitteena olikin selvittää, onko käytettävissä olevan historiatiedon perusteella mahdollista muodostaa hinnoittelun perusteeksi soveltuvaa käyttöprofiilia CV9030-rynnäkköpanssarivaunulle.

2.1 Käyttöhistoria

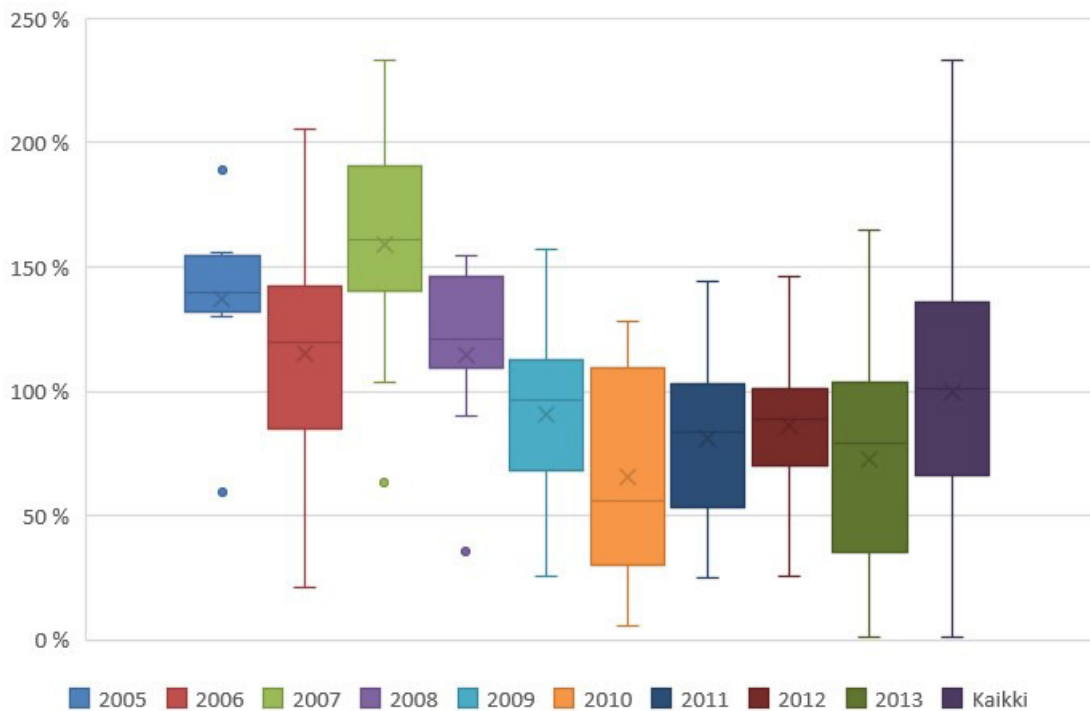
Opinnäytetyötä varten kerättiin 66 rynnäkköpanssarivaunun käyttöhistoria vuosien 2004 ja 2015 väliseltä ajalta. Käyttöhistorian lähteenä käytettiin vaunukohtaisia huoltopäiväkirjoja, joihin tulisi olla merkittynä kaikki vaunujen ajosuoritukset. Merkinnöistä selviää kirjauspäivämäärä, ajon tarkoitus, ajon aikana kertyneiden ajokilometrien määrä, matkamittarin lukema ajon lopussa, ajon aikana kertyneiden moottorin käyntituntien määrä ja moottorin käyntituntimittarin lukema ajon lopussa. Ajon aikaiset kiertymät laskeaan vähentämällä ajon jälkeisistä mittarilukemista edellisen merkinnän mittarilukemat.

Käyttöhistoria siirrettiin huoltopäiväkirjoista käsin Excel-taulukkoon, johon kirjattiin vaunuyksilön yksilöivä panssarirekisteritunnus, kirjauspäivämäärä, ajon tarkoitus, ajon aikana kertyneet kilometrit ja moottorin käyntitunnit sekä molemmat ajon jälkeiset mittarilukemat. Tämän lisäksi ajosuoritukset jaettiin kunkin vaunuyksilön osalta käyttöjaksoihin. Käyttöjaksoksi määritettiin aikaväli, jona vaunulla ei ollut vähintään yhden kalenterivuoden mittaista taukoa käytössä..

2.1.1 Rynnäkköpanssarivaunujen vuosittainen käyttö

Kuvioissa 9 ja 10 sekä taulukoissa 11 ja 12 kuvataan rynnäkköpanssarivaunujen vuosittaisen käytön määrää vuosien 2005 ja 2013 välisenä aikana. Käytön määrää tarkastellaan rynnäkköpanssarivaunuille kalenterivuosien aikana kertyneiden ajokilometrien ja moottorin käyntituntien avulla. Esitettävät luvut ovat prosentteja kulloinkin tarkasteltavan otoksen keskiarvosta.

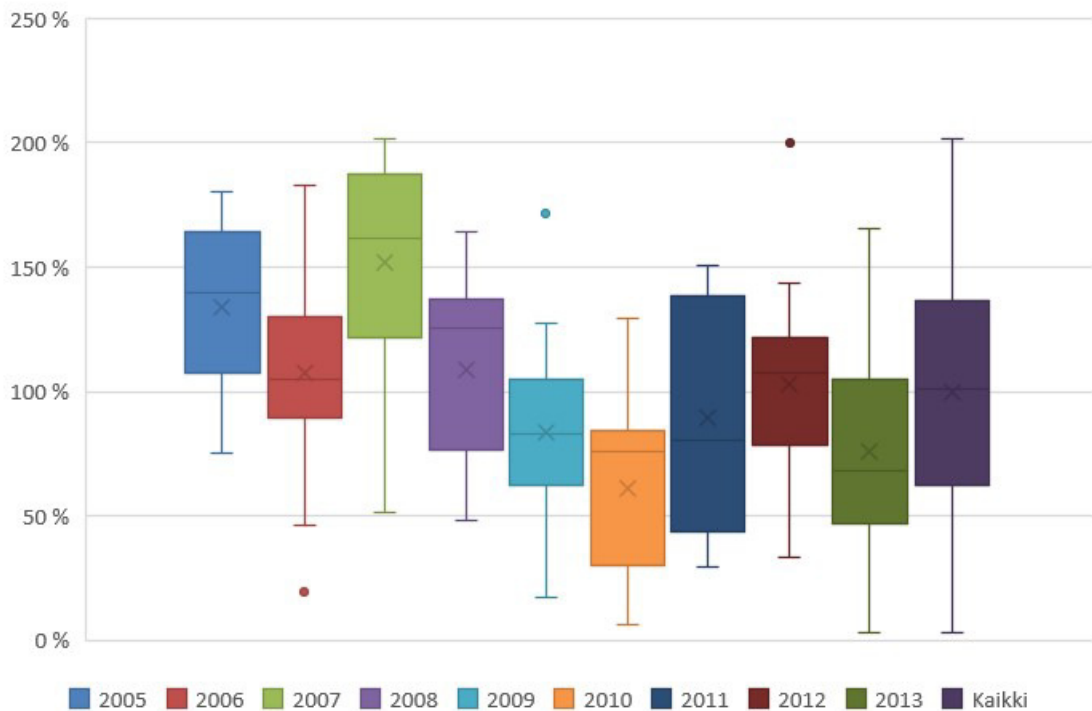
Vuosittaisen käytön määrän tarkastelu rajattiin koskemaan vain niitä vaunuja, joille oli kerättyssä historiatiedossa merkintöjä tarkastelu vuotta edeltävänä ja seuraavana vuonna. Tällä tavalla poistettiin vain osan vuodesta käytössä olleiden vaunujen vaikutus esitettäviin lukuihin.



Kuvio 9 Vaunujen vuosittaiset ajomäärät

Taulukko 11 Vaunujen vuosittaisten ajomäärien tunnusluvut

Vuosi	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Kaikki
Lukumäärä	7	11	13	13	15	13	18	15	9	114
Keskiarvo	137 %	115 %	159 %	114 %	91 %	65 %	81 %	86 %	73 %	100 %
Keskihajonta	40 %	54 %	48 %	39 %	38 %	40 %	36 %	33 %	57 %	50 %
Pienin arvo	60 %	21 %	63 %	35 %	26 %	6 %	25 %	26 %	1 %	1 %
Alakvartiili	132 %	85 %	140 %	110 %	68 %	30 %	60 %	70 %	36 %	67 %
Mediaani	140 %	120 %	161 %	121 %	96 %	56 %	84 %	89 %	79 %	101 %
Yläkvartiili	154 %	142 %	191 %	146 %	112 %	109 %	98 %	101 %	103 %	135 %
Suurin arvo	189 %	205 %	233 %	154 %	157 %	128 %	144 %	146 %	165 %	233 %
Kvartiilivälin pituus	22 %	58 %	51 %	36 %	44 %	79 %	38 %	31 %	68 %	68 %
Vaihteluvälin pituus	130 %	184 %	170 %	119 %	132 %	123 %	119 %	121 %	164 %	232 %



Kuvio 10 Vaunujen moottoreiden vuosittaiset käyntimäärät

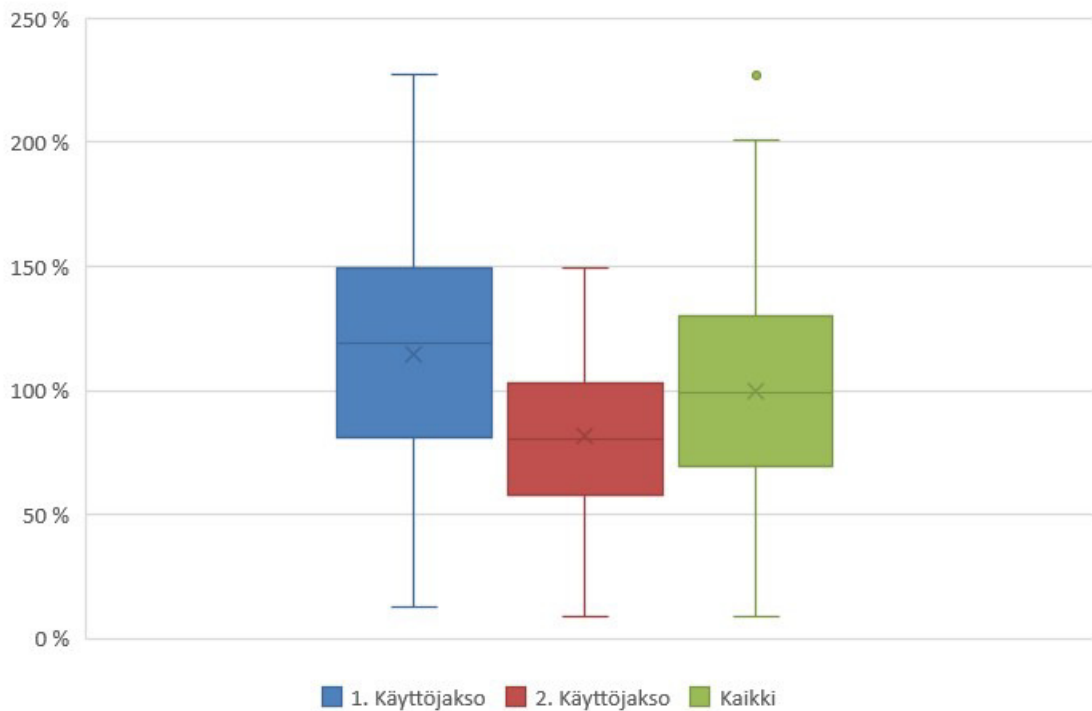
Taulukko 12 Vaunujen moottoreiden vuosittaisten käyntimäärien tunnusluvut

Vuosi	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Kaikki
Lukumäärä	7	11	13	13	15	13	18	15	9	114
Keskiarvo	134 %	108 %	152 %	109 %	83 %	61 %	90 %	103 %	76 %	100 %
Keskihajonta	39 %	49 %	45 %	38 %	39 %	36 %	44 %	41 %	56 %	49 %
Pienin arvo	75 %	20 %	52 %	48 %	17 %	6 %	29 %	33 %	3 %	3 %
Alakvartiili	107 %	89 %	121 %	77 %	62 %	30 %	48 %	79 %	47 %	64 %
Mediaani	140 %	105 %	161 %	125 %	83 %	76 %	80 %	107 %	68 %	101 %
Yläkvartiili	164 %	130 %	187 %	137 %	105 %	84 %	136 %	121 %	105 %	136 %
Suurin arvo	180 %	183 %	201 %	164 %	200 %	129 %	151 %	200 %	165 %	201 %
Kvartiilivälin pituus	57 %	41 %	66 %	60 %	42 %	54 %	87 %	43 %	58 %	72 %
Vaihteluvälin pituus	105 %	163 %	150 %	116 %	183 %	123 %	121 %	167 %	163 %	199 %

Esitetystä aineistosta voidaan havaita rynnäköpanssarivaunujen vuosittaisen käytön määrän vaihtelevan merkittävästi, niin yksittäisten vaunujen osalta kalenterivuoden aikana, kuin kaikkien vaunujen osalta kalenterivuositain. Verrattaessa vuosittaisia ajo-kilometri- ja käyntituntikertymiä keskenään, voidaan myös näiden välillä havaita merkittäviä keskinäisiä eroja. Kerätyn aineiston perusteella voidaan todeta, ettei rynnäköpanssarivaunun vuosittaisen käytön määrää voida tarkoituksenmukaisella tavalla ennustaa historiatiedon perusteella.

2.1.2 Rynnäköpanssarivaunujen käyttöjakson aikainen käyttö

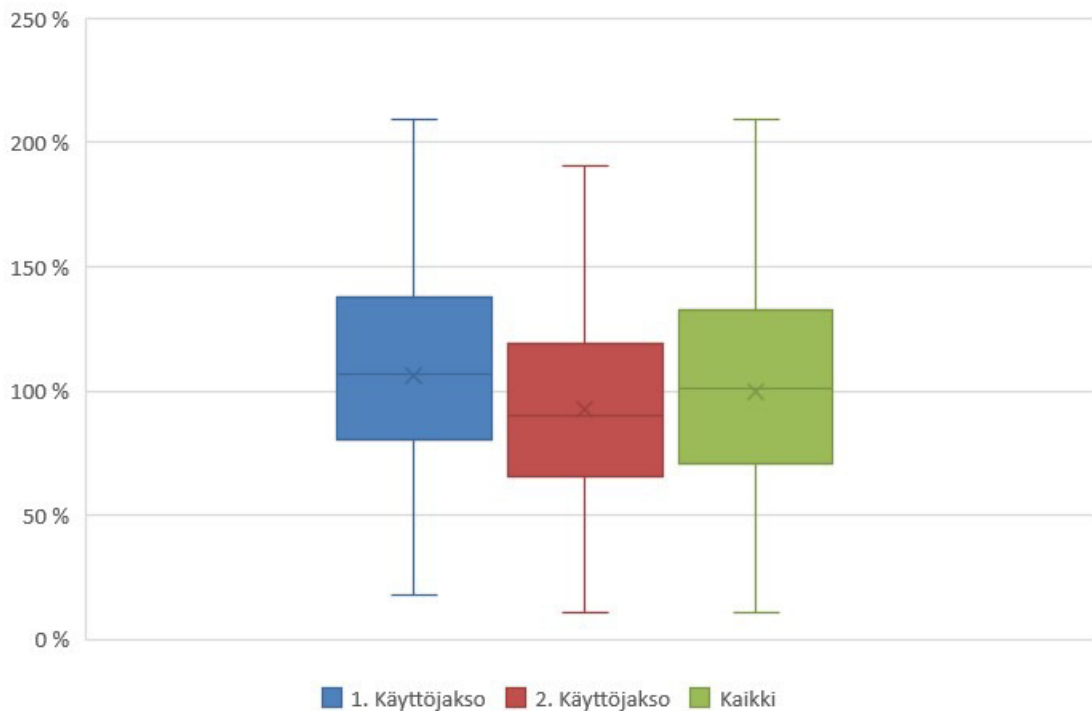
Kuvioissa 11 ja 12 sekä taulukoissa 13 ja 14 on kuvattu rynnäköpanssarivaunujen käytön määrää käyttöjaksoittain. Käytön määrää mitataan rynnäköpanssarivaunujen käyttöjaksojen aikaisten ajokilometri- ja käyntituntikertymien avulla ja ne esitetään prosentteina tarkasteltavien otoksien keskiarvoista.



Kuvio 11 Vaunujen käyttöjaksojen aikaiset ajomäärät

Taulukko 13 Vaunujen käyttöjaksojen aikaisten ajomäärien tunnusluvut

Käyttöjakso	1. Käyttöjakso	2. Käyttöjakso	Kaikki
Lukumäärä	65	51	116
Keskiarvo	115 %	81 %	100 %
Keskihajonta	47 %	37 %	46 %
Pienin arvo	13 %	9 %	9 %
Alakvartiili	81 %	58 %	70 %
Mediaani	119 %	81 %	99 %
Yläkvartiili	149 %	103 %	130 %
Suurin arvo	227 %	150 %	227 %
Kvartiilivälin pituus	69 %	45 %	60 %
Vaihteluvälin pituus	215 %	141 %	218 %



Kuvio 12 Vaunujen käyttöjaksojen aikaisten moottoreiden käyntimäärät

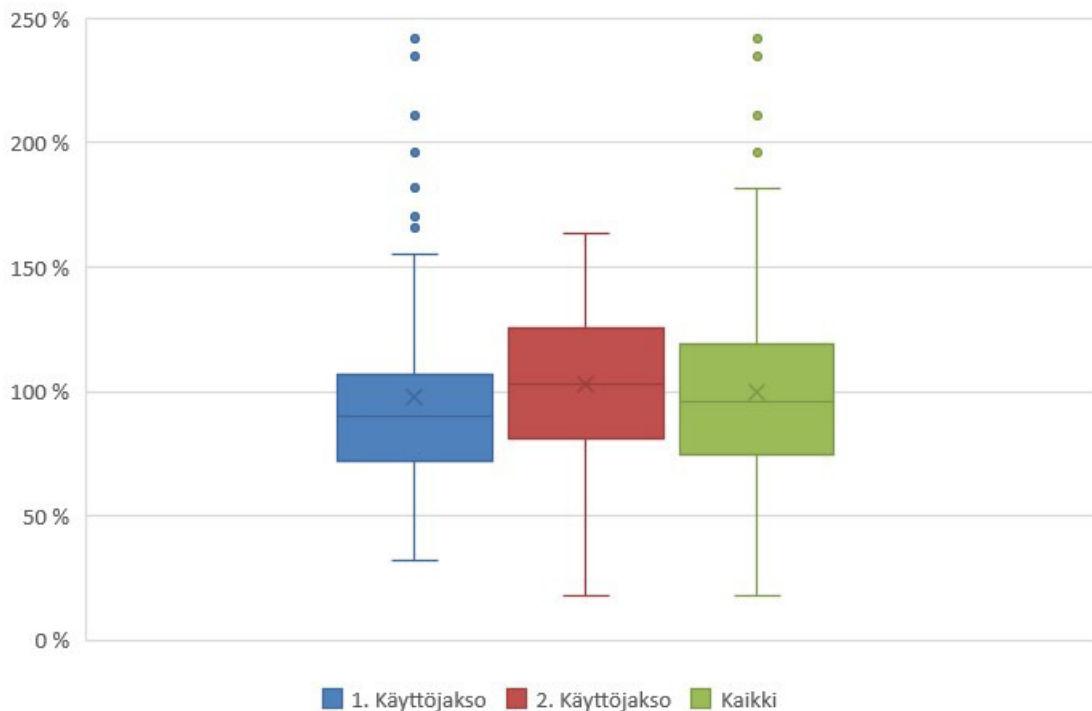
Taulukko 14 Vaunujen käyttöjaksojen aikaisten moottoreiden käyntimäärien tunnusluvut

Käyttöjakso	1. Käyttöjakso	2. Käyttöjakso	Kaikki
Lukumäärä	65	51	116
Keskisarvo	106 %	92 %	100 %
Keskihajonta	43 %	42 %	43 %
Pienin arvo	18 %	11 %	11 %
Alakvartiili	80 %	65 %	71 %
Mediaani	107 %	90 %	101 %
Yläkvartiili	138 %	119 %	132 %
Suurin arvo	209 %	191 %	209 %
Kvartiilivälin pituus	58 %	54 %	61 %
Vaihteluvälin pituus	192 %	180 %	199 %

Edellä esitetyissä kuvioissa (11 ja 12) sekä taulukoissa (13 ja 14) esitetyt luvut osoittavat merkittäviä vaihteluja, niin käyttöjaksojen aikana vaunuille kertyneissä ajokilometreissä, kuin moottoreiden käyntituntikertymissäkin. 1. ja 2. käyttöjakson välillä on havaittavissa selkeä ero käyttömäärien jakaumissa, 1. käyttöjakson aikana kertyneen käytön määrien ollessa suurimmillaan jakaumien yläpään havaintoarvoissa.

2.1.3 Rynnäköpanssarivaunujen käyttö- ja varastointijaksojen kestot

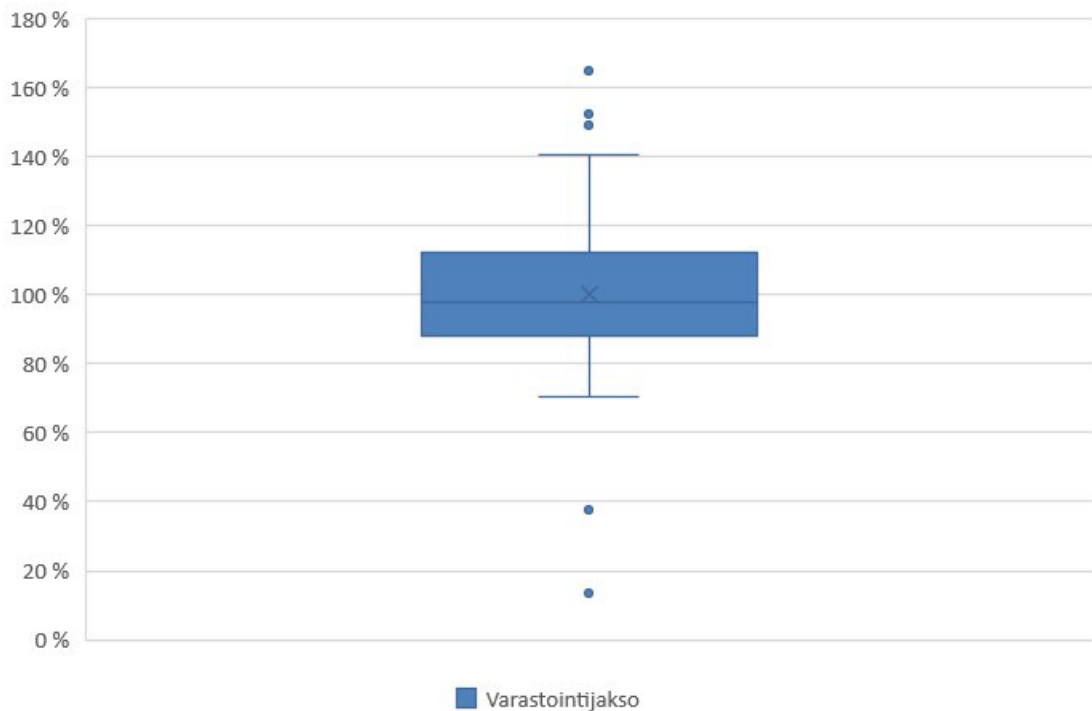
Yhdeksi opinnäytetyössä tarkasteltavaksi osa-alueeksi muodostui myös CV9030:n kierätyks ja sen toteutus. Suurin syy tähän oli käyttöjaksojen aikaisen käytön määrien tarkastelussa saaduissa tuloksissa havaitut merkittävät vaihtelut, joiden yhdeksi syyksi epäiltiin vaihteluita käyttöjaksojen kestoissa.



Kuvio 13 Vaunujen käyttöjaksojen kestot

Taulukko 15 Vaunujen käyttöjaksojen kestojen tunnusluvut

Käyttöjakso	1. Käyttöjakso	2. Käyttöjakso	Kaikki
Lukumäärä	65	50	115
Keskiarvo	98 %	103 %	100 %
Keskihajonta	45 %	34 %	41 %
Pienin arvo	32 %	18 %	18 %
Alakvartiili	72 %	81 %	75 %
Mediaani	90 %	103 %	96 %
Yläkvartiili	107 %	126 %	117 %
Suurin arvo	242 %	163 %	242 %
Kvartiilivälin pituus	35 %	45 %	43 %
Vaihteluvälin pituus	210 %	145 %	224 %



Kuvio 14 Vaunujen varastointijaksojen kestot

Taulukko 16 Vaunujen varastointijaksojen kestojen tunnusluvut

Lukumäärä	63
Keskiarvo	100 %
Keskihajonta	25 %
Pienin arvo	14 %
Alakvartiili	88 %
Mediaani	98 %
Yläkvartiili	112 %
Suurin arvo	165 %
Kvartiilivälin pituus	24 %
Vaihteluvälin pituus	151 %

Käyttöjaksojen kestot laskettiin kerätystä aineistosta kunkin vaunun kunkin käyttöjakson ensimmäisen ja viimeisen merkinnän päiväyksien perusteella. Varastointijaksojen kestot on vastaavasti laskettu kunkin vaunun 1. käyttöjakson viimeisen kirjauksen ja 2. käyttöjakson ensimmäisen kirjauksen päiväyksien perusteella. Lukuja tuleekin pitää suuntaa antavina, koska ne eivät perustu varsinaisiin varastointi- ja varastostaottopäivämääriin.

Esitetyt tulokset osoittavat kuitenkin merkittäviä vaihteluja niin käyttöjaksojen, kuin varastointijaksojenkin kestoissa. Käyttöjaksojen keston vaihtelulla voidaan olettaa olevan myös suora vaikutus aiemmin esitettyihin käyttöjaksojen aikaisiin ajokilometri- ja käynti-

tuntikertymiin, minkä takia näiden muuttujien välistä korrelaatiota päätettiin tarkastella myös regressioanalyysin avulla.

Yhteenveto

Käyttöhistorian keräämisen tarkoituksena oli saada mahdollisimman kattava ja luotettava kuva rynnäkköpanssarivaunujen käytön määrästä. Tietolähteeksi valittiin vaunujen huoltopäiväkirjat, koska niiden katsottiin tarjoavan luotettavin ja tarkin käytettävissä oleva tieto rynnäkköpanssarivaunujen käytöstä.

Käytönmäärän tarkasteluun käytettiin huoltopäiväkirjoihin kirjattujen ajosuorituksien ajokilometri- ja käyntituntikertymiä, joita voidaan pitää valideina mittareina rynnäkköpanssarivaunun käytölle. Kerätyn aineiston reliabiliteettia voidaan pitää korkeana, koska suurin osa merkinnöistä oli tehty johdonmukaisesti ja säännöllisesti. Vaihtelut yksittäisen ajosuorituksen määrittelyssä, mm. siinä oliko sotaharjoituksien aikaiset kertymät kirjattava vuorokausittain vai koko harjoituksen ajalta, eivät vaikuta esitettyihin tuloksiin. Mahdolliset kirjausvirheet saatiin minimoitua vertailemalla ja tarkistamalla yksittäisiä merkintöjä keskenään viettäessä aineisto Excel-taulukkoon.

Keskeisin havainto käyttöhistoriasta oli suuret vaihtelut vuosittaisissa ja käyttäjaksottaisissa vaunukohtaisissa kertymissä. Vaunukohtaisten vaihteluiden lisäksi, myös kalenterivuosien välillä oli huomattavia vaihteluita vaunujen käytön määrien jakaumissa. Myös vaihtelut käyttö- ja varastointijaksojen kestoissa olivat merkittäviä.

Kerätty aineisto tukee yleistä näkemystä Maavoimien kaluston käytön määrän vaihtelusta.

2.2 Käyttöjakson keston ja käytön määrän välinen korrelaatio

Käyttöjakson keston ja käytön määrän välisen korrelaation selvittäminen hyödynnettiin lineaarista regressioanalyysiä. Osion alkaa lineaarisen regressioanalyysin teorialla, jonka jälkeen esitetään analyyseistä saadut tulokset.

2.2.1 Lineaarinen regressioanalyysi teoriassa

Tässä opinnäytetyössä käytetään ainoastaan yksinkertaista lineaarista regressioanalyysiä, jossa tarkastellaan vain yhden selittävän tekijän vaikutusta selitettävään tekijään. Tarkastelussa selvitetään tarkasteltavien muuttujien välisen korrelaation voimakkuus ja merkitsevyys sekä tuotetaan kunnossapidon määrää käytön määrän perusteella ennustavat regressiomallit ja arvioidaan näiden hyvyttä.

Muuttujien välisen lineaarisen korrelaation voimakkuuden mittaamiseen tässä opinnäytetyössä käytetään Pearsonin korrelaatiokerrointa. Lasketun korrelaation merkitsevyyden arviointiin käytetään normaalijakaumaan perustuvaa nollahypoteesia, jonka perusteella korrelaatiokertoimelle laskettavaa p-arvoa. Analyysien tuottaman lineaarisen regressiomallin hyvyttä arvioidaan selitysasteen R^2 avulla.

Tässä opinnäytetyössä edellä mainitut arvot lasketaan Microsoft Office Excel 2007 –sovelluksen Data Analysis – työkalulla.

Pearsonin korrelaatiokerroin

Pearsonin korrelaatiokerroin kuvaa kuinka vahva lineaarinen riippuvuus selitettävän ja selittävän muuttujan välillä vallitsee. Pearsonin korrelaatiokerroin voi olla mikä tahansa luku -1 ja 1 välillä, -1 kuvatessa täydellistä negatiivista riippuvuutta, 0 kuvatessa täydellistä riippumattomuutta ja 1 kuvatessa täydellistä positiivista riippuvuutta. Pearsonin korrelaatiokertoimen käyttäminen edellyttää molempien muuttujien olemista vähintään välimatka-asteikon tasoisia. Korrelaatiokerroin voidaan laskea kaavassa 3 esitetyllä tavalla.

Kaava 3 Pearsonin korrelaatiokerroin $r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum[(x_i - \bar{x})^2]} \sqrt{\sum[(y_i - \bar{y})^2]}}$

Kaavassa

x_i on muuttujan x i:nnes havaintoarvo

\bar{x} on muuttujan x havaintoarvojen keskiarvo

y_i on muuttujan y i:nnes havaintoarvo

\bar{y} on muuttujan y havaintoarvojen keskiarvo

Normaalijakautuneeseen nollahypoteesiin perustuva p-arvo

Normaalijakautuneeseen nollahypoteesiin perustuva p-arvo on todennäköisyys yhtä suuren tai suuremman tilastollisen eron, kuin tutkimuksessa on havaittu, aikaan saamiseen, jos selitettävä muuttuja noudattaisi normaalijakaumaa. P-arvoa verrataan ennalta määrättyyn merkitsevyytasoon, α , joka ilmoitetaan prosenttilukuna. Tyypillisesti tilastollisen merkitsevyyden määrittämiseen käytetään arvoja 5 %, 1 % ja 0,1 % siten, että tulosta pidetään melkein merkitsevänä p-arvon ollessa välillä 0,01 ja 0,05, merkitsevänä p-arvon ollessa välillä 0,001 ja 0,01 ja erittäin merkittävänä, kun arvo on pienempi kuin 0,001 (Holopainen, ym. 2004, 220–222).

Lineaarinen regressiomalli

Lineaarinen regressiomalli on matemaattinen malli, jolla pyritään selitettävän muuttujan ennustamiseen selittävän muuttujan arvon perusteella. Tavoitteena regressiomallin tekemisessä on tuottaa mahdollisimman hyvin otantaa kuvaava suoran yhtälö, kaava 4.

Kaava 4 Suoran yhtälö $y = \beta x + k$

Kaavassa

y on selitettävä muuttuja

x on muuttujan selittävä muuttuja

β on suoran kulmakerroin

k on suoran vakiotermin

Regressio-ongelma syntyy, kun sellaista kulmakertoimen arvoa, joka saisi suoran yhtälön toteumaan kaikilla havaintoarvoilla x_i ja y_i , ei ole löydettävissä. Tällöin jokainen y:n arvo voidaan laskea kaavassa 5 esitetyn yhtälön avulla.

Kaava 5 Muuttujan y regressiomalli muuttujan x suhteen $y_i = \beta x_i + k + \varepsilon_i$
 Kaavassa

y on selitettävä muuttuja

x on muuttujan selittävä muuttuja

β on suoran kulmakerroin

k on suoran vakiotermi

ε on satunnaisesti vaihteleva jäännöstermi

Regressioanalyysin tavoitteena on löytää sellainen suoran yhtälön kulmakerroin, jonka avulla laskettu suora kulkisi mahdollisimman läheltä kaikkia havaintoarvoja x_i ja y_i . Tätä kutsutaan käyränsovitukseen ongelmaksi. Yleisin, Excelinkin käyttämä, ratkaisu tähän on pienimmän neliösumman menetelmä, jonka tarkoituksena on määrittää sellainen kulmakerroin, joka minimoi kakkien jäännöstermien neliöiden summan, jolloin regressiomallina toimivan suoran yhtälön voidaan katsoa antavan parhaan mahdollisen estimaatin y :n arvolle. Regressioanalyysien tuloksena syntyvistä regressiomalleista esitetään tässä opinnäytetyössä ainoastaan niitä vastaavat suorat kuvaajissa, koska saatavien suoranyhtälöiden esittämisellä ei katsota olevan itse tämän opinnäytetyön kannalta merkitystä.

Selitysaste R^2

Selitysasteen avulla voidaan osoittaa kuinka suuri osa selitettävän muuttujan vaihtelusta on selitettävissä selittävän muuttujan vaihtelulla. Selitysaste on luku 0 ja 1 välillä ja se esitetään tyypillisesti prosentteina. Mitä suurempi selitysaste, sitä paremmin regressiomallilla estimoidut arvot vastaavat tarkasteltavaa otantaa. Selitysaste R^2 on estimoidun mallin mallineliösumman ja selitettävän muuttujan kokonaisneliösumman osamäärä. Yhden selittävän muuttujan regressiomallin selitysaste vastaa Pearsonin korrelaatiokertoimen toisen asteen potenssia kaavan 6 mukaisesti.

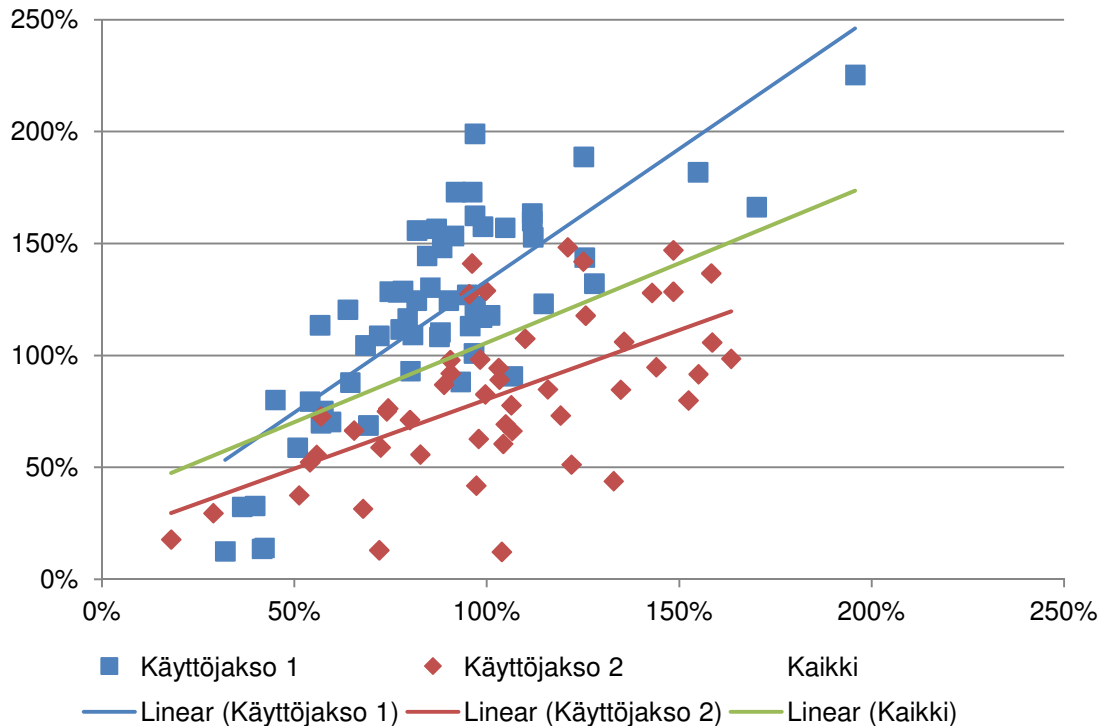
Kaava 6 Yhden selittävän muuttujan regressiomallin selitysaste $R^2 = r^2$

2.2.2 Käyttöjakson keston ja sen aikaisen käytön määrän välinen korrelaatio

Aikaisemmin tässä luvussa tarkasteltiin rynnäköpanssarivaunujen käyttöjaksojen aikaista käyttöä ja näiden kestoja. Molemmista havaittujen vaihteluiden perusteella tultiin siihen johtopäätökseen, että rynnäköpanssarivaunun käyttöjakson kestolla on suora vaikutus käyttöjakson aikaisen käytön määrään.

Sen selvittämiseksi, pystyykö käyttöjakson suunnitellun keston perusteella ennustamaan käyttöjakson aikaisen käytön määrää ja jos pystyy, niin kuinka hyvin, päätettiin asiaa tarkastella regressioanalyysien avulla. Seuraavilla sivuilla esitetään kerätyn käyttöhistorian perusteella käyttöjakson keston ja sen aikaisen käytön välisen korrelaation selvittämiseksi tehtyjen regressioanalyysien tulokset.

Käyttöjakson keston ja ajokilometrikertymän välinen korrelaatio



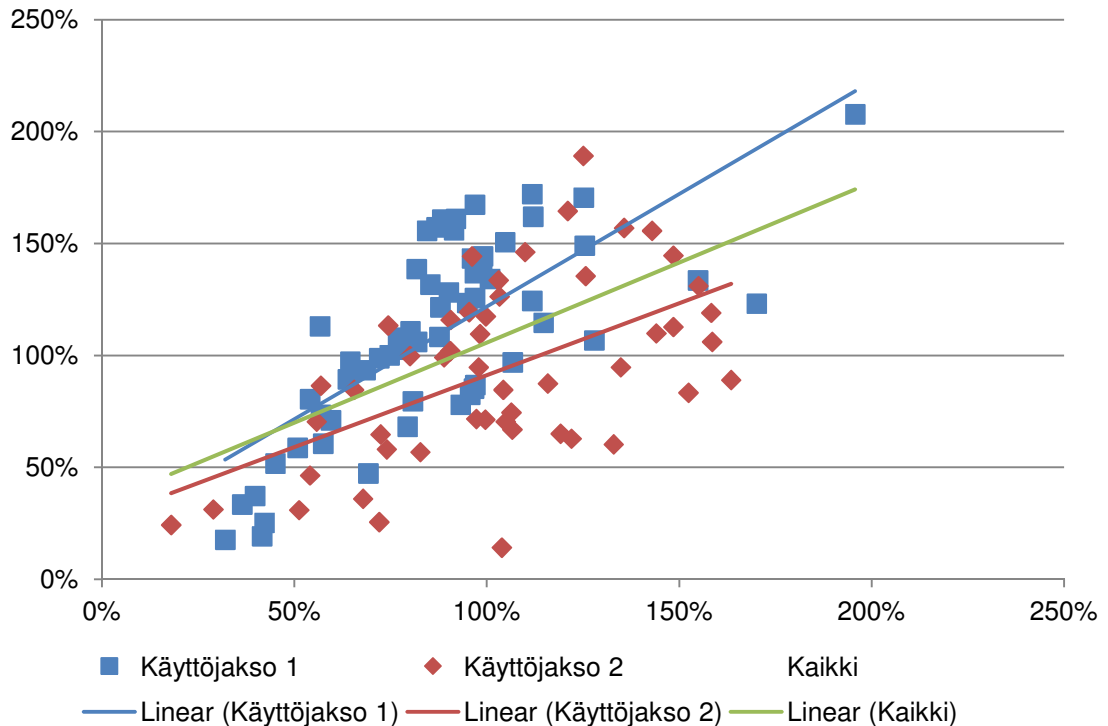
Kuvio 15 Käyttöjaksojen keston vaikutus käyttöjakson aikana rynnäkköpanssarivaunulle kertyviin ajokilometreihin

Taulukko 17 Käyttöjaksojen keston ja käyttöjakson aikana kertyneiden ajokilometriä välisen regressioanalyysin tulokset

Käyttöjakso	Käyttöjakso 1	Käyttöjakso 2	Kaikki
Lukumäärä	59	50	109
Pearsonin korrelaatiokerroin	0,80	0,60	0,53
P-arvo	$5,4 * 10^{-14}$	$4,3 * 10^{-6}$	$4,2 * 10^{-9}$
Selitysaste R²	63 %	36 %	28 %

Yllä esitetyt tulokset osoittavat, että käyttöjakson kesto vaikuttaa sen aikana rynnäkköpanssarivaunulle kertyviin ajokilometreihin. Saadut tulokset kuitenkin osoittavat myös sen, että tässä suhteessa on merkittävä ero käyttöjaksojen välillä, eikä analyysin tuloksena saatuja regressiomalleja ainakaan sellaisenaan voida pitää luotettavana tapana rynnäkköpanssarivaunulle käyttöjakson aikana kertyvien ajokilometriä ennustamiseen.

Käyttöjakson keston ja moottorin käyntituntikertymän välinen korrelaatio



Kuvio 16 Käyttöjaksojen keston vaikutus käyttöjakson aikana rynnäköpanssarivaunulle kertyviin moottorin käyntitunteihin

Taulukko 18 Käyttöjaksojen keston ja käyttöjakson aikana kertyneiden käyntituntien välisten regressioanalyysien tulokset

Käyttöjakso	Käyttöjakso 1	Käyttöjakso 2	Kaikki
Lukumäärä	59	50	109
Pearsonin korrelaatiokerroin	0,73	0,55	0,57
P-arvo	$5,2 * 10^{-11}$	$3,6 * 10^{-5}$	$1,2 * 10^{-10}$
Selitysaste R²	53 %	30 %	32 %

Yllä esitetyt tulokset osoittavat, että käyttöjakson kesto vaikuttaa myös sen aikana rynnäköpanssarivaunulle kertyviin moottorin käyntitunteihin. Tuloksista on havaittavissa samankaltainen ero käyttöjaksojen välillä, kuin ajokilometrienkin kohdalla, vaikka ero onkin pienempi kuin ajokilometreissä havaittu. Tulosten valossa saatuja regressiomalleja ei kuitenkaan voida ainakaan sellaisenaan pitää luotettavana menetelmänä tulevan käyttöjakson aikana rynnäköpanssarivaunulle kertyvien moottorin käyntituntien ennustamiseen.

2.3 Johtopäätökset

Kerätyn käyttöhistorian tarkastelun perusteella CV9030:n tarkastelujakson aikainen käyttö on vaihdellut merkittävästi. Aineistosta on selkeästi havaittavissa eroja yksittäis-

ten vaunujen käytössä vertailtujen jaksojen sisällä sekä tarkasteltujen ajanjaksojen välillä.

Kerätty aineisto osoittaa, ettei CV9030-rynnäköpanssarivaunujen vuosittaisen käytön määrää voida ennustaa aikasarjoihin perustuvia menetelmiä hyödyntäen. Myöskin käyttöjaksojen aikaisen käytön ennustaminen pelkästään niiden keston perusteella osoittautui tähän tarkoitukseen soveltumattomaksi menetelmäksi.

Vaihtelut järjestelmän käytössä osoittautuivat merkittävimiksi, kuin lähtökohtaisesti oli ajateltu. Vaihtelun aiheuttamat haasteet vaunujen tulevien käyttöprofiilien määrittämiseksi ovatkin suuremmat, kuin yleisesti on kuviteltu. Käyttöennusteeseen perustuvien kustannusennusteiden tuottamiseksi tulisikin ensin selvittää, kuinka tarkasti ja miten käyttöä ylipäättään on mahdollista ennustaa. Tässä opinnäytetyössä käytetyn kvantitatiivisen tarkastelun keinoin käyttöprofiilin tuottaminen ei kuitenkaan ole mahdollista.

3 REGRESSIOANALYYSIIN PERUSTUVA KUSTANNUSENNUSTE

Ensimmäisenä vaihtoehtona menetelmäksi kunnossapitokustannusten ennustamiseksi tarkastellaan käytön määrän perustuvaa lineaarista regressiomallia. Tämän mallin käytön taustalla on näkemys siitä, että järjestelmän käytön määrän kasvu lisää vikojen syntymisen todennäköisyyttä. Tätä ajatusta tukee mm. Nowlanin ja Heapin 1960-luvulla tekemien tutkimusten perusteella tuottama raportti, jossa he tarkastelivat Yhdysvaltaisen United Airlinesin lentoyhtiön keräämää dataa lentokoneiden vikaantumisista. Vaikka he kyseenalaistavatkin raportissaan perinteisen kylpyammekäyrään perustuvan vikaantumiskäsityksen, osoittaa heidän esittämät tutkimustuloksensa myös vikaantumisen todennäköisyyden kasvavan käytön määrän kasvaessa. (Heap ja Nowlan 1978, 39–49.)

Tarkasteltavaa menetelmän käyttöä puoltaa myös RAND Corporationin Yhdysvaltain Armeijalle panssarivaunujen kunnossapidon määrää ja kustannuksia tarkastelevissa tutkimuksissa saamat tulokset. Tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin iän vaikutusta M1 Abrams -taistelupanssarivaunun kriittisten vikojen määrään, tultiin siihen tulokseen, että taistelupanssarivaunun käytön määrällä on tilastollisesti merkittävä vaikutus siinä esiintyvien kriittisten vikojen määrään (Boren, ym. 2004, 27).

Toisessa tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin Yhdysvaltain Armeijan ikääntyvien ajoneuvojärjestelmien uusimisen (peruskorjauksen) kannattavuutta, tultiin siihen tulokseen, että Bradley-rynnäkköpanssarivaunun kriittisten vikakorjausten kustannukset kasvoivat lähes lineaarisesti suhteessa vaunun käytön määrään (Bower, ym. 2013, 35).

Tässä opinnäytetyössä regressioanalyysin avulla tarkastellaan ensin käyttöjakson aikaisen käytön määrän vaikutusta sen aikaisen kunnossapidon määrään. Nämä analyysit tehtiin kahdessa edellisessä luvussa kuvattujen aineistojen perusteella vuosien 2010 ja 2014 väliselle ajalle sijoittuneille käyttöjaksoille.

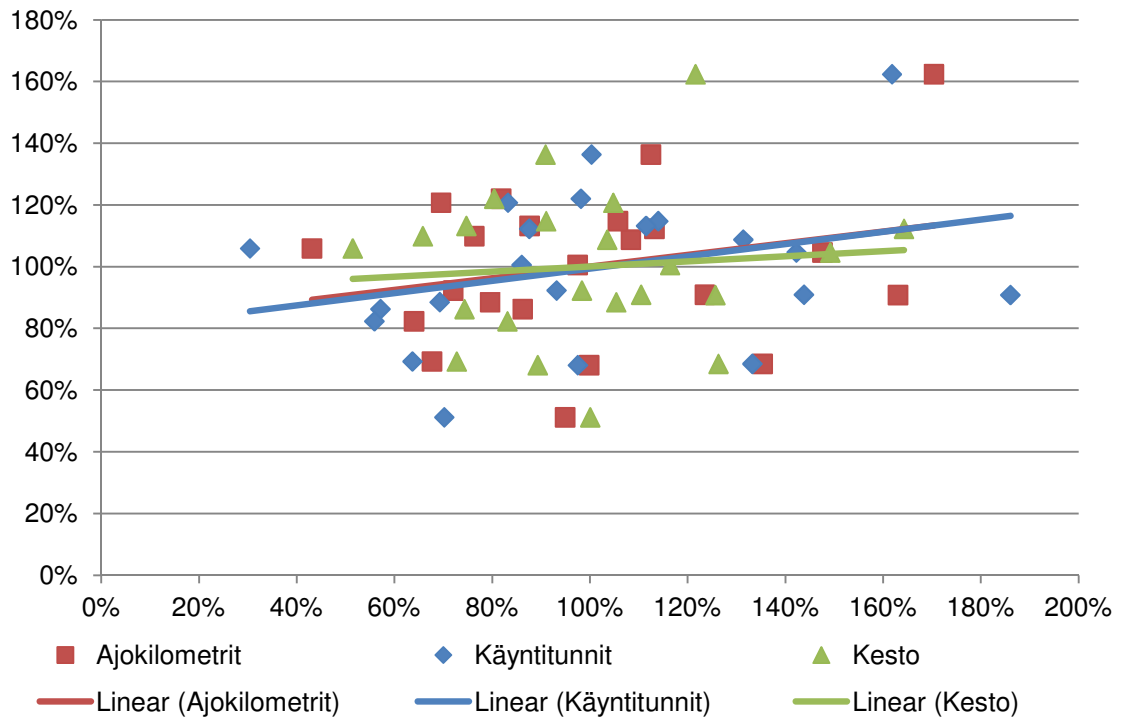
Johtuen kerätyssä kunnossapitohistoriassa havaittujen puutteiden ja strategisen kumppanuuden laajentamisen jälkeen tapahtuneen muutoksen johdosta, haluttiin menetelmää kokeilla myös vuoden 2015 jälkeen syntyneellä kunnossapitohistorialla. Tämä toteutettiin tarkastelemalla vuonna 2015 ja 2016 tehtyjen huoltojen välisenä aikana vaunuille kertyneiden käyttömäärien vaikutusta vuoden 2016 huoltojen työmääriin.

Analyysit tehtiin samaa menetelmää hyödyntäen, kuin käyttöjaksojen pituuksien ja niiden aikaisten käytön määrien tarkastelut edellisessä luvussa.

3.1 Käyttöjakson keston sekä sen aikaisen käytön ja kunnossapidon määrän välinen korrelaatio

Käyttöjakson aikaisen käytön ja kunnossapidon välistä korrelaatiota analysoitiin keräämällä aineistosta sellaiset vaunuyksilöt, joiden 2. käyttöjakso sijoittui vuosien 2010 ja 2014 väliselle ajalle, joiden käyttöhistoria oli kerätty ja joille oli tuona aikana kertynyt

vähintäänkin huolto-ohjelman mukaiset kunnossapidon työtilaukset. Regressio-analyysien avulla tarkasteltiin käyttöjakson aikaisen kunnossapidon työmäärän korreloimista käyttöjakson keston, sen aikana kertyneisiin ajokilometreihin sekä moottorin käyntitunteihin. Analyysien tulokset on esitetty kuviossa 17 ja taulukossa 19.



Kuvio 17 Käyttöjakson aikaisen käytön määrän ja sen keston vaikutus kunnossapidon työmäärään

Taulukko 19 Käyttöjakson aikaisen käytön ja sen keston välisten regressioanalyysin tulokset

Muuttuja	Ajokilometrit	Käyntitunnit	Kesto
Pearsonin korrelaatiokerroin	0,29	0,25	0,090
P-arvo	0,19	0,27	0,69
Selitysaste R ²	8,4 %	6,1 %	8,0 ‰

Saatujen tulosten perusteella tarkasteltujen rynnäköpanssarivaunujen käyttöjakson aikaisen kunnossapidon määrään ei ole vaikuttanut käyttöjaksojen kesto, käyttöjakson aikana vaunuilla ajatut kilometrit tai niille kertyneet moottoreiden käyntitunnit.

Käytännössä tehtyjen analyysien perusteella ei kuitenkaan voida tehdä mitään konkreettisia johtopäätöksiä PVSAP:stä saadussa kunnossapitohistoriassa olevien puutteiden ja virheiden sekä edellä esille tuodun CV9030-rynnäköpanssarivaunun kunnossapidossa tapahtuneen muutoksen takia.

3.2 Huoltojen välisen käytön ja kunnossapidon määrän välinen korrelaatio

Edellä kuvattiin kerätystä aineistosta vuosien 2010–2014 väliselle ajanjaksolle sijoittuneiden käyttöjaksojen aikaisen käytön ja kunnossapidon työmäärän välisen korrelaation selvittämiseksi tehtyjen regressioanalyysien tuloksia, jotka osoittautuivat esitetyn hypoteesin vastaisiksi. PVSAP:stä kerättyjen historiatietojen paikkansapitävyyttä pidettiin aineiston tarkastelun perusteella vähintäänkin kyseenalaisena, koettiin tarpeelliseksi tarkastella rynnäköpanssarivaunun käytön ja kunnossapidon työmäärän välistä korrelaatiota Millog Oy:n aikana tuotettuun kunnossapitohistoriaan.

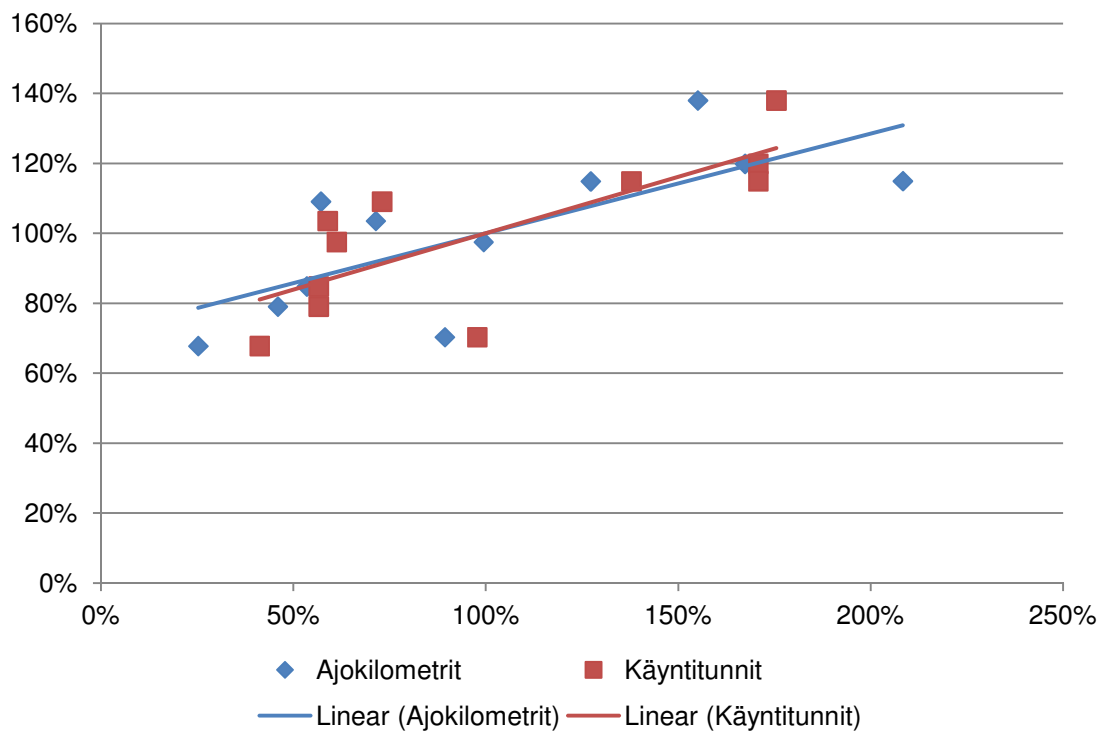
Koska strategisen kumppanuuden laajentumisen jälkeen ei yhdellekään vaunulle ollut kertynyt kokonaista käyttöjaksoa, varastostaottohuollosta varastointiin, jouduttiin kunnossapidon ja käytön välisen korrelaation tarkasteluun valitsemaan edellä kuvatuista analyyseistä poikkeava tarkastelujakso. Luontevimmaksi ja parhaiten todellisuutta kuvaavaksi tarkastelunkohteeksi valittiin vuoden 2016 aikana tehtyjen huoltojen työmäärien vertaaminen vuonna 2015 tehtyjen huoltojen jälkeen vaunuille kertyneisiin ajokilometreihin ja moottoreiden käyntitunteihin.

Koska alun perin kerätty käyttöhistoria ei kattanut riittävässä määrin vuosien 2015 ja 2016 aikaista käyttöä, jouduttiin näitä analyysejä varten keräämään tiedot käytön määrästä erikseen. Lähteiksi valittiin vuosina 2015 ja 2016 tehtyjen huoltojen työlistat, joihin oli kirjattu huoltojen yhteydessä vaunujen sen hetkiset matka- ja käyntituntimittarien lukemat.

Näiden lukujen avulla analysoitiin vuonna 2016 tehtyjen teknisten ja varastointi huoltojen kokonaistyömäärien, huollon yhteydessä tehtyihin vikakorjauksiin käytettyjen työtuntien ja huoltojen yhteydessä kirjattujen vikakorjaustoimien lukumäärien korreloimista vaunujen edellisen huollon jälkeisiin käyttökertymiin. Myös käytön vaikutusta vikakorjaustoihin tarvittujen varaosien määrään ja kustannuksiin analysoitiin.

Regressioanalyysit tehtiin kummallekin huollolle erikseen, niiden toisistaan poikkeavan sisällön vuoksi. Analyysit rajattiin kokemaan ainoastaan niitä vaunuyksilöitä, joille oli vuosina 2015 sekä 2016 tehdyissä huolloissa kirjattu ylös, sekä matkamittarin, että käyntituntimittarin lukemat, ja joissa kumpaakaan mittaria ei oltu uusittu näiden kirjauksien välisenä aikana.

Edellisen huollon jälkeisen käytön vaikutus teknisen huollon kokonaistyömäärään



Kuvio 18 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus teknisen huollon kokonaistyömäärään

Taulukko 20 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja teknisen huollon kokonaistyömäärän välisten regressioanalyysien tulokset

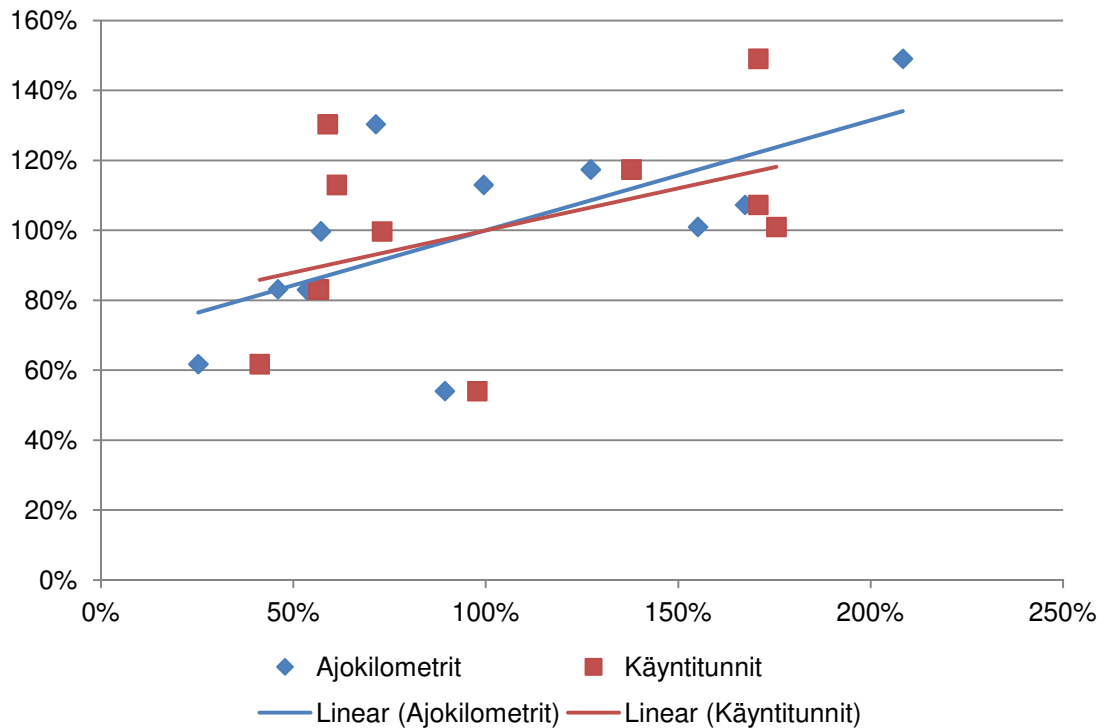
Muuttuja	Ajokilometrit	Käyntitunnit
Pearsonin korrelaatiokerroin	0,74	0,77
P-arvo	$9,5 * 10^{-3}$	$5,6 * 10^{-3}$
Selitysaste R ²	55 %	59 %

Ylläesitetyt analyysissä saadut tulokset osoittavat teknisen huollon kokonaistyömäärän olevan lineaarisesti riippuvainen vaunulle varastostaottohuollon jälkeen kertyneestä käytön määrästä.

Tulosten perusteella kertyneiden moottorin käyntituntien ja kokonaistyömäärän välinen korrelaatio on hiukan ajokilometrikertymän korrelaatiota voimakkaampi.

Saatuja tuloksia voidaan myös pitää tilastollisesti merkitsevinä.

Edellisen huollon jälkeisen käytön vaikutus teknisen huollon yhteydessä tehtyjen vikakorjauksien työmäärään



Kuvio 19 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus teknisen huollon yhteydessä tehtävien vikakorjauksien työmäärään

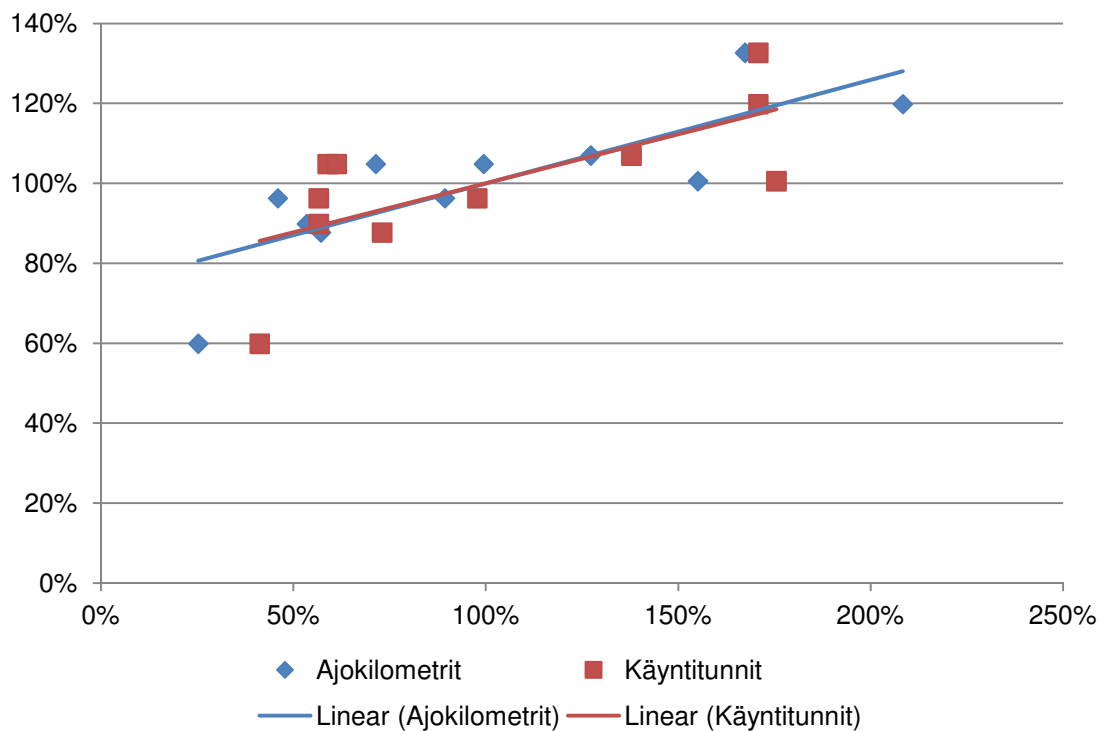
Taulukko 21 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja teknisen huollon yhteydessä tehtävien vikakorjauksien työmäärän välisten regressioanalyysien tulokset

Muuttuja	Ajokilometrit	Käyntitunnit
Pearsonin korrelaatiokerroin	0,64	0,45
P-arvo	0,033	0,16
Selitysaste R ²	41 %	20 %

Varastostaottohuollon jälkeen rynnäköpanssarivaunuille kertyneen käytön määrän vaikutusta teknisten huoltojen vikakorjauksille kirjattujen työtuntien määrä tarkastellessa regressioanalyysissä saadut, yllä esitetyt, tulokset näyttävät siltä, että käytön määrällä on pienempi vaikutus vikakorjauksien työmäärään, kuin mitä sillä on huollon kokonaistyömäärään.

On kuitenkin todennäköisempää, että osa vikakorjauksiin käytetystä ajasta on tilauksilla kirjautunut huollon tilaukselle. Tätä ei voida pitää mitenkään yllättävänä, koska tuntikirjauksiin käytettävät laitteet ovat etäällä työpisteistä, jolloin etenkin pienten korjausten takia työn vaihto jää helposti tekemättä.

Edellisen huollon jälkeisen käytön vaikutus teknisen huollon yhteydessä tehtyjen vikakorjausten määrään



Kuvio 20 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus teknisen huollon yhteydessä kirjattujen vikojen määrään

Taulukko 22 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja teknisen huollon yhteydessä kirjattujen vikojen määrän välisten regressioanalyysien tulokset

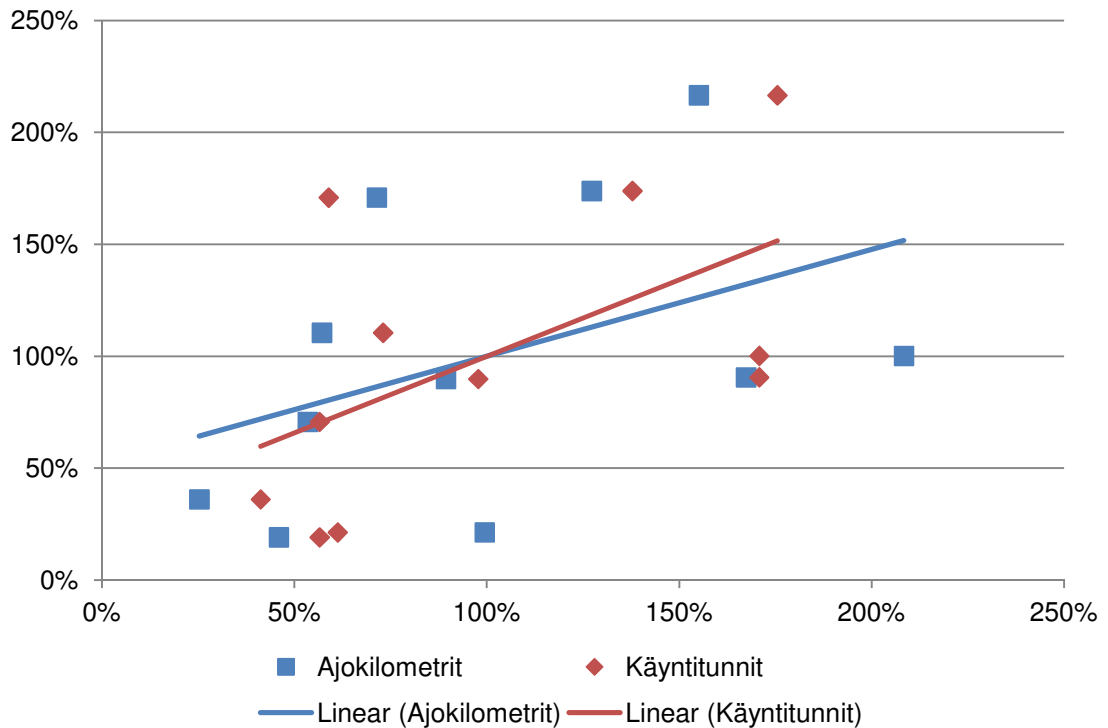
Muuttuja	Ajokilometrit	Käyntitunnit
Pearsonin korrelaatiokerroin	0,81	0,70
P-arvo	$2,7 * 10^{-3}$	0,016
Selitysaste R ²	65 %	49 %

Edellisen huollon jälkeen rynnäköpanssarivaunulle kertyneellä käytöllä on ylläesitettyjen tulosten perusteella havaittavissa selkeä vaikutus teknisen huollon yhteydessä kirjattujen vikakorjausten lukumäärään.

Toisin kuin huollon kokonaistyömäärän kohdalla, näyttäisi vaunulle kertyneillä ajokilometreillä olevan moottorin käyntitunteja selkeämpi vaikutus kirjattujen vikojen määrään.

Yllä esitetyjä tuloksia voidaan analyysin perusteella pitää tilastollisesti merkitsevinä.

Edellisen huollon jälkeisen käytön vaikutus teknisen huollon yhteydessä tehtyihin vikakorjauksiin käytettyjen varaosien määrään



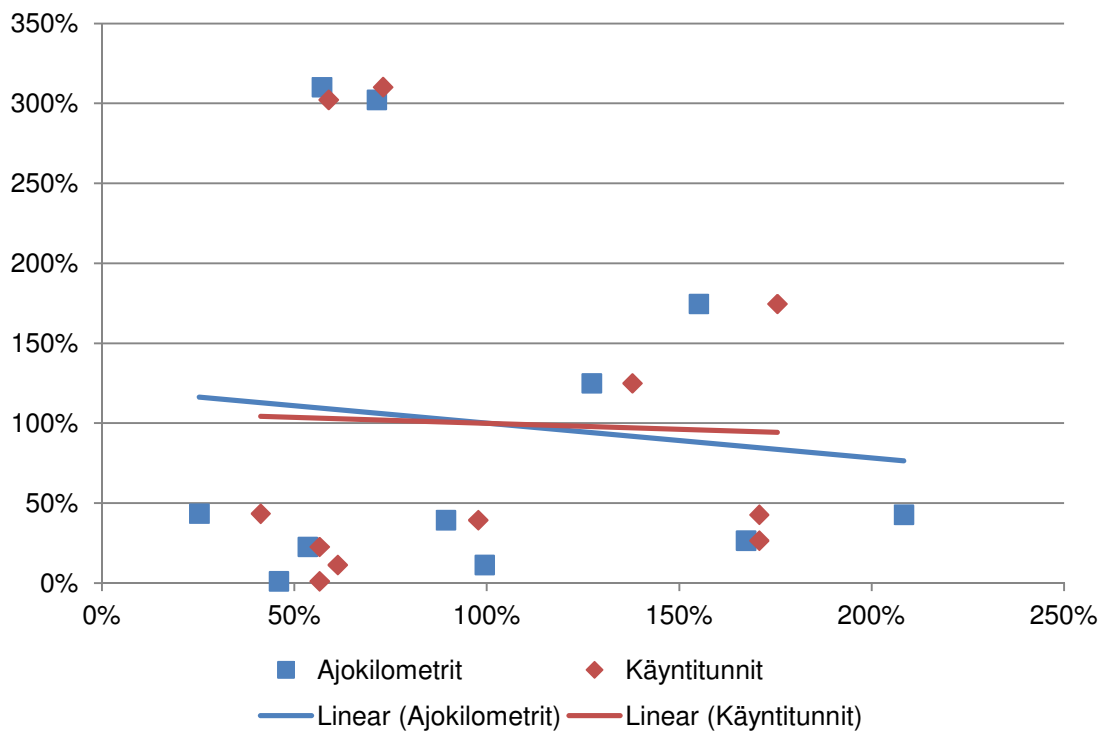
Kuvio 21 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus teknisen huollon yhteydessä tehtyihin vikakorjauksiin käytettyjen varaosien määrään

Taulukko 23 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja teknisen huollon yhteydessä vikakorjauksiin käytettyjen varaosien määrän välisten regressioanalyysien tulokset

Muuttuja	Ajokilometrit	Käyntitunnit
Pearsonin korrelaatiokerroin	0,43	0,56
P-arvo	0,19	0,073
Selitysaste R ²	18 %	31 %

Edellisen huollon jälkeisellä käytön määrällä ei yllä esitettyjen tulosten perusteella voida katsoa olevan tilastollisesti merkittävää vaikutusta teknisen huollon yhteydessä vikakorjauksiin käytettävien varaosien määrän kanssa.

Edellisen huollon jälkeisen käytön vaikutus teknisen huollon yhteydessä tehtyihin vikakorjauksiin käytettyjen varaosien kustannuksiin



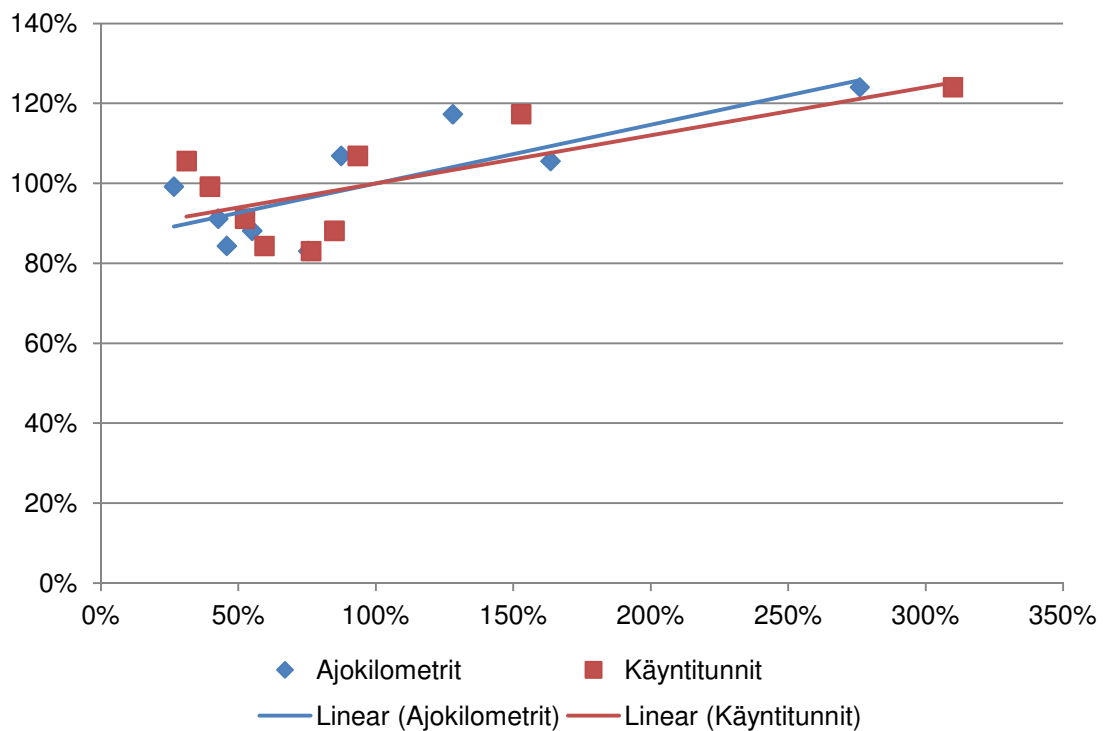
Kuvio 22 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus teknisen huollon yhteydessä tehtyihin vikakorjauksiin käytettyjen varaosien kustannuksiin

Taulukko 24 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja teknisen huollon yhteydessä vikakorjauksiin käytettyjen varaosien kustannusten välisten regressioanalyysien tulokset

Muuttuja	Ajokilometrit	Käyntitunnit
Pearsonin korrelaatiokerroin	-0,11	-0,03
P-arvo	0,75	0,92
Selitysaste R ²	1,2 %	0,1 %

Yllä esitettyjen tulosten perusteella on selvää, ettei varastostaottohuollon jälkeisen käytön määrällä ole vaikutusta teknisen huollon yhteydessä tehtyihin vikakorjauksiin käytettyjen varaosien kokonaiskustannuksiin.

Edellisen huollon jälkeisen käytön vaikutus varastointihuollon kokonaistyömäärään



Kuvio 23 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus varastointihuollon kokonaistyömäärään

Taulukko 25 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja varastointihuollon kokonaistyömäärän välisten regressioanalyysien tulokset

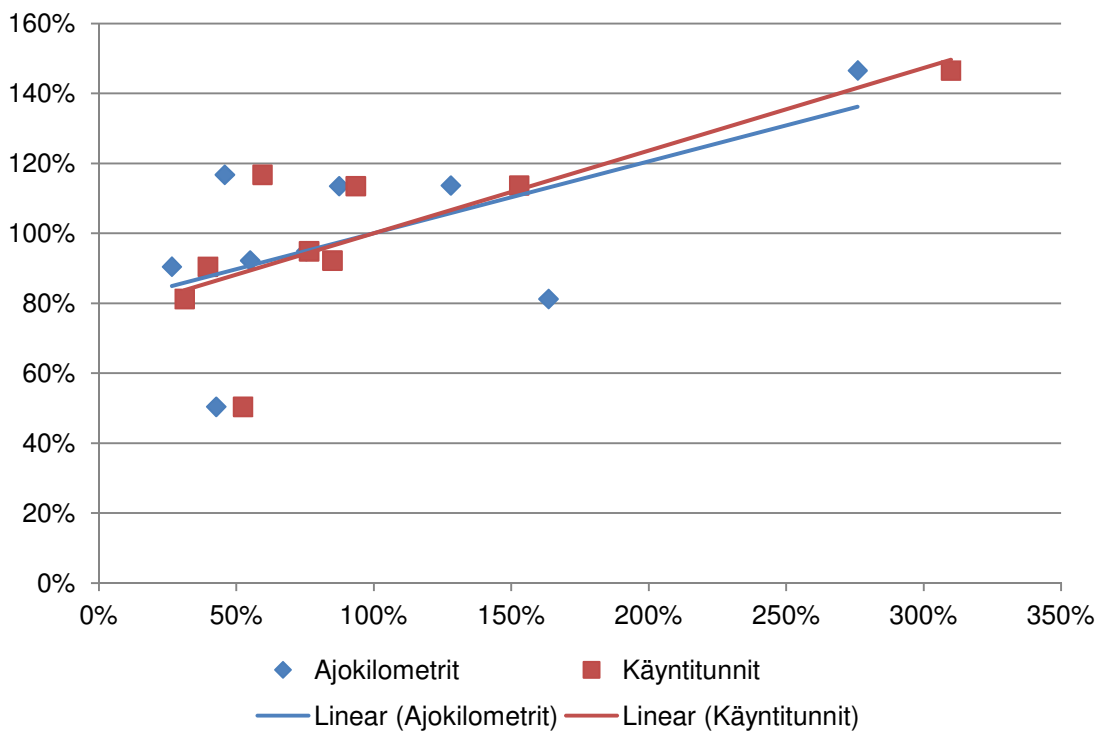
Muuttuja	Ajokilometrit	Käyntitunnit
Pearsonin korrelaatiokerroin	0,79	0,71
P-arvo	0,011	0,031
Selitysaste R ²	63 %	51 %

Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutusta varastointihuollon kokonaistyömäärään tarkastelleiden regressioanalyysien tulokset on esitetty yllä. Saatujen tulosten perusteella käytön määrällä on selkeä vaikutus varastointihuoltojen kokonaistyömäärään.

Toisin kuin teknisellä huollolla, näyttäisi varastointihuollon kokonaistyömäärä olevan riippuvaisempi rynnäköpanssarivaunulle kertyneistä ajokilometreistä, kuin kertyneistä moottorin käyntitunneista.

Analyysin perusteella saatuja tuloksia voidaan pitää tilastollisesti melkein merkitsevinä. Tulosten tilastolliseen merkitsevyyteen on vaikuttanut käytettävissä olleiden havaintoarvojen vähäinen määrä.

Edellisen huollon jälkeisen käytön vaikutus varastointihuollon yhteydessä tehtyjen vikakorjauksien työmäärään



Kuvio 24 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus varastointihuollon yhteydessä tehtävien vikakorjauksien työmäärään

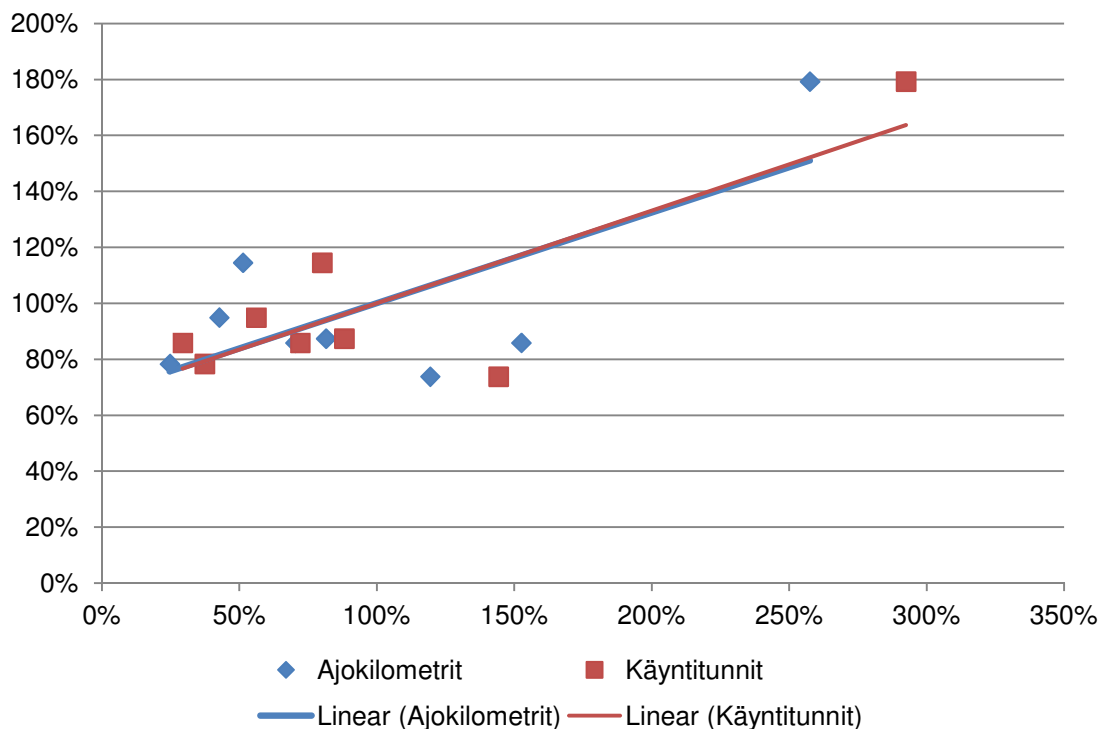
Taulukko 26 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja varastointihuoltojen yhteydessä tehtyjen vikakorjauksien työmäärän välisten regressioanalyysien tulokset

Muuttuja	Ajokilometrit	Käyntitunnit
Pearsonin korrelaatiokerroin	0,60	0,76
P-arvo	0,084	0,017
Selitysaste R ²	37 %	58 %

Yllä on esitetty tulokset regressioanalyseista, joilla tarkasteltiin teknisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutusta CV9030:n varastointihuollon yhteydessä tehtyjen vikakorjauksien työmäärään. Saatujen tulosten perusteella käyntitunneilla on tilastollisesti melkein merkitsevästi pidettävä vaikutus varastointihuoltojen yhteydessä vikakorjauksille kirjattujen työtuntien määrään. Ajokilometrien osalta havaittua korrelaatiota ei voida pitää tilastollisesti merkitsevästi.

Tulosten tilastolliseen merkitsevyyteen on vaikuttanut käytettävissä olleiden havaintoarvojen vähäinen määrä.

Edellisen huollon jälkeisen käytön vaikutus varastointihuollon yhteydessä tehtyjen vikakorjausten määrään



Kuvio 25 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus varastointihuollon yhteydessä kirjattujen vikakorjausten määrään

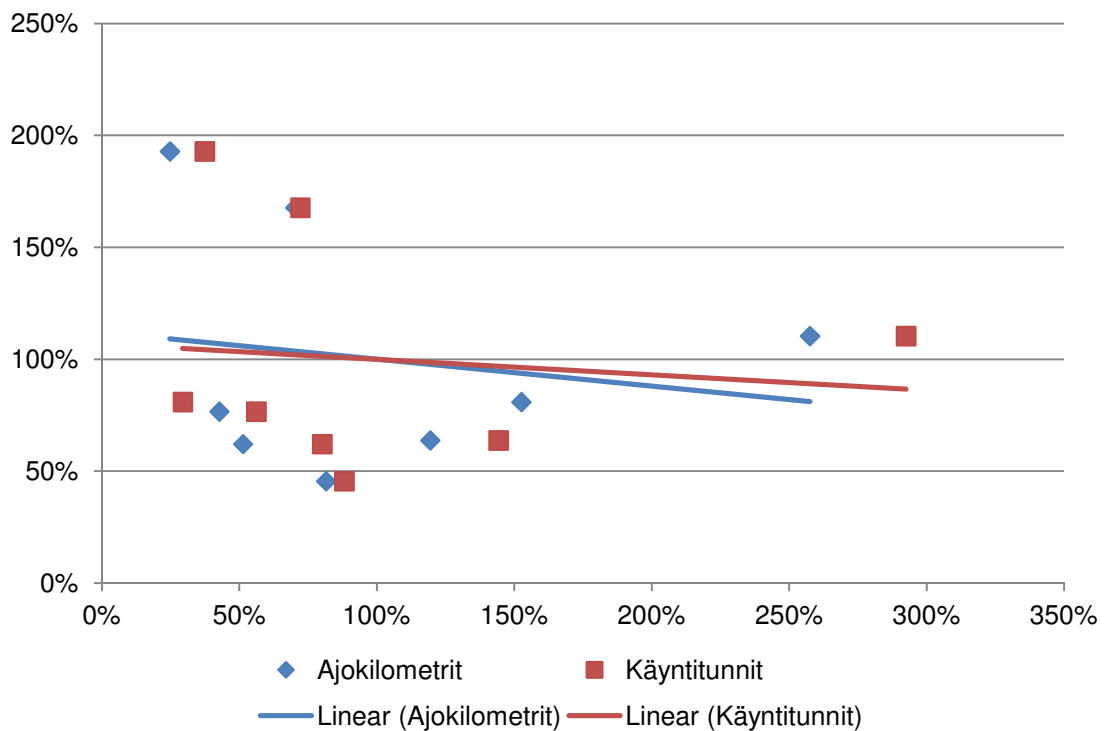
Taulukko 27 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja varastointihuoltojen yhteydessä kirjattujen vikojen määrän välisten regressioanalyysien tulokset

Muuttuja	Ajokilometrit	Käyntitunnit
Pearsonin korrelaatiokerroin	0,72	0,83
P-arvo	0,045	0,012
Selitysaste R ²	52 %	68 %

Rynnäkköpanssarivaunulle teknisen huollon jälkeen kertyneellä käytön määrällä on, yllä esitettyjen tulosten perusteella, havaittavissa oleva vaikutus varastointihuollon yhteydessä korjattujen vikojen määrään. Esitettyjen tulosten perusteella varastointihuollon yhteydessä korjattavien vikojen määrä vaikuttaisi olevan enemmän riippuvainen vaunulle kertyneistä moottorin käyntitunneista, kuin ajokilometreistä.

Saatuja tuloksia voidaan saadun p-arvon perusteella pitää tilastollisesti melkein merkitsevinä. Tulosten tilastolliseen merkitsevyyteen on vaikuttanut käytettävissä olleiden havaintoarvojen vähäinen määrä.

Edellisen huollon jälkeisen käytön vaikutus varastointihuollon yhteydessä tehtyihin vikakorjauksiin käytettyjen varaosien määrään



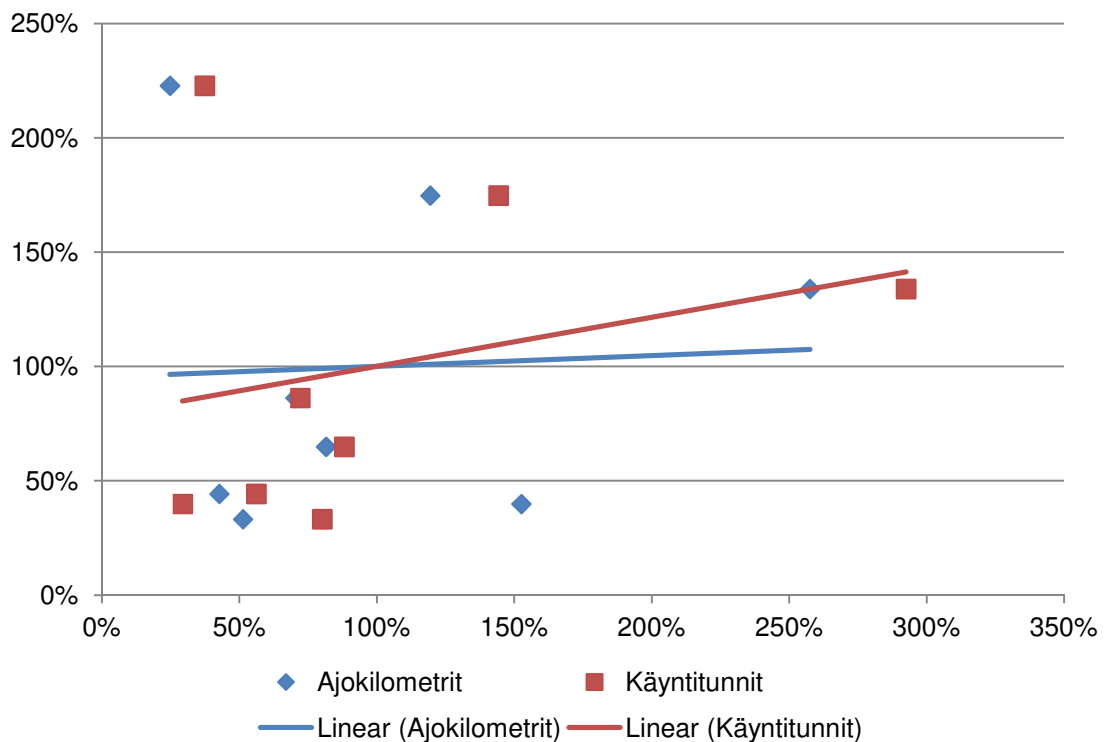
Kuvio 26 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus varastointihuollon yhteydessä tehtyihin vikakorjauksiin käytettyjen varaosien määrään

Taulukko 28 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja varastointihuollon yhteydessä vikakorjauksiin käytettyjen varaosien määrän välisten regressioanalyysien tulokset

Muuttuja	Ajokilometrit	Käyntitunnit
Pearsonin korrelaatiokerroin	-0,17	-0,11
P-arvo	0,68	0,79
Selitysaste R ²	3,0 %	1,2 %

Saadut tulokset osoittavat, ettei rynnäköpanssarivaunulle teknisen huollon jälkeisen käytön määrällä ole minkäänlaista korrelaatiota varastointihuollon yhteydessä havaittujen vikojen korjaamiseen käytettyjen varaosien määrään.

Edellisen huollon jälkeisen käytön vaikutus varastointihuollon yhteydessä tehtyihin vikakorjauksiin käytettyjen varaosien kustannuksiin



Kuvio 27 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän vaikutus varastointihuollon yhteydessä tehtyihin vikakorjauksiin käytettyjen varaosien kustannuksiin

Taulukko 29 Edellisen huollon jälkeisen käytön määrän ja varastointihuollon yhteydessä vikakorjauksiin käytettyjen varaosien kustannusten välisten regressioanalyysien tulokset

Muuttuja	Ajokilometrit	Käyntitunnit
Pearsonin korrelaatiokerroin	0,05	0,26
P-arvo	0,90	0,53
Selitysaste R ²	0,3 %	6,8 %

Yllä esitettyjen tulosten perusteella voidaan todeta, ettei varastostaottohuollon yhteydessä tehtäviin vikakorjauksiin tarvittavien varaosien kokonaiskustannuksia voida ennustaa lineaarisen regressioanalyysin avulla.

Yhteenveto

Tehdyt regressioanalyysit tukevat tämän luvun alussa esitettyä hypoteesia käytön määrän vaikutuksesta rynnäköpanssarivaunussa esiintyvien vikojen määrään. Saatujen tulosten perusteella käytön määrä tuntuisi vaikuttavan erityisesti huollon yhteydessä havaittujen yksittäisten vikojen määrään. Tulokset osoittivat myös tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota käytön ja huoltojen kokonaistyömäärien välillä.

Toisaalta tulosten perusteella voidaan myös todeta, ettei käytön määrään perustuva regressioanalyysi sovellu huoltojen yhteydessä tehtäviin vikakorjauksiin käytettävien varaosien määrän tai kustannusten ennustamiseen.

3.3 Johtopäätökset

Tehtyjen regressioanalyysien perusteella tehtiin seuraavat johtopäätökset.

1. Ennen vuotta 2015 tuotettua kunnossapitohistoria ei ainakaan CV9030:n osalta ole sovellettavissa kunnossapitokustannusten ennustamiseen.
2. Käytön määrään perustuvia regressioanalyysijä voidaan käyttää ainakin lähtökohtana CV9030:n huoltojen kokonaistyömäärien ennustamiseen vaunukohtaisten käyttöennusteiden perusteella.
3. Käytön määrään perustuvien regressioanalyysien avulla on mahdollista ennustaa vaunukohtaisesti huoltojen yhteydessä tehtävien vikakorjausten määrä.
4. Käytön määrään perustuva regressioanalyysi ei sovellu CV9030:n huollon yhteydessä tehtäviin vikakorjauksiin tarvittavien varaosien määrän tai kustannusten ennustamiseen.

Käytettävissä olevan historiatiedon ja etenkin siinä havaittujen muutosten johdosta, ei varastostaottohuoltojen kestojen tai niiden yhteydessä havaittujen vikojen tarkastelua koettu mielekkääksi. Koska varastoinnin aikana vaunuihin syntyvien vikojen vikamekanismeja voidaan lähtökohtaisesti pitää päinvastaisina, kuin käytön aikana syntyvien vikojen, on esitetyn menetelmän soveltuvuutta varastostaottohuoltoihin ja niiden yhteydessä tehtäviin vikakorjauksiin suotavaa tarkastella ensimmäisten vuonna 2015 varastoitujen vaunujen varastostaottojen yhteydessä. Tällöin selittäväenä tekijänä voitaisiin lähtökohtaisesti käyttää varastointijakson pituutta.

4 TODENNÄKÖISYYSLASKENTAAN PERUSTUVA KUSTANNUSENNUSTE

Edellisessä luvussa tarkasteltiin regressioanalyysin soveltumista CV9030:n kunnossapidon kustannusten ennustamiseen. Saatujen tulosten valossa kyseistä menetelmää ei voida soveltaa kuin työsuoritteista syntyvien kustannusten ennustamiseen. Toinen regressioanalyysin hyödyntämiseen liittyvä ongelma on siinä, että sen soveltaminen edellyttää vaunukohtaisten käyttöennusteiden tuottamista.

Vaihtoehtoisena tapana kunnossapidon kustannusennusteen tuottamiselle tässä opinnytetyössä tarkastellaan todennäköisyyslaskentaan perustuvaa menetelmää, jota on käytetty mm. varaosien tarvesuunnittelussa.

Esitettävä menetelmä on tarkoitettu nimenomaan suunnittelemattomien töiden kustannusten enimmäiskustannusten ennustamiseen, koska suunniteltujen töiden osalta kustannusten tulisi olla varsin tarkkaan ennalta määritettävissä.

4.1 Vikaantumisen ja sen todennäköisyys

Nowlan ja Heap (1973, 18) määrittelevät raportissaan vian kohteen tilaksi, jossa se ei enää täytä sille asetettuja vaatimuksia. Koska tässä opinnytetyössä tarkastellaan kunnossapidon kustannusten ennustamista, voidaan tässä yhteydessä vika määritellä kohteen tilaksi, joka edellyttää korjaavia toimenpiteitä.

Nowlanin ja Heapin (1973, 47) esittämien tutkimustulosten perusteella tarkastelluista komponenteista 90 %:lla vikaantumisen todennäköisyys ei merkittävästi kasvanut komponenttien ikääntymisen myötä. Vastaavia tuloksia on saatu myös myöhemmissä eri aloilla tehdyissä tutkimuksissa (Järviö 2006, 53). Tämän perusteella yksittäisen komponentin vikaantumista tarkasteltaessa, voidaan sitä lähtökohtaisesti pitää satunnaisilmiönä.

Vikaantumisen ollessa satunnaisilmiö ei vikakorjauksien kustannuksia varsinaisesti voida ennustaa, mutta erilaisten vikojen lukumäärille on kuitenkin mahdollista laskea todennäköisyyksiä ja jos näiden vikojen korjaamiseen tarvittavat varaosat ja käytettävät työtunnit ovat tiedossa, voidaan tietyllä todennäköisyydellä järjestelmän kunnossapidosta aiheutuvat enimmäiskustannukset myös laskea.

4.1.1 Vikakorjauksien määrän todennäköisyys

Jos vikaantumista tarkastellaan satunnaisilmiönä, silloin vikojen lukumäärä tarkastelujakson aikana voidaan tarkastella diskreettinä satunnaismuuttujana, jolloin sen eri arvojen todennäköisyyksien määrittämiseen voidaan hyödyntää diskreettiä todennäköisyysjakaumaa.

Käytettäessä Poissonin jakaumaa vikakorjausten määrän todennäköisyyden laskemiseen oletetaan, että vikaantuminen tapahtuu keskimäärin λ kertaa tarkastelujakson aikana, vikaantumiset ovat toisistaan riippumattomia, satunnaismuuttujan \underline{x} ollessa vikaantumisten lukumäärä tarkastelujakson aikana.

Tällöin voidaan vikaantumisten lukumäärän sanoa noudattavan Poisson-jakaumaa parametrina λ , joka voidaan merkitä $\underline{x} \sim \text{Poisson}(\lambda)$. Tällöin vikaantumisten lukumäärän pistetodennäköisyys lasketaan kaavan 7 avulla. Kaava 8 on vikaantumisten lukumäärän todennäköisyyden kertymäfunktio, jonka avulla voidaan laskea todennäköisyys, että vikojen lukumäärä on yhtä suuri tai pienempi kuin annettu arvo k .

$$\text{Kaava 7 } \underline{x}\text{:n pistetodennäköisyys, kun } \underline{x} \sim \text{Poisson}(\lambda) \quad P(\underline{x} = k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}$$

$$\text{Kaava 8 } \underline{x}\text{:n todennäköisyyskertymä, kun } \underline{x} \sim \text{Poisson}(\lambda) \quad P(\underline{x} \leq k) = \sum_{i=0}^k \frac{\lambda^i e^{-\lambda}}{i!}$$

Kun edellä esitettyä laskutapaa hyödynnetään tietyllä käytön määrällä ilmenevien vikakorjausten määrän selvittämiseen, lasketaan λ vikaantumisasteen ja tarkastelujaksolle ennustetun käyttöprofiilin tulona.

4.1.2 Vikakorjauksien määrä tietyllä todennäköisyydellä

Edellä esitettyjen kaavojen avulla saadaan siis laskettua todennäköisyys määritetylle vikaantumisten lukumäärälle tarkastelujakson aikana. Kustannusten ennustamiseen käytettävällä laskentamallilla halutaan kuitenkin selvittää erilaisten vikojen enimmäismäärä tietyllä todennäköisyydellä tai toisin sanoen kunnossapidon kustannukset määritetyllä riskillä. Tämä saadaan hakemalla se k :n arvo, jolla kaavan 8 tuottaman todennäköisyyskertymän P arvo on yhtä suuri tai suurempi kuin määritetty todennäköisyys tai vaihtoehtoisesti $1-P$ on pienempi tai yhtä suuri, kuin hyväksytty riski. Excelillä toteutettavassa laskentamallissa tämä on toteutettavissa kaavalla, joka hakee ehtojen mukaisen arvon erillisestä taulukosta, johon on laskettu eri vikamäärille kumulatiiviset todennäköisyyskertymät eri lambda arvoilla.

4.2 Menetelmän soveltamisen edellytykset

Edellä esitetyn menetelmän soveltamisen edellytyksenä onkin soveltuvan käyttöprofiilin, yksittäisten vikojen vikaantumisasteen selvittäminen ja näiden yksittäisten vikojen korjaamiseen tarvittavien tuotannon tekijöiden määrittäminen tai vikakorjauksien tuoteistaminen (kiinteähinnoittelu). Käyttöprofiilin tuottamista ja siihen liittyviä haasteita tarkasteltiin jo tämän opinnäytetyön toisessa luvussa, eikä sen uudelleen tarkastelu tässä vaiheessa ole tarpeen. On kuitenkin syytä huomata, että käyttöprofiiliin ja vikaantumisasteen on perustuttava samaan käytön määrää ilmaisevaan suureeseen.

Vikaantumisaste ilmaisee vikaantumisten määrän tietyn tarkastelujakson aikana. Tyyppillisesti vikaantumisastetta käytetään luotettavuustekniikassa ilmaisemaan komponent-

tissa tai laitteessa esiintyvien kaikkien vikojen määrää, mutta tämä opinnäytetyön yhteydessä on mielekkäämpää tarkastella vikaantumista yksittäisten vikojen tarkkuudella. Kustannusten ennustamisen kannalta tämä on käytännössä välttämätöntä. Se laskeaan jakamalla tarkastelujakson aikana ilmenneiden vikojen määrä tarkastelujakson aikaisen käytön määrällä. Esimerkiksi jos 10 000 ajokilometrin tarkastelujakson aikana tietty vika syntyy 5 kertaa, saadaan tälle vialle vikaantumisasteeksi 0,5 vikaa per tuhat ajokilometriä tai $0,5 * 10^{-3}$ vikaa per ajokilometri. Vikaantumisasteen selvittämiseksi tarvitseekin ainoastaan määrittää tarkastelujakso ja selvittää sen aikana järjestelmässä ilmenneiden vikojen määrä sekä järjestelmään kuuluvien laitteiden käyttömäärät.

Tämän jälkeen ainoaksi ongelmaksi jääkin vikojen kustannusten selvittäminen. Tämä käytännössä edellyttää jokaisen vian korjaamiseen tarvittavien tuotannon tekijöiden määrittämistä. Määrittelyyn voidaan käyttää erilaisia menetelmiä, joka voidaan tehdä esim. valmistajan ohjeiden ja ohjeaikojen, järjestelmän kunnossapidon asiantuntijoiden tai tallennettujen toteumatietojen perusteella.

Monimutkaisen järjestelmän, kuten CV9030, osalta käytännön soveltaminen edellyttää kuitenkin, erilaisten vikaantumismahdollisuuksien lukumäärästä johtuen, tarvittavien tietojen olemista helposti käsiteltävissä muodossa.

4.3 Johtopäätökset

Esitetty menetelmä tarjoaa yksinkertaisen ratkaisun nimenomaan käyttövalmiussopimuksen hinnoittelun lähtökohdaksi. Sen avulla ei ole mahdollista määrittää, mitä kunnossapito tarkastelujakson aikana tulee maksamaan, vaan se vastaa pikemminkin kysymykseen, kuinka paljon kunnossapito tarkastelujakson aikana tulee enintään maksamaan. Se tarjoaa vaihtoehdon myös tämän opinnäytetyön tarkastelun ulkopuolelle jätettyyn käyttövalmiuden tuottamiseen liittyvään ongelmaan, nimittäin varaosien tarvesuunnitteluun.

Menetelmän toimivuutta ei varsinaisesti päästy tämän opinnäytetyön tekemisen yhteydessä testaamaan, koska tarvittavaa historiatietoa ei tällä hetkellä ole käytettävissä. Tämä on myös ainoa este menetelmän käyttöönotolle. Käytössä oleva toiminnanohjausjärjestelmä mahdollistaa kaikkien tarvittavien tietojen tuottamiseen. Tällä hetkellä nämä ominaisuudet eivät kuitenkaan ole käytössä tai kaikkia näiden ominaisuuksien tarjoamia mahdollisuuksia ei hyödynnetä.

Vaikka menetelmän soveltamisesta varsinaisesti tähän ongelmaan ei löydettykään esimerkitapauksia, on sitä löydetyn kirjallisuuden perusteella hyödynnetty varsin laajasti ja pitkään, joskus jopa menestyksekkäästi, samoihin lähtökohtiin perustuvan ongelman ratkaisemisessa (mm. McGlothlin ja Radner 1960, 20-22 ja Diallo, ym. 2008).

POHDINTA JA ARVIOINTI

Opinnäytetyöni tavoitteena oli selvittää käyttövalmiussopimuksen hinnoittelun perusteeksi soveltuva menetelmä CV9030-rynnäköpanssarivaunun kunnossapitokustannusten ennustamiselle sekä arvioida tällä hetkellä käytettävissä olevan historiatiedon soveltuvuutta kustannusennusteen tuottamiseen. Saavutettiin nämä tavoitteet, mitä vielä pitäisi selvittää, miten saatuja tuloksia voidaan Millog Oy:ssä hyödyntää sekä kuinka onnistuin opinnäytetyössäni, ovat niitä kysymyksiä, joihin pyrin tässä luvussa lyhyesti vastaamaan.

Ensimmäiseksi opinnäytetyössäni tarkasteltavaksi kustannusennusteen tuottamiseen soveltuvaksi menetelmäksi valitsin rynnäköpanssarivaunun käytön määrään perustuvan regressiomallin. Valinnan taustalla vaikutti näkemys käytettävissä olevan tiedon soveltuvuudesta menetelmän testaamiseen, saatavissa olevat Yhdysvaltain Armeijalle tehdyt tutkimukset kyseisen menetelmän soveltamisesta vastaavan kaltaisten ongelmien ratkaisemisessa sekä omat näkemykseni tarkasteltavan ongelman luonteesta ja siihen vaikuttavista muuttujista. Ensimmäiset tutkimustulokset, jotka perustuivat ennen vuotta 2015 tuotettuun kunnossapitohistoriaan, eivät kuitenkaan osoittaneet minkäänlaista yhteyttä vaunujen käytön ja kunnossapidon välillä. Kerätyn kunnossapitohistorian tarkastelun perusteella tämän pääteltiin kuitenkin johtuvan käytettävissä olevan datan ”huonoudesta”, minkä takia halusin testata menetelmää myös strategisen kumppanuuden laajentumisen jälkeen tuotetun kunnossapitohistorian avulla. Tämä johti myös alkuperäisen toteutusaikataulun muuttamiseen, jotta tarkastelu saatiin tehtyä vuonna 2016 tuotetun kunnossapitohistorian avulla.

Tälle aineistolle tekemäni tarkastelun perusteella päätös aikataulun muuttamisesta myös kannatti, koska jälkimmäinen tarkastelu antaa selkeitä merkkejä kunnossapidon työmäärän ja korjattavien vikojen lineaarisesta riippuvuudesta vaunujen käytön määrään. Käytettävissä olleen aineiston koosta johtuen saamiani tuloksia ei kuitenkaan kaikilta osin voida pitää tilastollisesti erittäin merkitsevinä.

Tarkastelu osoitti myös sen, ettei kyseinen menetelmä kuitenkaan sovellu vikakorjauksiin käytettävien varaosien määrän tai kustannusten ennustamiseen. Tämän havainnon perusteella pidin tarpeellisenä myös vaihtoehtoisen menetelmän löytämistä, joka nimenomaan mahdollistaisi myös varaosakustannusten ennustamisen. Soveltuva menetelmä löytyikin nimenomaan vikaantumisten todennäköisyyteen perustuvaa varaosien tarvesuunnittelua tarkastelevista tutkimuksista. Tämän Poissonin jakaumaan perustuvan menetelmän lähtökohtana on ajatus vikaantumisen satunnaisuudesta. Menetelmän valintaa puolsivat ennen kaikkea sen yksinkertaisuus ja selkeys. Myös muita todennäköisyyslaskentaan perustuvia menetelmiä, kuten ehdollista vikaantumisen todennäköisyyttä tarkasteltiin, mutta kirjallisuuden perusteella katsoin näiden mahdollisesti tuomien hyötyjen olevan pienemmät, kuin niiden käytännön soveltamiseen liittyvät haasteet.

Menetelmän toimivuuden testaaminen varaosakirjauksien avulla on mahdollista aikaisintaan vuoden 2018 alussa, minkä takia en tätä tämän työn puitteissa voinut toteuttaa, mutta uskoakseni menetelmä tarjoaa Millog Oy:lle ainakin hyvän lähtökohdan nimenomaan käyttövalmiussopimuksen hinnoittelun ja siihen liittyvien riskien tarkastelulle.

Keskeiseksi ongelmaksi opinnäytetyössä tekemäni käyttöhistorian tarkastelun perusteella paljastui, ei niinkään kunnossapitokustannusten, vaan CV9030:n tulevan käytön ennustaminen. Tarkastelemani aineiston perusteella tulin siihen johtopäätökseen, ettei pelkästään historiatiedon määrällisen tarkastelun avulla ole mahdollista ennustaa CV9030-rynnäköpanssarivaunun tulevaa käytön määrää. Ensimmäiseksi tulisikin selvittää se tarkkuus, jolla Puolustusvoimat omaa toimintaansa suunnittelee ja tämä jälkeen suunnitelmallisesti historiatietoa keräämällä selvittää, kuinka vaunujen käyttö suhteutuu näihin suunnitelmiin. Opinnäytetyön perusteella pitäisinkin riittävän tarkan käyttöennusteen tuottamiseen soveltuvan menetelmän löytämistä suurimpana haasteena PBL-konseptin käyttöön ottamisessa Maavoimien kaluston osalta.

Toinen ongelma, joka opinnäytetyön yhteydessä nousi esille, on tällä hetkellä tuotettavan kunnossapitohistorian soveltumattomuus kunnossapidon analysoimiseen. Opinnäytetyön ja omien työtehtävieni perusteella näkisin, että ongelma on siinä, että kunnossapitohistorian tuottamisen tarkoituksena tällä hetkellä nähdään ainoastaan tehtyjen töiden dokumentointi, jolloin tuotettavan tiedon soveltuvuutta kunnossapidon analysointiin ei koeta tarpeelliseksi. Myöskään SAP:n tarjoamia mahdollisuuksia ei ainaakaan kaikilta osin organisaatiossa tunneta, minkä vuoksi paremmin hyödynnettävän tiedon tuottaminen koetaan helposti myös hankalaksi tai jopa mahdottomaksi. Opinnäytetyötä tehdessäni on itselleni käynyt kuitenkin selväksi, että tarvittavat ominaisuudet nykyisestä toiminnanohjausjärjestelmästä löytyvät ja ne tulisikin vain ottaa järjestelmällisellä ja yhdenmukaisella tavalla käyttöön.

Nähdäkseni Millog Oy:n mahdollisuudet käyttövalmiuden tuottamiseen parantamalla sotavarusteiden ja niissä käytettävien komponenttien luotettavuutta, mikä on ollut PBL-mallin alkuperäinen tavoite, ovat rajalliset verrattuna sotavarusteiden alkuperäisiin valmistajiin. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että Millog Oy ei voisi omalla toiminnallaan parantaa sotavarusteiden käytettävyyttä, esimerkiksi varaosatarvesuunnittelun ja kuntoon perustuvan kunnossapidon kehittämisen kautta. Näiden menettelyiden kehittämisen edellyttää joka tapauksessa nykyistä analyttisempää kunnossapidon tarkastelua, minkä johdosta, riippumatta siitä tullaanko tulevaisuudessa siirtymään käyttövalmiuspäätöksiin kunnossapidon hinnoitteluun vai ei, tulisi yrityksen pyrkiä kehittämään myös tuotettavaa kunnossapitohistoriaa helpommin analysoitavissa olevaan suuntaan.

Opinnäytetyö osoittautui alussa tekemistäni rajauksista huolimatta huomattavasti laajemmaksi kokonaisuudeksi, kuin olin alun perin ajatellut. Osittain tämä johtui siitä, että löydetyt ratkaisut tuntuivat aina tuovan mukanaan uusia ongelmia. Vaikka kaikkia opinnäytetyölle asetettuja odotuksia ei käytettävissä olleen datan puutteista johtuen täytettykään, kuitenkin asetetut tavoitteet mielestäni saavutettiin.

LÄHTEET

Bower, A.; Colabella, L.; Eng J.; Galway L. & Print E. 2013. Measuring the Value of Renewal. RAND Corporation. http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/documented_briefings/DB600/DB648/RAND_DB648.pdf. Viitattu 4.2.2017

Colabella, L.; Fan, C.; ja Peltz, E. 2005. The Effects of Equipment Age on Spare Part Costs. RAND Corporation. http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical_reports/2005/RAND_TR286.pdf. Viitattu 4.2.2017

Department of Defence. 2005. Performance Based Logistics: A Program Manager's Product Support Guide

Department of Defence. 2016. PBL Guidebook – A Guide to Developing Performance-Based Arrangements

Diallo, M.; Lustosa, L. & Neves, G. 2008. Initial Electronic Spare Parts Stock and Consumption Forecasting. Associação Portuguesa de Investigação Operacional. <http://apdio.pt/documents/10180/15552/n04.pdf>. Viitattu 1.4.2017.

Heap, F. & Nowlan, S. 1978. Reliability-Centered Maintenance. United Airlines. Tutkimus.

HJ1054. 2015. Järjestelmien käyttövarmuuden hallinta. Tampere. Puolustusvoimien logistiikkalaitoksen järjestelmäkeskus.

Holopainen, M.; Tenhunen, L. & Vuorinen, P. 2004. Tutkimusaineiston analysointi ja SPSS. Järvenpää: Yrityssanoma Oy.

Järviö, J. 2006. Kunnossapito. 3. painos. Helsinki. KP-Media Oy.

Lepoaho, J. 2015. Millog Oy käytettävyyden tuottajana – partioajoneuvo RG32M. YAMK-opinnäytetyö. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

McGlothlin, W. & Radner, R. 1960. The use of Bayesian techniques for predicting spare-parts demand. RAND Corporation. <http://pages.stern.nyu.edu/~rradner/publishedpapers/6BayesianTechniques.pdf>. Viitattu 1.4.2017

Mäkipirtti I. 2013. Käyttövalmiuden tuottaminen Maavoimissa. YAMK-opinnäytetyö. Jyväskylä: Jyväskylän Ammattikorkeakoulu.

PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 3. painos. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys.

Puolustusvoimat. CV9030. Valokuva. <http://www.maavoimat.net/cv9030>. Kopioitu 26.2.2017

Vilkkumaa M. 2005. Talouden apuvälineet johdolle. Helsinki: Suomen yrityskirjat Oy.

