

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

PANSSAROITUJEN AJONEUVOJEN ELINKAARIKUSTANNUSTEN MINIMOINTI

Pro Gradu -tutkielma

Yliluutnantti
Lauri Väisänen

Sotatieteiden maisterikurssi 6
Maasotalinja

Huhtikuu 2017

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi	Linja
Sotatieteiden maisterikurssi 6	Maasotalinja
Tekijä	
Yliluutnantti Lauri Väisänen	
Tutkielman nimi	
Panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten minimointi	
Oppiaine, johon työ liittyy	Säilytyspaikka
Sotatekniikka	Maanpuolustuskorkeakoulun kirjasto
Aika Huhtikuu 2017	Tekstisivuja 70 Liitesivuja 13
TIIVISTELMÄ	
<p>Kun halutaan selvittää uusien investointien tai jo olemassa olevien järjestelmien kokonaiskustannuksia, niin joudutaan aina huomioimaan elinkaarikustannusajattelu. Ilman hyvin suoritettua taustatyötä, investoinnista voi pitkällä aikavälillä muodostua odotettua kalliimpi. Yleisten säästöpainneiden takia panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten minimointi on tulevaisuudessa erittäin tärkeää. Tutkimuksen tavoitteena oli löytää keinoja panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten minimointiin. Tutkimus toteutettiin yhteistyössä Patria Land Systems Oy:n kanssa. Tutkimus rajattiin käsittelemään Puolustusvoimien käytössä olevia ja Patrian valmistamia panssaroituja ajoneuvoja.</p> <p>Tutkimuksen aineisto muodostettiin kirjallisuuslähteiden, asiakirjalähteiden ja Internet-lähteiden avulla. Kirjallisia lähteitä täydennettiin asiantuntijahaastatteluilla. Haastateltavat valittiin Puolustusvoimista ja Patrialta asiantuntijuuden perusteella. Tutkimusmenetelminä käytettiin aineistolähtöistä analyysiä ja asiantuntijahaastattelua. Teoreettinen osuus tutkimukselle muodostettiin aineistolähtöisen analyysin avulla. Teoriaosuudella taustoitettiin elinkaarikustannuslaskennan suorittamista teoriassa Puolustusvoimissa ja Patrialla. Haastatteluilla Täydennettiin teoriaosuutta ja selvitettiin kuinka elinkaarikustannuslaskentaa suoritetaan Puolustusvoimissa ja Patrialla. Haastatteluiden pääpainona oli selvittää kuinka elinkaarikustannuslaskentaa suoritetaan Patrialla ja Puolustusvoimissa.</p> <p>Tutkimuksessa selvitettiin elinkaarikustannuslaskennan teoriaa ja esiteltiin muutama käytännön laskukaava. Teoriaosuuden perusteella esiteltiin kuinka laskentaa suoritetaan Patrialla ja Puolustusvoimissa. Teoriaa tuettiin esittelemällä elinkaarikustannusten muodostumisen syitä teknologian näkökulmasta.</p> <p>Tutkimuksessa löytyi eroja siitä, kuinka elinkaarikustannuslaskentaa suoritetaan Patrialla ja kuinka sitä suoritetaan Puolustusvoimissa. Elinkaarikustannuslaskennan erot johtavat erilaisiin lopputuloksiin kustannuksia arvioitaessa.</p> <p>Tutkimuksessa ei löytynyt yhtä oikeaa tapaa minimoida elinkaarikustannuksia. Kustannusten minimointi on pitkä työ, joka sisältää monta pientä työvaihetta. Kustannuksia voidaan minimoida elinkaaren kaikissa vaiheissa. Kustannusten minimoinnissa on tärkeää lisätä yhteistoimintaa teollisuuden ja Puolustusvoimien välillä. Haastatteluiden ja kirjallisuuden perusteella voidaan päätellä, että suurin säästöpotentiaali on kunnossapidon suunnittelussa ja toteutuksessa. Kunnossapidossa tulisi siirtyä enemmän käyttöperusteiseen kunnossapitoon.</p>	
AVAINSANAT	
Elinkaari, Elinkaarikustannus, Kunnossapito, Kustannus, Käyttöprofiili, Panssaroitu ajoneuvo, Pientäminen	

PANSSAROITUJEN AJONEUVOJEN ELINKAARIKUSTANNUSTEN MINIMOINTI

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	1
1.1	TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT	2
1.2	TUTKIMUSKYSYMYKSET	3
1.3	TUTKIMUKSEN RAJAUS JA TUTKIMUSMENETELMÄT	4
1.4	TUTKIMUKSEN KESKEISET LÄHTEET, KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT.....	5
1.5	PANSSAROITU PYÖRÄAJONEUVO GENEERISESTI	7
2	ELINKAARIKUSTANNUSTEN LASKEMINEN.....	9
2.1	ELINKAARIKUSTANNUSLASKENNAN HISTORIA	10
2.2	ELINKAARIKUSTANNUSLASKENNAN KÄSITEMÄÄRITTELY.....	11
2.3	ELINKAARIKUSTANNUSLASKENNAN PERUSAJATUS	11
2.4	ELINKAARIKUSTANNUSLASKENNAN TEOREETTISET MALLIT.....	15
2.4.1	<i>Elinkaarikustannuslaskennan hyödyt ja käyttöperiaatteet</i>	<i>18</i>
2.4.2	<i>Elinkaarikustannuslaskennan käytännön toteuttaminen</i>	<i>21</i>
2.4.2.1	<i>Käytännön laskentakaavat ja mallit</i>	<i>21</i>
2.4.3	<i>Epävarmuuden osuus elinkaarikustannuslaskennassa.....</i>	<i>26</i>
2.4.4	<i>Herkkyysanalyysi.....</i>	<i>27</i>
2.5	PANSSAROIDUN AJONEUVON ELINKAARILASKENTAKAAVA	31
3	ELINKAARIKUSTANNUSTEN SYNTYMINEN PUOLUSTUSVOIMISSA	37
3.1	ELINKAARIKUSTANNUSTEN ILMENEMINEN JÄRJESTELMÄN ELINJAKSON ERI VAIHEISSA	38
3.2	ELINKAARIKUSTANNUSTEN LASKEMINEN PUOLUSTUSVOIMISSA	41
3.3	ELINKAARIKUSTANNUSLASKENNAN HAASTEET PUOLUSTUSVOIMISSA.....	45
4	ELINKAARIKUSTANNUSTEN LASKEMINEN PATRIALLA	48
4.1	KÄYTTÖPROFIILIN VAIKUTUS ELINKAARIKUSTANNUKSIIN	48
4.2	ELINKAARIKUSTANNUSLASKENNAN HAASTEITA PATRIALLA	49
5	ELINKAARIKUSTANNUKSIIN VAIKUTTAVIA YLEISIÄ TEKIJÖITÄ	51
5.1	TULEVAISUUDEN NÄKÖKULMAT	51
5.2	AJONEUVOTEKNOLOGIAN KEHITYMINEN.....	53
5.2.1	<i>Moottori, sähköjärjestelmä, alusta, rakenteet ja hallintalaitteet kehityksen kohteena.....</i>	<i>55</i>
5.3	AJONEUVOJEN KÄYTTÖPERIAATTEIDEN VAIKUTUS KUSTANNUKSIIN	57
5.4	OPEROINTIVAIHEESSA OLEVAN KALUSTON SUUNNITELLUN KÄYTÖN AIHEUTTAMAT HAASTEET ELINKAARIKUSTANNUKSILLE	60
6	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	62
6.1	KESKEISET TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	62
6.2	TUTKIMUKSEN MUKANA HAVAITTUJA MUITA HUOMIOITA.....	68
6.3	TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS JA MAHDOLLISET JATKOTUTKIMUSAIHEET.....	69

LÄHTEET

LIITTEET

PANSSAROITUJEN AJONEUVOJEN ELINKAARIKUSTANNUSTEN MINIMOINTI

1 JOHDANTO

”Jos joku teistä aikoo rakentaa tornin, niin kai hän ensin istuutuu arvioimaan kustannuksia nähdäkseen onko hänellä varoja rakentaa se valmiiksi. Muuten voi käydä niin, että hän laskee perustuksen mutta joutuu jättämään työn kesken. Silloin kaikki, jotka tämän näkevät, alkavat pilkata häntä”

Luukas 14:28-30

Investointeihin liittyy aina käsite: elinkaarikustannustarkastelu (LCC, life cycle costing)[1, s. 189]. Kun haluamme selvittää uusien investointien tai jo olemassa olevien järjestelmien kokonaiskustannuksia, niin joudumme aina tekemisiin elinkaarikustannusajattelun kanssa. Ilman hyvin suoritettua taustatyötä, investoinnista voi pitkällä aikavälillä tulla odotettua kalliimpi. Suurien investointien kustannusarviointia on tehty kautta historian. Varhaisimmat elinkaarikustannusajattelun perusteet löytyvät jo siis raamatusta.

Tutkimustyön aiheena on panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten minimointi. Tutkimustyö tehtiin sotatekniikan laitokselle. Tutkimustyön aihe valittiin tutkijan toimesta sotatekniikanlaitoksen tutkimuspankista. Työn aiheen puolustusvoimille esitti Patria Land Systems Oy. Tutkimusta ei rajattu koskemaan vain yhtä pyöräpanssariajoneuvomallia, vaan tutkimus on geneerinen tutkimus panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten minimoinnista. Tutkimustyön tavoitteena on tunnistaa ne elementit, josta kustannukset elinkaaren aikana koostuvat ja kuinka niitä voidaan minimoida. Tutkimuksessa otettiin huomioon teknologian kehittyminen ja tulevaisuuden vaatimukset panssaroiduille ajoneuvoille. Tarkastelut tehtiin huollettavuuden, luotettavuuden ja käytettävyyden näkökulmista. Patria asetti tutkimukselle yhden päätavoitteen. Sen tavoitteena oli löytää konkreettisia ratkaisuja, kuinka elinkaarikustannuksia voidaan käytännössä alentaa ja saada sitä kautta kilpailuetua yhä tiukentuvilla

markkinoilla. Patrian esittämä päätavoite muodosti kolme alatavoitetta. Ensimmäiseksi Patria halusi löytää keinoja, joilla voisi tuoda omaa elinkaarikustannusajattelua hieman lähemmäksi puolustusvoimien elinkaarikustannussuunnittelua. Käytännössä tämä tarkoittaa, että onko Puolustusvoimien elinkaarikustannuslaskennassa sellaisia elementtejä liittyen suorituskyvyn rakentamiseen ja ylläpitoon, jotka eivät näy suoraan valmistajalle, mutta niitä voisi ottaa huomioon teknisissä ratkaisuissa. Esimerkkeinä näistä voisivat olla infra, koulutus, henkilöstö ja logistinen jalanjälki Patrian tapa toteuttaa elinkaarikustannusajattelua on tällä hetkellä hyvin tekniikka-, teknologia-, tuote- huollettavuus ja luotettavuuspainotteista, kun taas puolustusvoimien elinkaarilaskelmat perustuvat enemmän suorituskyvyn. Toisena alatavoitteena aiheen esittäjän kannalta on vahvistaa omaa kilpailukykyä pyöräpanssariajoneuvojen toimittajana lisäämällä tietämystään ajoneuvojen elinkaarikustannuksiin liittyvistä tekijöistä. Kolmantena alatavoitteena Patrialla on lisätä käsitystään potentiaalisen asiakkaan tavasta toteuttaa hankintoja sekä luoda edellytyksiä jatkotutkimuksille. [2;3]

Tutkimuksessa selvitettiin pyöräpanssariajoneuvojen elinkaarikustannusten eroavaisuuksia myös muissa samaa kalustotyyppiä käyttävissä valtioissa. Eroavaisuuksien selvittäminen tehtiin asiantuntijahaastatteluiden perusteella Suomessa.

Tutkimuksen aihe on ajankohtaisuutensa takia erittäin mielenkiintoinen ja tutkijaa kiinnostava. Puolustusvoimilla on käynnissä koko ajan hankkeita, joilla pyritään parantamaan jo olemassa olevaa suorituskkyä tai hankkimaan kokonaan uutta suorituskkyä. Sotatalous ja sotatekniikka ovat tutkijaa itseään kiinnostavia aiheita.

1.1 Tutkimuksen lähtökohdat

Suorituskvyn elinjaksoista sekä järjestelmien elinjaksoista on tehty lukuisia tutkimuksia puolustusvoimissa sekä muissa korkeakouluissa. Tutkija ei ole kuitenkaan löytänyt täysin vastaavaa geneeristä tutkimusta aiheesta. Puolustusvoimilla on koko ajan käynnissä tutkimuksia, joiden tarkoituksena on minimoida kustannuksia eri osa-alueilla. Lähes vastaavanlaisia tutkimuksia on tehty ilmavoimissa esimerkiksi lentokaluston osalta.

Erilaisia panssaroitujen ajoneuvojen suorituskkytutkimuksia on tehty useita. Useimmiten ne liittyvät käynnissä oleviin hankkeisiin. Näiden lisäksi on tehty useita tulevaisuuden tutkimuksia panssaroitujen ajoneuvojen osalta. Puolustusvoimilla on käynnissä kokoajan hankkeita joilla pyritään kehittämään olemassa olevia järjestelmiä, rakentamaan uutta suorituskkyä tai

hankkimaan uusia järjestelmiä täydentämään jotakin suorituskyvyn osa-aluetta. Hyvänä esimerkkinä käynnissä olevista hankkeista on MEKTSTAJON2020-hanke, jossa haetaan korvaavaa järjestelmää tai modifikaatiota vanhentuvien panssariajoneuvojen tilalle. Toinen käynnissä oleva hanke on vanhojen erikoispanssarivaunujen korvaamisen hanke. Molempien tarkoituksena on ylläpitää Puolustusvoimien mekanisoitua suorituskykyä. Erikoispanssarivaunujen hanke tuottaa jo tulosta. Suomi hankkii käytettyjä erikoispanssarivaunuja Hollannista [4].

1.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimustehtävänä oli selvittää, kuinka pienennetään panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannuksia puolustusvoimissa. Patrian tavoitteet tämän tutkimuksen osalta oli, saada käytännön vinkkejä ja tapoja kuinka elinkaarikustannuksia puolustusvoimissa lasketaan. Patrialla oli myös halu saada selville, kuinka Patria voisi edelleen kehittää omaa suunnitteluaan siten, että se ottaisi huomioon paremmin valmistajalta piilossa olevia elinkaarikustannustekijöitä. Tutkimuksessa saatiin selville pieniä käytännön toimenpiteitä, joilla voidaan elinkaarikustannuslaskennassa ottaa paremmin huomioon valmistajalle piilossa olevat kustannukset, jotka liittyvät hankittavan järjestelmän kustannuksiin.

Päätutkimuskysymyksenä oli, kuinka minimoida panssaroitujen pyöräajoneuvojen elinkaarikustannuksia yleisellä tasolla ja tuoda valmistajalle tai toimittajalle näkyväksi heille niin sanottuja piilokustannuksia?

Alatutkimuskysymyksinä olivat:

- Kuinka teknologian kehitys vaikuttaa elinkaarikustannuksiin?
- Mistä koostuvat panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannukset?
- Miten tulevaisuus vaikuttaa ajoneuvojen luotettavuuteen, huollettavuuteen, käytettävyyteen sekä suorituskykyyn?
- Miten elinkaarikustannusten minimointi tulisi huomioida suunnittelu ja tuotekehitysprojektissa?
- Miten elinkaarikustannukset eroavat muissa samaa kalustotyyppiä käyttävissä valtioissa?

Tutkimuskysymykset valittiin siten, että ne antaisivat mahdollisimman laajan käsityksen tutkittavasta aiheesta. Niiden on tarkoitus perehdyttää tutkijaa ymmärtämään järjestelmän elin-

kaarikustannuksien syntymistä sekä panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannuksia ja niiden syntymekanismeja.

1.3 Tutkimuksen rajaus ja tutkimusmenetelmät

Tutkimus on yleisluonteeltaan geneerinentutkimus. Se ei käsittele elinkaarikustannuksia pelkästään lukuina tai arvoina. Yleisluonteisuuden takia tutkimus on laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus. [5, s. 126-127] Tutkimusmenetelmällä pyritään kohdistamaan huomio, asioihin joita ei voida esittää pelkästään numeerisesti ilman että sisältö katoaa. Laadulliselle tutkimukselle on yleensä ominaista teorian ja tutkijan subjektiivisten näkemysten läsnäolo empiiristen havaintojen tekemisen yhteydessä. [6, s. 58]

Tutkimus suoritettiin laadullisena asiakirja-analyysinä jota täydennettiin asiantutijahaastattelulla. Laadullisen osan tarkoitus on pyrkiä luomaan ymmärrys aiheeseen [7, s 19]. Eli aiheeseen käytetään induktiivista analyysiä, jossa ei testata teorioita tai hypoteeseja vaan keskitytään tarkastelemaan aineistoa mahdollisimman laaja-alaisesti [5, s. 155].

Laadullisen tutkimuksen erityispiirteinä voidaan pitää rajattua kohdejoukkoa. Tästä syystä tutkimuksessa haastateltavat valittiin huolella rajoitettuna kohdennettuun joukkoon asiantuntijoita [5, s. 155]. Haastateltavat valittiin puolustusvoimien ja Patrian järjestelmäinsinööreistä, hankehenkilöstöstä sekä vaunujen suunnittelussa mukana olleista henkilöistä. Haastattelumenetelmänä käytettiin teemahaastattelua. Teemahaastattelu soveltuu tutkimusta täydentäväksi tiedonkeruumenetelmäksi hyvin, koska haastattelun teemat ja osittain kysymykset tai aihepiirit ovat haastateltavien tiedossa ennen varsinaista haastattelua. [5, s. 197] Teemahaastattelu on puolistrukturoitu menetelmä, koska haastattelijä johdattaa haastateltavaa aihepiirin ympärillä. Tällöin kysymysten ja teemojen tarkka muoto ja paikka puuttuvat [8, s. 35-37].

Koska tutkimus on yleisen tason tutkimus, se rajattiin koskemaan Patrian valmistamia panssaroituja pyöräajoneuvoja (XA-sarjat). Työssä ei käsitellä hankintatoimintaa eikä suorituskykyä tai niihin liittyviä asioita yksityiskohtaisesti vaan tarkastelu tehdään yksinkertaistaen karkealla tasolla. Vaunuja tarkastellaan ainoastaan lavetteina ja niiden mahdollisesti sisältämiä erikoisjärjestelmiä ja modifikaatioversioita ei tarkastella erillisinä versioina. XA-sarjoina käytetään XA-180, XA-200 ja XA-360 sarjoja Liitteessä 1 on esiteltyinä XA-180, XA-203 ja XA-360 vaunujen tekniset tiedot.

Tutkimus rajattiin kyseisiin vaunuihin, koska tällöin Patria kykeni tukemaan tutkimusta paremmin. Tutkimukseen saatiin myös kansainvälistä näkökulmaa, koska kyseisiä vaunuja on myyty myös ulkomaille. Ulkomailta vaunujen käyttöprofiilit ovat hieman erilaisia kuin Suomessa, jolloin myös elinkaarikustannukset hieman muuttuvat. Tutkimuksessa ei kuitenkaan puututtu tarkasti euromääräisinä lukuina muiden käyttäjävaltioiden elinkaarikustannuksiin. Kansainvälinen näkökulma on esitelty lyhyesti ja geneerisesti johtopäätöksissä. Kansainvälinen näkökulma tuli esille asiantuntijahaastattelussa Suomessa.

Tutkimuksessa käytetään LCC-laskennasta termiä elinkaarikustannuslaskenta. Puolustusvoimissa käytetään enemmän elinjaksolaskentakäsitettä. Elinkaarilaskenta käsitteen käyttämiseen päädyttiin tutkimuksen yleisluonteisuuden takia. Käsitteillä on pieni ero, joka määritellään kappaleessa 1.4 tutkimuksen keskeiset lähteet, käsitteet ja määritelmät.

1.4 Tutkimuksen keskeiset lähteet, käsitteet ja määritelmät

Täysin vastaavia tutkimuksia tutkija ei ole löytänyt, mutta elinkaarikustannuksista on kirjoitettu hyvin paljon, kansainvälisesti ja Suomessa. Suurin osa elinkaarikustannuksia käsittelevistä teoksista on englanninkielisiä. Pääsääntöisesti kyseiset teokset käsittelevät, joko rakennussuunnittelua tai joitakin yksittäisiä tuotteita. Englanninkielisistä teoksista kaksi merkittävintä lähde-teosta ovat B.S.Dhillonin Life Cycle Costing ja Blanchardin ja Fabryckyn System Engineering and Analysis. Lähes kaikki muut elinkaarikustannuslaskentaa käsittelevät lähde-teokset viittaavat jossain vaiheessa joko Dhillonin tai Blanchard & Fabryckyn teoksiin.

Puolustusvoimien omaa tuotantoa elinkaarikustannuslaskennassa käsittelee Jyri Kosolan kirja Suorituskyvyn elinjakson hallinta [9]. Puolustusvoimat on tuottanut myös asiaa sivuuttavia teoksia kuten Vaatimustenhallinnan opas. Vaatimustenhallinnan soveltamien Puolustusvoimissa on myös etäisesti asiaa sivuuttava teos. Vaatimustenhallinnasta kertovat teokset auttavat ymmärtämään hankittavien järjestelmien kokonaisuutta, sekä sitä miksi jotkin asiat hankkeessa tehdään määrättyllä tavalla.

Tämän tutkimuksen kannalta merkittävänä Puolustusvoimille tehtynä tutkimustyönä voidaan pitää inskapt Juha Humalajoen EUK 66 tekemää tutkimustyötä: pyöräpanssariajoneuvo taistelulentäällä. Kyseinen työ on myös tehty yhteistoiminnassa Patrian kanssa, ja se on tehty sotatekniikanlaitokselle. Humalajoen työ paneutuu pyöräpanssariajoneuvojen käytettävyyteen taistelulentäällä. Myös kyseinen työ on hyvin geneerisesti toteutettu. Tutkimus ei sisällöllisesti ole elinkaarikustannuslaskentaa, mutta tutkimustyön panssariajoneuvoja käsittelevän geneerisen

luonteen takia on merkittävä teos. Vaatimusten hallinnan teokset ja Humalajoen tutkimustyö eivät ole lähdeluettelossa, koska kyseisiin lähteisiin ei ole viitattu tässä työssä. Kuitenkin kyseiset teokset ovat olleet merkittävässä osassa tutkimuksen taustamateriaalina. Ne ovat helpottaneet tutkijaa ymmärtämään paremmin kokonaisuutta.

Tärkeinä lähdeteoksina voidaan myös pitää pysyväisasiakirjoja (PVMATOS PAK 08:01-06). Kyseiset asiakirjat käsittelevät puolustusvoimien elinkaarikustannuksia, hankesuunnittelua sekä niiden ohjaamista puolustusvoimissa. Puolustusvoimien muista määräyksistä tutkija pitää tärkeänä asiakirjaa HK666-Suorituskyvyn rakentaminen sekä asiakirjaa SUORITUSKYKYJEN ELINJAKSOJEN KOKONAISHALLINNAN KEHITTÄMINEN (ELJAKE). Myös asiakirjaa HJ108 SUORITUSKYVYN KÄSITEMALLI, voidaan pitää merkittävänä lähdeteoksena tutkimustyön kannalta.

Alle on listattu tutkimuksen kannalta muutama keskeinen käsite. Käsitteiden määrittelyssä on käytetty pääsääntöisesti puolustusvoimien määritelmärekisteriä. Käsitteiden määritelmät, jotka löytyivät määritelmärekisteristä, on kopioitu sellaisenaan suoraan määritelmärekisteristä 21.12.2015. Muut käsitteet on määriteltä muita lähteitä käyttäen tutkijan toimesta. Suurimpana ongelmana käsitteiden määrittelemisessä oli käsitelmäritelmien hajanaisuus Puolustusvoimien sisällä. Puolustusvoimissa on useampi virallinen tapa määritellä käsitteitä. Tämän takia onkin vaikeaa päätellä mikä on viimeisin voimassaoleva määritelmä. Voimassaolevia määritelmiä voi olla useassa eri paikassa.

”**Elinkaari** on ajanjakso, joka alkaa, kun valmistaja määrittelee uuden tuotteen ja päättyy, kun valmistaja poistaa tuotteen lopullisesti tuoteohjelmastaan.”[10] Elinkaari sanana määritellään kielitoimiston sanakirjassa seuraavasti: ”*Elinkaari jnk elämä, olemassaolo kokonaisuutena alusta loppuun; elämänkaari. Ihmisen elinkaari. Yrityksen, hallituksen elinkaari. Tuotteen elinkaari ympäristönsuojelussa: tuotteen vaiheet sen raaka-aineen tuottamisesta tuotteesta syntyvien jätteiden loppukäsittelyyn; tal. tuotteen vaiheet markkinoilla kokonaisuutena.*”[11]

Elinkaarikustannus on tuotetun moduulin/järjestelmän tai sen osan kokonaiskustannukset koko elinkaaren ajalta. Elinkaarikustannuslaskennan avulla voidaan määrittää moduulille/järjestelmälle ja sen osajärjestelmille määritellyn aikavälin kustannukset eri suunnitteluvaiheiden tai hankintojen päätöksenteon perustaksi.[9, s. 439-441]

”**Elinjakso** on se ajanjakso, joka alkaa, kun järjestelmä- tai laitetarve määritellään ja päättyy, kun ko. järjestelmä romutetaan tai mahdollisesti siirtyy toiseen käyttöön.”[11]

”**Elinjaksokustannuslaskelma** käsittää laskelman elinjakson aikana syntyvistä välittömistä ja välillisistä kustannuksista.”[12]

”**Suorituskyky** on henkilön, joukon, materiaalin tai järjestelmän kyky täyttää sen olemassaolon tarkoitus ja toiminnalle asetetut vaatimukset. Suorituskyky on yleensä useiden yksittäisten osatekijöiden (suorituskykytekijöiden) tulo. Suorituskykyä voidaan mitata kertomalla sen yksittäisiä osatekijöitä ja painottaen niitä osatekijöiden tärkeyden ja merkityksen mukaisesti.”[11]

”**Panssariajoneuvo:** Pyörillä liikkuva, aseistettu tai aseistamaton panssaroitu ajoneuvo”[11]

”**Kustannus:** Suoritteiden aikaansaamiseksi tehty taloudellinen (rahassa ilmaistu) uhraus, joka aiheutuu tuotannontekijöiden käytöstä tai kulutuksesta. Suoritekohtaiset kustannukset lasketaan lisäämällä suoritekohtaisiin kuluihin muiden maksamat menot ja laskennalliset erät sekä muuttamalla tarvittaessa alkuperäisen hankintahinnan tilalle tarkasteluajankohdan todellinen jälleen hankinta- tai luovutushinta. Kustannukset jaetaan välittömiin ja välillisiin kustannuksiin, erillis- ja yhteiskustannuksiin sekä muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin.”[11]

1.5 Panssaroitu pyöräajoneuvo geneerisesti

Pyöräpanssariajoneuvolla tarkoitetaan moottorikäyttöistä erityisellä panssarikorilla, aseistuksella tai muulla sotilaskäyttöön tarkoitettulla välineistöllä varustettua tai sotilaskuljetukseen tarkoitettua panssariajoneuvoksi rekisteröityä pyörin varustettua sotilasajoneuvoa, jonka kuljettamiseen vaaditaan aina ajaja ja johtaja. [13, s. 4; 14] Tarkemmin puolustusvoimien käytössä olevat erikoisajoneuvot on määritelty puolustusministeriön asetuksessa sotilasajoneuvoista (180/2006). Tässä tutkimuksessa käsitellyt pyöräpanssariajoneuvot ovat Patrian valmistamia ja puolustusvoimissa ne ovat saaneet tyyppinimet XA-180/185, XA-203 ja XA-360. XA-360 tunnetaan myös nimellä AMV (Armoured Modular Vehicle). Tarkemmin tutkimuksessa tarkasteltujen vaunujen tekniset tiedot ja kuvat vaunuista on esitelty liitteessä 1 [15]. Näistä vaunuista on yleisesti käytössä myös muunneltuja versioita. Näitä muunneltuja versioita on olemassa esimerkiksi ambulanssivarusteisina, komentopaikka-ajoneuvoina, erilaisten viestiasemien lavetteina, suojelutiedusteluajoneuvoina, elektronisen sodankäynnin ajoneuvoina, kra-

naatinheitinjoneuvon lavetteina (AMOS-järjestelmä), IT-asejärjestelmien lavetteina ja niitä on varustettu palvelemaan YK-operaatiossa. Osa vaunuista on uintikykyisiä.

Yleisesti panssaroidut pyöräajoneuvot ovat muunneltavissa monenlaiseen käyttöön. Nykypäivänä valmistajat kykenevät modulaarisuuteen perustuen rakentamaan asiakkaiden tarpeisiin soveltuvan vaunun. Modulaarisuudesta kertoo Patrian valmistaman AMV-tuoteperheen kyky muuntautua erilasten järjestelmien alustaksi. AMV:ssä on ballistinen suojaustaso jopa 30 mm alikaliiperiammusten uhkaa vastaan etusektorista. Sen miinasuojaus riittää aina 10 kg TNT miinoinhin asti. Ajoneuvon suuri kantavuus mahdollistaa erityyppisten asejärjestelmien integroinnin, alkaen 7,62 mm konekivääreistä aina 105/120 mm kanuunaan tai 120 mm AMOS / Patria Nemo -kranaatinheitinjärjestelmään asti. [16] Tutkimuksessa ei ole otettu kantaa vaunujen sisältämiin järjestelmiin tai modifikaatioihin, vaan tutkimuksessa on käsitelty vaunuja yleisellä tasolla. Patrian kanssa samoista markkinoista kilpailee myös muita vaunutyyppisiä. Kaikki nykyaikaiset pyöräpanssarivaunut ovat modulaarisia. Länsimaisesta kalustosta Patrian AMV:n kanssa kilpailee esimerkiksi MOWAG Piranha vaunu joka on sveitsiläinen GDELS:n (General Dynamics European Land Systems) valmistama. MOWAG vaunua valmistetaan 6×6, 8×8 ja 10×10 mallisina vaunuina. Kuten AMV:stä niin myös näistä on olemassa erilaisia versioita. Tällaisia vaunuja on esimerkiksi ambulanssivaunu ja komentovaunu. [17] Toinen länsimaalainen panssaroitujen pyöräajoneuvojen valmistaja, joka kilpailee samoilla markkinoilla on Saksalais-Hollantilainen Rheinmetalin valmistama BOXER. BOXER on ollut vahvasti Eurooppalainen tuote. Sen valmistamisessa on ollut mukana useita eri tahoja Euroopassa. Myös BOXER on henkilökuljetuksiin soveltuva, modulaarinen panssaroitu pyöräajoneuvo. [18] Yhdysvaltalaiset ovat kehittäneet MOWAG Piranhan pohjalle oman versionsa modulaarisesta pyöräpanssariajoneuvosta. USA:n versio on nimeltään STRYKER [19]. Venäläisestä kalustosta lähimmäksi uutta modulaarista pyöräpanssariajoneuvoja on BTR-80 vaunu. Myös kaikissa edellä mainituissa vaunuissa on hyvä ballistinen suojaus sekä kyky integroida erilaisia johtamisjärjestelmiä ja aseita.[18;19]

2 ELINKAARIKUSTANNUSTEN LASKEMINEN

Jokaiseen investointiin liittyy elinkaariajattelu. Puolustusvoimissa elinkaarikustannusajattelu liittyy jokaisen järjestelmän hankintaan. Kyseessä on resurssien optimaaliseen käyttöön tähtäävä päätöksen teon apuväline. Siinä otetaan huomioon tarkasteltavan kohteen koko elinkaaren tai määrätyn osan aikana syntyvät kustannukset. [1, s.189] Kustannukset koostuvat kaikesta järjestelmään liittyvistä asioista, kuten järjestelmän kunnossapidosta, järjestelmän käyttämisestä, järjestelmän säilytyksestä ja niin edelleen, päättyen järjestelmän poistamisesta aiheutuneisiin kuluihin. [20, s. 2-3]

Käytännössä elinkaarikustannuslaskennan teoria on melko yksinkertainen. Periaatteessa elinkaarikustannuslaskennassa lasketaan vain kaikki elinkaaren aikana muodostuneet kustannukset yhteen sekä korkoa korolle. Kuitenkin elinkaarikustannuslaskenta saattaa muuttua ongelmalliseksi, kun teoria yritetään viedä käytäntöön. Elinkaarikustannuslaskennassa pitää osata mallintaa tarkasteltavan kohteen tuleva elinkaari ja osata eritellä eri kustannuserät. Tähän kuuluu esimerkiksi kysymykset kuten: mikä on kohteen pitoaika, mikä on korkokanta, millaisia kustannuksia syntyy käytön aikana ja kuinka usein sekä millainen hyöty investointikohteesta saadaan sen käyttöaikana. [21, s. 753] Taulukossa 1 on esitelty koron vaikutus pääomaan. Taulukosta voidaan päätellä, että korkokannan vaikutus elinkaarikustannuksiin on myös merkittävä osatekijä. Oikea korkokanta tulee osata ennustaa oikein.

Taulukko 1. esimerkki koron vaikutuksesta pääomaan

Alkupääoma:	18 000 €	
Kohteen pitoaika:	10 v	20 v
korko%:	3 %	24 190 €
	5 %	29 320 €
	7 %	35 408 €
		32 510 €
		47 759 €
		69 654 €

Yksinkertaisena esimerkkinä elinkaarilaskennasta voidaan pitää tavallisen auton hankintaa. Kotona elinkaarikustannuslaskenta on helpointa tehdä suoraan Excel-ohjelmassa. Kyseisestä ohjelmasta löytyvät tarvittavat funktiot laskemiseen ja nykyarvon määrittämiseen. Toinen yksinkertainen tapa on etsiä internetistä valmiit laskentapohjat elinkaarikustannuslaskentaan. Tällaisia valmiita pohjia löytyy esimerkiksi Motivan hankintapalveluiden kotisivuilta. [22] Valmiiden Excel-pohjien lisäksi on olemassa kaupallisia laskentaohjelmistoja. Kaupallisia laskentaohjelmistoja voidaan käyttää yritysten toiminnassa.

Motivan hankintapalveluiden laskentatyökalua hieman mukaillen, voidaan yksinkertaisena esimerkkinä elinkaarikustannuslaskennasta käyttää henkilöauton hankintaa. Ensiksi pitää määrittää ajoneuvon hankintahinta (18 000€). Tämän jälkeen lasketaan vuosittainen käyttökustannus, joka pitää sisällään polttoaineet ja ajetut kilometrit sekä ajoneuvon keskipulutuksen. Nämä saadaan laskettua Excelin NA-rahoitusfunktiolla. Kyseinen funktio laskee lainan tai sijoituksen nykyarvon, joka perustuu kiinteään korkoon. Tässä esimerkissä koko elinkaaren käyttökustannus on 23 165€. Kyseinen luku on saatu 50 000 ajatulla kilometrillä, autolla jonka keskipulutus on 4 litraa/100km ja polttoaineen keskihinnalla 1,50€. Esimerkissä on käytetty korkoprosenttina 5 % ja auton käyttöikä 10 vuotta. Hankittavan auton elinkaarikustannuksiksi saadaan 41 165€. Laskentaan ei ole huomioitu muita kustannuksia, kuten verot ja vakuutukset sekä huoltokustannukset. Elinkaarenkokonaiskustannukset saadaan siis laskemalla yhteen hankintakustannukset ja käyttökustannukset sekä kertomalla ne Excelissä NA-rahoitusfunktiolla, jossa huomioidaan korko ja käyttöikä. [22]

2.1 Elinkaarikustannuslaskennan historia

Elinkaarikustannusajattelu sai alkunsa 1960-luvun puolessa välissä, jolloin Yhdysvaltain puolustusministeriö ryhtyi selvittämään sotilasmateriaalin elinkaaren kokonaiskustannuksia. Tarve kustannusten suunnitteluun tuli, kun asejärjestelmien kustannukset ryhtyivät kohoamaan. [23, s. 335-336] Vuonna 1965 termiä life cycle costings (elinkaarikustannukset) käytettiin ensimmäisen kerran Yhdysvaltain puolustusministeriön tilaamassa raportissa nimeltä ”Life Cycle Costings in Equipment Procurement” [24, s. 1]. Kyseisen raportin kirjoitti Yhdysvaltain puolustusministeriön kanssa yhteistyössä Logistics Management Institute Washingtonista (D.C.) [24, s. 1].

Elinkaarikustannuksien laskeminen alkoi kehittyä 1970-luvulla, jolloin pyrittiin kiinnittämään huomioita varsinkin järjestelmien suunnitteluun ja järjestelmien käyttöön [25, s.102]. 1970-luvun lopussa Yhdysvaltain keskushallinto sekä eri osavaltioiden hallinnot ryhtyivät ottamaan hankesuunnitteluun mukaan elinkaarilaskennan perusteita [24, s.1]. Kyseisiä periaatteita vauhdittiin käytettäväksi esimerkiksi julkisten rakennusten rakennus- ja suunnittelutöissä [24, s. 1-2].

Nykyään elinkaarikustannuslaskentaa opetetaan yliopistoissa ja se on mukana ympäri maailmaa erilaisissa hankkeissa. Myös erilaiset järjestöt ja yhdistykset ovat ottaneet elinkaarikustannuslaskelmat mukaan omiin opetusmateriaaleihinsa ja julkaisemiinsa teoksiin. Tällaisia järjestöjä on esimerkiksi Yhdysvaltalainen autoalan standardisointijärjestö Society of Auto-

motive Engineers (SAE) ja kansainvälinen Institute of Industrial and System Engineers (IISE).[20, s. 5; 24, s. 1-2]

2.2 Elinkaarikustannuslaskennan käsitelmäärittely

Elinkaarikustannuslaskennalle (life cycle costing, LCC) löytyy valtava määrä erilaisia synonyymeja tieteellisistä kirjoituksista. Tämän lisäksi on olemassa paljon erilaisia elinkaarikustannuslaskentamalleja, joista osa on virallisia ja osa epävirallisia. Riippuen erilaisista lähdeteoksista suomenkielinen termi elinkaarikustannuslaskenta on kirjoitettu usealla eri tavalla englanniksi [27, s.182]. Näitä tutkijalle lähdeteoksissa vastaan tulleita termejä ovat muun muassa: whole life costing, full cost accounting, whole life value, total cost of ownership tai Amerikassa käytettävä COO eli Cost of Ownership. Suomenkielisistä termeistä tutkijalle on tullut vastaan ainakin elinkaarikustannus, elinjaksokustannus, elinaikakustannus, koko elinajan kustannus. Monet näistä tarkoittavat kokonaisuutena samaa asiaa, ja valittu termin käyttö riippuu lähdeteoksesta. Osaa termeistä käytetään rakennusteollisuuden suuntautuvissa lähdeteoksissa, kun taas osaa termeistä käytetään tietotekniikkaan suuntautuvassa materiaalissa. Tässä työssä käytetään kuitenkin yleisesti tunnetuinta ja käytetyintä nimitystä elinkaarikustannus (Life Cycle Costing). Termi elinkaarikustannus - Life Cycle Costing on yksi alan vanhimmissa teoksissa esiintynyt nimitys (esimerkiksi, Life Cycle Costings in Equipment Procurement 1965). elinkaarikustannus termi on myös kaikkein kuvaavin ja selkein termi ja käänös. Eri termien käyttö riippuu tutkimuksen suuntautumisesta ja tutkijoiden omista mielipiteistä. [24, s. 43] Eri termien käytössä pitää olla myös hyvin tarkkana, koska termi voi käännettynä tarkoittaa jotain aivan muuta. Puolustusvoimissa elinkaarikustannuslaskenta tunnetaan myös termillä elinjaksokustannuslaskenta ja se on määritelty seuraavalla tavalla: ”Elinjaksokustannuslaskelma käsittää laskelman elinjakson aikana syntyvistä välittömistä ja välillisistä kustannuksista.”[12] tutkimuksessa käytettävien käsitteiden määritelmät löytyvät luvusta 1.4 tutkimuksen keskeiset lähteet, käsitteet ja määritelmät.

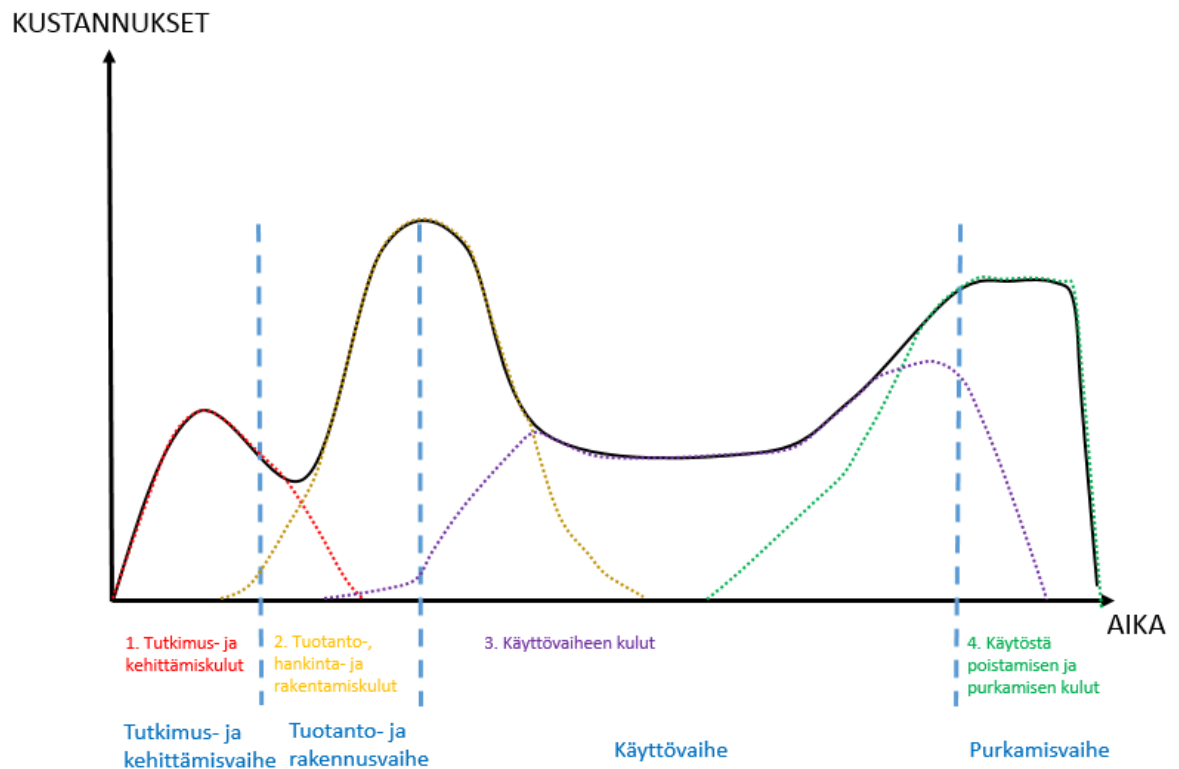
2.3 Elinkaarikustannuslaskennan perusajatus

Elinkaarikustannusten laskenta on talouden optimointia. Tämän optimoinnin päätarkoituksena on vähentää yritykselle aiheutuvia kulueriä ja valita vaihtoehto joka tuottaa yritykselle suurimmat tuotot ja pienimmät tappiot. [1, s 189] Elinkaarikustannuslaskennassa otetaan huomioon kaikki muodostuvat kustannukset koko tuotteen elinkaaren ajalta. [24, s. 11] Kyseiset kulut voivat olla helposti havaittavissa eli välittömiä kustannuksia (direct cost) tai välillisiä kustannuksia (indirect cost) [27, s 180]. Välittömät kustannukset on myös suomennettu suoriksi kustannuksiksi ja välilliset kustannukset on suomennettu joskus epäsuoriksi kustannuksiksi.

Välittömille kustannuksille tyypillistä on, että ne on helppo mitata [1, s. 54]. Tällaisia kustannuksia on esimerkiksi: työkustannukset, varaosat, hankintakustannukset, varastointikustannukset, materiaalit, tarvikkeet ja muita mitattavia selkeitä kulueriä [1, s. 180]. Välillisiä kustannuksia ei kyetä niin helposti mittaamaan. Kyseiset kustannukset ovat yleensä suurempia kuin välittömät. Niiden vaikutus koko projektiin ja toimintaan on myös suuri. [1, s. 54] Tällaisia kuluja ovat esimerkiksi: Tuotteen huono laatu ja siitä johtuva hylkääminen, tuotteen uudelleen tekeminen, epäsuhtaiset varastot, hallitsematon resurssien käyttö sekä ylityökustannukset. [27, s. 180-181]

Elinkaarikustannuslaskennalla tarkoitetaan kaikkia laskentakohteen tukemisesta aiheutuneita kustannuksia suunnitteluvaiheesta aina laskentakohteen käyttöön päättymiseen ja purkuun liittyen [26, s. 638-639]. Hankintahinnan tutkimisen lisäksi elinkaarilaskentamenetelmässä kiinnitetään huomiota moniin muihinkin yrityksen tulosta rasittaviin kustannuseriin. Tällaiset elinkaarikustannukset voivat olla moninkertaisia alkuperäiseen investointihintaan nähden [23, s. 335]. Käytännössä hankintatoiminnassa hankintapäätökset tehdään perinteisesti hinnan ja laadun perusteella. Tällöin on mahdollista, että hankitaan halvin mahdollinen tuote, joka kuitenkin osoittautuu kaikilta kustannuksiltaan (ylläpito- ja käyttökustannukset) kalliimmaksi tuotteeksi. [27, s. 182] Puolustusvoimien tarjouspyynnöissä pyritään painottamaan kokonaisuutta, jolloin ei pääse syntymään yllämainittua tilannetta.

Järjestelmästä elinjakson aikana syntyvät kustannukset jaetaan pääsääntöisesti neljään eri vaiheeseen [26, s. 641-642]. Nämä vaiheet ovat kulujen syntymistä kuvaavat vaiheet. Kyseiset vaiheet ovat esitelty kuvassa 1 värillisillä numeroinneilla. [28, s. 52-54]



Kuva 1. Järjestelmän elinjakson jaetut kustannukset (kuva yhdistetty eri lähteistä tutkijan toimesta) [26, s. 641; 28, s. 52-54; 27, s. 182; 23, s. 336]

Kuvassa 1 on esitetty kustannusten jakaantuminen elinjakson ajaksi. Yhtenäinen musta viiva kuvaa kokonaiskustannuksia ajan funktiona. Värilliset ohuet katkoviivat kuvaavat jokaisen vaiheen kuluja ja niiden jatkumista toisen vaiheen alueelle. [23, s. 336] Esimerkiksi käytöstä poistamisen kuluja alkaa muodostumaan jo käyttövaiheen aikana. Tällaisia kuluja syntyy esimerkiksi vanhojen järjestelmien vaiheittaisesta poistamisesta. [9, s. 387-391] Siniset pystysuuntaiset katkoviivat kuvaavat vaiheen vaihtumista. Kulut on jaettu neljään erilliseen vaiheeseen. Nämä vaiheet ovat tutkimus- ja kehittämisvaihe, tuotanto- ja rakentamisvaihe, käyttövaihe sekä purkamisvaihe. Kuvassa 1 kulut syntyvät neljästä eri syystä. Kyseiset neljä syytä ovat: 1. Tutkimus- ja kehittämiskulut, 2. Tuotanto-, hankinta- ja rakentamiskulut, 3. Käyttövaiheen kulut, 4. Käytöstä poistamisen ja purkamisen kulut.

1. Tutkimus- ja kehittämiskulut alkavat järjestelmää suunnitellessa. Kyseiset kulut pitävät sisällään kaiken tutkimus- ja kehittämistyössä käytetyn rahan. Nämä voivat olla esimerkiksi tuotekehittelyä, evaluointeja ja testauskuluja. [26, s. 641]

2. Tuotanto- ja hankintakulut pitävät sisällään kaiken järjestelmän rakentamiseen ja sen hankintaan liittyvän. Esimerkkeinä ovat järjestelmän valmistaminen, logistiikka ja hankintahinta,

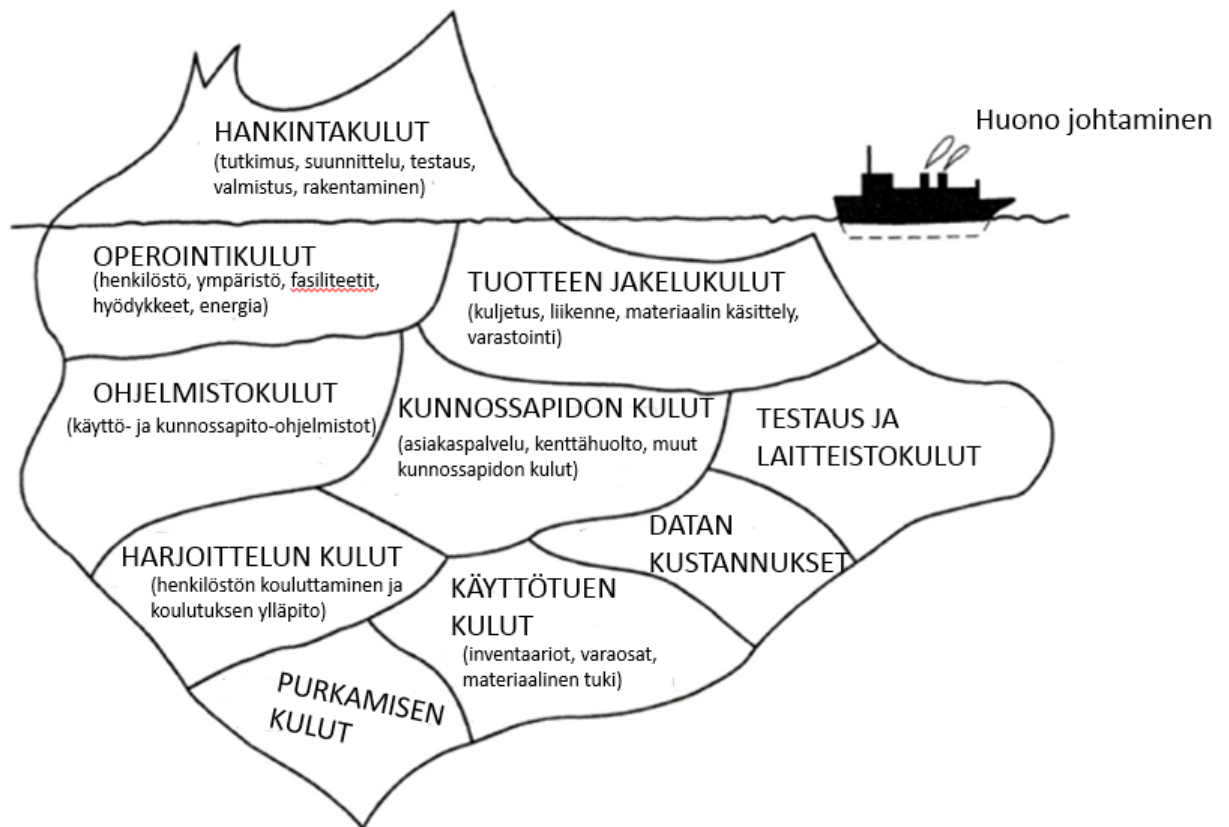
varaosat. Kuvassa 1 hankintoja on ajateltu sijoitettavan pitkälle ajalle, jolloin niiden kustannukset jakautuvat myös käyttövaiheen puolelle.

3. Käyttövaiheen kulut. Se sisältää kaikki kulut jotka syntyvät kun järjestelmä on operatiivisessa käytössä. Kyseisiä kuluja ovat esimerkiksi kunnossapito-, säilytys- ja logistiikkakulut. Se sisältää myös henkilöiden palkat ja ylityökorvaukset. [26, s. 641] Käyttövaiheen kustannukset alkavat jo tuotanto- ja rakentamisvaiheessa, kun ensimmäisiä valmiita järjestelmiä saadaan käyttöön. Käyttövaiheen alussa kulut ovat korkeampia, koska uuden järjestelmän käyttöönotto vaatii pääomaa ja käytön opettelua. Käyttövaiheen kulut lähtevät nousemaan ennen kuin alkaa käytöstä poistaminen ja järjestelmän purkamisen vaihe. Nämä nousevat kulut selittyvät ikääntyvien laitteiden lisääntyvällä kunnossapitotarpeella. [27, s.182-183]

4. Käytöstä poistaminen ja purkaminen. Purkamisesta ja käytöstä poistamisesta aiheutuu myös kuluja ja ne ovat esitelty kuvassa 1 kohtana 4. Käytöstä poistaminen ja purkaminen. [9, s. 390-394] Purkamisen kulut voivat aiheutua materiaalin kierrättämisestä, hävittämisestä ja elinjaksauditoinneista aiheutuvista kuluista. [9, s. 390-394; 26, s. 642]

Osa kustannuksista voi olla piilossa. Usein piilossa olevat kustannukset liittyvät tuotteen käyttöön ja tukeen. Tätä ilmiötä Blanchard ja Fabrycky kutsuvat jäävuori-ilmiöksi. [26, s. 640] Kuvassa 2 on kuvattuna Blanchardin ja Fabryckyn jäävuori-ilmiö. Kyseinen ilmiö selittää kustannusten näkyvät ja piilossa pysyvät osat. Blanchardin ja Fabryckyn mukaan kuluista ainoastaan murto-osa on näkyviä kuluja. He ovat nimenneet näkyvät kulut hankintakuluiksi. Hankintakulut pitävät sisällään kaiken hankintaan liittyvän, kuten tutkimuksen, suunnittelun, testauksen ja valmistuksen kulut. Käytännössä ne sisältävät kuvan 1 vaiheiden tutkimus- ja kehittäminen sekä rakentaminen aiheuttamat kulut. [26, s. 640-641]

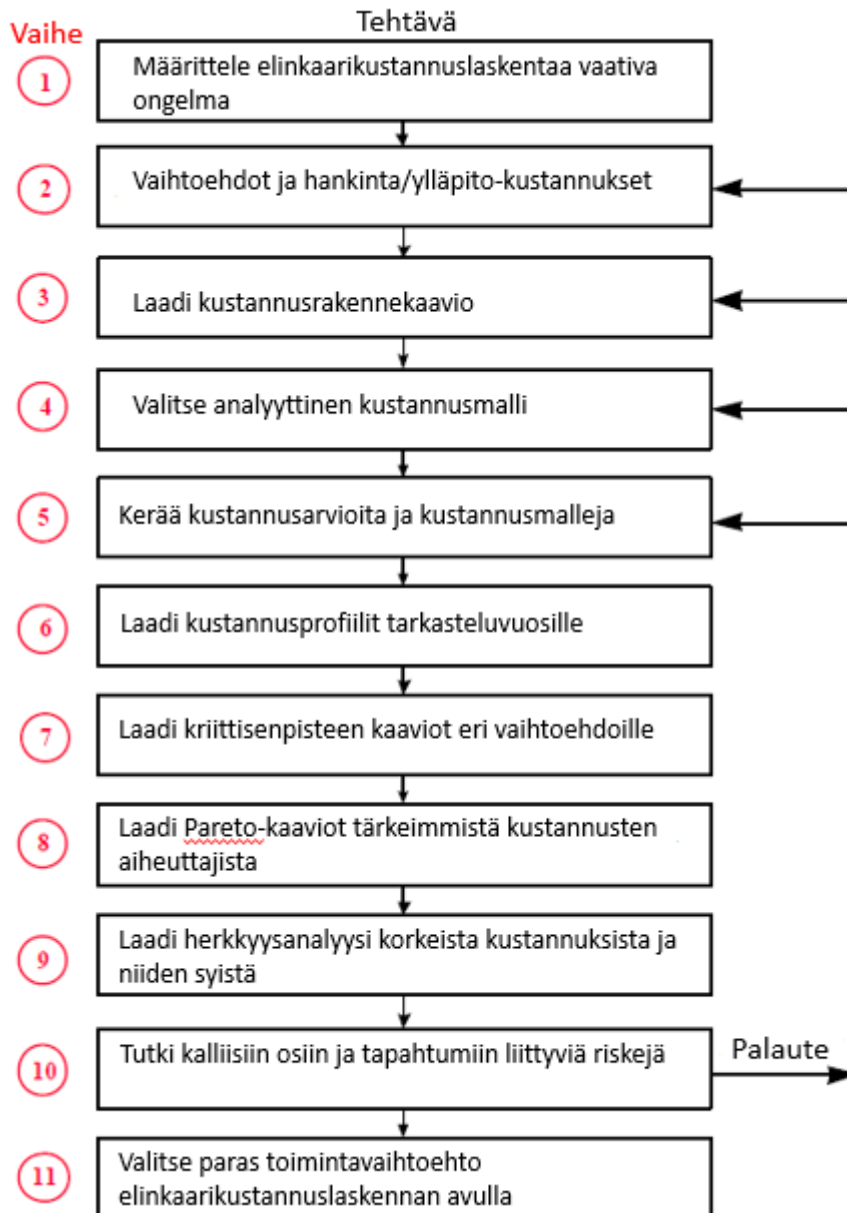
Muut kulut ovat niin sanottuja piilossa olevia kuluja. Piilossa olevat kulut jäävät nimensä mukaisesti helposti järjestelmän hankkijalta huomioimatta [26, s. 640]. Kuvalla 2 on pyritty selvittämään sitä, ettei järjestelmän kustannuksia saa jättää vain hankintakustannusten varaan. Järjestelmää hankittaessa tulee ottaa huomioon myös operointikustannukset, mahdolliset jake-
lukustannukset, henkilöstön kouluttamisen kustannukset, kunnossapitokustannukset ja muita pienempiä kustannuseriä. Järjestelmästä luovuttaessa on myös hyvä huomata, että siitä syntyy purkamisen kustannuksia.



Kuva 2. Kustannusten jäävuori-ilmiö [26, s. 641]

2.4 Elinkaarikustannuslaskennan teoreettiset mallit

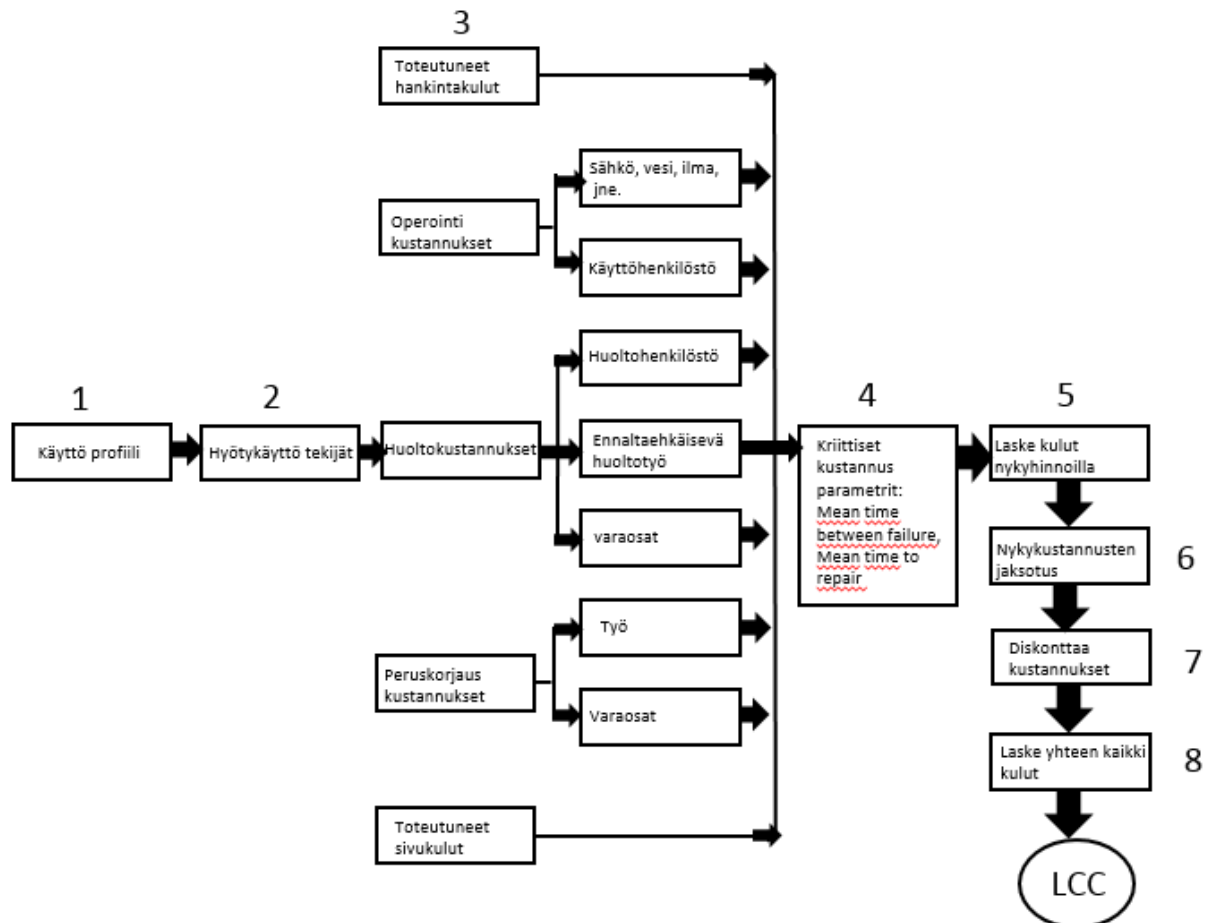
Elinkaarikustannuslaskennan teoreettisia malleja on olemassa useampia. Tässä kappaleessa esittelen kaksi toimivaa ja yleisesti käytettyä mallia. Ensimmäisenä mallina esittelen aikanaan Fabryckyn kehittämän mallin, jota on muokattu useasti vastaamaan nykypäivää. Mallia on päivitetty Fabryckyn ja Blanchardin toimesta kirjaan System Engineering and Analysis [26]. Kyseistä mallia on käyttänyt myös Barriger & Weber [20] omassa artikkelissaan. Myös Barriger ja Weber on muokannut alkuperäistä mallia hieman. Kuvassa 3 on esitelty Fabryckyn ja Blanchardin elinkaarikustannusmalli Barrigerin ja Weberin mukailemana. Barrigerin&Weberin kuva elinkaarikustannusmallista on visuaalisesti selkein. Tämän takia kyseinen kuva on laitettu myös tähän tutkimukseen.



Kuva 3: Fabryckyn & Blanchardin elinkaarilaskentamalli Barringer & Weberin vuonna 1996 muotoilemana [28].

Fabryckyn ja Blanchardin elinkaarilaskentamallissa ensimmäisenä määritellään tilanne, johon elinkaarikustannuslaskentaa tarvitaan. Seuraavassa vaiheessa tarkastellaan erilaisia vaihtoehtoja keskenään. Erilaisten vaihtoehtojen vertailun tuotoksena tutkitaan niiden kustannuksia. Kolmannessa vaiheessa laaditaan kustannusrakennekaavio (cost breakdown structure). Kustannusrakenne kaaviossa vertaillaan kustannuksia aiheuttavia tekijöitä eri vaihtoehtojen välillä. Neljännessä kohdassa valitaan analyyttinen kustannusmalli, jossa voidaan yhdistää kustannustietoja ja hajoamistietoja (Mean Time Before Failure). Kun analyyttinen malli on laadittu, niin kerätään riittävät kustannustiedot (arviot ja mallit). Kuudennessa vaiheessa laaditaan kustannusprofiilit tarkasteluvuosille, jotta voidaan ottaa huomioon rahan aika-arvio. Seitsemännessä vaiheessa tarkastellaan vertailtavien vaihtoehtojen kriittisiä pisteitä. Tämä tehdään jotta

voidaan hahmottaa kiinteiden ja muuttuvien kustannuksien vaikutukset. Kahdeksannessa vaiheessa laaditaan Pareto-analyysi(80/20 suhde, ilmiössä 80 % seurauksista syntyy 20 % aiheuttamana) ja tunnistetaan tärkeimmät kustannuksen aiheuttajat. Tämän jälkeen laaditaan herkkyysanalyysi ja tutkitaan mahdollisia riskejä. Viimeisenä vaiheena laaditaan elinkaarilaskenta ja tehdään lopullinen päätös. [20, s. 29-48; 26, s. 647]



Kuva 4. Kaufmanin elinkaarikustannusmalli tutkijan muotoilemana [23, s. 337]

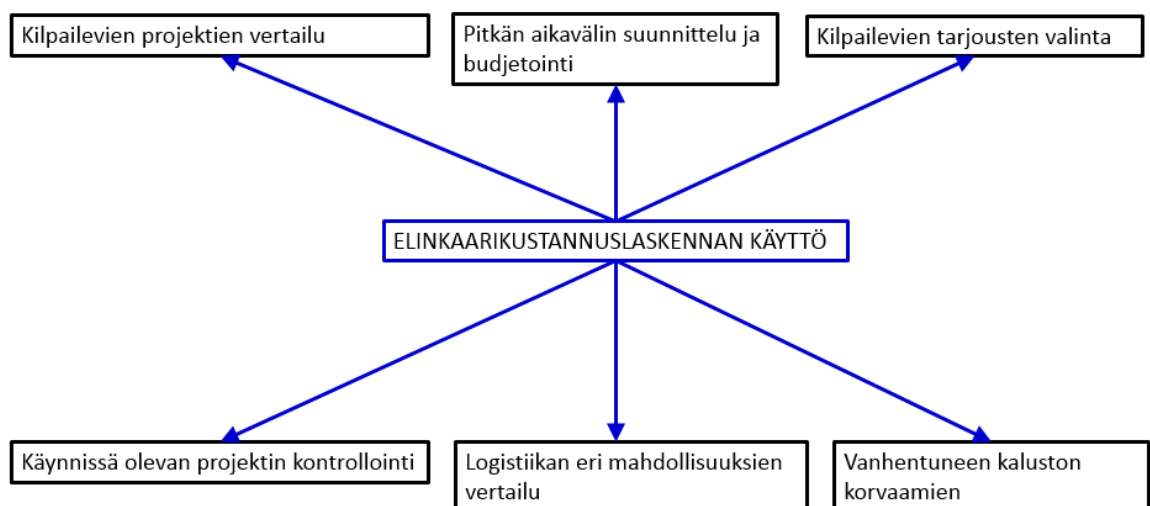
Kuvassa 4 on kuvattuna Kaufmanin elinkaarikustannusmalli. Kaufmanin malli eroaa Fabryckyn mallista, siten että sen avulla hahmotetaan selkeästi elinkaarikustannusten kulurakenne. Kaufmanin malli on myös huomattavasti tarkempi mallina. Käytännössä Kaufmanin mallia seuraamalla voi määrittää elinkaarikustannukset täysin. Kyseinen malli on kahdeksanportainen laskentamalli.

Ensimmäisenä mallissa määritellään käyttöprofiili. Käyttöprofiilissa määritellään järjestelmän toimivuutta. Vaiheessa kaksi määritellään vaiheen yksi käyttöprofiilin hyötykäyttötekijät. Vaiheessa kolme selvitetään kaikki kustannuksia aiheuttavat tekijät. Kuvassa ne on jaettu vielä erillisiin alakohtiin. Kyseiset alakohtat ovat toteutuneet hankintakustannukset, operointi-

kustannukset, huoltokustannukset, peruskorjauskustannukset ja toteutuneet sivukulut. Ope-
 rointikustannukset, huoltokustannukset ja peruskorjauskustannukset on pyritty määrittämään
 vielä yhtä porrasta tarkemmin. Neljännessä kohdassa määritellään kriittiset kustannuksia ai-
 heuttavat parametrit. Näitä parametreja voi olla esimerkiksi vikaantumistiheys sekä korjausai-
 ka. Viidennessä kohdassa lasketaan kustannukset nykyarvolla. Kuudennessa kohdassa jaotel-
 laan kustannukset ajan kanssa, eli laaditaan kustannusprofiilit tarkastelujaksolle. Seitsemän-
 nessä kohdassa diskontataan kustannukset ja kahdeksannessa kohdassa lasketaan kaikki kus-
 tannukset yhteen. [23, s. 337]

2.4.1 Elinkaarikustannuslaskennan hyödyt ja käyttöperiaatteet

Elinkaarikustannuslaskentaa voidaan käyttää moneen eri tarkoitukseen. Tässä kappaleessa
 tuodaan esiin elinkaarikustannuslaskennan hyötyjä, haittoja sekä käyttömahdollisuuksia. Mo-
 net elinkaarikustannuslaskennan hyödyt ovat samalla myös elinkaarilaskennan käyttötarkoi-
 tuksia. Kuitenkin Dhillon [29] on tiivistänyt elinkaarikustannuslaskennan käyttötarkoitukset
 kuuteen eri kohtaan sekä selkeään kuvaan (kuva 5). Kyseiset kuusi kohtaa ovat: Kilpailevien
 projektien vertailu, pitkän aikavälin suunnittelu ja budjetointi, kilpailevien tarjousten valinta,
 käynnissä olevan projektin kontrollointi, logistiikan eri mahdollisuuksien vertailu, vanhentu-
 neen kaluston korvaaminen. [29, s 30-31]



Kuva 5. Elinkaarikustannuslaskennan käyttö [29, s. 31]

Elinkaarikustannuslaskenta ja sen käyttäminen tuo yritykselle paljon hyötyjä markkinoides-
 saan omaa tuotettaan. Hyvin suunniteltu ja laskettu elinkaarikustannusten arvio antaa yrityk-
 sestä selkeän ja hyvän kuvan. Esimerkiksi jos erilaisia koneita valmistava yritys kykenee esit-

tämään selkeät ja hyvät laitekohtaiset kululaskelmat, se voi saavuttaa kilpailuedun lisäksi mainetta asiantuntevana ja laadukkaana toimittajana.[1, s. 189] Elinkaarikustannuslaskelmien tarkoitus on myös paljastaa laitteen todelliset kustannukset sekä se pakottaa valmistajan ja ostajan perehtymään laitteeseen. Elinkaarikustannuslaskelmat antavat ostajalle tietoa, mitä ostaja todella ostaa. [27, s. 190]

Alan S. Dunk [30, s. 401–402] on esitellyt artikkelissaan elinkaarikustannuslaskennan hyötyjä kuusiportaisella asteikolla.

1. Ensimmäiseksi hyvin suunnitellut ja seuratut elinkaarikustannukset mahdollistavat suunnittelun tehokkuuden yrityksissä vertaamalla jo toteutuneita elinkaarikustannuksia suunniteltuihin kustannuksiin ja tarkastelemalla niiden kustannusten jakautumista.
2. Toiseksi elinkaarikustannukset parantavat tuotteiden hinnoittelupäätöksiä.
3. Kolmanneksi tuotteiden kannattavuuden seuranta parantuu.
4. Neljänneksi se auttaa tuotteiden suunnittelussa huomioiden ympäristönäkökulman
5. Viidenneksi elinkaarikustannuslaskenta auttaa ymmärtämään tuotteen ympäristövaikutuksen koko elinkaaren läpi. Siinä huomioidaan ympäristövaikutukset kehittäessä tuotetta, valmistaessa tuotetta, tuotteen jakelun ja käytön aiheuttamat vaikutukset sekä tuotteen käytöstä poistamisen aiheuttamat ympäristövaikutukset
6. Kuudes kohta Dunkin asteikolla on myynnin jälkeisten kustannusten (takuut, ylläpito, huolto jne.) huomioiminen ja niiden vähentyminen.

Asiedu & Gu ovat omassa artikkelissaan [31] tuoneet esille myös useita hyötyjä yritykselle joka käyttää elinkaarikustannuslaskentaa ja analysointia. Heidän mukaansa elinkaarikustannusten laskeminen auttaa tuotekehitystyössä mukanaolevia hahmottamaan paremmin käytettäviä tekniikoita ja malleja. Se laskee myös loppukäyttäjälle kohdistuvia kuluja. Tuotekehitysprojektin alussa hyvin lasketut kulut auttavat myös suunnittelemaan myöhempää budjetointia.

Dhillon on esitellyt kirjassaan Life Cycle Costing [29, s.30] yksitoistakohtaisen listan laskennan hyödyistä.

1. Se auttaa valitsemaan edullisimman hankintasuunnitelman/startegian
2. Se määrittää kulujen syntymisen syyt
3. Se helpottaa strategisten linjausten tekemistä suunnitteluvaiheessa

4. Elinkaarilaskenta helpottaa vaihtoehtojen valintaa
5. Elinkaarilaskennan avulla voidaan valita oikeat lähteet
6. Sen avulla voidaan määrittää uusia käytettäviä teknologisia menetelmiä.
7. Sen avulla tarjotaan kohteita projektin kontrolloimiseen ja ohjaamiseen.
8. Sen avulla voidaan muodostaa urakoitsijoille kannustinpalkintoja tai tulospalkkioita.
9. Sen avulla voidaan parantaa perusymmärrystä tuotesuunnittelusta ja tuotekehityksestä.
10. Sen avulla voidaan määrittää ja optimoida harjoittelun tarpeet
11. Viimeisenä kohtana Dhillonin [29] mielestä, elinkaarikustannuslaskennan avulla voidaan ennustaa tulevaisuuden budjettitarpeet.

Barringer & Weber [20, s. 4] ovat myös pohtineet käyttötarkoituksia elinkaarikustannuslaskennalle. He ovat laatineet myös hyvän yksityiskohtaisen listan laskennan hyödyistä. Aikaisemmin esitettyihin listoihin lisä kohtina Barringerin ja Weberin listasta löytyvät:

- Korjaustason analyysit – voidaan määrittää tarkat ylläpitovaatimukset ja -kustannukset nyrkkisääntöjen käyttämisen sijaan.
- Takuu- ja korjauskustannukset - toimittajat ja asiakkaat voivat oppia ymmärtämään aikaisen särkymisen merkityksen kaluston valinnassa ja käytössä.
- Toimittajien myyntistrategiat - elinkaarikustannuslaskennan avulla toimittajat voivat yhdistää tuotteet käyttökokemuksiin ja hajoamisasteisiin, sekä käyttää niitä myyntivalttina alhaisen hankintahinnan sijaan. [20, s. 4]

Erilaisia elinkaarikustannuslaskennan hyötyjä on havaittavissa suuri määrä. Lähes jokaisesta lähdemateriaalista löytyvät suurin piirtein samat hyödyt. Hyötyjen määrittely riippuu lähdemateriaalin kirjoittajan katsontakannasta. Laskentaperusteet voivat olla tuottajan/toimittajan näkökannasta suunniteltuja. Asiakkaan kannalta kirjoitetut perustelut ovat taas hieman erilaisia. Elinkaarikustannuslaskentaa voidaan pitää myös ympäristötietoisena valintana ja ratkaisuna.

Kaikista tutkimuksessa käytetyistä elinkaarikustannuslaskentaa koskevista lähteistä löytyy eri tavalla perustellut (perustelut on kirjoitettu eri sanoilla) syyt kilpailuttaa toimittajat ja valita edullisin tuote. Elinkaarikustannuslaskenta auttaa kaikkien lähteiden mukaan myös pitkän aikavälin strategisen suunnittelun tekemiseen. Tuotteen toimittajan kannalta elinkaarikustannuslaskenta auttaa tuotteen hinnoittelussa ja korjauskustannuksien määrittelemisessä. Elinkaari-

kustannuslaskenta on kustannusten optimointia. Se auttaa budjetin luomisessa ja auttaa määrittämään kustannusten ajoittumista.

2.4.2 Elinkaarikustannuslaskennan käytännön toteuttaminen

Elinkaarikustannuslaskelmissa laskenta ja tarkastelu kohdistuvat aina tulevaisuuteen. Laskennan tarkoitus on, siis arvioida järjestelmän aiheuttamia kustannuksia hankintahetkestä eteenpäin. [31] Elinkaarikustannuslaskelmat tehdään aina vain valitulle ajanjaksolle. Tarkasteltavalla ajanjaksolla laskelmassa otetaan huomioon kyseisellä jaksolla syntyvät kustannukset ja tuotot. Elinkaaritaloudellisten laskelmien erityispiirre verrattuna muihin taloudellisiin laskelmiin on koron huomioon otto. Koron otetaan huomioon elinkaarikustannuslaskelmissa, koska investointien vaikutukset ulottuvat pitkälle ajanjaksolle. Tuona aikana sijoitettu raha kasvaa korkoa. Tämän takia eri ajankohtina syntyvät tuotot ja kustannukset eivät ole sellaisenaan keskenään vertailukelpoisia. [21]

Investoinnille on tyypillistä tapahtumien eriaikaisuus. Eri ajankohtina syntyvät tapahtumat eivät ole suoraan vertailukelpoisia. Pääoman omistaja, eli sijoittaja, haluaa investointikohteen sijoittamalleen rahalle koron. Sen vuoksi reaaliarvoltaan saman suuruinen maksusuoritus on saajalleen arvokkaampi nyt kuin esimerkiksi 20 vuoden päästä. Esimerkin mukainen 20 vuoden päästä tapahtuva suoritus saadaan vertailukelpoiseksi nyt tapahtuvan suorituksen kanssa diskonttaamalla se nykyarvoon. [21] Diskonttauksella tarkoitetaan käytännössä tulevaisuuden rahavirran nykyarvon laskemista. Eli saadaan tämänhetkinen ja tulevaisuudessa maksettava raha vertailukelpoiseksi keskenään. Laskennassa käytetään diskonttokorkoa, jonka avulla eri ajankohtien rahamäärät määritellään samanarvoisiksi. Mitä kauemmaksi tulevaisuuteen maksu sijoittuu, sitä vähemmän sillä on arvoa nykyhetkellä, vaikka inflaatiota ei oteta huomioon ja tuleva maksu on varma. [1]

2.4.2.1 Käytännön laskentakaavat ja mallit

Elinkaarilaskentaan on olemassa monia erilaisia käytännön laskentakaavoja/malleja. Tässä luvussa esitellään kolme yleistä ja käytännöllistä kaavaa. Kyseiset kaavat ovat esiteltyinä Dhillonin [24; 29] ja Järviön & Lehtiön [27] kirjoissa. Kyseisiä laskentakaavoja on kehitytty erilaisia käyttötarkoituksia tai järjestelmiä varten. Laskukaavat/mallit on jaettu joko tarkkoihin malleihin tai epätarkkoihin malleihin. Tarkat mallit on kehitetty pääsääntöisesti palvelemaan yksityiskohtaisesti jotain yhtä järjestelmää. Epätarkat laskentamallit on luotu ”yleisiksi malleiksi”, niiden ei ole tarkoitus palvella mitään tarkkaa järjestelmää. [29, s. 48]

Kirjassaan Järviö ja Lehtiö [27, s. 184–185] ovat esittäneet myös selkeät kaavat elinkaarikustannusten määrittelyyn. Kyseinen kaava on selkeä ja tarkka malli jonkin järjestelmän elinkaarikustannuksista. Kyseinen malli on esitelty alla:

Elinkaarikustannuslaskennan summakaava Järviön ja Lehtiön [27] mukaan.

$$L_{CC} = C_i + N_y(C_o + C_m + C_s)$$

jossa

L_{CC} = elinkaarikustannus

C_i = investointikustannus

N_y = elinaika vuosina

C_o = vuosittainen käyttökustannus

C_m = vuosittainen kunnossapitokustannus

C_s = vuosittainen epäkäytettävyyuskustannus (toteutumaton tuotanto)

Investointikustannukset

$$C_i = C_{im} + C_{ib} + C_{ie} + C_{ir} + C_{iv} + C_{id} + C_{it}$$

jossa

C_i = investointikustannus

C_{im} = investointi tuotantovälineeseen

C_{ib} = investointi rakennuksiin, teihin ja väyliin

C_{ie} = investointi energian jakeluun

C_{ir} = investointi varaosiin

C_{iv} = investointi työkaluihin

C_{id} = investointi ohjeisiin, piirustuksiin (dokumentaatiot)

C_{it} = investoinnit koulutukseen

Käyttökustannukset

$$C_o = C_{op} + C_{oe} + C_{om} + C_{of} + C_{ot}$$

jossa

C_o = vuosittainen käyttökustannus

C_{op} = käyttöhenkilöstön kustannus

C_{oe} = energiakustannus

C_{om} = käyttömateriaalit

C_{of} = kuljetukset, siirrot

C_{ot} = käyttäjien säännöllinen (jatkuva) kouluttaminen

Kunnossapitokustannukset

$$C_m = C_{mp} + C_{mm} + C_{pp} + C_{pm} + C_{pr} + C_{rm} + C_{mt}$$

jossa

C_m = vuosittainen kunnossapitokustannus

C_{mp} = henkilöstökustannukset (korjaava kunnossapito)

C_{mm} = materiaalikustannukset (korjaava kunnossapito)

C_{pp} = henkilöstökustannukset (ennakoiva kunnossapito)

C_{pm} = työkalu, laite ja materiaalikustannukset (ennakoiva kunnossapito)

C_{pr} = henkilöstökustannukset (uudistava kunnossapito)

C_{rm} = uudistavan kunnossapidon materiaalikustannukset

C_{mt} = kunnossapitohenkilöstön säännöllinen (jatkuva) kouluttaminen

Epäkäytettävyyskustannukset

$$C_s = N_t \times M_{dt} \times C_{ip}$$

jossa

C_s = vuosittainen epäkäytettävyyskustannus (toteutumaton tuotanto)

N_t = kunnossapitokertojen määrä vuodessa

M_{dt} = MDT (keskimääräinen seisokkiaika)

C_{ip} = epäkäytettävyyskustannus/tunti [27, s. 184-185]

Alla oleva laskentamalli kehitettiin Yhdysvaltain laivaston asehankintoja varten. Se on käytännössä matemaattisesti hyvin yksinkertainen. Malli ei ole tarkkamalli, vaan se on yleisesti sopiva. Malli perustuu viiteen pääkomponenttiin ja niiden aiheuttamiin kuluihin. Kysein malli on esitetty matemaattisena kaavana seuraavasti [29, s. 48]:

Laivaston asejärjestelmän elinkaarikustannuslaskentakaava

$$L_{CC} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5$$

jossa

C_1 = Tutkimus- ja kehittämiskulut (research and development cost)

C_2 = Käytön ja huollon kulut (operating and support cost)

C_3 = Toimintaan liittyvät kulut (associated cost)

C_4 = Investointikulut (investment cost)

C_5 = Päättämisen/purkamisen kulut (termination cost)

Näistä kuluista tutkimus- ja kehittämisen kuluihin lasketaan kaikki siihen toimintaan käytetty pääoma. Kun taas käytön ja huollonkulut koostuvat seuraavista osioista:

- 1) varastointikulut
- 2) käyttökustannukset
- 3) henkilöstön koulutuksen kustannukset
- 4) varikoiden/varastoiden ylläpitökulut
- 5) mahdolliselle toiselle paikkakunnalle kuljettamisesta seuraavat kulut
- 6) huoltokierron aiheuttamat kulut
- 7) ylläpitökulut
- 8) asennuksen aiheuttamat sivukulut

C_4 eli investointikulut tulevat seuraavan kaavan mukaisesti:

$$C_4 = PC + GIC$$

jossa

PC = on hankinnasta aiheutuneet kulut (procurement cost)

GIC = valtion investointikulut (government investment cost)

C_5 eli päättämisen aiheuttamat kulut tulevat seuraavan kaavan mukaisesti:

$$C_5 = \sum_{j=1}^n x_j c_t$$

jossa

n = käyttövuodet

X_j = käytössä olevien järjestelmien lukumäärä vuoden j aikana

C_t = järjestelmän hävityskulut [29, s. 48–49]

Kolmas yleinen malli on tarkoitettu kaiken tyyppiseen elinkaarilaskentaan. Tätä mallia ei ole sidottu mihinkään yhteen järjestelmään. Kyseinen malli sisältää kaksi pääkomponenttia. Nämä pääkomponentit ovat jatkuvat kulut ja kertaluonteiset kulut. Tämän mallin on esittänyt Dhilon. [24, s. 44–45]

Yleinen laskentakaava

$$LCC = RC + NRC$$

jossa

LCC = Elinkaarikustannukset

RC = toistuvat kustannukset (recurring cost)

NRC = kertasuoritteet (nonrecurring cost)

missä toistuvat kustannukset on esitetty seuraavasti:

$$RC = OC + IC + SC + MC + MTC$$

jossa

OC = käyttökustannukset (operating cost)

IC = inventointikulut (inventory cost)

SC = tuen kulut (support cost)

MC = henkilöstökulut (manpower cost)

MTC = kunnossapitokulut (maintenance cost)

Missä kertasuoritteet on esitetty:

$$NRC = C_p + C_i + C_q + C_r + C_t + C_{rm} + C_s$$

jossa

C_p = hankintakulut (procurement cost)

C_i = asennuskulut (installation cost)

C_q = käyttöönoton ja valinnan hyväksymiskulut (qualification approval cost)

C_r = tutkimus- ja kehittämiskulut (research and development cost)

C_t = harjoittelukulut (training cost)

C_{rm} = luetettavuuden ja käytettävyyden parantamisen kulut (reliability and maintainability improvement cost)

C_s = tuen kulut (support cost) [24, s. 44-45]

Niin kuin kaavoja katsomalla huomataan, kaavoissa on hyvin paljon yhtäläisyyksiä. Kaikissa esitellyissä kaavoissa on otettu kantaa järjestelmän käyttöikään, käyttökustannuksiin (esim. henkilöstö), erilaisiin tuen kustannuksiin (esim. huoltokustannukset), sekä kertainvestointeihin. Kaavoissa suurin eroavaisuus on kustannusten määrittelyssä ja luokittelussa. Jotta kaavat toimisivat kunnolla, kaavojen käyttäjän tulisi tehdä kustannusmäärittely huolella.

Elinkaarilaskentakaavat on muokattava jokaiseen tilanteeseen ja järjestelmään sopiviksi. Kaikilla kaavoilla saadaan varmasti jonkin tasoinen lukuarvo ja kuluennuste, mutta mahdollisimman tarkan arvion saamiseksi jokaiseen järjestelmään liittyen olisi hyvä laatia omat laskentakaavat. Myös muut tutkijalle vastaan tulleet laskentamallit ovat pääpiirteittäin samansuuntaisia, kuin tässä tutkimuksessa esitellyt. Nämä esitellyt mallit olivat laskentakaavoiltaan yksinkertaisia ja ymmärrettäviä.

2.4.3 Epävarmuuden osuus elinkaarikustannuslaskennassa

Epävarmuus ja epävarmuustekijät ovat elinkaarikustannuslaskennan suurin heikkous. Elinkaarilaskentaan liittyy aina paljon muuttajia. Muuttajat johtuvat laajasta datamäärästä. Monesti tietoa joudutaan keräämään eri lähteistä ja se voi olla jo valmiiksi hieman sirpaleista. Sirpaleinen tieto pitää jopa mahdollisesti analysoida tai muuttaa elinkaarilaskentaan soveltuvaksi tiedoksi. [29, s. 35–38] Myös tietojen käsittelijät ja elinkaarilaskennan suorittajat vaikuttavat saatuun lopputulokseen. Usein laskentaa tekevät laskennan ammattilaiset, joilla ei ole juurikaan käytännön kokemusta itse laskettavan tuotteesta. [31, s. 891 ja 894–897] Myös Woodward [23] on artikkelissaan tuonut esille epävarmuustekijöitä, jotka vaikuttavat elinkaarilas-

kentaa. Hänen mielestään suurin osa eroista johtuu tulevaisuuden ennustamisen ongelmista. Järjestelmien ja järjestelmien osien todelliset kulut ja ennakoitut kulut voivat vaihdella merkittävästi, varsinkin kunnossapidon osalta. [23, s. 339] Myös tekniikan kehittyminen voi vähentää kuluja merkittävästi. Näiden lisäksi suuri epävarmuus on yleisen hintatason kehityksessä. Ihmistyövoiman tai energian hinta voi nousta huomattavasti ennakoitua enemmän. [23, s. 339–340] Epävarmuutta aiheuttaa kuluissa myös inflaatio. Inflaatio vaikuttaa myös materiaalin ja työvoiman hintoihin. [26, s. 659]

2.4.4 Herkkyysanalyysi

Koska elinkaarilaskennassa ennakoidaan aina tulevaisuutta, niin tieto ja data eivät ole varmaa vaan ne ovat arviota. [23, s. 342] Usein mallinnukset perustavat todennäköisyyslaskentaan. Epävarmuustekijöitä voidaan tarkastella näissä tapauksissa kustannuslaskentatyökaluilla, joita ovat herkkyysanalyysi ja Monte Carlo-analyysi. [20, s. 16 ja 48]. Herkkyysanalyysillä selvitetään kuinka herkkä elinkaarilaskelman lopputulos on käytettyjen lähtötietojen muuttamiselle. Havainnollinen tapa selvittää laskelmien herkkyyttä on etsiä lähtötietojen kriittiset arvot. Nämä arvot ovat ne joilla investointi tai järjestelmä on juuri ja juuri kannattava, tai joilla investointivaihtoehtojen kannattavuusjärjestys juuri ja juuri muuttuu. [21]

Tässä tutkielmassa on laadittu esimerkki herkkyysanalyysi käyttäen työssä esitellyistä kaavoista kolmea. Kyseiset kaavat, joita käytetään esimerkkinä, ovat: Elinkaarikustannuslaskennan summakaava, Elinkaarikustannuslaskennan yleinen kaava ja panssariajoneuvon elinkaarikustannusten laskentakaava. Herkkyysanalyysin laskenta löytyy liitteestä 2. Laskenta suoritettiin karkeasti yleistämällä ja sijoittamalla kaavoihin numeroarvot. Huomioitavaa kaikissa esimerkki kaavoissa on, etteivät ne ota suoraan huomioon purkamisesta aiheutuvia kustannuksia. Näin ollen purkamisen kustannukset tulee sisällyttää johonkin muuhun kohtaan.

Herkkyysanalyysin kaavat:

Elinkaarikustannuslaskennan summakaava

$$L_{CC} = C_i + N_y(C_o + C_m + C_s)$$

jossa

L_{CC} = elinkaarikustannus

C_i = investointikustannus

N_y = elinaika vuosina

C_o = vuosittainen käyttökustannus

C_m = vuosittainen kunnossapitokustannus

C_s = vuosittainen epäkäytettävyyuskustannus (toteutumaton tuotanto)

Yleinen laskentakaava

$$LCC = RC + NRC$$

jossa

LCC = Elinkaarikustannukset

RC = toistuvat kustannukset (recurring cost)

NRC = kertasuoritteet (nonrecurring cost)

Panssariajoneuvon elinkaarikustannusten laskentakaava

$$LCC = C_{RD} + C_A + C_{OS}$$

jossa

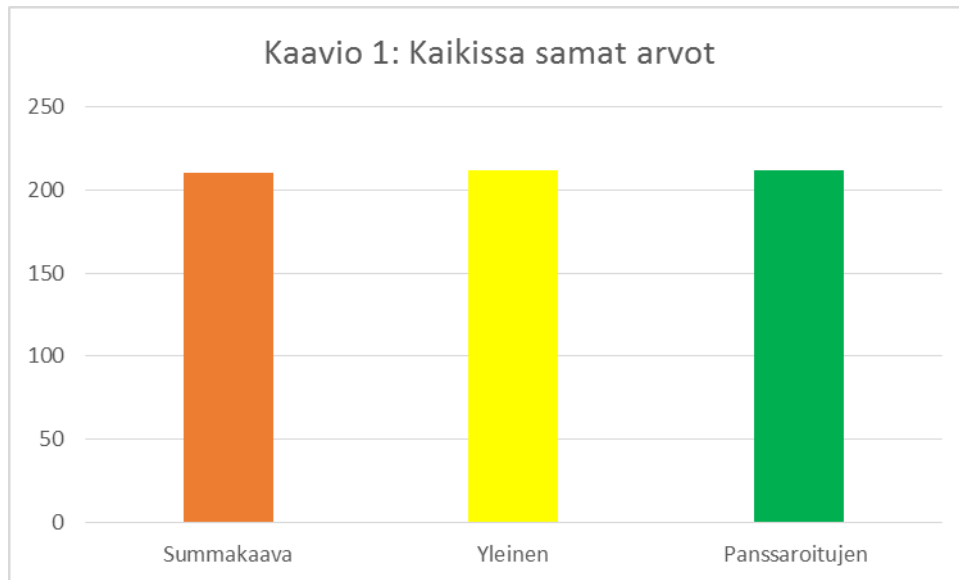
LCC = elinkaarikustannukset

C_{RD} = tutkimus ja kehittämiskulut (research and development)

C_A = hankintakulut (acquisition cost)

C_{OS} = käyttö- ja huoltokulut (operation and support cost)

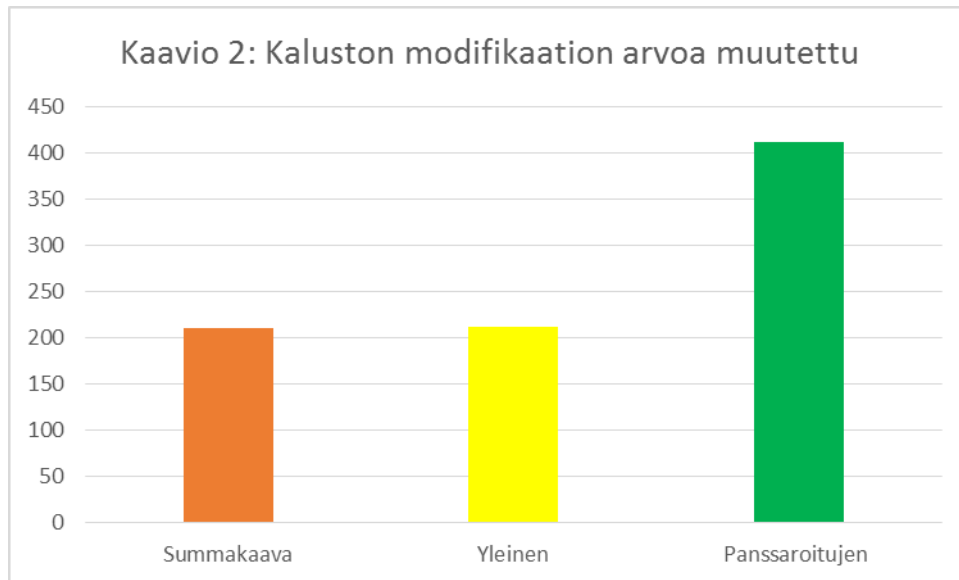
Laskenta aloitettiin määrittelemällä kaikista kaavoista yhteiset tekijät. Yleistäminen tapahtui juuri tässä vaiheessa. Yleistäminen suoritettiin luokittelemalla elinkaarikustannuslaskennan summakaavan arvot siten, että ne vastasivat kahden muun kaavan arvoja ($C_i + C_o + C_m + C_s \approx RC + NRC \approx C_{RD} + C_A + C_{OS}$). Yleistäminen on tarkemmin liitteessä 2 olevassa taulukossa. Kaaviossa 1 näkyy kuinka herkkyyksianalyysin lähtöarvot ovat lähes samat. Kaavioiden 1 ja 2 pylväät ovat nimetty summakaavaksi (kaava: $Lcc = C_i + N_y(C_o + C_m + C_s)$), yleiseksi (kaava: $LCC = RC + NRC$) ja Panssaroitujen (kaava: $LCC = C_{RD} + C_A + C_{OS}$).



Kaavio 1. Herkkyysanalyysi, kaikissa kaavoissa samat lähtöarvot [liite 2]

Kaavoja ei lähdetty avaamaan tarpeettomasti ensimmäisiä lausekkeita syvemmälle, koska kaikissa kaavoissa laskettavien arvojen nimikkeistö on erilaista. Näin voitiin varmistua, että kaavoja käyttämällä saadaan yhtäläisiä tuloksia elinkaarikustannuksiksi. Kuitenkin panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten laskentakaavaa avattiin käyttö- ja huoltokulujen (C_{OS}) osalta, jotta herkkyysanalyysiin saadaan eroja aikaiseksi. Yleistämistä tehtiin myös elinkaaren keston osalta. Ainoastaan elinkaarikustannusten summakaava huomioi elinkaaren keston yhtenä muuttujana. Muissa kaavoissa elinkaarikustannukset syötetään koko elinkaaren ajalta yhteensä. Herkkyysanalyysissä elinkaarikustannukset syötettiin yhden vuoden osalta kaikkiin. Panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannuslaskentakaavan ja yleisen kaavan osalta kerrottiin muuttuvat kustannukset elinkaaren vuosien lukumäärällä. Näin saadut luvut ovat keskenään vertailukelpoisia.

Kaavioissa 2 nähdään selkeästi kuinka herkkiä kaavat ovat lähtötietojen muutoksille. Panssaroitujen ajoneuvojen laskentakaavasta muutettiin kaavion 2 laskentaperusteista kaluston modifioimisen arvoa luvusta 2 lukuun 10. Lopullinen elinkaarikustannus nousisi muutoksella luvusta 212 lukuun 412. Luvun kaksi tuplaaminen lukuun 4 vaikuttaa lopputulokseen siten, että lopullinen elinkaarikustannus olisi 262. Tarkemmat laskut ovat liitteessä 2.

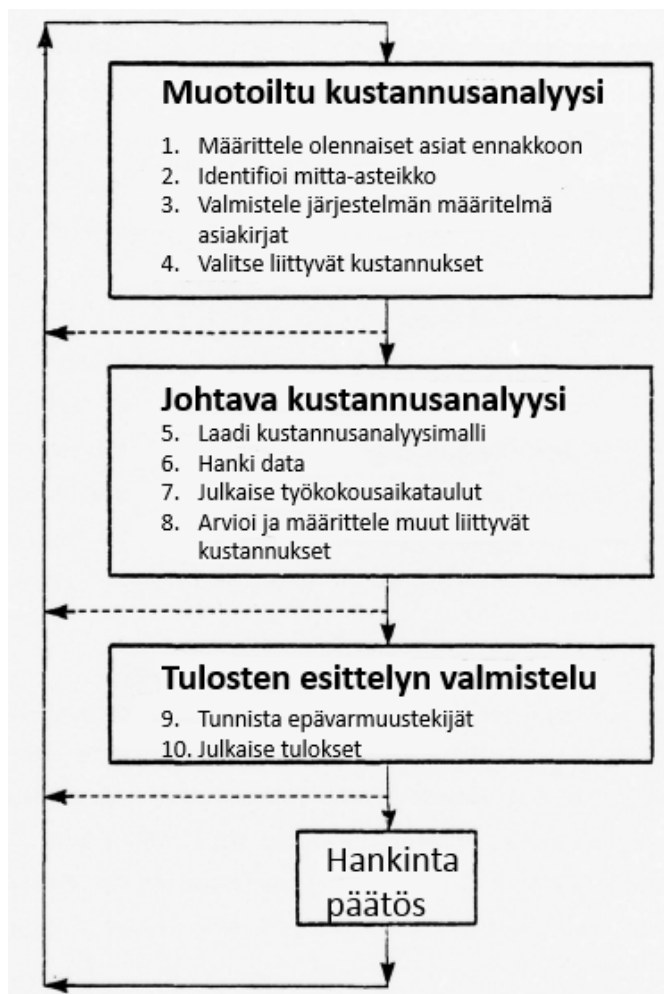


Kaavio 2. Herkkyysanalyysi, Panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarilaskentakaavan, kaluston modifioinnin lähtöarvoa muutettu luvusta 2 lukuun 10 [liite 2].

Herkkyysanalyysin tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että jokaisessa laskukaavassa on kustannusrakenteet esitelty hieman eri tavalla. Esimerkiksi elinkaarikustannusten summakaavassa ei ole huomioitu erillisenä kohtana tutkimus- ja kehittämiskustannuksia, kun taas muissa kaavoissa ne ovat erillisinä kohteina. Kaavojen käyttäjän ja uuden kaluston hankkijan tuleekin ymmärtää, että tutkimus- ja kehittämiskustannukset on sisällytetty muihin kustannuksiin. Niitä voi olla sisällytettynä esimerkiksi hankintakustannuksiin. Jokaisen kustannuksen osalta, täytyy siis huomioida myös mahdolliset piilokustannukset. Kaavojen käyttäjien tuleekin ymmärtää mistä kohtaa kulurakennetta kustannukset muodostuvat. Tässä herkkyysanalyysissä otettiin muuttuvaksi kustannusrakenteeksi kaluston modifioinnin kustannukset, koska kyseistä kulurakennetta ei löytynyt esimerkkien muista kaavoista. Syy miksi kaluston modifiointia olisi hyvä tarkastella yksittäisenä kulurakenteena, on se, että panssaroituille ajoneuvoille joudutaan tekemään elinkaaripäivityksiä. Hyvänä esimerkkinä elinkaaripäivityksistä on Puolustusvoimien tilamaa MLU-päivitys XA-180 sarjaan. Tällaiset päivityksien kustannukset olisi hyvä tiedostaa hankintoja suunniteltaessa ja tehdessä.

Herkkyysanalyysi paljasti myös sen, että elinkaarikustannusten laskeminen vaatii kohteesta laaja-alaisen osaamisen. Kustannusten laskijan tulee ymmärtää laaja-alaisesti kustannusten muodostuminen. Jokainen kaava pitää sisällään monta alakohtaa. Näiden alakohtien kustannusten muodostuminen ja oikean nimikkeen ymmärtäminen on kriittistä. Jos laskija ei ymmärrä mistä kustannukset muodostuvat, niin koko elinkaarikustannusten loppusumma voi mennä täysin väärin. Myös purkamisen kustannukset tulee kohdistaa johonkin alakohtaan. Jos laskija ei osaa tehdä näin, niin elinkaarikustannukset vääristyvät.

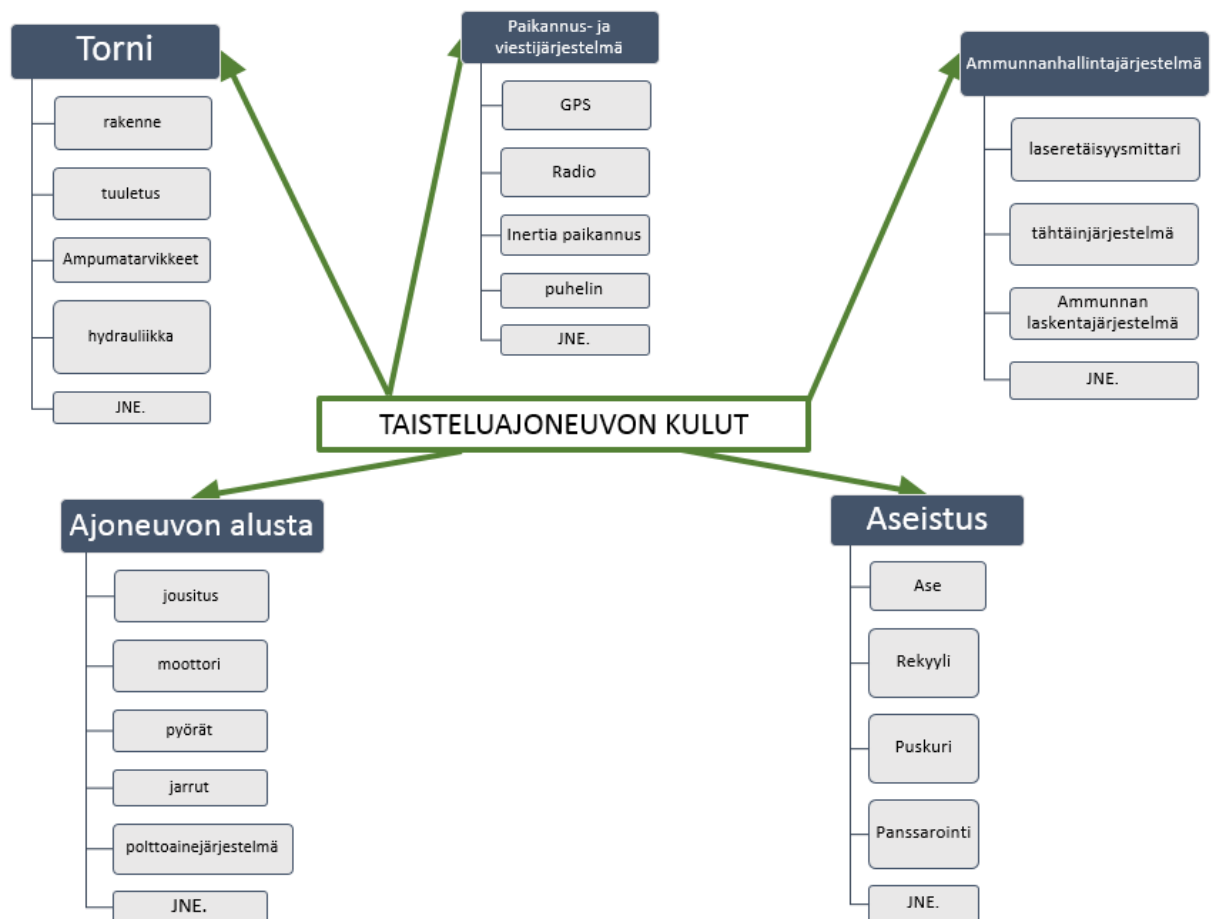
2.5 Panssaroidun ajoneuvon elinkaarilaskentakaava



Kuva 6. Panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannuslaskennan teoramalli [22, s. 12]

Kuvassa 6 on esitetty vuonna 1977 luotu panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannuslaskentamalli. Käytännössä malli mukailee Kaufmanin ja Fabrycykn malleja. Tämä elinkaarikustannusmalli on kuitenkin paljon suurpiirteisempi kuin myöhemmät tuotokset. Myös tämän mallin avulla voidaan aloittaa uuden järjestelmän elinkaarikustannusten laskenta ja järjestelmän hankinta. Mallissa on 10. portainen listaus tehtävistä jotka tulee tehdä ennen hankintapäätöstä. [32] Mallia noudattamalla voidaan helpottaa tulevia hankintoja. Selkeät suunnitelmat ja hyvä valmistautuminen vähentää elinkaarikustannuksia. USA:n merivoimat on määrittellyt elinkaarikustannuslaskennan tärkeäksi osa-alueeksi omiin hankintoihinsa liittyen. Merivoimien elinkaarikustannuslaskentamalli noudattaa samoja linjoja kuin yleiset periaatteet sekä Yhdysvaltain puolustusministeriön elinkaarikustannuslaskentamallit. [28; 33]

Ryhdyttäessä suunnittelemaan uutta panssaroitua ajoneuvoa, on suositeltavaa laatia myös kustannusten jakautumiskaavio (cost breakdown structure). Panssaroidun ajoneuvon liittyy useita eri elementtejä, joista kustannukset muodostuvat. Kustannusten jakautumiskaavio auttaa hahmottamaan eri elementtien toiminnan ja niistä muodostuvat kustannukset. Kuvassa 7 on esitelty erittäin yksinkertainen panssaroitujen ajoneuvojen kustannustenjakautumiskaavio. Kuvan tarkoituksena on selittää panssaroiuihin ajoneuvoihin liittyviä kustannuksia mahdollisimman yksinkertaisesti. [29, s. 252] Kuvassa on jaettu kustannusten syntymiseen vaikuttavat yksittäiset osatekijät. Kyseiset osatekijät ovat jaettuna vielä alatekijöihin, jotka vaikuttavat järjestelmän toimivuuteen. Kuvaan ei ole listattu kaikkia osa- eikä alatekijöitä, vaan muutama esimerkki. Kustannustenjakautumiskaavio voi olla hyvin vapaamuotoinen kaavio. Sen perusteella laaditaan kustannustenjakautumisanalyysi. [26, s. 669–689]



Kuva 7. Panssaroitujen ajoneuvojen kustannustenjakautumiskaavio [29]

Kun kustannustenjakautumiskaavio ja kustannusten jakautumisanalyysi on laadittu, niin joudutaan vielä arvioimaan tulevaisuuden huollon ja käytettävyyden aiheuttamia kustannuksia. [29, s. 252]

Jotta kustannustenjakautumiskaaviota voidaan käyttää tehokkaasti apuna, niin joudutaan käyttämään erilaisia laskentakaavoja. Alla on esitelty Dhillonin näkemys panssariajoneuvon elinkaarikustannusten laskentakaavasta.

Panssariajoneuvon elinkaarikustannusten laskentakaava Dhillonin[29] mukaan

$$LCC = C_{RD} + C_A + C_{OS}$$

jossa

LCC = elinkaarikustannukset

C_{RD} = tutkimus ja kehittämiskulut (research and development)

C_A = hankintakulut (acquisition cost)

C_{OS} = käyttö- ja huoltokulut (operation and support cost)

mistä hankintakulut on esitetty seuraavalla tavalla:

$$C_A = C_R + C_{NR}$$

jossa

C_R = toistuvat kustannukset (recurring cost)

C_{NR} = kertasuoritteet (nonrecurring cost)

samalla tavalla kuin hankintakulut, niin käyttö- ja huoltokustannukset on esitetty:

$$C_{OS} = C_{Dm} + C_{mm} + C_{mp} + C_{is} + C_{ds} + C_{cn}$$

jossa

C_{Dm} = varikolla suoritettavan kunnossapidon kustannukset (depot maintenance cost)

C_{mm} = kaluston modifioimisen kustannukset (material modifications cost)

C_{mp} = sotilashenkilöstön aiheuttamat kustannukset

C_{is} = epäsuora huolto/tuki (indirect support)

C_{ds} = muun suoran huollon/tuen kustannukset (other direct support)

C_{cn} = suoran kulutuksen aiheuttamat kustannukset (consumption cost) [29, s. 256-257]

Käytännössä elinkaarikustannuksia voidaan laskea jokaiselle vaunun järjestelmälle erikseen. Jokaisen erillisen järjestelmän elinkaarikustannusten laskemisen avulla voidaan määrittää

vaunun elinkaarikustannukset entistä tarkemmin. Esimerkiksi vaunun pääaseen elinkaarikustannusten arvioiminen ja määrittäminen helpottaa ymmärrystä vaunun kokonaiskustannuksista ja niiden muodostumisesta sekä muodostumisen suhteista.

Dhillon on esittänyt yhden esimerkin vaunun pääaseen elinkaarikustannusten arvioimiseksi. Esimerkissä on esitetty selkeästi ja eritellen kustannukset joista muodostuu vaunun pääaseen elinkaarikustannukset. [24, s. 138-139]

Pääaseen elinkaarikustannusten arviointimalli ja kustannusten määritteleminen:

$$LCC = RDC + IC + OS$$

jossa

RDC = pääaseen tutkimus ja kehittämiskustannukset (research and development cost)

IC = investointikustannukset (investment cost)

OS = operointi ja tuen kulut (operating and support cost)

jossa tutkimus- ja kehittämiskulut on esitetty seuraavalla summakaavalla:

$$RDC = \sum_{j=1}^{10} RDC_j$$

jossa

RDC_j = tutkimus- ja kehittämiskustannukset komponentille j jossa,

$j = 1$ työkalukustannukset (tooling cost)

$j = 2$ fasiliteettien aiheuttamat kustannukset (facilities cost)

$j = 3$ tuotekehitysinsinöörien kustannukset (development engineering cost)

$j = 4$ projektin hallinnointikustannukset (system project management cost)

$j = 5$ prototyypin valmistuskustannukset (prototype manufacturing cost)

$j = 6$ testaus ja evaluointikustannukset (system test and evaluation cost)

$j = 7$ harjoittelukustannukset (training cost)

$j = 8$ tuotannon suunnittelukustannukset (producibility engineering and planning cost)

$j = 9$ datan kustannukset (data cost)

$j = 10$ muut kustannukset (other cost)

jossa järjestelmän investointikustannukset on esitetty seuraavalla kaavalla

$$IC = \sum_{j=1}^{11} IC_j$$

jossa

IC_j = komponentin j kustannukset investointien osalta

$j = 1$ harjoittelukustannukset (training cost)

$j = 2$ tuotantokustannukset (production cost)

$j = 3$ datan kustannukset (data cost)

$j = 4$ kertasuoritteet (nonrecurring cost)

$j = 5$ projektin hallinnointikustannukset (system project management cost)

$j = 6$ yksittäisten osien ja varaosien kustannukset (initial spares and repair parts cost)

$j = 7$ järjestelmän muutosten kustannukset (engineering changes cost)

$j = 8$ kuljetusten kustannukset (transportation cost)

$j = 9$ testaus ja evaluointikustannukset (system test and evaluation cost)

$j = 10$ toiminta- ja sivukustannukset (operational and site activation cost)

$j = 11$ muut kustannukset (other cost)

jossa operointi ja tuen kulut on esitetty seuraavalla summakaavalla

$$OS = \sum_{j=1}^6 OS_j$$

jossa

OS_j = komponentin j kustannukset operointi ja tuen osalta

$j = 1$ materiaalin kuluttamisen kustannukset (consumption cost)

$j = 2$ muutoksien materiaalikustannukset (modification material cost)

$j = 3$ sotilashenkilöstön kustannukset (military personel cost)

$j = 4$ varikkohuollon kustannukset (depot maintenance cost)

$j = 5$ muut suorat operointi ja tuen kustannukset (other direct support operations cost)

$j = 6$ epäsuorat operointi ja tuen kustannukset (indirect support and operations cost) [24, s. 138-139]

Panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten laskeminen vaatii monen eri osa-alueen tuntemusta ja panssaroitujen ajoneuvojen laaja-alaista osaamista. Jos ryhdytään tekemään laa-

jaa elinkaarikustannuslaskelmaa, täytyy tehdä laaja kustannusten jakautumiskaavio (cost breakdown structure). Kustannusten jakautumiskaaviossa jokainen osa-alue vaikuttaa syntyviin lopullisiin kustannuksiin. Niin kuin kuvassa seitsemän (sivulla 32) osoitetaan, kustannusten jakautumiskaaviosta voidaan tehdä hyvinkin laaja (kuvassa 7 on vain typistetty versio). Kuvan seitsemän jokaiselle elementille (torni, ajoneuvon alusta, viesti- ja paikannusjärjestelmät, jne.) voidaan laatia oma erillinen elinkaarikustannuslaskenta. Vaunun kustannukset muodostuvat käytännössä kaikkien näiden summasta. Jokaisen erillisen elementin kaavoja ei ole listattu tähän tutkimukseen, mutta esimerkkinä on esitelty vaunun pääaseen elinkaarikustannuslaskenta malli.

3 ELINKAARIKUSTANNUSTEN SYNTYMINEN PUOLUSTUSVOIMISSA

Suorituskyvyn elinjakson hallinnalla pyritään suorituskyvyn oikea aikaiseen luomisen ja hankkimisen lisäksi ylläpitämään suorituskykyä siihen varatuin resurssein sekä luopumaan siitä hallitusti [9, s. 15]. Suorituskyvyn elinjakson hallintaan liittyy olennaisesti myös yksittäisten järjestelmien elinjakson hallinta. Näiden järjestelmien elinkaarikustannuksia voidaan minimoida juuri oikeanlaisella elinjaksonhallinnalla. Järjestelmähankkeissa kustannuslaskelman perustana käytetään elinjaksosuunnitelmaa, jonka tulee perustua pitkän tähtäimen suunnitelmassa esiintyviin tehtävävaatimuksiin [3, s. 2]. Suorituskyvyn, sekä järjestelmän elinjaksokustannukset voidaan jakaa investointikustannuksiin sekä omistuksesta ja käytöstä syntyviin kustannuksiin, jotka yhdessä muodostavat kokonaiselinjaksokustannukset [3]. Puolustusvoimissa elinjaksokustannuslaskentaa toteutetaan ja ohjataan pääesikunnan pysyväisasiakirjoilla PEMATOS PAK 08:01-08:06. Kyseiset asiakirjat käsittelevät elinjaksonhallintaa puolustusvoimissa. Elinkaarikustannuslaskentaa käsittelee tarkimmin asiakirja PEMATOS PAK 08:05 suorituskyvyn elinjakson kustannuslaskenta. Puolustusvoimien elinjaksollahinnassa käytettävät prosessit perustuvat ISO/IEC-15288-standardiin, jota on muokattu sopivaksi puolustusvoimien tarpeisiin. [34]

Puolustusvoimien elinkaarikustannussuunnittelua käsittelevän asiakirjan mukaan elinjaksokustannuslaskelmalla on kaksi päätavoitetta: Ensimmäiseksi, se antaa laskelmaan perustuvan kustannusarvion, jolla voidaan varmistua suorituskyvyn rahoituksen riittävyttä sen elinjakson aikana ja tukee hankkeen investointipäätöksiä, kohdentamalla raharesurssit suorituskyvyn kannalta oleellisiin osiin. Toiseksi kustannuslaskelma antaa mahdollisuuksia suorituskyvyn kustannustehokkaaseen optimointiin, välttämällä virheinvestointeja ja ikäviä kustannusyllätyksiä. Kustannuslaskelma antaa mahdollisuuksia ylläpito- ja kehityskustannusten tasaisempaan suunnitteluun ennakoimalla sekä ylläpidon että päivitysten vaatimia kustannuksia. [3]

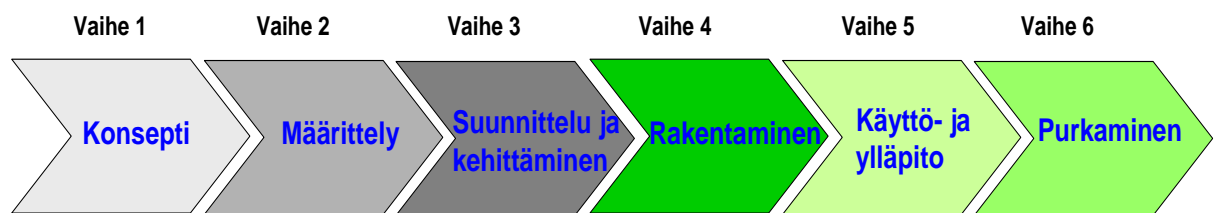
Järjestelmän elinkaarikustannuslaskentaa on suoritettu puolustusvoimissa 2000-luvun alusta lähtien. Elinkaarikustannusarviot on pyydetty hankinnoissa tarjousten mukana. Esimerkiksi puolustusvoimat saivat XA-360 sarjan tilaamisvaiheessa järjestelmän elinkaarikustannuslaskelmat. Kyseiset laskelmat olivat hyvä pohja jatkosuunnittelulle. [haastattelu 1].

3.1 Elinkaarikustannusten ilmeneminen järjestelmän elinjakson eri vaiheissa

Puolustusvoimissa elinjaksosuunnitelmalla luodaan yhteinen kuva siitä millaisissa vaiheissa ja millaisella aikataululla suorituskyykyä konkreettisina joukkoina ja järjestelminä luodaan, käytetään ja milloin niistä suunnitellaan luovuttavan. Elinjaksosuunnitelman on tarkoitus antaa perusteet suorituskyyvyn rakentamisen ja sen ylläpidon tarvitsemien resurssien suunnittelulle. Elinjaksosuunnittelun perusteet muodostetaan strategisen suunnittelun prosessissa (strateginen suunnittelu puolustusvoimissa on käsketty normissa HK659 STRATEGINEN SUUNNITELU PUOLUSTUSVOIMISSA) ja sitä tarkennetaan ja ylläpidetään suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon sekä suorituskyyvyn käytön prosesseissa. [35 liite 2, s. 3]

Menetelmällisesti elinjaksonhallintaan sisältyvät elinjakson suunnittelu (suunnitteluvaiheissa), elinjaksosuunnitelman ylläpitäminen ja tätä tukevat elinjakson kustannuslaskenta, elinjakso-katselmoinnit ja -auditoinnit sekä elinjaksopäätökset. Elinjaksonhallinnan työkaluna käytetään joukko- ja järjestelmätasolla elinjaksomallia. [35 liite 2, s. 3]

Järjestelmän elinjakso voidaan jakaa myös kuuteen eri vaiheeseen. Sama kuusivaiheinen jako on käytössä myös suorituskyyvyn elinjaksoa määriteltäessä. Nämä kuusi vaihetta ovat esitettyinä kuvassa 8. Vaiheet perustuvat ISO/IEC/IEEE 15288 standardiin. Kyseiset kuusi vaihetta ovat: vaihe 1 konsepti, vaihe 2 määrittely, vaihe 3 suunnittelu ja kehittäminen, vaihe 4 rakentaminen, vaihe 5 käyttö- ja ylläpito sekä vaihe 6 purkaminen.



Kuva 8. Joukon ja järjestelmän elinjaksonhallinnassa sovellettavat vaiheet [35]

Kyseiset kuusi vaihetta määrittävät myös järjestelmän aiheuttamat kustannukset sen elinjakson aikana. Järjestelmää suunniteltaessa ja vaatimuksia asettaessa määritellään tulevaisuuden kustannuksia. Konseptivaiheessa suunnittelu toteutetaan pääesikunnan strategisen suunnittelun sektorilla, joka vastaa siinä vaiheessa koko suorituskyyvyn suunnittelusta. Määrittelyvaiheessa mukaan liitetään myös yksittäisten järjestelmien suunnittelu ja sitä ohjaa pääesikunnan

suunnitteluosasto. Suunnittelu- ja kehittämissivaihetta johtaa hankepäällikkö ja siinä vaiheessa alkaa muodostumaan yksittäisen järjestelmän aiheuttamat elinjaksokustannukset. [35; 12; 3]

Suorituskyvyn elinjakson eri vaiheissa syntyvä tietämys resurssitarpeista.

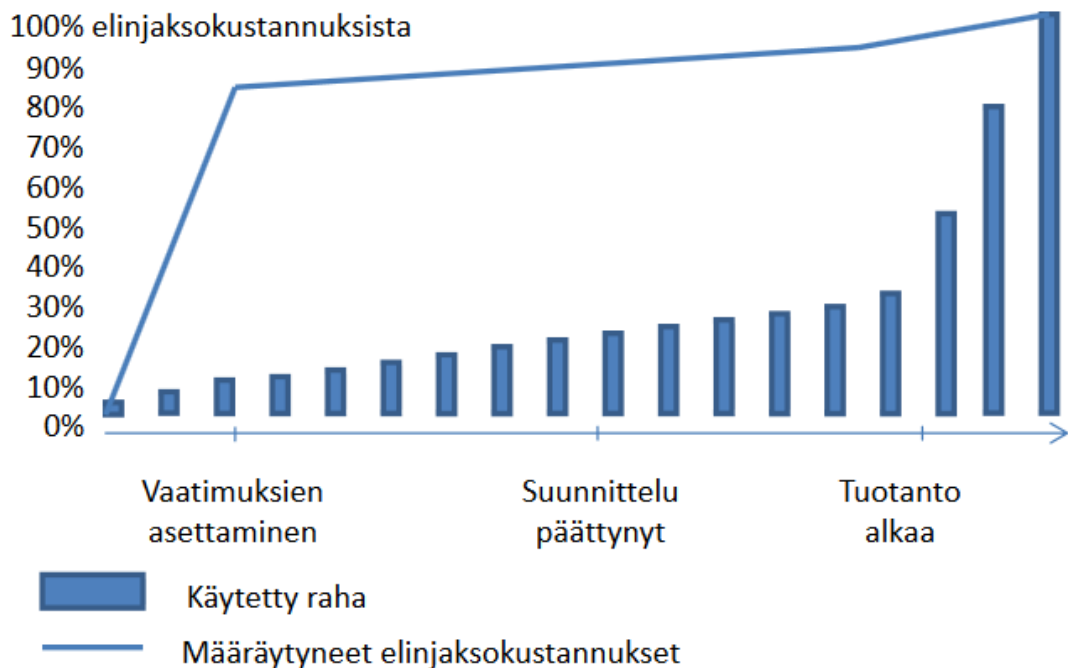


Kuva 9. Suorituskyvyn ja samalla järjestelmän elinjakson erivaiheissa syntyvä tietämys resurssitarpeista [9, s 264 tutkija muokannut kuvaa]

Kuvassa yhdeksän on esiteltyinä elinjakson erivaiheissa muodostuvat tiedot eri kustannuksista. Kuvassa yhdeksän on kuvaan kahdeksan verrattuna hieman erilaisesti nimetyt järjestelmän vaiheet. Kuva yhdeksän on peräisin hieman vanhemmasta lähteestä (Kosola, Suorituskyvyn elinjakson hallinta). Se ei kuitenkaan vaikuta elinjakson erivaiheissa syntyviin kustannustietoihin, jotka ovat esiteltyinä kuvassa yhdeksän. Kustannukset syntyvät jokaisessa elinjakson vaiheessa. Kustannustiedot tarkentuvat koko ajan mitä lähemmäksi päästään järjestelmän purkamista. Ideointivaiheessa tärkeintä on tunnistaa suuntaa-antavat resurssitarpeet. Ideointia toteutetaan samalla kun suorituskyvyn konseptia luodaan. Esisuunnitteluvaiheessa aloitetaan kartoittamaan mahdollisia järjestelmiä ja luodaan niille elinjaksokustannusmallit. Näin saadaan selville karkeat elinjaksokustannukset. Kun esisuunnitteluvaiheesta siirrytään suunnitteluvaiheeseen, niin yksittäisen järjestelmän muodostamat hankinta ja kunnossapitokustannukset tulevat tietoon. [9; 35; 12; 34] Rakentamisvaiheen kustannukset muodostuvat yksittäisen järjestelmän osalta melko pitkälti valmistajan vastuulle. [haastattelut 6] Kun järjestelmä on saatu operatiiviseen käyttöön, ovat kunnossapitokustannukset ja varaosien kulutus tarkentuneet, ja tiedetään paljonko järjestelmän käyttö maksaa. Purkamisvaiheessa tiedetään tarkalleen kuinka suuret olivat järjestelmän elinkaarikustannukset. [9; 35; 12; 34]

Elinjaksokustannusten muodostumisen kannalta erittäin kriittisiä vaihteita ovat suunnitteluvaiheet. Suunnitteluvaiheen aikana pitää pystyä asettamaan oikeanlaiset vaatimukset sekä muodostamaan laitteille kunnolliset käyttöprofiilit. [37; 36; haastattelut 1;2;3;5-8] Käytännössä yli

85 % asejärjestelmän koko elinjakson kustannuksista on jo määritelty, kun vaatimukset on asetettu ja vaatimusmäärittely suoritettu, eli vasta kun alle 10 % elinjakson kaikista kustannuksista on toteutunut. Kun järjestelmä on valmis tuotantoon, 90 % sen elinjaksokustannuksista on jo päätetty. Silloin vasta noin 28 % elinjakson kaikista kustannuksista on toteutunut. [37, s 14; 36, s 15] Kysein ilmiö on esitelty selkeästi kuvassa 10. Kuitenkin kyseisessä kuvassa on aikajana hieman pelkistetympi kuin elinjakson kaikissa kuudessa kohdassa. Kuvan vaak-akseli kuitenkin muodostaa yhteyden myös kuvan 8 vaiheiden kanssa.



Kuva 10. Käyttö- ja ylläpitokustannusten määräytyminen hankinnan eri vaiheissa[36, s 15 ja 37, s 14]

Suunnitteluvaiheen vaikutus ja tärkeys elinjaksokustannuksiin ilmenee GAO:n (U.S. Government Accountability Office) raportissa (GAO-03-57 2003). Kyseisestä raportista löytyi kolme pääsyötä siihen, minkä takia USA:n puolustusministeriö on joutunut käyttämään budjetoitua enemmän rahaa kentällä olevien järjestelmien käyttöön ja ylläpitoon. Kyseiset kolme pääsyötä ovat:

1. Järjestelmän pääparametreja ja vaatimuksia asetettaessa on jäänyt liian vähälle huomiolle vaatimusten vaikutus kustannuksiin, eli kuinka tärkeää on oikeanlainen vaatimusten määrittely.
2. Tuotekehityksen tai joissain tapauksissa tuotannon aikana ei ole tiedetty tarpeeksi tuotteessa käytettävistä teknologioista ja niiden luotettavuudesta.

3. Ei ole riittävästi tietoa vastaavanlaisien jo käytössä olevien järjestelmien käyttö- ja ylläpitokustannuksista. Eikä ole myöskään riittäviä tietoja vaadittavista toimista käytönaikana, jotta voitaisiin parantaa tuotteita joita parhaillaan kehitetään. [36; 37]

3.2 Elinkaarikustannusten laskeminen puolustusvoimissa

Puolustusvoimauudistuksen jälkeen panssaroitujen ajoneuvojen osalta elinkaarikustannusten laskenta keskitettiin puolustusvoimien järjestelmäkeskuksen vastuulle. Keskitetyn järjestelmän selkeänä etuna on tarkempi tieto vaunujen tilasta ja vaunujen elinjaksokustannuksista. Järjestelmäkeskus toteuttaa elinkaarikustannuslaskentaa olemassa olevan kaluston osalta käyttäen apunaan laskentataulukoita. [haastattelu 1]

PEMATOS PAK 08:05 suorituskyvyn kustannusten elinjakson laskenta, sisältää Exceltyökalun jota käyttämällä voidaan laskea järjestelmän elinkaarikustannuksia. Kyseinen ohje velvoittaa soveltamaan elinkaarikustannuslaskentaa harkiten kaikissa puolustusvoimien hankkeissa, joissa kustannustekijät voivat muodostaa rajoituksia. [3] Uusia järjestelmiä hankittaessa pitää hankkeisiin sisällyttää elinjaksokustannuslaskenta. Hanke itsessään vastaa elinjakso-kustannusten laskennasta. Käytännössä elinjaksokustannuksia on mahdollista arvioida kolmella eritavalla 1) erilaisten elinjaksokustannusteorioiden mukaisesti (%-osuudet eri elinjakso-vaiheiden mukaisesti), 2) referenssijärjestelmien mukaisesti ja 3) raakadatasta laskemalla. [haastattelu 9] Käytännössä jo käytössä olevien vaunujen osalta laskenta tapahtuu järjestelmäkeskuksen toimesta yhdistelemällä tietoa erilaisista jo syntyneistä kustannuksista ja tulevaisuuden ennusteista. [haastattelu 1]

Järjestelmän käytön kustannuksista vastaa pääosin järjestelmän käyttäjä. Järjestelmäkohtaiset menotarpeet arvioidaan PVSAP:n T-projektirakenteille, jossa tarkkuustaso on käytännössä itse valittavissa. Tarkkuustason valintaan vaikuttaa järjestelmän merkittävyys puolustusvoimien mittapuulla. Merkittävyyden vertailuna voidaan käyttää esimerkiksi naamioverkkoja ja HN-kalustoa. HN-kaluston ylläpitokustannukset on laskettu ja tilastoitu paljon tarkemmin, kuin naamioverkkojen kustannukset. PVSAP:iin syötetään myös toteutuneet kustannukset, esimerkiksi kunnossapidon erilaiset korjaustyöt ja varaosat. Toteutuneet kustannustiedot voidaan kohdentaa yksittäiseen vaunuun asti. [haastattelu 1; 9]

Yleistä

Nimike 451-8413 AJONEUVO, KULJETUS-, PANSSAR\SISU XA-185
 Sarjanumero PS677-670
 Viim. sarjanro

Varastotiedot

Varastolaji 01 Vapaasti käytettävä
 Toimipiste 4100 PORPR Yritys 2510
 Varasto 4161 0091_SAKY_XA185
 Varastoera
 Erityisvarasto
 Asiakas
 Myyntitilaus / 0
 Owner of stock
 Peruserä
 Viim. var.tap. 20.12.2014
 Toimittaja
 PRR-osa

Kumppanitiedot

Tilausasiakas

Historia - sarjanumerot

Toste Version vaihto Konfiguraatiovertailu Jaon lisätiedot Toimiloki

Nimike 451-8413 Nim. lyhyt selitys AJONEUVO, KULJETUS-, PANSSAR\SISU XA-185
 Sarjanumero PS677-670
 Laite 10296720 Objektin nimitys AJONEUVO, KULJETUS-, PANSSAR\SISU XA-185

Sarjanumerohistoria

- 14.10.2015 72000049054 ZFM2 14.10.2015 PS 677-670 napavuodon korjaus
- 14.10.2015 220000060889 Y2 14.10.2015 PS 677-670 napavuodon korjaus
- 21.09.2015 72000048093 ZFM2 21.09.2015 Ps 677-670 TARKASTUS/VAIHTO
- 07.09.2015 220000058945 Y2 07.09.2015 Ps 677-670 TARKASTUS/VAIHTO
- 13.08.2015 72000046633 ZFM2 13.08.2015 Ps677-670 Huollossa havaittujen vik korj
- 13.08.2015 71000056912 ZFM1 13.08.2015 PS677-670 TH3
- 02.07.2015 220000056292 Y2 02.07.2015 Ps677-670 Huollossa havaittujen vik korj
- 02.07.2015 210000083608 Y1 02.07.2015 PS677-670 TH3
- 19.02.2015 72000040503 ZFM2 19.02.2015 Ps 677-670 automvaiht öljyvuoto
- 18.02.2015 220000049553 Y2 18.02.2015 Ps 677-670 automvaiht öljyvuoto
- 20.12.2014 4903045699 2014 0001 WA 301 9000 0559 H

Kuva 11. PVSAP vaunun huoltohistoria [38]

Kuvassa 11 on esitetty yksittäisen panssaroidun XA-185 vaunun PVSAP tiedot. Tiedoista löytyy vaunun sijainti ja rekisterinumero. Vaunun historiasta voidaan löytää vaunun yksityiskohmainen korjaushistoria. Korjaushistoriasta näkyy korjauspyyntö ja työsuoritus peräkkäisissä riveissä (kuva 11 alaosaa kuvasta, päivämäärien perässä oleva osuus). Tästä esimerkkinä on alimpana oleva automaattivaihteiston öljyvuoto. Tarvittaessa kyseisen korjauspyynnön voi myös tarkentaa havainnointitapaan ja -paikkaan sekä vian havaitsijaan. Nämä tarkennukset saadaan esille avaamalla korjauspyynnön tiedot. Tässä työssä niitä ei ole enää esitelty.

Arvoluokan nimitys	Arv. kust.	Suunn. kust.	Tot. kust.	Val.
Kumppanin alhankint	0,00	0,00	0,00	EUR
Kumppanin henkilöstö	0,00	0,00		EUR
Kumppanin materiaali	0,00	0,00	0,00	EUR
Matkakustannukset	0,00	0,00	0,00	EUR
Muut	0,00	0,00	0,00	EUR
Oma henkilöstö	0,00	0,00	0,00	EUR
Ulkoiset materiaalit	0,00	0,00	0,00	EUR
Ulkoiset palvelut	0,00	0,00	0,00	EUR
Varastomateriaalit	0,00	0,00		EUR
Vuokrat	0,00	0,00	0,00	EUR
Väilliset kustannukset	0,00	0,00	0,00	EUR

Kuva 12. Kustannusten yksittäiseen korjauspyyntöön [38]

Korjauksen kustannukset voidaan tarkentaa eriteltyihin osiin euromääräisesti korjauksen valmistuttua. Kuvassa 12 on esitelty kuvan 11 vaunun automaattivaihteiston öljyvuodosta aiheutuneet kunnossapitokustannukset. Kyseinen euromääräinen erittely on ympyröity punaisella ympyrällä kuvaan. Vaunun varaosat aiheuttivat toisen osan kustannuksista ja toisen osan muodostivat kumppanin korjaushenkilöstön kustannukset. Tarkat euromääräiset kustannukset on peitetty tutkimuksesta, koska tutkimus on geneerinen tutkimus ja euromääräisillä luvuilla ei ole mitään merkitystä tutkimuksen tulosten kanssa. Kuvat toimivat vain esimerkkinä. Toinen syy euromäärien peittämiseen on työn julkisuusaste. PVSAP:sta voidaan myös eritellä tarvittaessa tämän työn varaosakustannukset yksittäisen nimikkeen tarkkuudella. [38]

Projektielementti	Projektielementti	Toteutunut työ	Tot. kustannukset
- KULJETUSPANSARIAJONEUVOT	T.LA.KULJPSAJON	H	EUR
- KULJETUSPANSARIAJONEUVOT	T.LA.KULJPSAJON	H	EUR
- KULJPSAJON TEKNISEN ELINJAKSON HALLINTA	T.LA.KULJPSAJON100	H	EUR
- KULJPSAJON TEKNISEN ELINJAKSON HALLIN	31100008821	H	EUR
+ KULJPSAJON TEKNISEN ELINJAKSON HALL	31100008821 JL31	H	EUR
+ KULJPSAJON KEHITYS, TUHKIMUS ja TEKN T	T.LA.KULJPSAJON200		EUR
+ KULJPSAJON KÄYTTÖ	T.LA.KULJPSAJON300		EUR
+ KULJPSAJON JÄRJESTELMÄKOHTAINEN KOUL	T.LA.KULJPSAJON400		EUR
- KULJPSAJON JÄRJESTELMÄN YLLÄPITO	T.LA.KULJPSAJON500	0,000 H	EUR
+ KULJPSAJON TÄYDENNYS JA VARAOSAHANKIN	T.LA.KULJPSAJON510		EUR
+ KULJPSAJON KIERRÄTYS	T.LA.KULJPSAJON520		EUR
+ KULJPSAJON VARASTOINTI	T.LA.KULJPSAJON530		EUR
+ KULJPSAJON TUKEUTUMISJÄRJEST YLLÄPITO	T.LA.KULJPSAJON540		EUR
- KULJPSAJON KUNNOSSAPITO	T.LA.KULJPSAJON550	0,000 H	EUR
+ KA200-sarjan hitsausohjeen laatimin	71000048411	0,000 H	EUR
+ Jarrusovitusmittaukset	71000048686	0,000 H	EUR
+ HA/XA MOOTTORI NESTE-\1730901211 KO	74000006804	0,000 H	EUR
+ HA/XA TUULETIN MT-TILAN\006-119-005	74000006869	0,000 H	EUR
+ HA/MOOTTORI NESTE-\173-090-1411 KOR	74000006906	0,000 H	EUR
+ KULJPSV SISU XA180 KUNNOSSAPITO	T.LA.KULJPSAJON551	0,000 H	EUR
- KULJPSV SISU XA185 KUNNOSSAPITO	T.LA.KULJPSAJON552	0,000 H	EUR
+ SK/XA-185 Ps 677-673 jarrusov.mie	71000047493	0,000 H	EUR
+ SK/XA-185 Ps 677-645 jarrusov.mie	71000047494	0,000 H	EUR
+ Ps 677-670 automvaiht öljyvuoto	72000040503	0,000 H	EUR
+ PS 677-673 SORFATULLEPA VIKITAA	72000040504	0,000 H	EUR

Kuva 13. Kustannusten kohdistuminen PVSAP järjestelmään projektielementtien tarkkuudella (rakenneyleistietoraportti) [38]

Panssaroitujen ajoneuvojen kustannusten kohdennus on puolustusvoimissa tarkalla tasolla. Kuvassa 13 on esitetty PVSAP:n kuljetuspanssariajoneuvojen rakenneyleistietoraportti. Punaisella on ympyröity kuvien 11 ja 12 panssariajoneuvon kustannusten kohdistuminen. Yleistietoraportista voidaan huomata, että kustannukset ovat kohdistuneet XA-185 sarjan kunnossapitoon ja sen alta löytyy esimerkin kohteena ollut panssariajoneuvo. Yleisraportista voidaan myös jäljittää kunnossapitokustannukset yksittäisen vaunun tasalle. Huomiona, myös tästä kuvasta on poistettu tarkat euromääräiset summat samoista syistä kuin edellisessä kuvassa.

Elinkaarikustannuslaskenta puolustusvoimissa perustuu yllämainittujen tietojen käyttöön. Jokaisessa elinkaaren vaiheessa saadaan tarkempaa tietoa ja sitä voidaan käyttää hyväksi. Tietoa voidaan laskea PAK 08:05 mukaisella taulukolla ja SAP tiedoilla. Näin saadaan tarvittaessa euromäärällisesti tarkkoja lukuja. Niitä voidaan verrata esimerkiksi hankintavaiheen elinkaarikustannusarviointiin. Puolustusvoimissa näin voidaan tehdä XA-kaluston osalta parhaiten XA-360 sarjan kanssa. Kyseisen järjestelmän hankkeen aikaiset elinkaarikustannusarviot ovat lähimpänä tätä päivää. [haastattelut 1; 2]

Kuvien 11-13 mukaisista raporteista ilmenee vain kunnossapidosta johtuvat kustannukset. Tässä tapauksessa muita elinkaarikustannuksen aiheuttavia mekanismeja ei ole kuvattuna. Täytyy muistaa, että elinkaarikustannuksiin tulee ottaa huomioon myös esimerkiksi polttoai-

nekustannukset, sekä henkilöstökulut. Puolustusvoimissa myös polttoainekustannukset voidaan kohdistaa ajoneuvon tarkkuudella PVSAP ja KULTI järjestelmässä.

Elinjaksokustannusten laskentataulukko löytyy PEMATOS PAK 08-05 asiakirjan liitteestä 2. Kyseinen asiakirja löytyy myös diaarinumerolla AD7641. Elinjakson laskentataulukko on yksityiskohtainen ja siitä saadaan allokoitua tarvittavia arvoja. Kyseistä taulukkoa ei voida muuttaa tutkimukseen soveltuvaan muotoon, vaan sitä täytyy tarkastella tietokoneelta. Taulukkoon on tehty laskentakaavat elinjaksokustannuksiin vaikuttavista tekijöistä. Taulukossa kustannusmekanismit on esitetty erillisillä välilehdillä, jotka ovat materiaali, henkilöstö, infra ja tukeutuminen sekä integrointi. Lisäksi taulukosta löytyy erillisiltä välilehdiltä tulossivu, elinjakson hallintasivu sekä laskentataulukon muuttujia koskeva sivu. Taulukon täyttäminen on tehty helpoksi. Esimerkiksi taulukon välilehdelle lisätään materiaali teknisen kunnossapidon kohtaan ennakoivan huollon vuotuiset kustannukset ja taulukko ilmoittaa kyseiset kustannukset elinjakson aikana. Tämä taulukko ilmoittaa koko suorituskyvyn elinjakson kustannukset, kun taulukko on täytetty. Taulukkoon kyetään tekemään pieniä suorituskykykohtaisia muutoksia. Liitteessä kolme on kuvankaappauksia kyseisestä taulukosta, jotta lukijalle tulisi ymmärrys taulukon ulkonäöstä ja käyttöperiaatteesta.

3.3 Elinkaarikustannuslaskennan haasteet puolustusvoimissa

Elinkaarikustannusten laskeminen on Puolustusvoimissa haastavaa. Puolustusvoimilla on paljon erityyppistä ja ikäistä kalustoa. Kaikelle kalustolle on suunniteltu eri käyttötarkoitukset. Puhtaasta teoriasta poiketen, vaunun käyttöprofiili vaikuttaa merkittävästi panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannuksiin. Suomessa vaunuja käytetään erilaisissa olosuhteissa ja erilaisissa tehtävissä. Niitä on pelkässä koulutuskäytössä (kalustokoulutus ja joukkotuotanto), operatiivisessa käytössä kansainvälisissä tehtävissä ja erilaisissa varastointijärjestelyissä. Eri käyttöolot muodostavat hyvin erilaisia kuluja. Koulutuskäytössä vaunut kuluvat ja niihin muodostuu usein vauriokorjauksien tarvetta. Myös erilaiset varastointiolosuhteet vaikuttavat kustannusten muodostumiseen. Kaikille vaunuille pitäisi löytyä mahdollisimman optimaaliset varastointiolot. Esimerkiksi korroosio aiheuttaa ulkovarastoinnissa merkittävästi enemmän kulumista kuin säilyttäminen lämpimässä hallissa. [haastattelut 1;2] Vaunun käyttöprofiilin muutos muuttaa myös vikaantumisprofiilia sekä huolto-ohjelmia. Käytännössä käytön lisääntyminen lisää myös vikoja ja huoltotarvetta. Jos järjestelmä on varastoituna, niin sille tehdään vain varastointihuollot. Sellaisen järjestelmän vuosikustannukset ovat luonnollisesti alemmat kuin jatkuvasti käytössä olevien vaunujen kulut. [haastattelu 9]

Haasteita elinkaarikustannuslaskentaan myös tuottaa Puolustusvoimien panssaroitujen ajoneuvojen (XA-sarjat) kaluston suuri ikähaitari. Vanhimmat vaunut (XA-180 sarja) tulivat puolustusvoimien palvelukseen jo 1980-luvun alussa. Viimeisimmät XA-sarjan (XA-360) vaunut ovat saapuneet puolustusvoimille 2010-luvulla. Kaluston suuri ikäero, eri käyttömuodot ja erilaiset vaunutyypit vaikeuttavat elinkaarilaskelmista. Vanhimmissa ei ole edes tiedossa kaikkia kustannuksia, joita ne ovat aiheuttaneet välillisesti tai välittömästi. Vanhimpien vaunujen alkuajoilta syntynyt käytön ja huollon perustieto on voinut jo hävitä eikä sen siirtämistä PVSAP järjestelmään voi varmistaa. Vaikka puolustusvoimissa on arkistoitu ja dokumentoitu tarkasti kustannukset myös vanhoissa vaunuissa, niin osaa tiedoista ei enää löydy. Myös erilaiset järjestelmät, joilla tietoa on kerätty noin 30 vuoden aikana, ovat muuttuneet merkittävästi. Kehitys on tuonut mukanaan PVSAP järjestelmän johon voidaan tallentaa lähes kaikki oleellinen tieto

Järjestelmien kaikkia välillisesti aiheuttamia kustannuksia ei voida laskea tarkasti. Jokainen vaunu kuluttaa käytössään polttoainetta ja muita nesteitä, jotka voidaan kohdistaa tarkasti yksittäiseen ajoneuvoon. Näin ei kuitenkaan aina tehdä, koska polttoaineen kulutus on murto-osa yksittäisen vaunun elinjakokustannuksista. Myös varastointitilat ja huoltotilat muodostavat kustannuksia, mutta niitäkään ei aina oteta huomioon elinkaarikustannuksia laskettaessa. Henkilöstökustannukset ovat myös yksi elinkaarikustannuksia muodostava tekijä. Kuitenkin puolustusvoimilla on tietty määrä henkilöstöä joka tapauksessa, joten henkilöstömenot voidaan laskea toiselta kulualueelta. Myös polttoaine- ja varastointikustannukset muodostuvat joka tapauksessa, koska varastotilaa ja polttoainetta käytetään muihinkin tarpeisiin eikä niitä ole aina eritelty ajoneuvokohtaisesti. Siten vanhojen tietojen liittäminen elinkaarikustannuksiin jälkikäteen on hankalaa. Nykyään hankkeissa joudutaan laskemaan ja suunnittelemaan erilaiset huolto- ja varastointitilat hankittavalle järjestelmälle. Tämä helpottaa järjestelmän hankinnan elinkaarikustannusten suunnittelua. PEMATOS PAK 08:04 sanookin, että ”Elinjakokustannuslaskelmien tekemistä varten elinjaksosuunnitelmassa on kuvattava tai siihen on yhdistettävä ne tekijät, jotka muodostavat kustannuksia elinjakson eri vaiheissa. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi

- käyttö: esimerkiksi käyttötunnit, ajomäärä, ampumamäärä
- varastointi ja kuljetukset: varastokierto, kuljetustarve jne.
- ennakoiva huolto ja huoltoväli
- korjaus
- materiaalin elinjakson aikainen päivitys” [12 liite 1]

Muita elinjaksokustannuslaskennan haasteita on Millog Oy:n kanssa solmittu huoltojen vuosityösuunnitelma. Vuosityösuunnitelman mukaisesti suurin osa XA-kaluston huolloista kuuluu Millog Oy:n vastuulle. Itse huolloista maksetaan vuoden aikana yksi summa, joka kattaa kaiken huollon. Vuosityösuunnitelman piirissä olevien vaunujen osalta lasketaan vain varaosa-tarve eikä erillisiä kustannuksia. [haastattelu 1]

Tulevaisuuden ennustaminen on aina haastavaa. Kuten yksi haastateltava totesi, ”meillä ei ole kristallipalloa, joka näyttäisi totuuden.”[haastattelu 1] Samaa totesivat myös muut haastateltavat. Kuitenkin, jos esimerkiksi XA-360 sarjan elinkaarikustannukset laskettaisiin nyt, niin niissä ei olisi suurta heittoa tilausvaiheen arvioihin. [haastattelu 1] Tästä voidaan päätellä, että laskeminen on ollut kannattavaa ja se on tehty melko hyvin.

4 ELINKAARIKUSTANNUSTEN LASKEMINEN PATRIALLA

Elinkaarikustannuslaskenta aloitettiin täyspainoisesti Patrialla 2000-luvun alussa. Ennen sitä elinkaarikustannuslaskentaa suoritettiin hyvin vähän. Elinkaarikustannuslaskenta tuli olennaiseksi osaksi panssaroitujen ajoneuvojen suunnittelua asiakkaiden vaatimusten takia osana tarjouskilpailua. [haastattelut 3-8]

Patrialla elinkaarikustannuksia lasketaan käytännössä erilaisilla laskentaohjelmilla, sekä Excel-taulukoilla. Näistä taulukoista voidaan allokoida asiakasta kiinnostavat tiedot ja solut. Näin saadaan kohdistettua laajoista taulukoista halutut elinkaarikustannusten osat asiakkaalle. Haastattelujen perusteella elinkaarikustannusten raakadata tulee Patrialle pitkän aikavälin tietoina vikatiheyksistä ja komponenttien kestävyystaulukoista. Osa vikaantumistiedoista tulee komponenttien valmistajilta. [haastattelut 3;5;6;8]

Patria yhdistää laskennassa asiakkaan ilmoittaman käyttöprofiilin, vara-osamyynnistä saamia tietoja, omat keräämänsä pitkän aikavälin tiedot ja komponenttien vikaantumistiheyden (MTBF-mean time before failure), jolla se pyrkii saamaan parhaan mahdollisen laskentamallin palvelemaan asiakkaan tarpeita. Patrialla on tavoitteena saada laskennasta mahdollisimman tarkka arvio tulevaisuuden kustannuksista. [haastattelut 3;5;6;8]

Patrian henkilöstölle suoritettujen asiantuntijahaastattelujen perusteella Patrian elinkaarilaskenta vastaa kohtalaisen hyvin nykypäivän vaatimuksiin. Varsinkin ennakoivan huollon osuus kyetään määrittelemään tulevaisuutta varten hyvin tarkasti. Ennakoivan huollon lisäksi tiedetään hyvin tarkasti myös kuluvien osien aiheuttamat kustannukset. Sen sijaan vauriokorjaukset ja kunnossapitokustannukset ovat hankalia määrittää. [haastattelut 3;5;6;8]

4.1 Käyttöprofiilin vaikutus elinkaarikustannuksiin

Käyttöprofiili tarkoittaa kuvausta jonka asiakas on tehnyt. Siitä pitää käydä ilmi, miten järjestelmää ja järjestelmäelementtejä käytetään tehtäväprofiilissa (mission profile) kuvatuissa eri vaiheissa. Kuvauksesta käy myös ilmi mikä on elementin tila (esim. aktiivinen, passiivinen, virraton, käytössä, kuljetuslaatikossa) sekä millaisia käyttöön liittyviä suureita kyseisessä tilassa vallitsee (esim. tehonkulutus, moottorin kierrokset). Käyttöprofiilin luonne ja olemus vaihtelevat paljon eri järjestelmien välillä. [9, s. 264]

Järjestelmää hankkivan tahon on julkaistava järjestelmän esisuunnitteluvaiheessa käyttöprofiilin (user profile). Käyttöprofiilin täytyy vastata mahdollisimman tarkasti valmiin tuotteen käyttöä. Käyttöprofiilin perusteella valmistaja ryhtyy suunnittelemaan vaunun tarvitsemia käytön aiheuttamia huoltoja ja muita tarvittavia kunnossapitotoimia. Käyttöprofiilin määrittäminen vaikuttaa merkittävästi järjestelmän suunniteltuihin kustannuksiin. [9, s. 264; haastattelut 3-8] Vaunujen käyttäminen täytyy olla suunniteltua ja asiakkaan tulisi tietää mahdollisimman tarkasti jo hankintavaiheessa kuinka ja missä olosuhteissa meinaa vaunuaan käyttää. Erityyppinen käyttö muokkaa järjestelmän huollon tarvetta ja varaosien kulutusta. Esimerkiksi operatiivisessa käytössä tulee selkeästi enemmän vaurikorjauksia ja vikakorjauksia, kuin pelkässä varastoinnissa olevissa vaunuissa.

Patrialla suoritettujen haastatteluiden mukaan oikean käyttöprofiilin (user profile) määrittäminen vaikuttaa merkittävästi elinkaarikustannuslaskennan tarkkuuteen. Väärin ilmoitettu tai huolimattomasti tehty käyttöprofiili vaikuttaa elinkaarikustannuslaskentaan lopputulosta nostavasti tai laskevasti. Virheen laatu määrittelee elinkaarikustannusten muutosten suunnan. [haastattelut 3-8] Patria pyrkii laskemaan elinkaarikustannukset asiakkaan ilmoittaman käyttöprofiilin mukaisesti, jos käyttöprofiilissa on tietotarpeita tai ”aukkoja” Patria joutuu arvioimaan käyttöä ja sitä vastaavia kustannuksia. Eräs haastateltava totesi, että ”Käyttöprofiilin oletaminen vääristää elinkaarikustannuslaskennan lopputulosta” ja hän jatkoi vielä ”asiakkailta on ollut haasteellista saada tarkkoja profiileja ja tarkatkin profiilit ovat olleet melko teoreettisia”. [haastattelu 3]

4.2 Elinkaarikustannuslaskennan haasteita Patrialla

Myös Patrialla tunnistetaan elinkaarikustannuslaskennan aiheuttamat haasteet. Haastattelujen pohjalta voi tehdä sellaisen johtopäätöksen, että tulevaisuuden tarkka ennustaminen on hankalaa myös teollisuusyritykselle. Suurimpana ongelmana nähtiin käyttöprofiilien epätarkkuus. Asiakkaat eivät ole toimittaneet tietopyyntöjen mukana oikeanlaista vaunujen käyttöprofiilia. Epätarkkuuksia aiheuttaa myös se, etteivät asiakkaat käytä tuotteitaan ilmoitetun käyttöprofiilin mukaisesti. Jotta saataisiin valmistajan arviot elinkaarikustannuksista tarjoustyöhön mukaan, niin Patria on usein joutunut olettamaan tai arvioimaan asiakkaidensa vaunujen käyttöprofiilia, johon laskelmat perustetaan. [haastattelut 3;5;6;7;8]

Toinen selkeä haaste elinkaarikustannusten laskennassa on vaunujen käytönaikaisten kulujen arvioiminen. Ennakoivan huollon kustannukset kyetään arvioimaan todella tarkasti ja samalla

tiedetään varaosien peruskulutus. Kuitenkin käytön aiheuttamat vauriokorjaukset tulevat monesti yllätyksenä valmistajalle. Myös käyttömäärät aiheuttavat mahdollisia vikakorjauksia, joita ei ennakkoon tiedetä kunnolla. Hankaluuksia käytön aikaiseen laskentaan aiheuttaa muiden valmistajien tuottamat komponentit. Hyvänä esimerkkinä on vaunun akusto, joka joutuu koviin olosuhteiden takia. Valmistajalle jää alihankittavista ja vikaantuvista komponenteista useita kysymyksiä. Johtuuko akkujen vikaantuminen vaunun suunnittelusta vai käyttäjien tekemistä virheistä, vai akustojen valmistajan tekemistä virheistä, vai onko akusto ylipäättään sopiva tähän käyttöön? Voidaanko akuston vikaantumista ja vaihtotiheyttä arvioida muuten kuin akkujen valmistajan ilmoittamien arvojen perusteella? Vastaavanlaisia kysymyksiä voisi esittää myös lisää. Käytännössä sama ongelma pätee myös muissa alihankituissa komponenteissa. [haastattelu 3]

Haastatteluista kävi myös ilmi, että hankkeissa ja tarjouskilpailuissa on todella kireät aikataulut. Kireät aikataulut aiheuttavat pieniä virheitä ja mahdollistavat epätarkkojen tulosten muodostumisen. Kireistä aikatauluista riippumatta projekteihin tulisi lisätä uusia suunnittelukierroksia, jotta päästäisiin täsmällisempiin tuloksiin. Uusilla suunnittelukierroksilla voitaisiin korjata mahdollisia edellisten kierrosten aiheuttamia virheitä. Samalla tuotoksen tarkistaisi useampi henkilö, jolloin voitaisiin varmentua tulosten paikkansapitävyydestä. [haastattelu 8]

Kireä aikataulu aiheuttaa myös sen, ettei valmistaja aina ehdi reagoimaan kansainvälisiin markkinoihin, indekseihin ja hintaennusteisiin. Vaikka tuotteen suunnitteluun saadaan lisää suunnittelukierroksia, niin elinkaarikustannuslaskentaan tarvittava materiaali tarvittaisiin tällaisissa tapauksissa nopeammin. Pieni virhe laskennan lähtötilanteessa voi aiheuttaa suuria muutoksia lopputulokseen. Suuret muutokset ovat mahdollisia varsinkin, jos laskettava kohde on herkkä lähtötietojen muutokselle.

5 ELINKAARIKUSTANNUKSIIN VAIKUTTAVIA YLEISIÄ TEKIJÖITÄ

Erilaisten teorioiden lisäksi pitää tarkastella panssaroitujen pyöräajoneuvojen elinkaarikustannuksiin vaikuttavia tekijöitä käytännön tasolla. Käsiteltävät käytännön asiat käydään läpi yleisellä tasolla, eikä tässä luvussa paneuduta yksityiskohtiin taikka laskukaavoihin. Tässä luvussa käsiteltävät asiakokonaisuudet ovat ajoneuvoteknologian kehittyminen, ajoneuvojen käyttöperiaatteiden vaikutus kustannuksiin, tulevaisuuden näkökulmat sekä ajoneuvojen suunnitellun käytön aiheuttamat haasteet elinkaarikustannuksille.

Teknologian kehittyminen luo uusia haasteita eritoten kunnossapidolle ja elinkaaren pituuteen. Teknologia on myös kallista hankkia ja ylläpitää. Käyttöperiaatteet vaikuttavat vika ja vauriokorjausten määrään. Mitä enemmän ajoneuvoja käytetään, sitä enemmän tulee vaurio- ja vikakorjauksia. Tulevaisuuden kustannusten ennustaminen vaatii ymmärrystä myös ajoneuvoteknologian ja panssaroitujen ajoneuvojen tulevaisuudesta. Käyttöperiaatteet vaihtelevat kalustoa käyttävien valtioiden välillä ja samalla vaihtelee myös käyttöhenkilöstön koulutus.

5.1 Tulevaisuuden näkökulmat

Tulevaisuuden pyöräpanssariajoneuvojärjestelmät ovat modulaarisia. Modulaarisuuteen vaikuttaa teknisten vaatimusten lisäksi taktiset vaatimukset. Tekniset ja taktiset vaatimukset uusissa ajoneuvomalleissa ja osajärjestelmissä voidaan jakaa neljään erilliseen osaan:

- uudet sotilasteknologiat, sähköiset ase- ja suoja järjestelmät
- miehittämätön ajoneuvon hallinta ja etäkäyttö sekä etäkäytettävien laitteiden hallinta ajoneuvosta
- perusvaatimukset, kuten muun muassa maastoliikkuvuus-, toimintamatka- ja selviytymiskykyvaatimukset, ajoneuvojen uudet käyttöolosuhteet, esim. asutuskeskustoiminta
- ajoneuvon monikäyttöominaisuudet, joissa ajoneuvolavettia voidaan käyttää useiden eri järjestelmien alustana. Tämä ajoneuvon modulaarisuutta hyödyntävä järjestelmäalusta toimii myös alustana uusille sotilasteknologioille. [39, s. 215-217]

Modernin lavetin tulee olla käytettävissä kaikissa operaatiomuodoissa pienin muutoksin. Modernissa panssaroidussa ajoneuvossa pitää olla kyky integroida tulevaisuuden asejärjestelmiä. Näin tulevaisuuden ajoneuvosta saadaan mahdollisimman monikäyttöinen. [39, s. 215-217] Tulevaisuudessa panssaroitujen pyöräajoneuvojen elinjakson hallinnassa korostuu kustannustehokkuus. Panssaroidut ajoneuvot tulee olemaan modulaarisia yhden lavetin periaatetta käyttäviä koneita. Niissä yhdistyy käyttäjän tarpeet ja yhteensopivuus erilaisien siviilikomponenttien kanssa. [40, s. 178]

Nykyaikaisen sodankuvan kehittyminen liikesodankäynnin periaatteiden mukaan edellyttää mekanisoidulta joukolta hyvää operatiivista liikkuvuutta. Tällöin voiman painopiste kyetään siirtämään nopeasti pitkien välimatkojen päähän. Operatiivisen liikkuvuuden lisäksi tulevaisuuden ajoneuvojen taktinen liikkuvuus tulee olla hyvä. Vaunujen tulee kyetä liikkumaan jokaisessa maastossa kaikissa oloissa. Taktisen ja operatiivisen liikkuvuuden lisäksi tulevaisuuden pyöräpanssariajoneuvolla pitää olla hyvä strateginen liikkuvuus. Tämän takia tulevaisuuden pyöräpanssariajoneuvojen ulkomitat pysyvät nykypäivän kokoisina. Ajoneuvojen massa täytyy myös pitää riittävän pienenä jotta ajoneuvo säilyisi ilmakuljetuskykyisenä. Nykyään ilmakuljetuskyky tulee ainakin olla C-130 ja A-400M kalustoilla. Ajoneuvojen tulisi kestää myös merikuljetuksen aiheuttamat haasteet. Merikuljetuksen aikana ajoneuvot joutuvat esimerkiksi allttiiksi suolavedelle ja lämpötilojen vaihteluille. Johtopäätöksenä voidaan todeta että tulevaisuuden pyöräpanssariajoneuvon tulee olla ilma- ja merikuljetuskykyinen ja erittäin hyvän liikkuvuuden omaava modulaarinen järjestelmä. [39;40]

Ajoneuvojen huoltologiikka kehitty samanaikaisesti siviiliteollisuuden kanssa. Sotilasajoneuvoissa se kehitty siten, että ajoneuvot tunnistavat oman toimintakuntonsa ja välittävät tehtävän suorituskykyyn vaikuttavat kulutustarviketilanteet suoraan huolto-organisaatiolle. Näin huolto-organisaatio tietää välittömästi minkä tyyppisen huollon järjestelmä tarvitsee. [39; haastattelu 6] Ajoneuvojen huollettavuus kehitty siten, että korjauksien sijasta vaihdetaan vikaantunut komponentti ehjään. Esimerkiksi kenttäolosuhteissa kyetään moottorin korjauksen sijasta vaihtamaan koko moottori. Tämän jälkeen vaunu on toimintakuntoinen. Vikaantunut moottori lähetetään korjaukseen teollisuudelle, jossa on tilat ja työvälineet kyseisiin töihin. Näin saadaan parannettu ajoneuvon huollettavuutta kenttäolosuhteissa. [haastattelut 1-9] Kun vaunujen huollettavuus on helppoa ja nopeaa, niin vaunut ovat myös luotettavia. Luotettavuutta pyritään lisäämään myös komponenttien valinnalla. Oikeanlaisten komponenttien valinta vaikuttaa vaunujen elinkaarikustannuksiin. Oikeanlaisten komponenttien valinnan tuli-

si tapahtua valmistajan toimesta jo vaunun suunnitteluvaiheessa. [haastattelu 4] Ajoneuvoja suunniteltaessa tulisi myös ajoneuvon huoltojärjestelmä suunnitella järjestelmälle ja käytölle sopivaksi. Huoltojärjestelmän pitää sisältää oikeanlaiset huoltotoimenpiteet oikea aikaisesti. Kunnossapidon ja vuosihuoltojen tulisi perustua ajoneuvojen todelliseen käyttöön, eikä pelkästään kalenteriin. [41]

5.2 Ajoneuvoteknologian kehittyminen

Ajoneuvoteknologian kehitys on hidasta, mutta koko ajan eteenpäin menevää. Pääpainona ajoneuvoteknologian kehittämisessä on siviiliajoneuvoteknologian kehittyminen. Sotilasajoneuvoalan teknologiakehitys seuraa ja hyödyntää siviilisektorin kehitystä monilla aloilla. Siviiliajoneuvoteknologia kehittyy suurempien volyymiensa ansiosta enemmän. Tämän takia sotilasajoneuvoteknologia kehittyy siviiliteknikan ehdoilla. Kuitenkin sotilasajoneuvojen kehityksen suuntana tulee olemaan modulaarisuus. Hankittavan sotilasajoneuvon tulee toimia hankittavan järjestelmän modulaarisena alustana. [39, s. 215-216]

Asiakasvaatimukset ja asiakkaiden käyttötarpeet johtavat siihen, että tulevaisuuden panssaroitujen ajoneuvojen tuoteperheet ovat aidosti modulaarisia kaikilla tasoillaan. Tällöin ajoneuvojen valmistajat ja käyttäjät kykenevät nopeasti vastaamaan hyvinkin monipuolisiin, vaihteleviin ja muuttuviin tarpeisiin. Aidolla modulaarisuudella tarkoitetaan sitä, että yksittäisen ajoneuvon tasolla: [39, s. 215-216]

- Ajoneuvon eli lavetin osarakenteet ja osajärjestelmät ovat modulaarisia
- ajoneuvon sisäiset järjestelmät ja kokoonpanot ovat modulaarisia käyttäjätasolla
- mallit ja versiot ovat modulaarisia perustuen valittuihin rajapintoihin ja jopa vaihdettaviin roolimoduuleihin
- rooli- ja tehtäväkohtaiset varusteluserjat ovat muunneltavia ja vaihdettavia ja järjestelmätasolla:
- liikkuvat järjestelmät perustuvat moduuleihin ja vaihdettaviin tai lisättäviin tukijärjestelmiin sekä liityntäpintoihin. [39, s. 215-216]

Hyvänä esimerkkinä modulaarisuudesta on Patrian valmistama AMV-tuoteperhe, hollantilais-saksalainen BOXER tai sveitsiläinen MOWAG Piranha tuoteperhe johon perustuu myös yhdysvaltalainen Stryker. Kaikki vaunut edustavat kehityksen kärkeä pyöräpanssariajoneuvoissa. Kaikille edellä mainituille vaunuille on tyypillistä, että ne kykenevät sopeutumaan erilaisiin käyttötarkoituksiin. Kyseiset vaunut toimivat muunneltavina kokonaisuuksina asiakkaan tar-

peiden mukaisesti. [42;43;16] Esimerkkinä Patrian AMV-tuoteperheen vaunuja tarjotaan kolmena erilaisena mallina:

1. Perusmalli, joka on seuraavien ajoneuvoversioiden alustana: panssaroitu miehistönkuljetusajoneuvo, jalkaväen taisteluajoneuvo, komentoajoneuvo, ambulanssi, tiedusteluajoneuvo, panssarintorjuntaohjusajoneuvo, korjaus- ja evakuointiajoneuvo tai 120 mm Patria Nemo kranaatinheitinjärjestelmä.
2. Korkeakattoinen malli, jossa ajoneuvon takaosassa (34 cm korkeampi kuin perusmalli) on enemmän tilaa komentoajoneuvo-, C4I-, ambulanssi-, korjausajoneuvoversioiden tarpeisiin.
3. Raskasasealusta on optimoitu kantamaan isokaliiberisia asejärjestelmiä, kuten 120 mm AMOS kranaatinheitinjärjestelmä tai 105/120 mm kanuuna (MGS). [16]

Ajoneuvojen kehitystyön nopeuttamiseksi ja hinnan alentamiseksi pyritään ottamaan huomioon vaatimusmäärittelystä alkaen mahdollisuus valmiiksi kehitettyjen ratkaisujen käyttöön kokonaisuuden osana. Toisin sanoen kehityksessä pyritään hyödyntämään olemassa olevia kaupallisia komponentteja (COTS, Commercial off-the-shelf), sotilaskomponentteja (MOTS, military off-the-shelf) ja teknologioita (TOTS, technology off-the-shelf). Kehitystyöllä pyritään myös alentamaan ajoneuvojen elinkaarikustannuksia. Pääpainona uusien teknologioiden ja kehityksen osalta on: laaja-alainen käyttäjäturvallisuus ja toisaalta kustannustehokkuus (elinjaksokustannukset) sekä monikäyttöisyys ja muunneltavuus. Lisäksi sotilasajoneuvokaluston on kyettävä tarjoamaan entistä parempaa ja monipuolisempaa selviytymiskykyä, tulli-voimaa, liikkuvuutta, kuljetettavuutta ja ympäristösoveltuvuutta sekä sopeuduttava kriisienhallintaoperaatioiden kulloiseenkin nopeasti muuttuvaan tilannekuvaan. [40]

Tulevaisuuden sotilasajoneuvoteknologian konkreettisia kehityskohteita Sotateknisen arvion ja ennusteen (STAE 2025) mukaan ovat:

- elektroniikka ja tietotekniikka, ajoneuvoissa erityisesti vetroniikka ja toimintakyky taistelukentän sähkömagneettisessa ”ilmastossa”
- hallintajärjestelmät ja miehittämätön käyttö
- häivetekniikka ja suojausjärjestelmät
- ihminen – kone vuorovaikutus
- kevytrakenteet ja materiaalit
- sensorteknologian kehitys ja elektroninen sodankäynti
- simulointi ja virtuaaliset tekniikat
- sähköajoneuvoteknologiat uusien järjestelmien mahdollistajana. [39, s. 216]

Pyöräpanssariajoneuvon tulee tulevaisuudessa tarjota modulaarisuutensa ja teknisen kehityksen lisäksi riittävästi tilaa henkilöstölle, vahvan suojauksen ulkoisia asejärjestelmiä vastaan ja vahvan IED-suojauksen (IED, Improvised Explosive Device). IED-suojauksen pitää olla myös muunneltavissa ja sen tulee suojata sekä ajaja, että vaunun sisällä kuljetettava henkilöstö. [39; 40]

5.2.1 Moottori, sähköjärjestelmä, alusta, rakenteet ja hallintalaitteet kehityksen kohteena

Mekaanisesti ajoneuvot kehittyvät hitaasti niin kuin edellä on mainittu. Kehitystä ohjaa siviiliteknologia ja tarve valmistaa ajoneuvoista, turvallisempia, ympäristöystävällisempiä ja polttoaineenkulutukseltaan pienempiä. [39]

Ajoneuvojen moottori- ja sähköteknologia kehittyy ripeästi, koska tavalliset kuluttajat vaativat pienempi päästöisiä ja kulutuksellisia ajoneuvoja. Moottori teknologian kehittyminen vaikuttaa perinteisiin polttomoottoreihin. Niiden hyötysuhdetta pyritään parantamaan kokoajan. Myös polttoaineen kulutusta ja hiukkaspäästöjä pyritään vähentämään. Perinteiset polttomoottorit saavat rinnalleen erilaisia polttokennoratkaisuja sekä erilaisia muita energian muuntimia, kuten kaasuturbiinimoottorit. Tällä hetkellä selkeä kehitystrendi on erilaisissa hybridimoottoreissa joissa on yhdistetty polttomoottoritekniologiaa sekä sähkömoottoritekniologiaa. [39, s 263-275] Perinteiset polttomoottorit tulevat kuitenkin säilyttämään asemansa panssaroitujen pyöräajoneuvojen vallitsevana voimanlähteenä. Uuden teknologian on tarkoitus parantaa myös moottorin luettavuutta sekä kustannustehokkuutta. Moottoreihin tuodaan myös erilaisia sähköisiä järjestelmiä, joilla voidaan ohjata moottorin toimintaa, esimerkiksi venttiilien ajoituksia. Tulevaisuuden moottoreilla pyritään pääsemään myös osittain eroon fossiilisista polttoaineista. [40, s. 168-169]

Sähköisten järjestelmien määrän kasvaessa tulevaisuuden kehityskohteena ovat myös erilaiset energian säilytysratkaisut. Nämä ratkaisut ovat käytännössä erilaisia akkuja ja niiden kehittyneitä muunnoksia. Virrankulutus lisääntyy sotilasarjoneuvojen erilaisien ulkoisten ja sisäisten järjestelmien takia. Sähkömoottoreilla tai hybridimoottoreilla varustetut ajoneuvot tarvitsevat entistä enemmän sähköä omaan käyttöönsä. Myös ajoneuvojen ulkoiset järjestelmät tarvitsevat entistä enemmän sähköä. Erityyppinen virrantarve vaikuttaa myös erilaisiin energian varastointiratkaisuihin. Akkujen lisäksi kehityksen kohteena ovat myös suuret kondensaattorit

(superkondensaattorit) joista saadaan vapautettua nopeasti suuri määrä energiaa. [39, s. 271-275]

Ajoneuvon alusta ja voimansiirto vaativat tulevaisuudessa entistä enemmän. Jotta lavettien asejärjestelmät toimisivat moitteettomasti ja aseiden tarkkuus suoraan liikkeestä olisi riittävää, niin ajoneuvon alustan pitää mukautua vallitseviin maasto-olosuhteisiin. Alustarakenteita pyritään kehittämään kohti aktiivista tai puoliaktiivista alustaa. Näissä alustarakaisuuksissa ominaisuudet ja säädettävyys kuhunkin tilanteeseen on mahdollista. Automatikkaa kokoa tietoa ajoneuvon liiketilasta ja mukauttaa alustan toimintaa tilanteen mukaan. [40, s. 161]

Voimansiirrossa mekaaninen voimansiirto on edelleen suosittu voimansiirron muoto. Eikä sitä tulla syrjäyttämään ihan heti. Erilaiset sähköiset voimansiirtovälineet ovat kuitenkin kehitteillä. Niistä hyvänä esimerkkinä on hybridiajoneuvoissa käytettävä napamoottori. Kyseinen moottori on sähkömoottori, joka sijaitsee jokaisessa erikseen pyörässä. Jokaisessa renkaassa oleva moottori helpottaa myös ajoneuvon ohjattavuutta, kun jokaisen renkaan pyörimisnopeutta ja suuntaa voidaan muuttaa. Näin saadaan suurikokoinen ajoneuvo kääntymään helposti. Voimansiirron ja alustarakaisuiden tarkoituksena on saavuttaa merkittävä kehitys toimintavarmuudessa ja huoltovapaudessa. Voimansiirrossa ja alustassa automaatio lisääntyy koko ajan. Automaation tarkoituksena on säädellä alustaa ja voimansiirtoa kohti optimaalista suorituskykyä vaihtelevissa olosuhteissa. [40, s. 161; 39, s. 263]

Ajoneuvojen rakenteet ja käytettävät materiaalit ovat myös kehitettävä osa-alue. Ajoneuvojen rakenteita pyritään saamaan kevyemmiksi ja samalla suoja-arvoja pyritään kehittämään paremmaksi. Perinteistä terästä kehitetään kestävämmäksi (dual-hardness) ja kevyemmäksi. Myös alumiinin käyttö yleistyy, koska ne ovat kevyempiä ja kestävät korroosiota terästä paremmin. Kuitenkaan alumiini ei tule syrjäyttämään terästä panssaroinneissa, koska sillä on terästä heikompi suorituskyky kovametalliprojektiileja vastaan. Alumiinista voidaan rakentaa esimerkiksi vähemmän kriittisiä kohteita jotka eivät joudu niin kovalle kuormitukselle. Lisäksi sotilaskäyttöön tulee mukaan erilaisia komposiittirakenteita parantamaan suoja-arvoja. Komposiittien lisäksi kehittyväksi materiaaliksi on nousemassa kevyt ja kestävä titaani. Komposiitin ja titaanin huonona puolena on niiden korkea hinta. [39, s. 283-284]

Hallinta- ja käyttöjärjestelmät ovat kehittymässä koko ajan. Ensimmäisiä steer by wire ajoneuvoja on jo olemassa. Tällaisissa ajoneuvoissa ei ole enää mekaanista yhteyttä ratin ja pyörien välillä. Vastaavia toimintoja on jo olemassa lentokoneissa. Puolustusvoimien ajoneuvo-

kalustosta hyvänä esimerkkinä steer by wire ajoneuvosta ovat Valtran valmistamat liikennetraktorit. Nämä ovat rakenteeltaan ja osiltaan täysin siviiliteknologiaa ja ne sisältävät vain COTS-tuotteita. Sähköisen ohjauksen lisäksi myös muita hallintalaitteita tulevaisuudessa pyritään rakentamaan ilman mekaanista yhteyttä. Sellaisia ovat esimerkiksi jarrujärjestelmät (break by wire). Myös ajoneuvojen käyttöjärjestelmät kehittyvät koko ajan. Nykypäivän ajoneuvoissa on yhä enemmän elektronisia järjestelmiä, joiden avulla pyritään lisäämään mukavuutta, turvallisuutta, suorituskykyä tai tuomaan tarjolle enemmän tietoa. Lähes jokaisesta nykypäivän siviiliajoneuvosta löytyy ajotietokone tai sähköinen vikakoodinluku mahdollisuus. [39, s. 279-282]

5.3 Ajoneuvojen käyttöperiaatteiden vaikutus kustannuksiin

Kuten aikaisemmissa luvuissa mainittiin, ajoneuvojen käyttöprofiili vaikuttaa vaunujen kustannuksiin. Käytöstä koituu aina myös erilaisia sivukustannuksia, kuten henkilöstökulut ja polttoainekustannukset. Tässä tutkimuksessa vaunujen käyttö on rajattu operatiiviseen käyttöön, kansainvälisiin tehtäviin ja niissä olosuhteissa tapahtuvaan operatiiviseen käyttöön, koulutuskäyttöön sekä varastointiin. Koulutuskäyttö on jaettu vielä ajokoulutukseen ja joukkotuotannon koulutukseen.

Kustannuksiin vaikuttaa käytön lisäksi myös käyttöympäristö. Erilaiset käyttöolosuhteiden ääripäät luovat paljon haasteita vaunuille. Jokainen vaunu tulee suunnitella hyvin kohdemaan tarpeisiin. Erilaiset käyttöolosuhteet muuttavat myös varaosakulutusta ja muokkaavat myös vaunujen rakentamisessa käytettyjä ratkaisuja. Arktiset ja aavikko olosuhteet ovat haastavia, ja niiden vaatimat ratkaisut ovat erilaisia. Aavikko olosuhteissa kustannuksia kasvattaa esimerkiksi se, että vaunujen ilmansuodatusjärjestelmiä pitää modifioida toimimaan kuumassa ja hiekkaisessa ympäristössä. Arktisissa olosuhteissa kustannuksia nostaa esimerkiksi kylmäkäynnistyksen toimimisen takaaminen. Myös toimiminen merialueiden läheisyydessä nostaa kustannuksia, koska suolavesi lisää korroosiota. Tällaisissa olosuhteissa on hyvin tärkeää suojata kriittiset komponentit liian nopealta korroosiolta [haastattelu 8].

Operatiivinen käyttö on käyttöä jossa vaunuja käytetään sodassa tai sodan kaltaisissa olosuhteissa. Kyseisissä olosuhteissa vaunuille kertyy paljon käyttötunteja, jotka lisäävät vikaantumisia. Käyttötuntien lisäksi kustannuksia syntyy mahdollisista vihollisuuksien aiheuttamista vaurioista. Taisteluvaurioiden lisäksi operatiivisessa käytössä syntyy myös jonkin verran erilaisia törmäysvaurioita. Tällaiset vauriot vaikuttavat vaunun rakenteisiin ja ne ovat kalliimpia

korjata. Operatiivisen käytön varaosakulutus kasvaa myös käyttötuntien ja kovien olosuhteiden takia. [haastattelut 5;6;8]

Kansainvälisten tehtävien aikaiset kustannukset ovat välimuoto operatiivisessa käytössä olevien vaunujen kustannuksista ja koulutuskäytössä olevien vaunujen kustannuksista. Kansainvälisissä tehtävissä vaunuille kertyy korkeat käyttötunnit tai kilometrit, joten se nostaa vaunujen elinkaarikustannuksia. Kansainvälisissä tehtävissä tulee vähemmän vauriokorjauksia kuin operatiivisissa tehtävissä. Vaunuja ei tuhoudu tai niihin ei tule niin paljon taisteluvaurioita, kuin operatiivisessa käytössä. [haastattelut 1;2;3;6;8]

Jokaisessa valtiossa ajoneuvoja käytetään sotilaskoulutuksessa. Suomessa koulutusta järjestetään varusmiehille, reserviläisille sekä henkilökunnalle [44]. Koulutustapahtumat jaetaan tyyppikoulutukseen, joka sisältää ajo- ja kalustokoulutuksen, sekä joukkotuotannon koulutukseen. Myös erillisiä kaluston huoltoon keskittyviä koulutustapahtumia voidaan järjestää. Koulutuksen aikana vaunuihin tulee paljon kilometrejä ja käyttötunteja. Varsinkin joukkotuotanto-tehtävissä vaunujen käyttöaste on korkealla. Joukkotuotantokoulutuksen käyttö lähenee osittain jopa operatiivista käyttöä, tosin taisteluvaurioita ei vaunuihin synny. Koulutuksessa on tärkeintä opettaa oikeanlainen käyttökulttuuri. Myös oikeat toiminnot ja tapa käsitellä ajoneuvoja on tärkeää. [haastattelu 2] Suuri osa kustannuksista syntyy kun vaunuja opetellaan käyttämään. Alussa syntyy virheellisestä tai osaamattomasta käytöstä syntyviä vaurioita ja vikoja. [haastattelu 5] Oikeaoppisella kalusto- ja ajokoulutuksella säästetään syntyvistä vauriokustannuksista pitkällä aikavälillä. Puolustusvoimissa riittävä koulutustaso on määritelty normitietokannan normeissa. Normien mukaan jokainen vaunu vaatii erityislupakoulutuksen ajajille ja johtajille. Vaunujen parissa toimivien henkilöiden koulutusta käsitellään asiakirjassa HI897 PVOHJE KOULUTUS 002 – MAAVEHENKOS - VARUSMIESTEN MAAVOIMAKOULUTUS. [13;45] Käytännössä jokainen käyttäjä on vastuussa omaan käyttöön käsketystä kalustosta ja sen oikeaoppisesta käytöstä. Näin ollen jokainen käyttäjä määrittelee omalla toiminnallaan vaunujen elinjaksokustannuksia. Oikeaoppisella koulutuksella ja riittävällä ajalla voidaan vähentää vaunujen kustannuksia. Kustannuksia voitaisiin vähentää erimuotoisilla helposti suoritettavilla käyttäjätason huolloilla.

Puolustusvoimissa kaikki vaunut eivät ole yhtä aikaa käytössä, joten osa vaunuista on varastoituna odottamassa operatiivista käyttöä. Varastointi aiheuttaa koko ajan juoksevia kustannuksia. Varaston laskentaan ja optimointiin on olemassa useita erilaisia laskukaavoja (esim. varastotasojen määrittelyyn, lisätilauksien suorittamiseen, tilauspisteiden määrittelemiseen) ja

oppaita, kuitenkin ne eivät täysin sovellu puolustusvoimien käyttämään kaluston varastointiin. [46, s. 365-397] Puolustusvoimat varastoi materiaalia pääsääntöisesti sodanajan tarpeita varten. Vaikka puolustusvoimien johtaminen on normaalioloissa tulosjohtamista, niin sillä ei ole kuitenkaan tarvetta miettiä kuinka varastot voitaisiin optimoida tuottamaan mahdollisimman paljon tulosta, kuten monilla teollisuusyrityksillä on tarpeena [44, s. 2]. Toki puolustusvoimatkin suunnittelevat varastointia ja optimoi omaa tulostaan TRSS-prosessin (TRSS - toiminnan ja resurssien, suunnittelun ja seurannan) avulla, jossa annetaan tulostavoitteet ja tehtävät sekä niitä vastaavat resurssit (mm. määrärahat, henkilöstö, toimitilat, alueet ja palvelut) ja seurataan tavoitteiden toteutumista ja määrärahan käyttöä [44, s. 2]. Varastointiin sitoutuu pääomaa vaunujen ja muun varastoitavan kaluston muodossa. Pääomakustannukset muodostavat merkittävimmän osan varastojen kustannuksista. Itse varastointikustannuksista suurin osa muodostuu henkilöstökustannuksista. Muut kustannukset jakautuvat rakennuksen ja tontin, koneiden, laitteiden ja kalusteiden sekä IT-laitteiden ja -ohjelmistojen kesken. [46, s. 365-397]

Varastointiolosuhteet vaikuttavat merkittävästi vaunujen elinjaksokustannuksiin. Varastointiolosuhteiden kustannuksia pitää myös optimoida ja priorisoida. Vaunujen elinjaksokustannukset nousevat, jos niitä säilytetään ulkona sääolosuhteiden armoilla. Vaunut säilyisivät parhaiten kuivassa ja lämmitetyssä tilassa. Kyseiset tilat ovat kalliita rakentaa ja ylläpitää. Vaunujen varastointikustannuksiin vaikuttaa myös varastointihuoltojen onnistuminen.

Elinkaarikustannusten tasainen jakautuminen koko vaunulautalle on tärkeää. Näin varmistetaan mahdollisimman monta toimivaa vaunua koko elinjakson ajan. Suomessa käytönaikaiset kustannukset voidaan jakaa oikeaoppisella vaunujen kierrätyksellä ja sen suunnittelulla. [haastattelu 2] Huomioitavaa on, että merkittävin eroavaisuus vaunujen kokonaiskustannuksissa eri käyttöprofiileilla muodostuu vikaantumisprofiilin muutoksena sekä huolto-ohjelmien eroavaisuuksista. Mitä enemmän vaunuille tulee käyttöä ja ajotunteja, sitä enemmän tulee vikakorjausta. Jos järjestelmä on varastoituna, sille toteutetaan varastointihuoltoja. Jos järjestelmä on käytössä, niin sille täytyy tehdä normaaleja vuosihuoltoja ja mahdollisia muita korjauksia. [Haastattelu 9]

5.4 Operointivaiheessa olevan kaluston suunnitellun käytön aiheuttamat haasteet elinkaarikustannuksille

Kaluston käyttö aiheuttaa aina haasteita elinjaksokustannusten laskennalle. Kuten kappaleessa 5.3 todettiin, niin käyttöprofiilin vaihtuminen vaikuttaa aina kustannuksiin. Tilanne on sama kansainvälisesti. Eli vaunujen aiheuttama kustannusjakauma on muissa saamaa kalustotyyppiä käyttävissä valtioissa käytännössä sama kuin Suomessa. [haastattelut 1;3] Haastatteluiden mukaan varaosakustannukset korreloivat myös hyvin kaikkien samaa kalustotyyppiä käyttävien valtioiden välillä. Eroavaisuudet muodostuvat käyttöprofiilien ja kunnossapitojärjestelmien eroavaisuuksista [Haastattelu 9]. Operointivaiheen aikana järjestelmävastuullisen organisaation tulee varmistaa käytössä olevan ja varastoidun materiaalin kierrättäminen tehtävä- ja käyttöprofiilien mukaisesti. Tällä varmistetaan laitepopulaation tasainen kulutus sekä varastoidun materiaalin käyttökuntoisuuden seuranta [9, s. 377]

Haastattelujen perusteella haasteita ja kustannusten kasvua operointivaiheessa aiheuttaa monta pientä kustannusmekanismia. Vaunujen huoltojärjestelmä on suurin tunnistettu kustannusmekanismi. Huoltojärjestelmässä on potentiaalia kehittyä kaikille osapuolille halvemmaksi. Ennakoivan huollon kustannukset tiedetään ja osataan laskea hyvinkin tarkasti, mutta vikaantumisia ja vauriokorjauksia on vaikea määrittää tarkasti. Tätä vaikeasti määriteltävää aluetta kutsutaan Patrialla ”harmaaksi alueeksi”. Harmaan alueen kustannukset jäävät usein valmistajalta piiloon, jolloin huolto-ohjelmien tarkentaminen vaikeutuu. Tällöin osa suoritettavista huolloista on ylimitoitettuja vaunujen todelliseen käyttöön ja käyttöasteeseen, koska määräaikaishuollot on sidottu kalenteriin. Vaunujen huolto tulisi sopeuttaa käyttöön ja huolto-ohjelmia tulisi päivittää vastaamaan käyttöperusteista huoltoa. [haastattelut 1;2;3;5;6;8] John Moubrayn mukaan, 40–70 % ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteistä on mahdollista poistaa käyttäen RCM-menetelmää (Reliability-centered maintenance, toimintavarmuuskeskeinen kunnossapito) [38]. RCM-menetelmän tarkoituksena on käyttövarmuuden kohottaminen ennaltaehkäisevällä kunnossapidolla. [47] Myös käyttövarmuusperusteisten sopimusten on raportoitu lisäävän järjestelmien käyttövarmuutta sekä tuovan kustannussäästöjä [41, s. 6]. Tällaisia sopimuksia solmitaan esimerkiksi strategisen kumppanin kanssa. Huoltojärjestelmälle voitaisiin luoda myös jonkinlainen kannustin perusteinen järjestelmä. Palkitaan työntekijöitä, jos he onnistuvat säästämään kustannuksissa. [haastattelu 9]

Toinen keskeinen haaste käytönaikaisten kustannusten osalta on tiedon vaihto valmistajan ja käyttäjän välillä. Valmistajalle olisi kriittistä saada tietoa vikaantumisista ja vaunujen käytöstä. Erityisen tärkeää olisi saada tieto vikaantumisten osalta. Valmistaja haluaisi tietää mahdollisimman tarkasti vikaantuneen komponentin, kuinka paljon sitä on käytetty (kuinka paljon vaunulla on ajettu), missä olosuhteissa se vikaantui ja kuinka vikaantuminen tapahtui. Näin valmistaja kykenisi valitsemaan parempia komponentteja tulevaisuuden ajoneuvoihin ja tarjoamaan parempia palveluita.[haastattelut 3;6;8] Paremmalla tietojen vaihdolla teollisuuden ja asiakkaan välillä saadaan myös parannettua huolto-ohjelmien soveltuvuutta käytäntöön. Vikaantumisten raakadatan perusteella valmistaja kykenee laskemaan vaunujen huolto-ohjelmat entistäkin tarkemmiksi ja tarjoamaan parempia elinkaarikustannusanalyysi palveluita.

Huolto-ohjelmien päivittämisen lisäksi olisi hyvä sovittaa myös rajapinnat käyttöhuollon ja kunnossapidon välille. Monesti rajapintojen epäselvyydestä syntyy tyhjiö, jossa kukaan ei vastaa huollosta tai työ tehdään kalliimman vaihtoehdon mukaan. Vaunujen elinkaarikustannusten laskemista haittaa lisäksi vaunuihin liittyvien kiinteiden järjestelmien elinjaksokustannukset. Esimerkkeinä kiinteistä järjestelmistä kokonaiskustannuksiin on vaunuihin asennettavat omasuojajärjestelmät ja sekä asejärjestelmät. Nämä aiheuttavat kustannuksia joita ei aina välttämättä osata laskea mukaan vaunujen kokonaiskustannuksiin. Asejärjestelmistä esimerkiksi muodostuu ampumatarvikekustannuksia ja omasuojajärjestelmistä muodostuu kustannuksia suojasavuhteista. Näitä kaikkia kustannuksia ei aina lasketa mukaan vaunun kustannuksiin. [haastattelu 1]

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kuinka panssaroitujen pyörajoneuvojen elinkaarikustannuksia voitaisiin minimoida. Tutkimusongelmaa lähdettiin selvittämään yhden pää- ja viiden alatutkimuskysymyksen avulla. Päättökysymys oli kuinka minimoida panssaroitujen pyörajoneuvojen elinkaarikustannuksia yleisellä tasolla ja tuoda valmistajalle tai toimittajalle näkyväksi heille niin sanottuja piilokustannuksia? Tutkimuksen tarkentavina alatutkimuskysymyksinä olivat:

- Kuinka teknologian kehitys vaikuttaa elinkaarikustannuksiin?
- Mistä koostuvat panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannukset?
- Miten tulevaisuus vaikuttaa ajoneuvojen luotettavuuteen, huollettavuuteen, käytettävyyteen sekä suorituskykyyn?
- Miten elinkaarikustannusten minimointi tulisi huomioida suunnittelu ja tuotekehitysprojektissa?
- Miten elinkaarikustannukset eroavat muissa samaa kalustotyyppiä käyttävissä valtioissa?

Johtopäätöksissä vastataan tutkimuskysymyksiin ja arvioidaan tutkimuksen luotettavuutta. Tutkimuksen johtopäätöksissä esitellään myös muita tutkimuksen aikana esille tulleita asioita. Nämä asiat eivät ole vaikuttaneet tutkimuksen lopputulokseen, mutta korjattuina helpottavat toimintaa ja työskentelyä Puolustusvoimissa.

6.1 Keskeiset tulokset ja johtopäätökset

Panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannukset syntyvät monesta pienestä asiasta. Vaunujen elinkaarikustannukset syntyvät samoista asioista kuin minkä tahansa markkinoilla olevan tuotteen. Vaunuissa ei ole mitään yksittäistä kustannusmekanismia, joka tulisi selkeästi esiin. Elinkaarikustannukset eivät siis ole yhtä kuin hankintakustannukset. Elinkaarikustannuksiin tulee laskea mukaan myös kaikki välittömät ja välilliset kustannukset. Elinkaarikustannusten minimointia voidaan suorittaa kaikissa vaunun elinkaaren vaiheissa.

Panssaroitujen pyörajoneuvojen elinkaarikustannusten minimointi on kuitenkin pitkä prosessi joka tulee koostumaan monesta erillisestä osa-alueesta. Kustannusten minimointia pitää suorittaa kaikilla organisaatiotasoilla, jotka ovat tekemisissä panssaroitujen pyörajoneuvojen kanssa. Elinkaarikustannusten minimointi lähtee liikkeelle käyttäjältä. Kustannusten minimointi jatkuu aina valmistajaan saakka. Puolustusvoimauudistuksessa Puolustusvoimat kes-

kitti ajoneuvokaluston Järjestelmäkeskukselle. Järjestelmäkeskus hallinnoi niitä kootusti. Keskitetyn hallinnan avulla järjestelmä säästää elinkaarikustannuksissa, koska on vähemmän välikäsiä hoitamassa hallinnollisia töitä. Kuitenkin tässä on myös haittansa. Keskitetyn järjestelmän takia muutamien ihmisten vastuu ja työpanos kasvoivat merkittävästi. Tällaisissa tapauksissa henkilöstön jaksaminen on tärkeää. Jos henkilöstön jaksamisen kanssa tulee ongelmia, niin jokin työtehtävä saattaa jäädä hoitamatta. Pitkällä aikavälillä hoitamattomat työtehtävät voivat nostaa jonkin laitteen/järjestelmän elinkaarikustannuksia.

Panssaroitujen ajoneuvojen selkein säästöpotentiaali löytyy vaunujen kunnossapidosta. Lähes kaikki haastateltavat mainitsivat, että tällä hetkellä vaunuja huolletaan liikaa niiden käyttökilometreihin ja käyttötunteihin nähden. Heidän mukaansa on muutaman kerran vaunujen varastointihuoltojen yhteydessä löytynyt melkein ajamattomia vaunuja. Tällaisissa tapauksissa ei ole taloudellisesti kannattavaa suorittaa esimerkiksi kalliita öljynvaihtohuoltoja, kun pienemmilläkin varastointitoimenpiteillä selvittäisiin. Kunnossapidossa tulisi siirtyä kohti käyttöperustaista huoltoa. Käyttökilometrit ja käyttötunnit vaikuttavat kustannuksiin. Vaunujen huollot tulisi suhteuttaa suoraan vaunujen käyttömäärään. Näin saataisiin aikaan merkittäviä säästöjä. Kuten Inskapt Mäkipirtti tutkimuksissaan on todennut, niin jopa 40–70 % ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteistä on mahdollista poistaa käyttäen RCM-menetelmää. RCM-menetelmän tarkoituksena on käyttövarmuuden kohottaminen ennaltaehkäisevällä kunnossapidolla. Myös käyttövarmuusperusteisten sopimusten on raportoitu lisäävän järjestelmien käyttövarmuutta sekä tuovan kustannussäästöjä. Huoltojärjestelmälle voitaisiin luoda myös jonkinlainen kannustin perusteinen järjestelmä. Kustannusten säästämiseksi onnistuneita työntekijöitä, voitaisiin palkita.

Huolto-ohjelmiin voidaan vaikuttaa jo vaunuja hankittaessa. Hankintojen yhteydessä tehtävistä käyttöprofiileista pitäisi paljastua vaunujen aiottu käyttötarkoitus. Valmistaja laatii alustavasti tarvittavat huolto-ohjelmat juuri käyttöprofiilien perusteella. Epäonnistunut käyttöprofiilin laadinta siis nostaa kustannuksia merkittävästi. Käyttöprofiilin perusteella valmistaja valitsee vaunuun tarvittavia komponentteja. Oikea komponenttivalinta vähentää tarvetta vaihtaa niitä elinkaaren aikana. Joten oikea komponenttien valinta vaikuttaa myös elinkaarikustannuksiin alentavasti.

Oikeanlaisen käyttöprofiilin luomisen onnistuminen edellyttää parempaa tietojen vaihtoa valmistajan ja asiakkaan välillä. Tietojen vaihdon tärkeys tuli ilmi myös haastatteluissa. Valmistajalle olisi tärkeää saada selville myös vaunujen rikkoutumistilastot ja kuinka rikkoutuminen

on tapahtunut. Oikeanlaisien käyttötietojen perusteella valmistaja voi tulevaisuudessa kehittää huolto-ohjelmia ja valita parempia komponentteja vikaantuneiden tilalle. Näin saadaan aikaan parempia tuotteita ja mahdollisesti kehitettyä jo valmistuneen tuotteen huolto-ohjelmia. Tietojen vaihto teollisuuden ja puolustusvoimien välillä tulee olemaan entistä tärkeämpää minimoidessa kustannuksia. Tutkijan mielestä tietojen vaihdon lisäksi korostuu vuoropuhelu ammattilaisten välillä. Molempien osapuolien tulisi ymmärtää toisiaan. Puolustusvoimien henkilöillä tulisi olla ymmärrystä teollisuudesta ja heidän tarpeistaan, kun taas valmistajalla tulisi olla ymmärrys puolustusvoimien tarpeesta. Parhaimpaan lopputulokseen päästään aidolla ymmärryksellä toisesta osapuolesta. Selkeänä esimerkkinä erilaisuudesta on tekninen ajattelu. Teollisuus ajattelee teknisyyttä lukuina, laskuina, muotoina, fysiikkana, kemiana jne. Sotilaat näkevät tekniikan enemmän käytännönläheisenä, esimerkiksi käyttötarkoituksena. Vuoropuhelun lisäksi käytössä olevien termistöjen tulisi olla samat molemmilla osapuolilla. Ilman käytettävän terminologian molemminpuolista ymmärrystä, voi jäädä joitakin asioita huomaamatta. Tällaiset asiat saattavat nostaa vaunujen elinkaarikustannuksia tai aiheuttaa muita kustannuksia.

Uutta järjestelmää hankittaessa tulisi kiinnittää huomioita vaatimusmäärittelyyn. Kustannuksia nostaa epäonnistunut vaatimusten määrittely. Selkeä virhe vaatimusmäärittelyssä on, että lähdetään hankkimaan liian teknistä järjestelmää, joka kasvattaa kustannuksia. Uutta järjestelmä hankittaessa tulisi myös suunnitella hankittavalle järjestelmälle kunnollinen huoltojärjestelmä ja huolto-ohjelmat. Järjestelmän hankinnan jälkeen pitäisi saada vielä oikeaoppinen koulutus järjestelmän käyttöön. Koulutuksen tulee sisältää vaunujen käyttö ja huolto. Käytön opettamisen yhteydessä voitaisiin opettaa oikeaoppisia toimenpiteitä käyttökulttuurin parantamiseksi.

Käyttökulttuuri vaikuttaa vaunujen kustannuksiin merkittävästi. Jo vaunujen tyyppikoulutusvaiheessa olisi tärkeä kouluttaa oikeaoppisia menetelmiä vaunujen käytöstä. Koulutuksen jälkeen tulisi esimiesten valvoa kaluston käyttämistä ja käyttäjien suorittamia huoltotoimenpiteitä tarkemmin kuin tällä hetkellä. Vaunujen koulutussuunnitelmia pitäisi päivittää käsittelemään enemmän käyttäjän tekemiä huoltoja. Varusmieskoulutuksessa mukana olevien kouluttajien tulisi valvoa tarkemmin vaunujen käyttöä ja niiden käyttäjätasoisien huoltojen suorittamista. Vaikka vaunuja osataan käyttää ja huoltaa, niin jokaisen tulisi käyttää vaunuja kuin omaa omaisuuttaan.

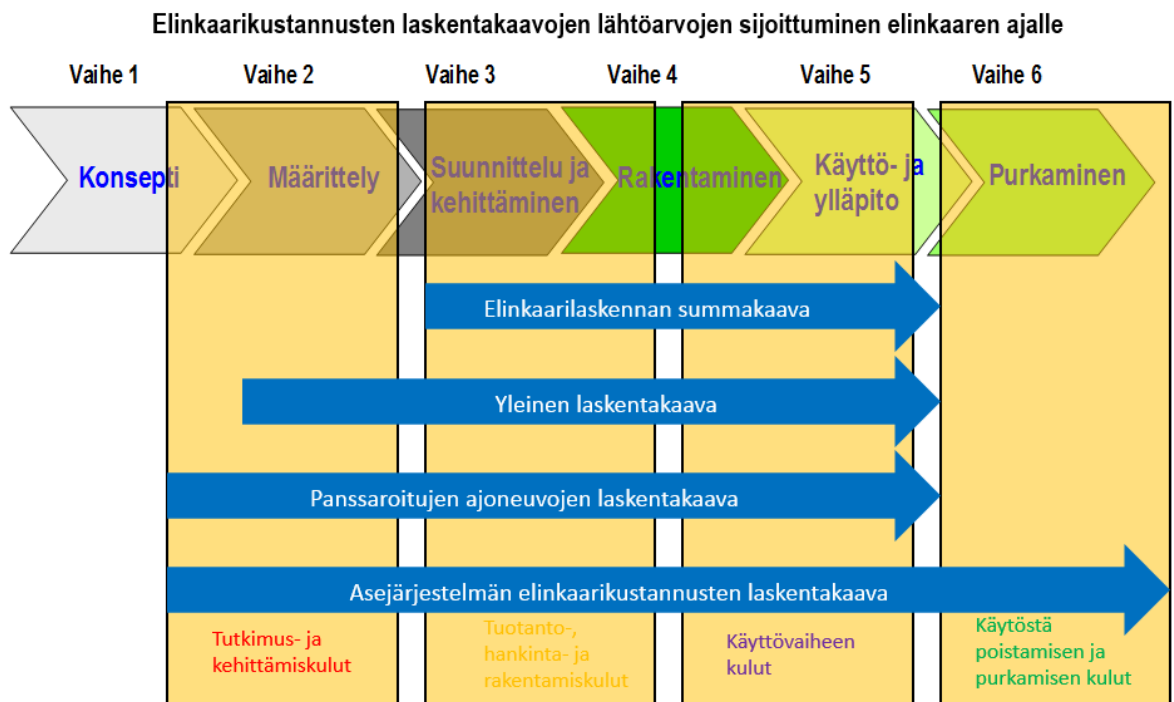
Käyttökulttuuri on yksi syy mikä erottaa vaunujen käyttökustannusten määrää eri samaa kalustotyyppiä käyttävien valtioiden välillä. Käyttökustannukset ovat hieman pienemmät sellaisissa maissa joissa on jokaisella käyttäjällä oma vaunu, josta huolehditaan koko ajan. Toki kustannuksiin vaikuttaa myös vaunuille hankittu huoltojärjestelmä. Saamaa kalustotyyppiä käyttävissä valtioissa elinkaarikustannukset ovat muuten hyvin samansuuntaisia. Käyttökulttuurin lisäksi vaunujen elinkaarikustannuksiin eri valtioiden välillä vaikuttaa vaunujen käyttöprofiili.

Kustannuksia pyritään vähentämään tulevaisuudessa lisäämällä ajoneuvoihin COTS-tuotteita. COTS-tuotteilla pyritään myös lisäämään vaunujen luotettavuutta kriisien aikana, koska siviiliteknologian tuotteita voi olla helpommin saatavilla. COTS-tuotteita pyritään käyttämään sellaisissa rakenteissa ja kohteissa missä ei vaadita MILSPEC-laatua. COTS-tuotteet kehittyvät MILSPEC-tuotteita nopeammin suuremman volyyminsa takia. COTS-tuotteet sisältävät paljon teknologiaa jonka kehittyminen on avain asemassa kustannusten laskemisessa. Vaunujen suunnittelussa tulisi huomioida hyvin tarkasti COTS-komponentit ja niiden hyödyntäminen.

Teknologian kehittyminen parantaa tulevaisuuden ajoneuvojen huollettavuutta ja sitä kautta myös luotettavuutta. Tulevaisuuden teknologia tuo markkinoille älykkäät ajoneuvot, jotka ilmoittavat itse oman huollon tarpeensa. Ajoneuvo joka kykenee ilmaisemaan itse korjaustarpeensa jollakin tavalla, vähentää huollettavuuden kustannuksia. Ongelmana älykkäiden ajoneuvojen toteutuksessa on huoltotiedon siirtäminen tarvitsijalle. Älykkäiden ajoneuvojen toteutus aiheuttaa monta kysymystä, esimerkkeinä muutamia tärkeimpiä; mitä tiedonsiirtotekniikkaa panssaroitujen ajoneuvojen tulisi käyttää, kuinka tiedonsiirto suojataan, miten EM-CON-tasot vaikuttavat tällaiseen automatiikkaan, miten valittu järjestelmä toimii kriisinaikana? Käytännössä kuitenkin teknologian kehitys pienentää vaunujen kustannuksia pitkällä aikavälillä.

Puhtaasti matemaattisesti ajateltuna laskentaperusteet vaikuttavat elinkaarikustannuksiin. Käytännössä pitää päättää mitä kohteita lasketaan mukaan järjestelmän elinkaarikustannuksiin. Lasketaanko elinkaarikustannuksiin esimerkiksi mukaan vaunujen asejärjestelmät, ampumatarvikkeet, suojasavut ja heitteet. Myös erilaiset laskukaavat antavat hieman erilaisia arvoja. Laskentaan vaikuttaa myös kuinka suunnitteluvaiheessa määritellään kustannukset. Selkeästi muuttuvia kustannuksia, joita voi olla vaikea ennustaa pitkälle aikavälille, ovat esimerkiksi korko, polttoaineen hinta, henkilöstökustannukset, varastointikustannukset.

Matemaattisesti lopputulokseen vaikuttaa myös käytettävä laskukaava. Oikean kaavan käyttämiseen vaikuttaa myös kuinka herkkä kaava on lähtötietojen muutokselle. Erilaiset laskukaavat vaikuttavat elinkaarikustannuslaskennan lopputulokseen joko nostavasti tai laskevasti. Käytännössä löytämällä oikea laskukaava voidaan saada mahdollisimman tarkka arvio kustannuksista. Myös elinkaarikustannusten laskijan ammattitaito vaikuttaa laskelmiin. Laskijan pitää ymmärtää mistä kustannukset muodostuvat ja kuinka erilaiset laskentakaavat vaikuttavat lopputulokseen. Kuvassa 14 on esiteltyä, kuinka työssä esitellyt laskentakaavat huomioivat lähtöarvoissaan suoraan elinkaaren erivaiheet.



Kuva 14. Elinkaarikustannusten laskentakaavojen lähtöarvojen sijoittuminen elinkaaren ajalle

Kuvassa 14 on esitelty tutkimuksessa käytetyt elinkaarikustannusten laskentakaavat ja kuinka näiden kaavojen lähtöarvot sijoittuvat elinkaaren eri vaiheisiin ja muodostuviin kuluihin. Kuvassa on piirretty elinjakson erivaiheet asiakirjan HK666 SUORITUSKYVYN RAKENTAMINEN JA YLLÄPITO mukaan. Oransseilla pystylaatikoilla on piirretty kulujen muodostuminen elinjakson aikana. Pystylaatikot on nimetty kuvan 1 mukaisilla termeillä. Pystylaatikot eivät ole tasaisesti sijoitettuna elinjakson vaiheisiin nähden, koska kustannukset voivat muodostua myös muiden vaiheiden aikana kuten luvussa kaksi sivuilla 12-14 mainitaan. Siniset isot nuolet kuvaavat esimerkkikaavoja ja niiden lähtötietoja. Esimerkiksi elinkaarilaskennan summakaava sisältää vain lähtöarvoja hankinnasta (investointi) käyttövaiheeseen. Kyseinen kaava ei huomioi käytöstä poistamisen kuluja eikä tutkimus- ja kehittämiskustannuksia. Vas-

tavuoroisesti Asejärjestelmän elinkaarikustannusten laskentakaava huomioi lähtöarvoissa suoraan tutkimus- ja kehittämiskulut sekä purkamisen kulut. Vaikka kaavat eivät huomioi matemaattisesti lähtöarvoissa kaikkia kustannuksia, tulee kaavojen käyttäjän tietää mihin arvoihin kyseiset kulut tulee sisällyttää. Nämä piilokustannukset tuleekin hankintojen yhteydessä huomioida ja selvittää hyvin tarkasti. Jotta laskukaavat olisivat keskenään vertailukelpoisia, laskijalta vaaditaan ammattitaitoa ymmärtää piilokustannusten merkitys. Vaikka elinkaarikustannusten summakaavassa ei ole huomioitu tutkimus- ja kehittämiskustannuksia, niin ne on varmasti sisällytetty investointikustannuksiin. Teollisuus sisällyttää aina omat kustannukset asiakkaan maksettavaksi. Nämä kustannukset voivat ilmentyä korkeina investointi/hankintakustannuksina. Näin ollen aina tulee pyrkiä mahdollisimman tarkasti kustannusten syntymekanismiin kiinni. Kun tiedetään kustannusten syntymekanismi sekä kuinka elinkaarikustannuslaskenta suoritetaan, saadaan laskettua elinkaarikustannuksia.

Panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten minimointi yleisellä tasolla on monen työvaiheen summa. Minimoinniseen ei ole olemassa yhtä oikeaa ratkaisua. Kustannuksia pitää pyrkiä minimoimaan kaikissa elinkaaren vaiheissa. Minimointia pitää suorittaa yhteistoiminnassa, käyttäjän ja valmistajan toimenpitein koko elinkaaren ajan. Yhteistoiminnassa tulisi avata tarkemmin kustannusrakenteita molemmiin puolin. Näin päästäisiin eroon mahdollisesti syntyvistä piilokustannuksista. Uutta järjestelmää suunniteltaessa ja hankittaessa käyttöprofiilien määrittelyssä tulisi tehdä yhteistyötä valmistajan ja käyttäjän välillä. Järjestelmän suunnittelussa tulisi valmistajan ottaa huomioon teknologian kehityksen mukana tuomat siviiliteknologiaa hyödyntävät tuotteet ja komponentit. Näin saadaan parannettua luotettavuutta ja laskettua mahdollisia kustannuksia. Kunnossapitojärjestelmän kehittämisessä saataisiin aikaisiksi suurimmat säästöt. Kunnossapidon tulisi siirtyä käyttöperusteiseksi kunnossapidoksi. Näin saataisiin vähennettyä kunnossapidonkustannuksia. Käyttäjän pitäisi kehittää omaa toimintaansa vaunujen koulutuksessa ja käyttöhuolloissa. Näin saataisiin säästöä aikaiseksi, kun kalustoa ei särkyisi käyttäjien tekemien virheiden seurauksena. Vaunujen käytön osalta on hyvä tilanne, että keskustellaan eri käyttäjämaiden välillä ja muodostetaan käyttäjäryhmiä. Näin voidaan vaihtaa tietoa ja osaamista myös kansainvälisesti. Myös käytön ja varastoinnin kiertäminen pienentää kustannuksia pitkällä aikavälillä. Kustannuksia voidaan myös minimoida huolehtimalla siitä, että ajoneuvokalustoa käytetään oikeaoppisesti. Kaluston tulee olla soveltuva sille suunniteltuun käyttöön.

6.2 Tutkimuksen mukana havaittuja muita huomioita

Tutkimuksen aikana tutkija koki hankalaksi virallisten määritelmien ja terminologian löytymisen Puolustusvoimin sisältä. Puolustusvoimissa on tutkijan mielestä yhtenä ongelmana, että samaa asiaa esittävää tietoa on monessa paikassa. Asiasta keskusteltiin (6.9.2016) myös tutkimuksen ensimmäisen ohjaajan kanssa, ja hän oli asiasta samaa mieltä. Tutkimusta tehdessä selvisi esimerkiksi, että suorituskyyky sanaa määritellään ainakin kolmessa virallisessa eri lähteessä. Suorituskyyky käsitteelle löytyi merkitys ainakin asiakirjasta PVOHJEK-PE HJ108 Suorituskyyvyn käsittemalli, puolustusvoimien määritelmärekisteristä (PVAH- Puolustusvoimien asianhallintajärjestelmä) sekä Kosolan kirjasta Suorituskyyvyn elinjakson hallinta. Kaikki yllämainitut teokset esittivät hieman erillisen näkemyksen suorituskyyky käsitteelle. Puolustusvoimien määritelmärekisterissä suorituskyyky määritellään seuraavasti: *”Suorituskyyky on henkilön, joukon, materiaalin tai järjestelmän kyyky täyttää sen olemassaolon tarkoitus ja toiminnalle asetetut vaatimukset. Suorituskyyky on yleensä useiden yksittäisten osatekijöiden (suorituskyykytekijöiden) tulo. Suorituskyykyä voidaan mitata kertomalla sen yksittäisiä osatekijöitä ja painottaen niitä osatekijöiden tärkeyden ja merkityksen mukaisesti.[10]”*. Kun Kosolan kirjassa sama sana, suorituskyyky, on määritelty seuraavasti: *”Suorituskyyky muodostuu integroidusta kokonaisuudesta, joka käsittää joukon, sen materiaalin ja käyttöperiaatteen sekä näitä tukevan tukeutumisjärjestelyn ja infrastruktuurin. [9]”*. HJ108 määrittelee suorituskyyvyn seuraavasti: *”Suorituskyyky on kyyky saavuttaa haluttu vaikuttavuus määritellyissä olosuhteissa. Kyyvykyykyys on toiminnallinen ominaisuus tai toiminnallinen kapasiteetti joka edellytetään halutun vaikuttavuuden aikaansaamiseksi. Suorituskyykyä voidaan tarkastella neljästä eri näkömäästä, jotka ovat: 1. vaikuttavuusnäkömä, 2. kyyvykyykyysnäkömä, 3. järjestelmännäkömä, 4. elinjaksonnäkömä.[48]”*. Kaikki ylläolevat lainaukset ovat Puolustusvoimien virallisia määritelmiä, jotka on kirjoitettu eri aikaan. Kaikki tarkoittavat pohjimmiltaan samaa asiaa, mutta niiden ilmaisuasussa on eroavaisuuksia. Puolustusvoimien virallista määrittelyä ei voi siis varmistaa mistään, koska kaikki kyseiset teokset ovat voimassaolevia puolustusvoimien tuotoksia. Samoja piirteitä on myös muissa Puolustusvoimien normistoissa. Puolustusvoimien tulisiikin ”siivota” normeja ja muodostaa niistä samantyyppisiä kokonaisuuksia kuin varomääräykset. Varomääräykset ovat tässä hyvänä esimerkkinä. Ne ovat yhden ihmisen allekirjoittamia ja niissä on selkeästi merkattuna onko asiakirja voimassa. Normaalisti tietoa etsivän tutkijan tulisiikin selvittää tiedon validius. Täällä tapauksessa se on kuitenkin vaikeaa, koska kukaan ei vastaa kyseisistä määritelmistä eikä kukaan ole määrittänyt mikä on voimassaoleva määritelmä puolustusvoimissa. Asiakirjojen suuri määrä ja niiden hajanaisuus aiheuttavat hankaluksia oikean asiakirjan löytämiseksi. Myöskään PVAH:n hakuominaisuus ei toimi

toivotulla tavalla, jotta löytäisi haluamansa asiakirjan ilma oikeaa diaarinumeroa. Tietojen hajanaisuus, oikean päivitysversion löytämien ja heikosti toimiva PVAH-haku hankaloittavat varsinkin kokemattoman henkilön työtä.

6.3 Tutkimuksen luotettavuus ja mahdolliset jatkotutkimusaiheet

Laadullisen tutkimuksen luotettavuuden arvioiminen on hankalampaa, kuin määrällisen tutkimuksen [6, s. 101]. Tutkimusmenetelmiä arvioidessa voidaan tulla siihen tulokseen, että ne olivat hyvin valittu. Aineistolähtöinen analyysi sopi tutkimukseen hyvin. Haastatteluilla saatiin täydennettyä julkisen aineiston puutteita. Tutkimukseen olisi mahdollisesti saatu lisää dataa, jos tutkimuksesta olisi tehty turvaluokiteltu. Julkiseen työhön päädyttiin, koska työ on yleisluonteeltaan hyvin geneerinen ja se tehtiin yhteistyössä Patrian Land Systemsin Oy:n kanssa.

Tutkimuksen arvoa laskee hieman julkisen datan puuttuminen elinkaarilaskennasta Puolustusvoimissa ja Patrialla. Kuitenkin tätä puutetta kyettiin kompensoimaan asiantuntijahaastatteluilla. Asiantuntijahaastattelut suoritettiin hyvin rajattuun kohdejoukkoon. Haastatteluja suoritettiin yhdeksän kappaletta. Rajatun kohdejoukon henkilöt olivat oman alansa ammattilaisia. Asiantuntija haastatteluilla saatiin tutkimukseen selvä lisäarvo. Haastatteluiden perusteella kyettiin täydentämään asiakirja-analyysiä. Puolustusvoimien palveluksessa olevat haastateltavat valittiin osaamisensa ja asiantuntemuksensa perusteella. Kaikki haastateltavat ovat työskennelleet järjestelmän tai elinkaarikustannuslaskennan kanssa. Patrian palveluksessa olevat henkilöt valittiin Patrian omasta suosituksesta. Heillä on laaja-alainen osaaminen panssaroituksen ajoneuvojen suunnittelun ja rakentamisen eri tasoilta.

Lähteiden osalta tutkimusta voidaan pitää melko luotettavana. Tutkimuksen kirjallisia lähteitä on työssä 48 kappaletta. Osa lähde teoksista on melko vanhoja (yli 15 vuotta), mutta tutkimuksen laatuun se ei vaikuttanut. Suurin osa elinkaarikustannuslaskennan tieteellisistä julkaisuksista ja teoksista viittaa tutkimuksessa käytettyihin Dhillonin sekä Blanchardin & Fabryckyn teoksiin. Näin voidaankin päätellä, että tutkimuksessa käytettävät lähteet ovat osittain primärlähteitä. Lähteinä on käytetty erityyppisiä lähteitä. Tutkimuksen lähdemateriaali vaihtelee kansainvälisistä tutkimuksista ja teoksista eritasoisiin internetlähteisiin. Internet-lähteitä pyrittiin tarkastelemaan lähdekriittisesti.

Tutkimuksen johtopäätökset ovat verrattavissa yleiseen teoriaan ja aikaisempiin tutkimuksiin. Osa johtopäätöksistä on toki tutkija subjektiivisia näkemyksiä. Nämä johtopäätökset on joh-

dettu haastatteluista ja asiakirja-analyysistä. Tutkimusprosessi on ollut perusteellinen ja tutkijan mielestä läpinäkyvä. Näin voidaan todeta, että johtopäätökset ovat oikeita ja luotettavia.

Tutkimuksen aikana tutkijalle heräsi kysymys voidaanko pelkästään COTS-tuotteilla luoda uskottava suorituskyky. Suorituskykynä tarkoitetaan asiakirjan HK666 mukaista suorituskyvyn rakentamista. Tämän ajatuksen mukana nousi ajatus kuinka tällaista suorituskykyä voidaan ylläpitää ja kuinka sitä päivitetään.

Toinen selkeä aihe jatkotutkimukseksi olisi laajentaa tätä tutkimusta turvaluokitellun tiedon puolelle. Tällöin voisi selvittää elinkaarikustannuksia ja niiden minimointia oikeiden lukujen perusteella.

LÄHDELUETTELO

- [1] Neilamo Kari, Uusi-Rauva Erkki. *Johdon laskentatoimi*, Edita Prima Oy Helsinki 2002, ISBN 951-37-3442-0
- [2] Keskustelut työn toisen ohjaajan Mikko Mäkisen kanssa 10.12.2015
- [3] Suorituskyvyn kustannusten elinjakson laskenta, PEMATOS PAK 08:05 Pääesikunta materiaaliosasto, Helsinki 2007
- [4] Helsingin sanomat, artikkeli 20.2.2017, *Suomi ostaa 16 erikoispanssarivaunua Hollannista - hankinnan hinta on kahdeksan miljoonaa euroa*, [viitattu 22.2.2017]. Saatavissa: <http://www.hs.fi/kotimaa/art-2000005095765.html>
- [5] Hirsjärvi S, Remes P & Sajavaara P, *Tutki ja kirjoita*, 11.painos, Jyväskylä: Gummerus kirjapaino oy, 2005, ISBN: 951-26-5113-0
- [6] Rantapelkonen J, Koistinen L, *Pohdintoja sotatieteellisistä käsitteistä*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Sotataidon laitos, Julkaisusarja 2, Helsinki 2016, ISBN 978-951-25-2820-2
- [7] Eskola J & Suoranta J, *Johdatus laadulliseen tutkimukseen*, 7.painos, Jyväskylä: Gummerus kirjapaino oy, 2005, ISBN: 951-768-035-X
- [8] Hirsjärvi S & Hurme H, *Teemahaastattelu*, 6.painos, Helsinki: Yliopistonpaino 1993, ISBN: 951-570-030-2
- [9] Kosola J, *Suorituskyvyn elinjakson hallinta*, Maanpuolustuskorkeakoulu Sotatekniikan laitos, julkaisusarja 5 No 7. Helsinki: Edita Prima 2007, ISBN 978-951-25-1816-6
- [10] Puolustusvoimien määritelmärekisteri, viitattu 21.12.2015
- [11] Kielitoimiston sanakirja, [viitattu 20.2.2017]. Saatavissa: <http://www.kielitoimistonsanakirja.fi/>
- [12] Suorituskyvyn elinjakson suunnittelu, PEMATOS PAK 08:04, Pääesikunta materiaaliosasto, Helsinki 2007
- [13] MÄÄRÄYS PANSSARIAJONEUVOJEN KÄYTÖSTÄ, PVHSM KULJ 001 -PELOGOS, HG1463, Pääesikunta logistiikkaosasto, Helsinki 2011
- [14] Puolustusministeriön asetus sotilasajoneuvoista 180/2006, Puolustusministeriö, Helsinki 2006
- [15] Puolustusvoimat internetsivut, *kalustokuvasto, maavoimat, ajoneuvot*, [viitattu 30.12.2016]. Saatavissa: <http://maavoimat.fi/kalustokuvastot>
- [16] Patria Oy kotisivut, *AMV-tuoteperhe*, [viitattu 21.12.2016]. Saatavissa: <http://patria.fi/fi/tuotteet-ja-palvelut/panssaroidut-pyoraajoneuvot/patria-amv-tuoteperhe>

- [17] IHS JANES, *MOWAG PIRANHA (III)*, [viitattu 9.3.2017]. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/ArmouredFightingVehicles/Display/1501192>
- [18] IHS JANES, *BOXER*, [viitattu 9.3.2017]. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/ArmouredFightingVehicles/Display/1501156#>
- [19] HIS JANES, *STRYKER*, [viitattu 9.3.2017]. Saatavissa: <https://janes.ihs.com/ArmouredFightingVehicles/Display/1501219>
- [20] Barringer, H & Weber, D, *Life cycle cost tutorial*. Fifth International Conference on Process Plant Reliability, October 2-4, Houston, Texas 1996.
- [21] Saari A, *Elinkaarikustannusten ja ympäristökuormitusten ohjaus rakennushankkeissa*, Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry, Rakennustietosäätiö RTS, Rakentajain kalenteri 2001, s. 753-762,
- [22] Motivan hankintapalvelut, *LCC-laskentatyökalut*, [viitattu 10.3.2017]. Saatavissa: http://www.motivanhankintapalvelu.fi/tietopankki/elinkaarikustannuslaskenta_lcc/tyokalut.html,
- [23] Woodward, David G, *Life cycle costing, theory, information acquisition and application*, International journal of Project management, Vol 15, No.6, pp 335-344, 1997 Elsevier Science Ltd
- [24] Dhillon, B.S., *Life Cycle Costing for Engineers*, CRC Press Taylor&Francis Group Florida USA 2010, ISBN: 978-1-4398-1688-2
- [25] NASA Deep Space Network progress report 42-40, I. Eisenberger& G. Lorden, *Life Cycle Costing: Practical Considerations*, NASA 1977
- [26] Blanchard&Fabrycky, *System Engineering and Analysis*, Pearson New International Edition, Fifth Edition, 2014 Englanti, ISBN 978-1-292-02597-1
- [27] Järviö J, Lehtiö T, *KUNNOSSAPITO, Tuotanto-omaisuuden hoitaminen*, 5.painos, Helsinki: KP-Media Oy, 2012, ISBN 978-952-99458-8-7
- [28] Military Handbook, Department of Defence, MIL-HDBK-276-1, *Life Cycle Cost Model For Defense Materiel Systems Data Collection Workbook*, 1984 USA
- [29] Dhillon B.S., *“Life Cycle Costing”*, Amsterdam: Gordon and Breach Science Publishers, 1989, ISBN 2-88124-302-9
- [30] Dunk, A. S, *Product life cycle cost analysis: the impact of customer profiling, competitive advantage, and quality of IS information*, Management Accounting Research 15, 4, 401-14. AUSTRALIA, 2004
- [31] Asiedu, Y. and Gu, P., *“Product life cycle cost analysis: state of the art review”*, International Journal of Production Research, Vol. 36, No. 4, pp. 883-908. 1998
- [32] Fiorello M.R. & Jones jr L.G., *Combat vehicle system operating and support cost: guidelines for analysis*, Logistics Management Institute, Department of Defense USA, 1977

- [33] Military Handbook, Department of Defence, MIL-HDBK-259 (NAVY), *Life Cycle Cost Navy Acquisitions*, 1984 USA
- [34] ISO/IEC/IEEE15288, *Systems and software engineering — System life cycle processes*, First edition 15.5.2015, Geneva: ISO/IEC (The International Organization for Standardization/The International Electrotechnical Commission)
- [35] Suorituskyvyn rakentaminen ja ylläpito, PVOHJEK-PE HK666, PE LOGOS, Helsinki 2014
- [36] Savolainen J, Opinnäytetyö YAMK, *Reunaehdot ja testaussuunnitelmat taistelija-radion valintaan elinkaarikustannusten näkökulmasta*, 6/2013 Jyväskylän ammattikorkeakoulu, teknologiaosaamisen johtamisen koulutusohjelma
- [37] United States General Accounting Office, GAO, *Setting Requirements Differently Could Reduce Weapon Systems' Total Ownership Costs*, (GAO-03-57 2003). [viitattu 14.12.2016] saatavissa: <http://www.gao.gov/new.items/d0357.pdf>
- [38] Oppitunti, Suunnittelija insinööri Juha Viuha, LOGUPSK61&SM6 logistiikka-opintosuunta, *PVSAP kunnossapito/raportointi*, Logistiikkakoulu, Riihimäki, 28.9.2016
- [39] Puolustusvoimien teknillinen tutkimuslaitos, *Sotatekninen arvio ja ennuste 2025, STAE 2025, osa 1, Teknologian kehitys*, Helsinki: Edita Prima oy, 2008, ISBN 978-951-25-1889-0
- [40] Laaksonen Ari, *Liikkuvuus 2030, Tulevaisuuden taisteluajoneuvon taktiset ja operatiiviset suorituskykyvaatimukset*, Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikanlaitos, Julkaisusarja 4 – Ei Julkiset, N:o 1/2009, Helsinki: Edita Prima Oy, 2009
- [41] Lehtonen J-M, Mäkipirtti I, *DEFENCE MAINTENANCE-ASSESSMENT OF SAVINGS MEANS AND POTENTIAL*, NOFOMA 2016 - Proceeding of the 28th annual Nordic logistics research network conference. 2016, Turku
- [42] Rheinmetall Defence -yhtiön kotisivut, *BOXER-tuoteperhe*, [viitattu 21.12.2016]. Saatavissa: http://www.rheinmetall-defence.com/en/rheinmetall_defence/systems_and_products/vehicle_systems/armoured_wheeled_vehicles/boxer/index.php,
- [43] General Dynamics European land system, kotisivut, *MOWAG Piranha-tuoteperhe*, [viitattu 21.12.2016]. Saatavissa: https://www.gdels.com/products/wheeled_4.asp
- [44] Pääesikunta, suunnitteluosasto, *Puolustusvoimien toimintakäsikirja 2015*, HK493, Helsinki 09/2016
- [45] VARUSMIESTEN MAAVOIMAKOULUTUS, PVOHJE KOULUTUS 002 – MAAVEHENKOS -, HI897, Maavoimien esikunta: Mikkeli 2011

- [46] Slack N, Chambers S, Johnston R, *OPERATIONS MANAGEMENT, FIFTH EDITION*, Prentice Hall, Pearson Education Limited, Englanti: 2007, ISBN: 978-0-273-70847-6
- [47] Moubray, J, *Reliability-centered Maintenance*, Industrial press, New York 1997, ISBN 978-0-8311-3146-3
- [48] SUORITUSKYVYN KÄSITEMALLI, PVOHJEK-PE HJ108, PESUUNOS, Helsinki 2013

Haastattelut

- [1] INSKAPT Juha Humalajoki, Järjestelmäinsinööri, järjestelmäkeskus, Haastattelu, panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten minimointi, 17.10.2016 Tampere, haastattelumuistiinpanot tutkijalla.
- [2] KAPT Pasi Saari, Panssariupseeri, Karjalan prikaati, Haastattelu, panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten minimointi, 18.10.2016 Riihimäki, haastattelumuistiinpanot tutkijalla.
- [3] Markus Karppi, Suunnittelupäällikkö LSA, Patria Land, Haastattelu, panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten minimointi, 7.11.2016 Hämeenlinna, haastattelumuistiinpanot tutkijalla.
- [4] Kimmo Laine, Tuotetukisuunnittelija, Patria Land, Haastattelu, panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten minimointi, 7.11.2016 Hämeenlinna, haastattelumuistiinpanot tutkijalla.
- [5] Rami Valtonen, Vanhempi tuotetukisuunnittelija, Patria Land, Haastattelu, panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten minimointi, 7.11.2016 Hämeenlinna, haastattelumuistiinpanot tutkijalla.
- [6] Toni Töyrylä, Tekninen päällikkö, Patria Land, Haastattelu, panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten minimointi, 7.11.2016 Hämeenlinna, haastattelumuistiinpanot tutkijalla.
- [7] Tero Laitakari, Työsuojelupäällikkö, Patria Land, Haastattelu, panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten minimointi, 7.11.2016 Hämeenlinna, haastattelumuistiinpanot tutkijalla.
- [8] Juha Pääskyvuori, Suunnittelupäällikkö, Patria Land, Haastattelu, panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten minimointi, 7.11.2016 Hämeenlinna, haastattelumuistiinpanot tutkijalla.
- [9] INSYLIL Ilkka Mäkipirtti, Osastopäällikkö, järjestelmäkeskus, keskustelut 22.9.2016 ja täydentävä sähköpostihaastattelu, panssaroitujen ajoneuvojen elinkaarikustannusten minimointi, 7.11.2016 Riihimäki, haastattelumuistiinpanot tutkijalla.

Liitteet

- LIITE 1 XA-SARJAN PYÖRÄPANSSARIAJONEUVOJEN TEKNISET TIEDOT
- LIITE 2 HERKKYYSANALYYSI ESIMERKKIKAAVOILLA
- LIITE 3 ELINKAARIKUSTANNUSTEN LASKENTATAULUKKO PEMATOS PAK
08-05 LIITE 2, AD7641

XA-SARJAN PYÖRÄPANSSARIAJONEUVOJEN TEKNISET TIEDOT

Liitteen 1 kuvat ja vaunujen tekniset tiedot on kopioitu puolustusvoimien kalustokuvastosta [39]

Kuljetuspanssariajoneuvo XA-360**Käyttö**

Henkilöstön kuljetus

Ominaisuudet

- Valmistusmaa: Suomi
- Omamassa: 24500 kg
- Kantavuus: 2500 kg
- Kokonaismassa: 27000 kg
- Vetojärjestelmä: 8x8
- Istumapaikkoja kuljettajan lisäksi
 - ohjaamossa: 1
 - kuormatilassa: 11
- Mitat
 - pituus: 8,25 m
 - leveys: 3,19 m
 - korkeus: 3,38 m
 - raideväli: 2,45 m
 - akseliväli: 1,40+1,70+1,45 m

- Polttoainesäiliön tilavuus: 230+240 l
- Moottori
 - merkki/malli/toimintatapa: Scania DI 12 / 4-T, turboahdettu
 - iskutilavuus/käyttövoima: 11,7 l/diesel
 - max teho/vääntömomentti: 360 kW/ 1974Nm
- Vaihteisto: ZF 7HP902 automaattivaihteisto
- Jakovaihteisto: Katsa
- Tasauspyörästäön lukot: On
- Jousitustyyppi: Hydropneumaattinen, korkeudensäätöjärjestelmä
- Rengaskoko/-tyyppi: 14.00-20/164 G, turvatäyte
- Vintturi
 - merkki/malli: Katsa
 - tyyppi: Hydraulinen
 - vetovoima: 80 kN
 - vaijerinpituus: 50 m
 - vetosuunnat: Edestä ja takaa
- Maavara: 0,27-0,65 m
- Lähestymiskulma: 40°
- Jättökulma: 40°
- Kahlaussyvyys: 1,50 m
- Varustelu:
 - Asevarustus Kongsberg Protector RWS, jossa 12,7 mm raskaskonekivääri 2005 tai 40 mm kranaattikonekivääri 2005
 - Omasuojajärjestelmät

Kuljetuspanssariajoneuvo XA-203**Käyttö**

Henkilöstön kuljetus

Ominaisuudet

- Valmistusmaa: Suomi
- Omamassa: 20300 kg
- Kantavuus: 2200 kg
- Kokonaismassa: 22500 kg
- Vetojärjestelmä: 6x6
- Istumapaikkoja kuljettajan lisäksi
 - ohjaamossa: 2
 - kuormatilassa: 9
- Mitat
 - pituus: 7,70 m
 - leveys: 2,95 m
 - korkeus: 3,34 m
 - raideväli: 2,40 m
 - akseliväli: 1,90+1,90 m
- Polttoainesäiliön tilavuus: 145+145 l

- Moottori
 - merkki/malli/toimintatapa: Valmet 612 DWBIC/ 4-T turboahdettu
 - iskutilavuus/käyttövoima: 7,40 l/diesel
 - max teho/vääntömomentti: 202 kW/ 1080Nm
- Vaihteisto: Allison automaatti
- Maastovaihteisto: Katsa, 2 nopeuksinen vaihteisto
- Tasauspyörästön lukot: On
- Jousitustyyppi: Lehtijouset + nesteiskunvaimentimet etuakselissa
- Rengaskoko/-tyyppi: 14.00R20/156G
- Vintturi
 - merkki/malli: Katsa
 - tyyppi: Hydraulinen
 - vetovoima: 80 kN
 - vaijerinpituus: 50 m
 - vetosuunnat: Edestä ja takaa
- Maavara: 0,40 m
- Lähestymiskulma: 38°
- Jättökulma: 31°
- Kahlaussyvyys: 1,20 m
- Varustelu:
 - Asevarustus PML - 127 - OWS, jossa ilmatorjuntakonekivääri NSV 12,7 mm
 - Omasuojajärjestelmä

Kuljetuspanssariajoneuvo XA-180**Käyttö**

Henkilöstön kuljetus

Ominaisuudet

- Valmistusmaa: Suomi
- Omamassa: 13530 kg
- Kantavuus: 6300 kg
- Kokonaismassa: 20000 kg
- Vetojärjestelmä: 6x6
- Istumapaikkoja kuljettajan lisäksi
 - ohjaamossa: 2
 - kuormatilassa: 11
- Mitat
 - pituus: 7,35 m
 - leveys: 2,90 m
 - korkeus: 2,77 m
 - raideväli: 2,37 m
 - akseliväli: 1,90+1,90 m
- Polttoainesäiliön tilavuus: 145+145 l

- Moottori
 - merkki/malli/toimintatapa: Valmet 611 DSBJA/ 4-T turboahdettu
 - iskutilavuus/käyttövoima: 6,60 l/diesel
 - max teho/vääntömomentti: 176 kW/825Nm
- Vaihteisto: Allison automaatti
- Maastovaihteisto: Rockwell, 2 nopeuksinen vaihteisto
- Tasauspyörästön lukot: On
- Jousitustyyppi: lehtijouset + nesteiskunvaimentimet
- Rengaskoko/-tyyppi: 14.00R20/156G
- Vintturi
 - merkki/malli: Katsa
 - tyyppi: Hydraulinen
 - vetovoima: 80 kN
 - vaijerinpituus: 50 m
 - vetosuunnat: Edestä ja takaa
- Maavara: 0,40 m
- Lähestymiskulma: 42°
- Jättökulma: 38°
- Kahlaussyvyys: 1,80 m
- Varustelu:
 - Uintivarustus

Kehälavetti / ilmatorjuntakonekivääri NSV 12,7 mm

Elinkaarikustannuslaskennan summakaava		Yleinen elinkaarikustannuslaskenta-kaava		Panssaroidunajoneuvon elinkaarikustannuslaskentamalli			
$Lcc=Ci+Ny(Co+Cm+Cs)$		$Lcc=RC+NRC$		$Lcc = C_{RD} + C_A + C_{OS}$			
Ny (Elinkaari vuosina)	25						
Ci (investointikustannukset)	10	RC (toistuvat kustannukset)	8	Crd (tutkimus- ja kehittämis)	2		
Co (vuosittainen käyttökustannus)	5	NRC (kertasuoritteet)	10	Ca (hankintakulut)	10		
Cm (vuosittainen kupi)	2	erillinen tutkimus ja kehitys (TK)	2	Cos (käyttö- ja huolto)	8	→	varikolla suoritettavat
Cs (vuosittainen epäkäytettävyys)	1						kaluston modifikointi
elinkaarikustannukset	210	Elinkaarikustannukset		Elinkaarikustannukset			Sotilashenkilöstö
		ei TK 1 v	18		20		Epäsuora huolto
		ilman TK 25 v	210		212		Muu huolto
		tk 1 v	20				suora kulutus
		TK 25 v	212				

Summakaava	210
Yleinen	212
Panssaroitujen	212

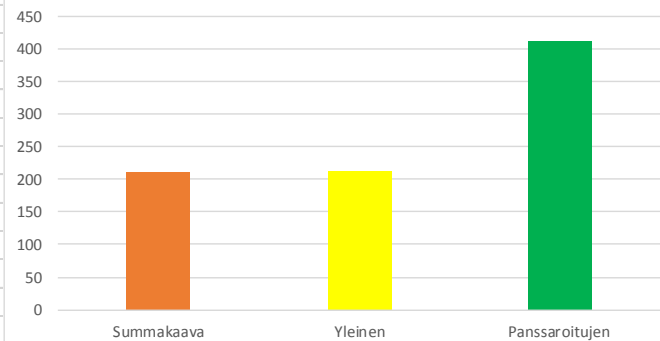


HERKKYYSANALYYSI ARVOT MUUTTUNEET		
Elinkaarikustannuslaskennan summakaava $Lcc=Ci+Ny(Co+Cm+Cs)$	Yleinen elinkaarikustannuslaskentakaava $Lcc=RC+NRC$	Panssaroidunajoneuvon elinkaarikustannuslaskentamalli $Lcc = C_{RD} + C_A + C_{OS}$
Ny (Elinkaari vuosina) 25		
Ci (investointikustannukset) 10	RC (toistuvat kustannukset) 8	Crd (tutkimus- ja kehittämis) 2
Co (vuosittainen käyttökustannus) 5	NRC (kertasuoritteet) 10	Ca (hankintakulut) 10
Cm (vuosittainen kupi) 2	erillinen tutkimus ja kehitys (TK) 2	Cos (käyttö- ja huolto) 16
Cs (vuosittainen epäkäytettävyys) 1		
elinkaarikustannukset 210	Elinkaarikustannukset	Elinkaarikustannukset
	ei TK 1 v 18	28
	ilman TK 25 v 210	412
	tk 1 v 20	
	TK 25 v 212	
		varikolla suoritettavat 2
		kaluston modifikointi 10
		Sotilashenkilöstö 1
		Epäsuora huolto 1
		Muu huolto 1
		suora kulutus 1

Muutettu arvo

Summakaava	210
Yleinen	212
Panssaroitujen	412

Kaavio 2: Kaluston modifikaation arvoa muutettu

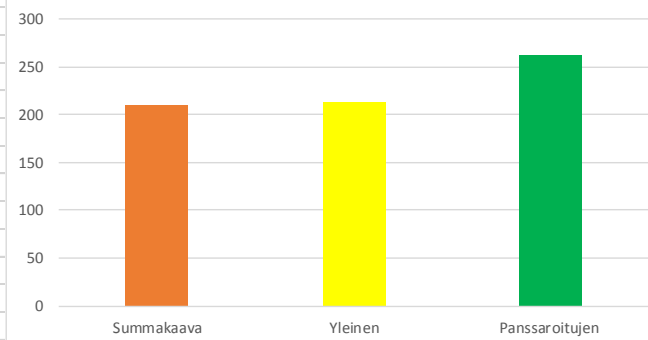


HERKKYYSANALYYSI 2 ARVOT MUUTTUNEET						
Elinkaarikustannuslaskennan summakaava $Lcc=Ci+Ny(Co+Cm+Cs)$		Yleinen elinkaarikustannuslaskentakaava $Lcc=RC+NRC$		Panssaroidunajoneuvon elinkaarikustannuslaskentamalli $Lcc = C_{RD} + C_A + C_{OS}$		
Ny (Elinkaari vuosina) 25						
Ci (investointikustannukset)	10	RC (toistuvat kustannukset)	8	Crd (tutkimus- ja kehittämis)	2	
Co (vuosittainen käyttökustannus)	5	NRC (kertasuoritteet)	10	Ca (hankintakulut)	10	
Cm (vuosittainen kupi)	2	erillinen tutkimus ja kehitys (TK)	2	Cos (käyttö- ja huolto)	10	
Cs (vuosittainen epäkäyttävyyys)	1					
elinkaarikustannukset	210	Elinkaarikustannukset		Elinkaarikustannukset		
		ei TK 1 v	18		22	
		ilman TK 25 v	210		262	
		tk 1 v	20			
		TK 25 v	212			
				→	varikolla suoritettavat	2
					kaluston modifikointi	4
					Sotilashenkilöstö	1
					Epäsuora huolto	1
					Muu huolto	1
					suora kulutus	1

Muutettu arvo

Summakaava	210
Yleinen	212
Panssaroitujen	262

Kaavio 3: Kaluston modifikaation arvoa muutettu



Elinkaarikustannusten laskentataulukko PEMATOS PAK 08-05 Liite 2, AD7641

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	Suorituskyvyn elinjaksokustannukset															
2	IA_Start (EC)		2005		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
3	Disc_factor		4 %													
4	ISD		2009	Years in service	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	
5	Disc_year		2005	DCF factor	1,000	0,966	0,934	0,902	0,871	0,842	0,814	0,786	0,759	0,734	0,709	
6				Cost Element												
7				MATERIAALI	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
8				Investointi TOTAL	0											
9				Hankintahinta TOTAL	0											
10				Hankintahinta TOTAL	0											
11				Hankintahinta TOTAL	0											
12				Hankintahinta TOTAL	0											
13				Hankintahinta TOTAL	0											
14				Hankintahinta TOTAL	0											
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
32																
33																
34																
35																
36																
37																
38																
39																
40																
41																
42																
43																
44																
45																

Kuvassa on elinjaksokustannusten laskentasiivun yläosa. Tälle välilehdelle tulee laskettuna suorituskyvyn elinjaksokustannukset.

	T	F	G	H	I	J	K	L	M	N	U	P	Q	R	
31	Täydennysvaraosat	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
32	TEKNINEN KUNNOSSAPITO	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
33	Huollon managerointi	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
34	Ennaltaehkäisevä huolto, A	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
35	Ennaltaehkäisevä huolto, B	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
36	Ennaltaehkäisevä huolto, C	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
37	Ennaltaehkäisevä huolto, D	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
38	Korjaavat huoltotoimenpiteet, A	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
39	Korjaavat huoltotoimenpiteet, B	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
40	Korjaavat huoltotoimenpiteet, C	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
41	Korjaavat huoltotoimenpiteet, D	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
42	Vuosihuolto	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
43	Varaosien kuljetuskustannukset	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
44	Varastointikustannukset	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
45	Jälki-suunnittelutuki	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
46	Primitoimittajan logistiikkatuki	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
47	HENKILÖSTÖ	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
48	Palkat	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
49	Päivärahat	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
50	Koulutus	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
51	Huoltokoulutus	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
52	Joukkojen huoltokustannukset	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
53															
54	INFRASTRUKTUURI JA TUKEUTUMINEN	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
55	Uusien kiinteistöjen investointi	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
56	Kiinteistöjen vuokra	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
57	Kiinteistöjen kunnossapito	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
58	Kiinteistöjen ylläpito	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
59															
60	INTEGROINTI	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
61	Hankkeen projektihoitokulut (Oma organisaatio)	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
62	Konsulttipalvelut (Ulkopuolinen tuki)	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
63	Vastakauppakustannukset (IP)	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
64	Overall Total	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
65		100 %	97 %	93 %	90 %	87 %	84 %	81 %	79 %	76 %	73 %	71 %	68 %	66 %	
66	DISCOUNTED	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
67		0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	0€	
70	Kustannusanalyysi (Vuositainen %-jako)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
71	MATERIAALI	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!
123	HENKILÖSTÖ	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!
131	INFRASTRUKTUURI JA TUKEUTUMINEN	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!
138	INTEGROINTI	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!
143	Overall Total	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!

Tässä kuvassa on elinjaksokustannusten laskentasisivun alaosa.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Materiaalin elinjakokustannukset			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2	IA_Start (EC)	2005		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
3	Disc_factor	4 %																	
4	ISD	2009																	
5	Disc_year	2005																	
6	Kustannukseen vaikuttavat tekijät	kaava tai lähtöarvot																	
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			
35																			
36																			
37																			
38																			
39																			
40																			
41																			
42																			
43																			
44																			
45																			

Tässä kuvassa on materiaalivälilehden taulukko. Kustannusten summat syötetään oikeisiin kohtiin soluihin, jolloin taulukko laskee kokonaissummat. Muut kustannuksia käsittelevät välilehdet ovat kutakuinkin saman laisia, joten niistä ei ole otettu kuvankaappauksia.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Käyttö- ja toimintaperiaatteet																		
2	Elinjaksosuunnitelma																		
3	Lähtöarvo vuosille ja Year in Service annetaan Variables-lehdellä																		
4							B	B	M	B	B	M	B	B	M	B	B	M	
5		Vuosi	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
6		Year in Service	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	Hankkeen päävaiheet	Ideointi																	
7	<i>Esim. Fasti ruutuun</i>	Esisuunnittelu																	
8		Suunnittelu																	
9		Rakentaminen																	
10		Operointi																	
11		Purku																	
12																			
13																			
14	Esim. 5 vuoden sykli																		
15							Year X (20??)												Year 2 (20??)
16	Hankekohtainen järjestelmän ositus						January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	January
17	Järjestelmän osa 1																		
18	Järjestelmän osa 2																		
19	Järjestelmän osa 3																		
20	Järjestelmän osa x																		
22	Pitkän syklin käyttökuvaus - sisältö hankekohtainen																		
23																			
24																			
25																			
26		esim. Vuosisotaharjoitus, tyjppiä ?																	
27		esim. Koulutus																	
28		esim. Lomakausi																	
29		esim. Vuosihuolto																	
32	Järjestelmä osien käyttöarvot																		
33	Järjestelmän osa 1	Tunteja, vrk, gm.																	
34	Järjestelmän osa 2	Tunteja, vrk, gm.																	
35	Järjestelmän osa 3	Tunteja, vrk, gm.																	
36	Järjestelmän osa x	Tunteja, vrk, gm.																	
37																			
38																			
39																			
40																			
41																			

Viimeisenä kuvana on otettu elinjaksosuunnitelman välilehti.