

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

KOELENTOTOIMINNAN TULOKSELLISUUSARVIOINTI TX-PROJEKTISSA

Diplomityö

Majuri

Tuure Lehtoranta

YEK 55

Ilmasotalinja

Heinäkuu 2011

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Yleisesikuntaupseerikurssi 55	Linja Ilmasotalinja
Tekijä Majuri Tuure Lehtoranta	
Tutkielman nimi Koelentotoiminnan tuloksellisuusarviointi TX-projektissa	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka MPKK:n kurssikirjasto
Aika 31.7.2011	Tekstisivuja 88
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tutkimuksen päämääränä oli määrittää koelentotoiminnan (uuden konetyypin evaluaatiot ja uuden konetyypin vastaanotot) tuloksellisuusarviointi TX-projektissa tapaustutkimuksena.</p> <p>Koelentotoiminnan tuloksellisuuden määrittäminen valitussa tapauksessa vaati koelentotoiminnan ja tuloksellisuuden määrittämisen ennen tapauksen aineiston analyysiä. Tuloksellisuuden määrittäminen tehtiin mukailien valtionhallinnon tuloksellisuusprisman määrittelyjä.</p> <p>Tutkimuksen avulla on voitu määrittää kuinka tuloksellista koelentotoiminta oli TX-projektin lentoevaluaatioissa ja vastaanotoissa. Tuloksellisuuden määritetyt osa-alueet olivat koelentotoiminnan laatu ja tehokkuus, koelentotoiminnan vaikuttavuus, Koelentotoiminnan taloudellisuus sekä koelentokoulutuksen ylläpito ja kehittäminen. Koelentotoiminta oli kokonaisuutena arvioiden erittäin tuloksellista TX-projektissa. Määrittelemieni tuloksellisuuden osa-alueiden mukaisesti toiminta oli pääsääntöisesti tehokasta ja laadukasta muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Lisäksi toiminnalla saavutettiin erittäin suuri vaikuttavuus sekä evaluaatiovaiheessa, että vastaanottovaiheissa ja toiminta oli taloudellisesti erittäin kannattavaa Ilmavoimien kannalta ajateltuna.</p> <p>Tutkimuksen perusteella nähtiin lisäksi, että nykyaikana ja erityisesti tulevaisuuden edelleen teknistyvässä sotatekniikan maailmassa on erittäin tärkeää, että hankkeisiin osallistuu koulutettu henkilöstö, joka osaa arvioida ja vastaanottaa uusia lentokoneita ja asejärjestelmiä.</p>	
Avainsanat TX-projekti, kuljetuskonehanke, evaluaatio, vastaanotto, tekniset tutkimusmenetelmät, Koelentokeskus, C-295M, C-27J, CC	

SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tausta ja tarpeellisuus	1
1.2	Tutkimuksen päämäärä ja tutkimustehtävän asettelu.....	4
2	Tutkimuksen teoreettinen tausta	6
2.1	Käytettävät tutkimusmenetelmät.....	6
2.2	Käsitteet.....	7
2.3	Rajaukset	8
2.4	Aiemman tutkimuksen ja lähdeaineiston esittely sekä lähdekritiikki	9
3	Kehittämisohjelma, hanke ja hankinta	11
4	Koelentotoiminnan perusteet	14
4.1	Käytettävissä olevat tutkimusmenetelmät lentokoneiden ominaisuuksien mittaamiseksi	14
4.2	Koelentotoiminnan vaatimukset hallinnollisesti	20
5	Tuloksellisuuden arvioinnin määrittely	22
5.1	Tuloksellisuuden määrittäminen uudistui Puolustusvoimissa 2004 alkaen.....	22
5.2	Tuloksellisuuden määrittäminen TX-projektin kannalta	25
6	Evaluaatiovaiheen tuloksellisuusanalyysi	29
6.1	Suoritusarvokokeet.....	29
6.1.1	Lentoonlähtö- ja laskusuoritusarvot.....	29
6.1.2	Noususuoritusarvot	30
6.1.3	Vaakalentosuoritusarvot.....	31
6.1.4	Sakkaussuoritusarvot.....	32
6.1.5	Liukusuoritusarvot	32
6.1.6	Vajaamoottorisuoritusarvot.....	33
6.1.7	Vaakakiihdytys ja hidastus	34
6.2	Lento-ominaisuuskokeet	34
6.2.1	Ohjausjärjestelmän mekaaniset ominaisuudet	35
6.2.2	Staattinen pituusvakavuus ja trimminopeuden vaihteluväli.....	36
6.2.3	Liikehtimisvakavuus ja nopeat vedot.....	37
6.2.4	Fugoidi	39
6.2.5	Lyhytjaksoinen heilahtelu	40
6.2.6	Lentoratavakavuus laskuasussa.....	41
6.2.7	Lentoasujen muutokset.....	42
6.2.8	Nokkapyörän nostonopeuden mittaaminen	42

6.2.9	Staattinen poikittais- ja suuntavakavuus	43
6.2.10	Staattinen V_{MCA}	44
6.2.11	Dynaaminen poikittais- ja suuntavakavuus.....	44
6.2.12	Kallistusohjaus	45
6.2.13	V_{MCG}	46
6.2.14	Kääntösäde maassa maakäsiteltävyyteen liittyen.....	48
6.3	Järjestelmäkokeet	48
6.3.1	NVIS-yhteensopivuuden mittaaminen	48
6.3.2	EW- kokeet.....	48
6.4	Muut projektissa käytetyt tekniset tutkimusmenetelmät	49
6.4.1	Kone-ehdokkaiden numeerinen vertailu	49
6.4.2	Matemaattinen analyysi.....	49
6.4.3	Näkyvyys ulos ohjaamosta	50
6.5	Kuinka suuri osuus teknisillä tutkimusmenetelmillä ja -tekniikoilla oli koko lentoevaluaatioryhmän suorittamassa uuden konetyypin evaluaatiossa.....	51
6.6	TX-projektissa käytettyjen teknisten tutkimusmenetelmien soveltuvuus ja tarpeellisuus.....	52
6.7	Koelentotoiminnan vaikuttavuus evaluaatiovaiheessa.....	54
6.8	Koelentotoiminnan taloudellisuus evaluaatiovaiheessa.....	55
6.9	Koelentotokoulutuksen ylläpito ja kehittäminen evaluaatiovaiheen kannalta	57
7	Vastaanottovaiheen tulostulosanalyysi.....	59
7.1	Ensimmäisen vastaanottovaiheen kokeet.....	60
7.1.1	Maatarkastukset.....	60
7.1.1.1	Ohjausjärjestelmän mekaaniset ominaisuudet (Primary flight controls)	61
7.1.1.2	Toissijaisten ohjaimien vaikutus (Secondary flight controls).....	61
7.1.1.3	Ohjainten keskinäisen irtikytkennän tarkastaminen.....	61
7.1.1.4	Sivuperäsimen osajärjestelmien tarkastaminen.....	62
7.1.1.5	Moottorien koekäyttö maassa.....	62
7.1.1.6	Radioiden ja sisäpuhelinjärjestelmien tarkastus.....	62
7.1.1.7	Sähkönsyöttöjärjestelmien tarkastus	62
7.1.1.8	Avioniikkajärjestelmien tarkastus.....	63
7.1.1.9	Jäänpoisto- ja jäänestojärjestelmien tarkastus.....	63
7.1.1.10	Paineistuksen ja ilmastoinnin tarkastus.....	63
7.1.1.11	Koerullaus ja keskeytetty lentoonlähtö	63
7.1.1.12	Normaali sammutus	64

7.1.1.13	Muut maataarkastukset	64
7.1.2	Koelentovaihe	65
7.1.2.1	Tarkastukset ennen lentoa	65
7.1.2.2	Ulkopuolinen ja sisäpuolinen tarkastus ennen lentoa	65
7.1.2.3	Moottorien käynnistys ja tarkastukset käynnistytksen jälkeen.....	66
7.1.2.4	Rullaus ja keskeytetty lentoonlähtö.....	66
7.1.2.5	Lentoonlähtö	66
7.1.2.6	Suoritusarvonousu korkeudelle 25000 ft STD ja vaakalentosuoritusarvot..	66
7.1.2.7	Suoritusarvonousu korkeudelle 25000 ft STD ja vaakalentosuoritusarvot..	67
7.1.2.8	Avioniikkajärjestelmien tarkastukset ja liuku korkeudelle 15000 ft STD ...	67
7.1.2.9	Sakkaus	67
7.1.2.10	Liikehtimisvara	68
7.1.2.11	Ohjainten keskinäisen irtikytkennän tarkastaminen ilmassa ja ohjainautomaatin toiminta.....	68
7.1.2.12	Liuku korkeudelle 10000 ft STD ja kokeet korkeudella 10000 ft STD ...	68
7.1.2.13	Liuku korkeudelle 5000 ft STD ja kokeet korkeudella 5000 ft STD	69
7.1.2.14	Lähestyminen ja lasku	69
7.1.2.15	Sammutus ja sammutuksen jälkeen	69
7.2	Toisen vastaanottovaiheen kokeet.....	70
7.2.1	Maataarkastukset.....	70
7.2.1.1	Ensimmäisen vastaanottovaiheen jäljelle jääneet huomautukset.....	70
7.2.1.2	Suoritettun A-tarkastuksen, huollon ja vikakorjausten tarkastus	71
7.2.1.3	Uusien asennusten tarkastus.....	71
7.2.1.4	Koelentohenkilöstön suorittamat maataarkastukset.....	71
7.2.2	Koelentovaihe vastaanoton toisessa vaiheessa.....	72
7.2.2.1	Tarkastukset ennen käynnistystä, käynnistys, rullaus ja lentoonlähtö	72
7.2.2.2	Nousu korkeudelle 25000 ft STD ja kokeet määräkorkeudessa	72
7.2.2.3	Liuku korkeudelle 15000 ft STD ja kokeet määräkorkeudessa	73
7.2.2.4	Taktinen matalalento	73
7.2.2.5	P-RNAV reitti ja ILS CATII –lähestyminen sekä lasku ja sammutus	73
7.2.2.6	Omasuojajärjestelmän kokeet ilmassa	74
7.3	Kuinka suuri osuus teknisillä tutkimusmenetelmillä ja -tekniikoilla oli koko vastaanottoryhmien suorittamassa kaksivaiheisessa vastaanotossa	76
7.4	TX-projektin vastaanotoissa käytettyjen teknisten tutkimusmenetelmien soveltuvuus ja tarpeellisuus.....	77

7.5	Koelentotoiminnan vaikuttavuus vastaanottovaiheessa.....	79
7.6	Koelentotoiminnan taloudellisuus vastaanottovaiheessa	80
7.7	Koelentotokoulutuksen ylläpito ja kehittäminen vastaanottovaiheen kannalta	82
8	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	84
	LÄHTEET	89

KOELENTOTOIMINNAN TULOKSELLISUUSARVIOINTI TX-PROJEKTISSA

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta ja tarpeellisuus

Aihe on valittu alun perin Esiupseerikurssi 59:lle jaetusta tutkielma-aihelistasta. Alkuperäinen ehdotettu otsikko oli ”Puolustusvoimien tärkeissä materiaalihankkeissa käytetyt tekniset tutkimusmenetelmät”, mutta esiupseerikurssilla tekijän ehdotuksesta aihetta rajattiin koskemaan ilmavoimien lentokalustohankkeita. Esiupseerikurssin tutkimustyön ohjaajien (Jorma Jormakka ja Raimo Enberg) kanssa käytyjen keskustelujen jälkeen aihetta rajattiin edelleen koskemaan yhtä tiettyä lentokalustohanketta. Esiupseerikurssilla tutkimustyön tarkastelun kohteena oli silloinen viimeisin laaja lentokalustohanke, jonka tarkoituksena oli hankkia ilmavoimien käyttöön uusi kevyt kuljetuskonetyyppi. Hanketta kutsuttiin TX-projektiksi.

Esiupseerikurssilla laadittu tutkimustyö [1] toimi alustuksena nyt yleisesikuntaupseerikurssilla tehtävälle diplomityölle. Esiupseerikurssin työn tuloksena todettiin, että täyttä hyötyä ajatellen tutkimusta tulisi ehdottomasti jatkaa, jotta voitaisiin perustellusti analysoida lentoevaluaatioiden tarvetta uusia konetyyppejä valittaessa Suomen Ilmavoimien käyttöön. Turhien olettamien ja väittämien sijaan olisi hyödyllistä pystyä tutkimuksen avulla osoittamaan tulevaisuuden hankkeita silmälläpitäen se, että onko yleensä olemassa reaalista tarvetta aikaa ja resursseja vievälle lentoevaluaatiolle ja kaluston vastaanotolle hankkeisiin liittyen.

Kokonaisuuden hahmottamiseksi tarkasteluun otetaan tässä diplomityössä koko toteutettu TX-projekti, jolla tarkoitetaan kokonaisuutta jossa ilmavoimille hankittiin käyttöön uusi kevyt kuljetuskone (C-295M eli CC-kone). Tarkasteluun otetaan Ilmavoimien Koelentokeskuksen suorittamat lentoevaluaatiot ja vastaanotot kyseiseen kalustohankkeeseen liittyen. Esiupseerikurssin tutkimusta jatketaan alkuperäistä ajatusta hieman laajempaan, koska tutkimukseen otetaan mukaan koko TX-projekti myös koelentokeskuksen suorittamien kaksivaiheisten vastaanottojen osalta.

Seuraavissa kappaleissa käydään kronologisesti läpi TX-projektin kulku jaoteltuna TX-projektin eri vaiheisiin. Tämä helpottaa ymmärtämään kuinka laajoja hankkeen lentoevaluatio ja kaksivaiheinen vastaanotto ovat olleet.

Ilmavoimien komentaja nimitti TX-projektin henkilöstön ja käynnisti projektin virallisesti keväällä 2005. Projektin johtajaksi (hankepäällikkö) määrättiin insinöörimajuri Kari Korhonen Ilmavoimien esikunnan lentoteknilliseltä osastolta A10. Organisaatiomuutoksen vuoksi Ilmavoimien esikunnan A10-osasto yhdistettiin Ilmavoimien Materiaalilaitokseen 1.1.2010 alkaen. Projektin alle perustettiin projektin johtajan toimesta useita työryhmiä, joista merkittävimmät olivat lentoevaluatioryhmä, tekninen tutkimusryhmä ja kaupallinen ryhmä. Tarjouspyynnöt RFQ No. 05/804/2 [2] lähetettiin kahdelle lentokonetehtaalle, jotka olivat espanjalainen EADS CASA ja italialainen Alenia Aeronautica. Evaluaation kohteena olevat konetyypit olivat vastaavasti EADS CASA C-295M ja Alenia Aeronautica C-27J Spartan.

Lentoevaluatioryhmä aloitti työskentelyn välittömästi laatimalla koesuunnitelman numero XX0805 C-295M -lentokoneen kesävaiheen evaluaatiota varten [3]. Evaluaatio toteutettiin Espanjassa kesäkuussa 2005. Lentoevaluatioryhmä raportoi edellä mainitun vaiheen tulokset marraskuussa 2005 valmistuneessa väliraportissa nro XX0805. C-27J – lentokoneen osalta lentoevaluatioryhmä laati koesuunnitelman nro XX1105 kesävaiheen evaluaatiota varten [4]. Evaluaatio toteutettiin Italiassa syyskuussa 2005. Lentoevaluatioryhmä raportoi edellä mainitun vaiheen tulokset joulukuussa 2005 valmistuneessa väliraportissa nro XX1105. Projektin seuraava vaihe oli talvievaluatioiden koesuunnitelmien laatiminen. Lentoevaluatioryhmä täydensi koesuunnitelmat XX0805 ja XX1105 talvikokeiden osalta joulukuussa 2005 [3][4].

Molemmat lentokonetyypit evaluoitiin tammikuussa 2006 Suomessa. Evaluaatiot tapahtuivat Tikkakoskella, Hallissa ja Kittilässä. Talvivaiheen evaluaation tulokset raportoitiin raporteissa XX0805 [5] ja XX1105 [6] yhdessä kesävaiheen evaluaatioiden tulosten kanssa. Tämän lisäksi lentoevaluatioryhmä laati vertailuraportin [7], jossa kahta eri arvioitavaa konetyypistä vertailtiin tarjouspyynnössä esitettyihin vaatimuksiin keskenään suhteutettuna.

Hankepäällikkö esitteli tulokset Ilmavoimien komentajalle keväällä.2006. Ilmavoimien komentaja yhdessä hankepäällikön kanssa teki hankintaesityksen Puolustushallinnon kaupalliselle johtoryhmälle (PUKAJORY) kevään 2006 aikana, joka esitti asian Puolustusministerille. Puolustusministeri allekirjoitti hankintapäätöksen keväällä 2006. Tämän päätöksen pohjalta uudeksi kevyeksi kuljetuskoneeksi valittiin EADS CASA C-295M –lentokone (CC), joita hankittiin kaksi kappaletta [8]. Lisäksi sopimukseen sisällytettiin optio kuudesta lisäkoneesta [9].

C-295M –lentokoneiden vastaanotto tapahtui kahdessa vaiheessa. Vastaanoton ensimmäinen vaihe, jolloin koneet otettiin vastaan niin sanotussa interim-konfiguraatiossa, tapahtui joulukuun 2006 – helmikuun 2007 välisenä aikana. Interim-konfiguraatiossa koneet vastaanotettiin koulutuskäyttöön ilman omasuojajärjestelmiä ja joitakin muita lopullisen toimituskonfiguraation järjestelmiä. Vastaanotto ensimmäisessä vaiheessa tapahtui Sevillassa, Espanjassa. Vastaanottoryhmä laati koesuunnitelmat [10][11], jonka perusteella vastaanotot suoritettiin. Koneet vastaanotettiin interim-konfiguraatiossa keväällä 2007.

Vastaanoton toinen vaihe tapahtui Espanjassa ja Suomessa 8.10.2007 – 20.11.2009. Tässä vaiheessa koneet otettiin vastaan lopullisessa toimituskonfiguraatiossa [12]. Vastaanottoryhmä laati koesuunnitelmat [13][14][15], jonka perusteella vastaanotot suoritettiin. Vastaanoton pituudesta ja hankaluudesta johtuen koesuunnitelmia päivitettiin useita kertoja, jotta syntyneisiin ongelmiin pystyttiin puuttamaan aina vain tehokkaammin. Lopulta koneet vastaanotettiin lopullisessa toimituskonfiguraatiossa 20.11.2009 [12].

Kokonaisuutena lentokalustohankkeet ovat Ilmavoimien materiaalilaitoksen hankesektorin vastuulla (ennen ilmavoimien esikunnan materiaaliosasto), mutta varsinaiset evaluaatioiden lentotutkimukset ja lentokoneiden vastaanotot ovat olleet Ilmavoimien koelentokeskuksen vastuulla työjärjestyksen mukaisesti [16]. On huomattava, että lentokalustohankkeet ovat Ilmavoimien suorituskyvyn kannalta hyvin merkittäviä. Uutta kalustoa tai järjestelmiä hankittaessa on otettava huomioon, että kyseinen kalusto tai järjestelmä tulee olemaan käytössä hyvin pitkään – kymmeniä vuosia. Lisäksi Ilmavoimien kalustohankkeet ovat erittäin kalliita yksikköhinnaltaan, josta syystä parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi on syytä varmistua että hankitaan ja vastaanotetaan parhaiten soveltuvaa ja toimivaa kalustoa. Tämän diplomityön tarkoituksena on nimenomaan tutkia lentoevaluaatioita ja vastaanottoja kokonaisuutena tuloksellisuusanalyysin kautta.

1.2 Tutkimuksen päämäärä ja tutkimustehtävän asettelu

Tutkimuksen päämääränä on määrittää koelentotoiminnan (uuden konetyypin evaluaatiot ja uuden konetyypin vastaanotot) tuloksellisuusarviointi TX-projektissa. Tapausta voidaan pitää edustavimpina käsiteltäessä lentokalustohankkeita kokonaisuutena.

Tuloksellisuusarvioinnin kautta voidaan analysoida koelentotoiminnan merkitystä muodostamalla kokonaisvaltainen kuva toiminnasta hankkeessa. Tavoitteena on luoda käsitys siitä, miten ja miksi koelentotoiminta vaikutti TX-projektissa. Osatavoitteena on koelentotoiminnan prosessien kehittäminen. Arviointitoiminnan kohteena ovat koelentotoiminnan työmuodot (interventiot), Koelentokeskuksen toiminta-ajatus, sekä organisaatio.

Ennen tuloksellisuusarviointia pitää määritellä mitä ovat koelentotoiminta ja tuloksellisuus. Koelentotoiminnan määrittely on oleellista, jotta voidaan määritellä kuinka koelentotoiminta vaikutti TX-projektissa. Tuloksellisuus määritellään lähteistä riippuen hyvin eri tavalla. Valtionhallinnon tuloksellisuus tulee määritellä jonka jälkeen tulee tätä määritelmää verrata muihin tuloksellisuuden määritelmiin, jotta voidaan vakuuttua itse tuloksellisuuden määritelmän hyvydestä tämän työn kannalta.. Tuloksellisuuden määritelmä on tehtävä ja sitä kautta on päästävässä itse tuloksellisuuden analysointiin.

Diplomityöni on tapaustutkimuksellinen, missä tuloksellisuuden arviointi tapahtuu koelentokeskuksen toteuttamien interventioiden (lentoevaluaatiot ja vastaanotto) jälkeen. Arviointi on formatiivista, millä tarkoitetaan rajoitettuun kontekstiin liittyvää arviointia, jolla ei ole suoranaista yleistettävyyttä muihin konteksteihin, kuten esimerkiksi toiset koelentoprojektit ja aiemmin toteutetut evaluaatiot tai vastaanotot. Formattiivinen arviointi on luonteeltaan tapaustutkimuksellista (tässä kontekstissa kyseessä on siis TX-projekti). Formattiivisen arvioinnin pääasiallinen arviointilähestymistapa on prosessien arviointi ja se liittyy olennaisesti arviointiin kehittämisen tukena. Arvioinnin tarkoituksena on tuottaa tietoa koelentotoiminnan prosesseista, toteutuksesta ja ongelmista. Osaltaan pyrin painottamaan ehdotuksia muutokseen ja kehitykseen. (Esimerkiksi voidaanko teknisten tutkimusmenetelmien osuus korvata data-analyysillä. Tällä tarkoitetaan sitä, että miten tekniset tutkimusmenetelmät vaikuttivat lopputulokseen ja ovatko menetelmät korvattavissa edes osittain tehostamalla data-analyysiä.

Pääkysymys: Mikä oli koelentotoiminnan tuloksellisuus TX - projektissa?

Lisäksi tutkimukselle asetetaan seuraavat alakysymykset:

1. Miten koelentotoiminta jaotellaan?
2. Mitkä ovat käytössä olevat menetelmät lentokoneiden ominaisuuksien mittaamiseksi?
3. Mitä ovat hankinta ja hankeprosessi Puolustusvoimissa?
4. Miten tuloksellisuus määritellään?
5. Mitkä olivat käytetyt tutkimusmenetelmät ja -tekniikat, joita eri evaluaatioryhmä ja vastaanottoryhmät käyttivät valitussa tapauksessa?
6. Kuinka suuri osuus teknisillä tutkimusmenetelmillä ja -tekniikoilla oli?
7. Miksi käytetyt tutkimusmenetelmät ja -tekniikat valittiin?
8. Olivatko käytetyt tutkimusmenetelmät ja -tekniikat soveltuvia ja tarpeellisia suoritettussa evaluaatiossa ja vastaanotossa?

2 Tutkimuksen teoreettinen tausta

2.1 Käytettävät tutkimusmenetelmät

Tutkimus toteutetaan tapaustutkimuksena. Kyseessä on yksi edustava tapaus, jota tutkimalla sisällönanalyysinä on tarkoitus vastata tutkimuksen pää- ja alakysymyksiin. Kyseinen tapaus on edustava käsiteltäessä ilmavoimissa tehtyjä viimeaikaisia lentokalustohankkeita kokonaisuutena. Näistä edellinen uuden konetyypin evaluaatiohanke ilmavoimallisesti toteutettiin 1990-luvun alkupuolella. Tällöin tarkoituksena oli hankkia uusi torjuntahävittäjätyyppi ilmavoimien käyttöön (HN-projekti). Tapauksessa on yhteneviä piirteitä nyt valitun tapauksen kanssa mutta tutkimuskysymyksiin voidaan vastata hyvin valittua tapausta tutkimalla.

Tapaustutkimukselle on vaikea antaa yhtä yleispätevää tai kattavaa määritelmää. Lähes ainoa yhdenmukaisuus on se, että tapaustutkimuksessa nimensä mukaisesti tarkastellaan yhtä tai useampaa tapausta, joiden määrittely, analysointi ja ratkaisu on tapaustutkimuksen keskeisin tavoite. Itsessään arvokas tapaustutkimus (intrinsic case study) on kyseessä silloin, kun tutkijalla on erityinen kiinnostus tiettyyn, ainutlaatuisen tapaukseen ja hän haluaa ymmärtää tätä tapausta hyvin kaikkine yksityiskohtineen. [17]

Mitä enemmän tapaustutkimuksessa on kyse itsessään arvokkaasta tapauksesta, sitä enemmän tutkijan tulisi kiinnittää huomiota tapauksen taustan ja kontekstin kuvaukseen, sillä tämä auttaa tulkitsemaan ja ymmärtämään itse tapausta. Tästä johtuen tämän diplomityön tapauksessa (TX-projekti) pyrin mahdollisimman kattavasti kuvaamaan tapauksen tapahtumat koelentotyön kannalta.

Sisällönanalyysi on tieteellinen metodi, joka pyrkii päätelmiin esitetystä datasta. Tavoitteena on analysoida dokumentteja systemaattisesta ja objektiivisesti. [18] Systemaattisen ja objektiivisen analysoinnin avulla pyrin tekemään tarvittavat analyysit ja päätelmät tuloksellisuuden näkökulmaa hyödyntäen niin, että tutkimuskysymykseen ja apukysymyksiin pystytään vastaamaan.

Tuloksellisuuden ja vaikuttavuuden arviointiin sinällään ei ole olemassa mitään vakiintunutta tutkimusmetodia. Tässä tutkimuksessa käytetään sisällönanalyysiä tapaustutkimuksen aineiston perusteella. Lisäksi tässä diplomityössä käytetään asiantuntijahaastatteluita.

2.2 Käsitteet

Seuraavissa kappaleissa on selvennetty muutama merkittävä käsite diplomityöni kannalta.

Koelentotoiminta jaetaan toiminnallisuuksittain kolmeen osakokonaisuuteen, jotka ovat:

1. Huoltokoelentotoiminta
2. Tuotantokoelentotoiminta
3. Tutkimuskoelentotoiminta

Huoltokoelentotoiminnalla tarkoitetaan sitä, että suoritettun määräaikaishuollon, korjauksen tai laitevaihdon jälkeen varmistetaan koneyksilön lentokelpoisuudesta suorittamalla huolto-koelento hyväksytysti laadittujen ohjeiden mukaisesti.

Tuotantokoelentotoiminta jakautuu tehdas- ja vastaanottokoelentoihin. Tehdaskoelennoilla tarkoitetaan sarjavalmistuksen, tehdashuollon, vauriokorjauksen tai muutostyön jälkeisiä koelentoja. Tällöin suoritetaan koneen lentokelpoisuuden sekä hankinta- tai huoltosopimuksen ehtojen täyttymisen tarkastaminen tehtaan puolesta. Vastaanottokoelennoilla tarkoitetaan sarjavalmistuksen, tehdashuollon, vauriokorjauksen tai muutostyön jälkeen suoritettavia koelentoja. Tällöin koelennot suoritetaan Puolustusvoimien puolesta työn vastaanottajana ennen koneen hyväksymistä palvelukseen, jolloin tarkastetaan koneen lentokelpoisuuden sekä hankinta- tai huoltosopimuksen ehtojen täyttymisen.

Tutkimuskoelentotoiminnalla saadaan kaluston hankintaan, käyttöön ja kehittämiseen tarvittavaa tietoa koneiden ja järjestelmien ominaisuuksista ja suoritusarvoista. Tutkimuskoelentotoiminta sisältää useita eri alakokonaisuuksia, jotka ovat:

1. Evaluaatiot
2. Prototyypin koelennot
3. Käytön ja taktiikan kehittämiseen tähtäävät koelennot
4. Järjestelmäkoelennot (käytön aikainen järjestelmäkehitys - DT&E)
5. Perustutkimus.

Evaluaatioilla tarkoitetaan uusien konetyyppien arviointia. Evaluaatioita suoritetaan ilmavoimien esikunnan käskystä. Tällöin tarkoituksena on suorittaa jotakin tarkoitusta varten uuden konetyypin tai konetyyppien arviointeja haluttuun ja ennalta määrättyyn tehtävään. TX-projektissa evaluaatiot suoritettiin kahdelle konetyypille, jotka olivat mukana tarjouskilpailussa.

Lentoevaluaatioryhmällä tarkoitetaan TX-projektissa asetettua Ilmavoimien Koelentokeskuksen koelentäjien ja koelentoinsinöörien, sekä Tukilentolaiivueen käyttäjän edustajan muodostamaa ryhmää, jonka tarkoituksena oli suorittaa lentokone-ehdokkaiden lentoevaluaatiot kenttäkokeena ja tuottaa saavutetuista tutkimustuloksista raportit projektin johdon käyttöön hankintapäätöstä ajatellen.

Vastaanottoryhmällä tarkoitetaan TX-projektissa asetettua Ilmavoimien Koelentokeskuksen koelentäjien ja koelentoinsinöörien, sekä Tukilentolaiivueen käyttäjän edustajan muodostamaa ryhmää, jonka tarkoituksena oli suorittaa valituttujen lentokonetyyppien vastaanotot kenttäkokeena ja tuottaa saavutetuista tutkimustuloksista tieto projektin johdon ja loppukäyttäjien käyttöön.

Lentokalustohanke tarkoittaa hanketta, jossa hankitaan uutta konekalustoa, ohjelmistoja tai järjestelmiä Suomen ilmavoimien käyttöön. Hankkeita voivat siis olla myös nykyisen kaluston päivittämiseen tähtäävät hankkeet kuten F-18 MLU – hankkeet. Tässä tutkielmassa valittu tapaus (TX - projekti) on uuden konekaluston evaluaatiohanke, jossa valitaan ja vastaanotetaan ilmavoimille käyttöön uusi konetyyppi palvelukseen.

2.3 Rajaukset

Seuraavassa on asetettu merkittävimmät rajaukset tutkielman teon kannalta:

Käsittelyyn on otettu yksi tapaus, joka on edustava lentokalustoprojekti viime vuosilta tämän diplomityön kannalta ajateltuna.

Tässä diplomityössä otetaan kantaa vain lentoevaluaatioryhmän ja vastaanottoryhmien suorittamaan tekniseen tutkimustoimintaan. Muiden ryhmien toiminta, joita ovat kaupallinen ryhmä, tekninen ryhmä ja johtoryhmä, jätetään tarkastelun ulkopuolelle.

2.4 Aiemman tutkimuksen ja lähdeaineiston esittely sekä lähdekritiikki

Vastaavaa tuloksellisuusanalyysiä ja tapaustutkimusta ei ole tehty aikaisemmin Suomen ilmapvoimien kalustohankkeisiin ja tutkimusmenetelmiin liittyen.

Lentokonetutkimukseen liittyvää lähdemateriaalia on runsaasti saatavilla maailmanlaajuisesti. Tässä tutkimuksessa lähdeaineistona lentokonetutkimuksen tekniisiin ja laadullisiin tutkimusmenetelmiin liittyen nojaututaan yksinomaan Yhdysvaltain laivaston koelentokoulun (United States Naval Test Pilot School - USNTPS) tuottamaan materiaaliin. Kyseinen koelentoalan opetusta antava ja kehittävä laitos on koelentoyhteisöissä tunnustettu kansainvälisesti korkeatasoiseksi [19]. Lisäksi on otettava huomioon se, että maailman neljä kansainvälisesti tunnustettua koelentokoulua opettavat identtisiä koelentomenetelmiä. Menetelmien identtisyys varmistetaan tiiviillä yhteistyöllä ja opettajavaihdolla [19]. Edellä mainitut koelentokoulut ovat United States Naval Test Pilot School (USNTPS) Patuxent Riverin laivastotukikohdassa, United States Air Force Test Pilot School (USAF TPS) Edwardsin lentotukikohdassa, Empire Test Pilot School (ETPS) Boscombe Downissa Isossa Britanniassa ja École du personnel navigant d'essais et de reception (EPNER) Ranskassa Istresissä.

Tätä tutkimusta varten lähdemateriaaleiksi valittiin Yhdysvaltain laivaston koelentokoulun koelentomanuaalit (FTM) nro 103 ja 108, sekä Class 132 Exercise book, jotka ovat erittäin kattavia. Ne sisältävät yhteensä noin 1500 sivua koelentomenetelmiä. Jokaisen menetelmän teoreettinen tausta oletuksineen, vaadittava suoritustekniikka rajoituksineen ja ohjeineen, sekä datan redusointi ja haluttu esitystapa on yksityiskohtaisesti esitetty em. lähdemateriaaleissa.

Tutkija haastatteli kahta Yhdysvaltain laivaston koelentokoulun (USNTPS) edustajaa matkallaan Yhdysvaltoihin vuonna 2006. Toinen heistä toimi USNTPS:n päälennonopettajana vuosina 2005–2007. Toinen haastateltava toimi USNTPS:ssä lennon- ja koelentoteorian opettajana vuosina 2004–2007. Molemmat haastatteluun valitut henkilöt vastasivat koelentokoulutuksen yhtenäistämistä muiden koelentokoulujen kanssa USNTPS:n edustajina. Ammatillisesti heidän näkemyksensä edustavat maailman huippua koelentoalalla. Etenkin päälennonopettajana toimiminen kansainvälisesti hyväksytyssä koelentokoulussa on hyvin arvostettu virka ja tyypillisesti valittavat henkilöt näihin virkoihin ovat erittäin arvostettuja ja ammattitaitoisia [20]. Tiedon varmistamiseksi puhelinhaastattelussa haastattelin vielä USNTPS:n pääteorianopettajaa syksyllä 2010, jonka käsityksen mukaan asia on edellä kuvatulla tavalla. [21]

Varsinaiset lähteet tämän tapaustutkimuksen toteuttamiseksi ovat kuitenkin olleet Koelentokeskuksen tuottamat TX-projektin koesuunnitelmat, tutkimusraportit ja vastaanottodokumentaatio siellä esitettyine lähdeviitteineen. Evaluaatiovaiheen koesuunnitelmat (2 kpl) ovat kaikki noin 100 sivua pitkiä. TX-projektin evaluaation tutkimusraportit (2 kpl) ovat kumpikin noin 80 sivun mittaiset vertailuraportin (1 kpl) pituuden ollessa joitakin kymmeniä sivuja. Tutkimusraportit sisältävät mitatun datan, datan käsittelyn, analyysit ja soveltuvuusarviot Suomen Ilmavoimien kuljetuskonetehtävään. Vertailuraportissa käsitellään kahden koneehdokkaan välistä paremmuutta suunnitellun kuljetuskonetehtävän kannalta. TX-vastaanottodokumentaatio sisältää koesuunnitelmat (5 kpl) ja ensimmäisen sekä toisen vaiheen vikalistaukset. Lisäksi vastaanottoon liittyy tyyppihyväksyntään liittyvät suositukset, EADS CASA –tehtaan ja vastaanottoryhmän välinen kirjeenvaihto ja viralliset koneen vastaanottodokumentit (2 kpl interim vaihe) ja (2 kpl final –vaihe).

3 Kehittämisohjelma, hanke ja hankinta

Lentokalustohankkeita tutkittaessa on tarpeellista kuvata mitä tarkoitetaan kehittämisohjelmalla hankkeella, hankinnalla ja elinjakson hallinnalla. Suorituskyvyn kehittämisellä on kolme hierarkkista tasoa, jotka ovat:

1. kehittämisohjelma
2. hanke ja
3. projekti. [22]

Ylempi taso voi pitää sisällään useita alemman tason nimikkeitä. Esimerkiksi yhdellä hankkeella (LTX-hanke) voi olla useampi projekteja (esim. TX- ja LX-projektit). Vielä ylempää tasoa ajatellessa täytyy ottaa huomioon, että Puolustusvoimien strateginen suunnittelu sisältää kaksi osaprosessia jotka ovat puolustusjärjestelmän tavoitetilan määrittäminen ja puolustusjärjestelmän kehittämisen suunnittelu. Näistä syntyvät puolustusjärjestelmän tavoitetila ja Puolustusvoimien kehittämisohjelma (+12 vuotta), joiden perusteella syntyy Puolustusvoimien tutkimusohjelma. [23]

Kehittämisohjelman perusteella laaditaan puolustushaaroittain suorituskykyvaatimukset ja sen perusteella syntyy esimerkiksi Ilmavoimien kehittämisohjelma. Tässä vaiheessa edetään suorituskyvyn elinjakson hallinnan ensimmäiseen vaiheeseen, joka on ideointi. Ideointivaihe on hankeohjausjärjestelmän mukainen konseptivaihe, jossa luodaan useita erilaisia vaihtoehtoja suorituskykytarpeen täyttämiseksi. Kun kehittämisohjelmassa kuvatut suorituskykyvaatimukset on hyväksytty, kehittämisohjelman omistaja käskee vaihtoehtoisten konseptien tuottamisen. Ideointivaiheen lopussa valitaan konsepti, jota esitetään toteutettavaksi sekä laaditaan hankesuunnitelman luonnos. Edellä kuvattu konsepti-käsite ei kuvaa enää täysin sitä mitä uusi CD&E -käsite pitää sisällään. Strategisessa suunnittelussa tunnistettu kehittämisen tarve tulisi kuvata konseptissa. Konseptin käsite on pyrittävä pitämään mahdollisimman selkeänä ja se kuvataan dokumentiksi, jonka laadinta käynnistyy strategisen suunnittelun yhteydessä ja päättyy konseptin toimeenpanon alkaessa kehittämisohjelmalla tai hankkeena. Ideointivaihe voitaisiinkin muuttaa nimeltään konseptivaiheeksi. Konsepti on pohjana tarkemmalle arkkitehtuuritason järjestelmäkuvauksille. Konsepti on halutun vaikutuksen (tahtotilan) kuvaus, joka siis ohjaa puolustusjärjestelmän kehittämistä.

Konsepti on itsessään korkeatasoinen tekstimuotoinen kuvaus, johon on sitoutunut sen laadinnan (kehittämisen) myötä kaikki oleelliset tahot ml. kotimainen teollisuus. Konseptin laatu varmistetaan laajalla eri tahojen osallistumisella. Toisaalta vaatimustenhallinnan ja arkkitehtuurimallinnuksen tulee olla mukana heti alusta alkaen. Lisäksi konseptin laadukkuuteen vaikuttavat eri analyysit ja skenaariopohjaiset eksperimentit, joissa toiminnallinen kokonaisuus testataan ja analysoidaan. Konseptista on tämän jälkeen johdettavissa suorituskykyvaatimuksia hankkeeseen. [23][24]

Suorituskyvyn elinjakson hallinnan seuraava vaihe on esisuunnittelu. Ideointivaiheen jälkeen suoritetaan elinjaksoauditointi 1, jossa tarkastellaan onko hankkeella käynnistämisedellytyksiä. Tavoitteena on suorituskykyjen ja konseptien koordinointi kehittämissuunnitelman sisällä ja eri kehittämissuunnitelmien välillä. Elinjaksoauditoinnin perusteella tehdään hankepäätös, eli päätetään ryhdytäänkö hankkeen esisuunnittelua toteuttamaan. Ohjeistuksen mukaan RFI valmistellaan jo esisuunnitteluvaiheessa. Jotta RFI:hin saataisiin riittävän luotettavat vastaukset, tulee RFI:ssä kuvata haettava järjestelmä riittävän tarkasti. Jotta tämä olisi mahdollista, tulee järjestelmäsuunnittelun ensimmäinen kierros, eli järjestelmätason suunnittelu, käynnistää jo hankkeen esisuunnitteluvaiheessa. Suorituskyvyn elinjakson hallinnan seuraava vaihe on suunnittelu. Ennen hankkeen suunnittelun käynnistämistä suoritetaan elinjaksoauditointi 2, jossa varmistetaan hankevalmius. Auditointi tarkastelee erityisesti sitä, ovatko suunnitelmat realistiset ja ollaanko tekemässä asioita oikein. Auditoinnissa siis varmistetaan, että suorituskykyvaatimukset, operatiivinen konsepti, tukeutumiskonsepti, järjestelmävaatimukset, päätöksen järjestelmäarkkitehtuuri sekä konfiguraation hallinta- ja elinjaksonhallintasuunnitelmat ovat olemassa ja riittävän laadukkaita hankinnan ja muiden toteutusvaiheen toimenpiteiden käynnistämiseksi. [23][24]

Suunnitteluvaiheessa valmistellaan tarjouspyyntö (Request For Quotation, RFQ), joten suunnitteluvaiheen tuloksena on tarkka hanke-, hankinta- ja järjestelmäsuunnitelma. TX-hankkeen osalta RFQ:t lähetettiin 28.1.2005 [2], jotta tarjoukset ehdittiin analysoida riittävällä tarkkuudella ja DT&E vaihe voitiin toteuttaa vuosien 2005-2006 aikana yhdessä valmistajien kanssa käytävien neuvottelujen ohella saatujen tarjousten perusteella. DT&E –vaihe käsittää uusien kone-ehdokkaiden testaamisen (ei siis eksperimentointi kuten konseptivaiheessa) reaalisessa toimintaympäristössä asetettuja RFQ:n vaatimuksia vastaan. DT&E –vaiheen merkittävien toimijana on Ilmavoimissa Koelentokeskus ja tuotos on ehdotus valittavasta konetyypistä asetettujen vaatimusten pohjalta välittämättä kaupallisista tekijöistä. Valmistajien kanssa käytävien neuvottelujen perusteella koko tarjous käydään läpi yksityiskohtaisesti ja sitä pyritään muut-

tamaan tarpeiden mukaan mahdollisimman edulliseksi kokonaisuuden suorituskykyjen ja toisaalta myös hankintahinnan kannalta. Käytyjen neuvottelujen ja DT&E vaiheen lopuksi on saavutettu valmius allekirjoittaa hankintasopimus kaikkine yksityiskohtineen. Tämä sisältää myös kotimaisen teollisuuden osuuden. Eli miten kotimainen teollisuus osallistuu tuotantoon, kokoamiseen, huoltojärjestelmän luomiseen ja niin edelleen [23].

Tässä vaiheessa tosin on edetty elinjakson hallinnan seuraavaan vaiheeseen, joka on rakentaminen. Nimittäin ennen rakentamisvaiheen aloittamista suoritetaan elinjaksoauditointi 3, jossa tarkastellaan erityisesti sitä, täyttääkö suunniteltu toteutus asetetut suorituskykyvaatimukset ja hallinnolliset määräykset hankkeiden toteuttamisesta. Auditoinnin perusteella tehdään päätös siitä ryhdytäänkö suorituskykyä rakentamaan. [23] Hankesihteeristö teki ilmavoimien Yhteys- ja kuljetuskonehankkeen hankeauditoinnin numero 3 [25]. Hankeauditoinnissa saatujen havaintojen perusteella Yhteys- ja kuljetuskonehankkeella oli hankintavalmius ja se on kypsä siirtymään suorituskyvyn rakentamisvaiheeseen vuonna 2006 [26].

Jos hanketta päätetään viedä eteenpäin, sille haetaan tilausvaltuusrahoitus. Kun hankinnan toteuttamisen vaatima rahoitus on selvä, laaditaan hankintaesitys, jolla materiaali ostetaan. TX-hankkeen osalta hankintaesitys tehtiin vuonna 2006 ensin Ilmavoimien komentajalle, joka vei asian eteenpäin yhdessä hankepäällikön kanssa kaupalliseen johtoryhmään (PUKAJORY). Kaupallinen johtoryhmä esitteli asian Puolustusministerille 4.5.2006 [8], jonka ratkaisuoikeus on yli 4 m€. Rakentamisvaiheessa siis itse asiassavain tehdään kaupalliset ja hallinnolliset toimenpiteet jo valmiiksi suunnitellun ja neuvotellun sopimuksen allekirjoittamiseksi. Lisäksi valvotaan ja ohjataan tuotantoa (valmistus) sekä toimeenpannaan esisuunnitteluja suunnitteluvaiheiden aikana laaditut toimenpidesuunnitelmat. Rakentamisvaihe päätetään elinjaksoauditointi 4:ään, jossa varmistetaan hankkeen toteutuminen hankesuunnitelman mukaan sekä tarkastellaan erityisesti sitä, miten hankkeelle asetetut suorituskykyvaatimukset ovat täyttyneet [23].

TX-hankkeen osalta muita auditointeja kuin hankeauditointi 3 ei suoritettu. Tämä johtui hankepäällikön mukaan siitä, että ohjeistus Ilmavoimallisesti oli vasta rakentumassa nykyiseen käytössä olevaan malliin, joka on kuvattu edellä. [27]

4 Koelentotoiminnan perusteet

4.1 Käytettävissä olevat tutkimusmenetelmät lentokoneiden ominaisuuksien mittaamiseksi

On olemassa kansainvälisesti hyväksytyt vakioidut tutkimusmenetelmät tutkittaessa lentokoneiden ominaisuuksia [28]. Tämän lisäksi on lukuisa joukko tekniikoita, jotka ovat sovelluksia edellä mainituista vakioiduista menetelmistä. Tutkimusmenetelmät voidaan karkeasti jakaa kahteen alakategoriaan, jotka ovat:

1. kvantitatiiviset tutkimusmenetelmät ja
2. kvalitatiiviset tutkimusmenetelmät.

Kvantitatiivisilla tutkimusmenetelmillä tarkoitetaan määrällistä lentokoneen ominaisuuksien mittaamista. Kvantitatiivinen mittaaminen on objektiivista lentokoneen suoritusarvojen, lento-ominaisuuksien, järjestelmien ja ohjaamon ominaisuuksien tutkimista [29]. Kvantitatiivisella tutkimuksella vastataan seuraaventyypisiin kysymyksiin:

1. Kuinka pitkälle?
2. Kuinka nopeasti?
3. Kuinka paljon polttoainetta kuluu suhteessa matkaan tai aikaan?
4. Kuinka paljon hyötykuormaa voidaan kantaa?
5. Kuinka pitkä kiitotie vaaditaan operointia varten?
6. Mikä on lyhytjakoisen heilahtelun vaimenemiskerroin?
7. Kuinka tarkasti tutka erottelee maalipisteet?
8. Mikä on näytön virkistystaajuus?
9. jne.

Kvalitatiivisilla tutkimusmenetelmillä tarkoitetaan laadullista lentokoneen ominaisuuksien mittaamista. Kvalitatiivinen mittaaminen on subjektiivista lentokoneen lento-ominaisuuksien, käsiteltävyyden, järjestelmien käytön ja ohjaamoympäristön arvioimista [29]. Kvalitatiivinen arviointi on monimutkaista useiden eri vaikuttavien tekijöiden vuoksi. Näitä vaikuttavia tekijöitä ovat:

1. Ohjaajan kokemus
2. Ohjaajan kyky arvioida oikeassa kontekstissa
3. Ilmastolliset olosuhteet
4. Koneen eri kuormausvaihtoehdot
5. Koneen käytön mukainen tehtävä
6. Spesifikaatioiden ohjeellisuuden luonne
7. Peruskoetekniikoiden soveltamisen vaikeus joka tulee esiin monimutkaisissa ja monta ominaisuutta sisältävissä tehtävämukaisissa osa-alueissa.
8. Vikamoodien ominaisuudet ja vikaantumisten ennakoitavuus vaikuttaa oleellisesti lentokoneen ohjattavuuteen. Tällöin saattaa esiintyä lentoturvallisuutta vaarantavia ohjattavuusvaikeuksia, joita ei ole pystytty koelentämään.
9. jne.

Lentokoneiden evaluaatioissa on kaksi toisistaan täysin poikkeavaa lähestymistapaa, jotka ovat kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen lähestymistapa. Kvalitatiivisessa lähestymistavassa (ns. ylhäältä alas metodi) lennetään lentokoneen tehtävän mukaisia ja edellyttämiä asioita. Tämän yhteydessä ohjaaja huomaa tärkeät ominaisuudet ja viat, jonka jälkeen hän havainnoi ja kirjaa ylös kvalitatiiviset mittaustulokset. Tämän jälkeen ohjaajan ammattitaitoon ja arvioon perustuen tehdään vain tarvittavat kvalitatiiviset kokeet havaintoja vahvistamaan, tarkan datan saamiseksi ja spesifikaatiovertailua varten. [28]

Kvantitatiivisessa lähestymistavassa (ns. alhaalta ylös metodi) tehdään pääsääntöisesti kaikki oleelliset kvantitatiiviset kokeet jotka ovat relevantteja tehtävän suorittamisen ja lentoturvallisuuden kannalta. Samassa yhteydessä ohjaaja yrittää löytää vikoja ja tärkeitä ominaisuuksia. Tämän jälkeen arvioidaan vaikutus tehtävän suorittamisen ja lentoturvallisuuden kannalta ajateltuna ja lennetään tehtävän edellyttämiä asioita ajan ja polttoainetilanteen niin salliessa. Ohjaaja havainnoi ja kirjaa ylös kvalitatiiviset mittaustulokset yhdessä insinöörin kanssa. Tehtäväsidonnaisuus luodaan tarvittaessa vaikka jälkikäteen maassa. Tämä on mahdollista koska koneen aiottu tehtävä on evaluaatiossa tarkkaan tiedossa. [28]

Täydellisessä koneen ominaisuudet selvittävässä evaluaatiossa käytetään kvantitatiivista lähestymistapaa, koska tällöin pyritään löytämään mahdollisimman kattavasti koneen kaikki tärkeimmät ominaisuudet ja viat jotka vaikuttavat tehtävän suorittamiseen ja lentoturvallisuuteen. Evaluaatiota ei kuitenkaan suoriteta täysin kvantitatiivisesti, koska tällöin osa vioista ja ominaisuuksista saattaisi jäädä havaitsematta. Kyseessä onkin usein kombinaatio kvantitatiivisesta ja kvalitatiivisesta lähestymistavasta. Kvantitatiivinen lähestymistapa soveltuu käyttöön erityisen hyvin silloin, kun evaluaation suorittamiseen ei ole riittävästi aikaa tai resursseja. Se on nopea ja melko tehokas tapa arvioida koneen soveltuvuutta annettuun tehtävään lyhyessä ajassa, koska tällöin saadaan esiin kaikkein merkittävimmät ja selvimmin havaittavat viat ja ominaisuudet, eikä aikaa vieviin perusominaisuuksia selvittäviin kokeisiin käytetä aikaa. Oleellista on kuitenkin pystyä määrittämään tehtävisidonnaisten aiheiden toleranssit laadullisen evaluaation toteuttamiseksi jo etukäteen. [29][28][30]

Tyypillisesti täydellisessä koneen ominaisuudet selvittävässä evaluaatiossa tutkimus jaetaan neljään alakohtaan [20][28], jotka ovat:

1. suoritusarvot
2. lento-ominaisuudet
3. järjestelmät ja
4. ohjaamoarviointi.

Suoritusarvoilla tarkoitetaan yleisesti lentokoneen kykyä liikehtiä eri lentoasuuissa, jotta koneen aiottu tehtävä voidaan suorittaa onnistuneesti. Kokemusperäisesti eri evaluaatioissa Koe-lentokeskuksessa on havaittu, että lentokoneen valmistajien tuottamat suoritusarvokuvaajat eivät aina pidä täysin paikkaansa. Tästä syystä evaluaatioissa on ollut tarve suorittaa suoritusarvomittauksia tärkeimmiksi havaittujen suoritusarvojen osalta vähintään pistemäisellä kartoituksella. Suoritusarvokoelentäminen voidaan mieltää prosessiksi, jossa määritetään lentokoneen suoritusarvo-ominaisuudet vähintään tärkeimmiltä osiltaan evaluaation ollessa kyseessä. Suoritusarvokoelentämisen tuloksia voidaan käyttää määrittäessä lentokoneen tehtävään soveltumista. Toisaalta evaluaatiossa on erittäin tärkeää pysyä määrittämässä se, että täyttääkö koneen suoritusarvot valmistajan tarjouksessa esittämät suoritusarvot. [30]

Lento-ominaisuuksilla tarkoitetaan lentokoneen vakavuus- ja ohjattavuusominaisuuksia, jotka vaikuttavat kuinka tarkasti, turvallisesti ja helposti lentokoneella voidaan suorittaa aiottu tehtävä sen eri osa-alueineen. Näitä osa-alueita ovat esimerkiksi rullaus, lentoonlähtö, nousu, matkalento, näköetäisyyden ulkopuolella tapahtuva ilmataistelu, taktinen liikehtely, laskuvarjopudotus, liuku, lähestyminen ja lasku. Lento-ominaisuuskokeissa on oleellista löytää evaluatioon käytettävän ajan puitteissa sopiva suhde laadullisen ja määrällisen arvioinnin välillä.

Järjestelmien evaluaatiolla selvitetään lentokoneen eri järjestelmien suorituskyky ja man-machine interface, jolla tarkoitetaan järjestelmien käytön helppoutta, loogisuutta ja yksinkertaisuutta tehtävän kannalta ajateltuna. Monesti ohjekirjallisuudessa tai valmistajan tarjousmateriaalissa saattaa olla hieman optimistiset lukemat järjestelmien suorituskyvystä. Tämä tieto perustuu kuten suoritusarvoissakin kokemuseräiseen tietoon Koelentokeskuksessa. Toisaalta hyvinkin suoritusarvon omaava järjestelmä voi olla erittäin hankalakäyttöinen lisäten ohjaajan työkuormaa erityisesti lennon kriittisissä vaiheissa tehtävän suorittamisen ja lentoturvallisuuden kannalta ajateltuna. Myös aivan tavallinen järjestelmä, kuten esimerkiksi Flight Management System (FMS) voi olla vaikeakäyttöinen ja täten se lisää tarpeettomasti ohjaajan työkuormaa. Edellä esitettyjen asioiden vuoksi järjestelmäkoelentämisellä evaluaatiossa on merkittävä rooli. Mitä ja miten eri järjestelmiä tutkitaan, riippuu tehtäväsidonnaisuudesta ja evaluatioon varatusta ajasta. Joissakin tapauksissa järjestelmiä voidaan tutkia maassa kuluttamatta lentoaikaa.

Ohjaamoarviointi suoritetaan evaluaatiossa ennen muiden kokeiden suorittamista. Arviointi suoritetaan maassa siten, että koneeseen on kytketty virrat päälle eri toiminnallisuuden maassa testaamisen mahdollistamiseksi. Ohjaamoarvioinnissa keskitytään man-machine interface:iin, näyttöihin, käyttökytkimiin ja eri komponenttien sijoitteluun ohjaamossa. Eri toiminnallisuudet ja niissä esiintyvät ominaisuudet kirjataan ylös ja ne sidotaan käytäntöön tehtäväsidonnaisuuksien avulla. Tärkeimmät näytöt ja kytkimet tulee olla sijoitettuna ykkösvyöhykkeelle standardien mukaisesti. Toissijaiset kytkimet ja näytöt voidaan sijoittaa ykkösvyöhykkeen ulkopuolelle.

Edellä mainitulla jaottelulla pystytään kattamaan lentokoneen ominaisuudet kokonaisuutena valitsemalla tärkeimmät kokeet tapauskohtaisesti alakohdittain. On huomioitava, että rajoitetussa evaluaatiossa, jossa pyritään aika- ja kustannustehokkaasti vastaamaan asetettuun soveltuuskysymykseen, ei kuitenkaan voida toteuttaa kaikkien ominaisuuksien mittaamista siinä laajuudessa kun uutta konetyyppiä sertifioitaisiin joko siviili- tai sotilasmääräysten mukaisesti. Tämä asia on erittäin merkittävä ja korostaa projektihenkilöstön ammattitaitoa valittaessa rajalliseen evaluaatioon vain merkittävimmät tutkittavat asiat. Toisaalta lentoturvallisuuden merkitys on otettava huomioon jokaisessa alakohdassa tehtävän toteuttamisen kannalta ajateltuna. Jos lentoturvallisuutta ei oteta huomioon, niin tällöin voidaan arvottaa joitakin yksittäisiä suorituskykyjä tai ominaisuuksia lentoturvallisuuden kustannuksella. [20]

Tyypillisesti lentokoneen vastaanotossa tutkimus jaetaan kolmeen osaan, jotka ovat:

1. laadunvarmistushenkilöstön suorittamat maakoeket ja tarkastukset
2. koelentohenkilöstön suorittamat maakoeket ja
3. koelentohenkilöstön suorittamat vastaanottokoelennot.

Laadunvarmistushenkilöstön suorittamat maakoeket ja tarkastukset kattavat lentokoneen rakenteen ja kokoonpanon laadun tarkastukset. Tarkastusten yhteydessä koneen rakennetta ja kokoonpanoa verrataan valmistajan määrittämiin spesifikaatioihin ja yleisiin koneluokkaa koskeviin spesifikaatioihin. Tarkastuksissa pyritään löytämään ja korjauttamaan kaikki kokoonpanon aikaiset virheet ennen varsinaisten vastaanottokoelentojen aloittamista. Tarkastukset kohdistuvat rakenteittain lentokoneen jokaiseen kohtaan. Tästä syystä mikäli mahdollista on tarkastukset aloitettava valmistajan kanssa sovittavalla tavalla jo kokoonpanon aikaisessa vaiheessa, jotta piiloon jäävät rakenteet ja ratkaisut saadaan tarkastettua.

Koelentohenkilöstön suorittamat maakoeket sisältävät koesuunnitelman mukaiset tarkastukset maassa. Mahdollisimman monet yksityiskohdat pyritään lentoaikaa säästäten tarkastamaan ennen lentojen aloittamista. Riippuen koneluokasta ja tyypistä tarkastukset sisältävät myös eri järjestelmien tarkastukset niiltä osin kuin ne maassa pystytään tosittamaan. Tyypillisesti maassa olevat tarkastukset kohdistuvat ohjaamoympäristön kokoonpanon laatuun ja eri toiminnallisuuden tarkastamiseen laadunvarmistushenkilöstön keskittyessä kokoonpanon laatuun.

Koelentohenkilöstön suorittamat vastaanottokoeennot suoritetaan, jotta voidaan tarkastaa jokaisen koneyksilön lentokelpoisuus, sekä hankintasopimuksen ehtojen täytyminen. Lentokelpoisuus tarkastetaan, jotta koneelle voidaan antaa tyyppihyväksyntäsuositus tyyppihyväksyntäprosessissa. Hankintaehtojen täyttymisen tarkastaminen on tärkeää, jotta viat ja puutteet saadaan korjattua jo ennen koneiden vastaanottoa, jolloin tehdas joutuu tekemään korjaukset välittömästi, eikä jälkimarkkinoinnin puitteissa.

Vastaanoton aikana viat ja puutteet kirjataan ylös päivittäin listalle joka sisältää kaikki löydökset pienimmästä vakavimpaan. Virheet luokitellaan seuraavasti [31]:

1. Yhden pisteen virhe – Pieni virhe, joka tulee korjata ennen lopullista vastaanottoa. Yhden pisteen virheellä ei ole vaikutusta lennon turvalliseen suoritukseen. Tällainen virhe voi olla esimerkiksi maalauksiin tai merkintöihin tai dokumentaatioon liittyvä.
2. Kolmen pisteen virhe – Huomattava virhe, joka tulee korjata ennen vastaanottoa koulutuskäyttöön tai väliaikaiseen muuhun käyttöön. Kolmen pisteen virhe voi vaikuttaa koneen operatiiviseen käytettävyyteen tehtävässä, mutta sillä ei ole lentoturvallisuuden heikentävää vaikutusta
3. Kymmenen pisteen virhe – Vakava virhe, joka tulee korjata ennen seuraavaa lentoa. Kymmenen pisteen virhe voi johtaa lentovaurioon tai jonkin kriittisen järjestelmän vikaan.
4. Sadan pisteen virhe – Erittäin vakava virhe, joka tulee korjata välittömästi. Sadan pisteen virhe on aiheuttanut vaurion tai johtaa vaurioon jos operointia jatketaan. Toisaalta sadan pisteen virhe on jos havaitaan lentoturvallisuuden vaarantuvan.

Vakioidut tutkimusmenetelmät löytyvät kokonaisuudessaan Yhdysvaltain laivaston koelentokoulun koelentomanuaaleista ja jokaiselle oppikurssille jaettavasta Exercise Manual –kirjasta [28][29][32]. Tietyissä tapauksissa vakioituja tutkimusmenetelmiä ei voida käyttää, josta syystä käytettävät ei-vakioidut tutkimusmenetelmät suunnitellaan ja kuvataan yksityiskohtaisesti kunkin vaiheen koesuunnitelmissa olevissa liitteissä (DMOT – Detailed Method of Test). Erityisen tärkeää on kuvata kuinka koejärjestely tehdään ja mitä siinä pitää ottaa huomioon jäljitettävyyden ja toistettavuuden vuoksi [28].

4.2 Koelentotoiminnan vaatimukset hallinnollisesti

Koelentotoimintaa ohjaa Lentopalveluksen pysyväiskäskey eli LPK [33], koelento PAK [34] ja Ilmavoimien materiaalilaitoksen työjärjestys [16]. Lisäksi toimintaa ohjaavat Koelentokeskuksen sisäiset toimintaohjeet ja prosessikuvaukset.

Koelentäjänä on oikeutettu toimimaan koelentokurssin hyväksytysti suorittanut ohjaaja. Huoltokoelentäjänä on oikeutettu toimimaan kyseisen konetyypin huoltokoelentokoulutuksen saanut ohjaaja. Koelentoteknisellä henkilöstöllä tarkoitetaan ilma-aluksen ominaisuuksien ja toiminnan tutkimiseen erityisesti koulutettua lentoteknillistä henkilöstöä. Koelentoteknillisiä henkilöitä ovat koelentoinsinööri ja koelentoteknikko. [33]

Palvelulentoja ovat ne lentosuoritukset, joita ohjaaja ja miehistö suorittavat saamansa lentokoulutuksen perusteella eri tilaajien tarpeisiin. Tehtävän antaja määrittää milloin lento on palvelulento. Koelento on palvelulento. [33]

Koelentoilla LPK:n mukaan tarkoitetaan ilma-aluksella suoritettua huolto-, tuotanto- tai tutkimuskoelentoa. Koelentotoiminnasta ja siihen liittyvistä kelpuutuksista sekä varomääräyksistä käsketään Ilmav ye-os PAK I 4:3 :llä ("Koelentotoiminta"). [33][34]

Ilmavoimien Koelentokeskus vastaa ilmavoimien koelentotoiminnan kehittämisestä sekä koelentokoulutuksesta Ilmavoimien Esikunnan ohjeiden mukaisesti. Koelentokeskus suorittaa kaiken tyyppisiä koelentoja. Ilmavoimien Esikunta tai Ilmavoimien materiaalilaitos hyväksyy ja käskää ilmavoimien tarvitsemat vastaanotto- ja tutkimuskoelennot. [34][16]

Tuotanto- ja tutkimuskoelentoja saavat suorittaa yleensä vain koelentokurssin suorittaneet ohjaajat. Tuotanto- ja tutkimuskoelentoja voivat suorittaa lisäksi muut ohjaajat Ilmavoimien Esikunnan luvalla. [33]

Ilmavoimien materiaalilaitoksen työjärjestyksen mukaisesti Koelentokeskus vastaa muun muassa lentokaluston suoritusarvo-, lento-ominaisuus- ja järjestelmätiedon hankinnasta, sekä koelentotoiminnan asiantuntemuksesta ja koelentokoulutuksen sekä -koulutusvalmiuden ylläpitämisestä. [16]

Edellä mainitun työjärjestyksen mukaisesti Koelentokeskus vastaa myös lentokaluston ja muun lentokonemateriaalin vastaanotosta laatusuunnitelmien ja sopimusten laadunvarmistusehtojen mukaisesti [16]. Näistä seikoista johtuen Koelentokeskukselle kuuluu lentokoneiden evaluaatiot ja vastaanotot.

Koelentoprojektit, kuten evaluaatiot ja vastaanotot, toteutetaan koelentoryhmissä. Jokaiselle toteutettavaksi käsketylle koelentohankkeelle nimetään koelentoryhmä (Test Team), joka vastaa hankkeen käytännön toteutuksesta. Koelentoryhmän toimintaa koordinoi projektiupseeri ja/tai projekti-insinööri. Koelentoryhmä koostuu koelentokoulutetuista koelentohenkilöstöstä, ja tarvittaessa sitä täydennetään sidosryhmien järjestelmäasiantuntijoilla. Pysyväisasiakirjojen mukaisesti koulutettua koelentohenkilöstöä ovat siis koelentäjät, koelentoinsinöörit sekä koelentoteknikot. [35]

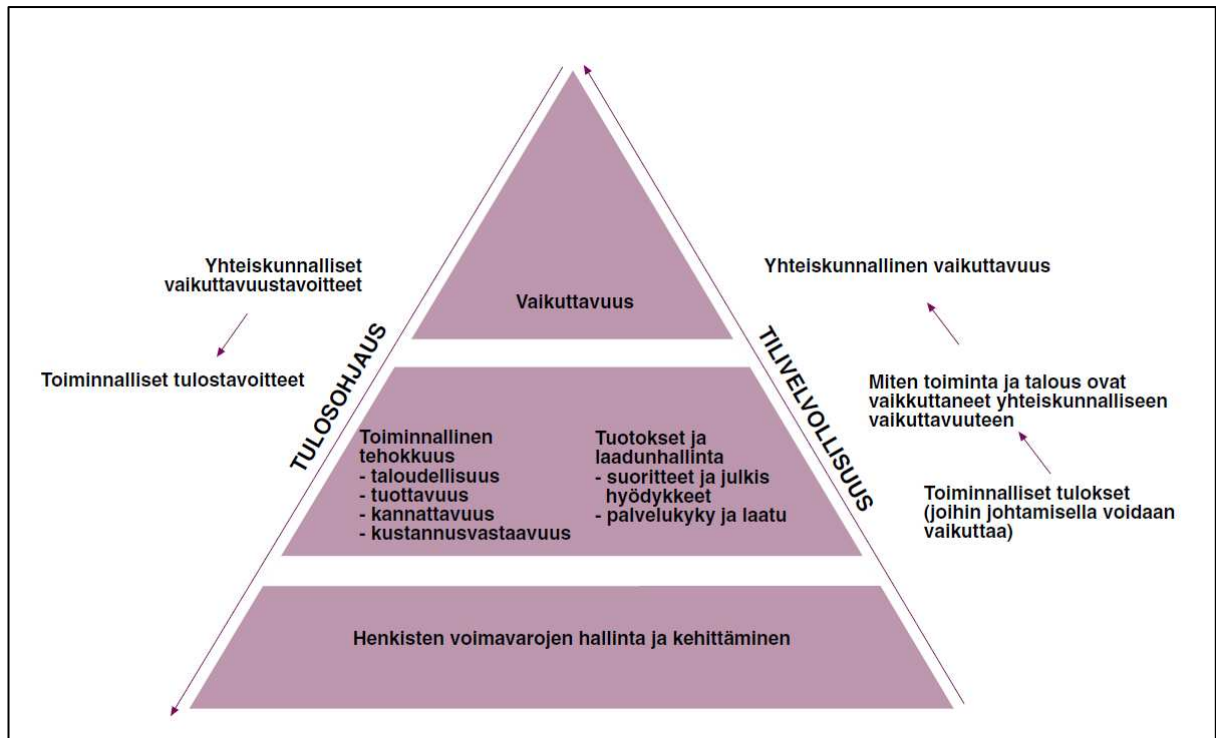
Evaluaatioita ja vastaanottoja ei siis voida toteuttaa käytännössä ilman koulutettua koelentohenkilöstöä, vaikka PAK I 4:03 ILMAVOIMIEN KOELENTOTOIMINTA antaakin siihen teoreettisen mahdollisuuden.

5 Tuloksellisuuden arvioinnin määrittely

5.1 Tuloksellisuuden määrittäminen uudistui Puolustusvoimissa 2004 alkaen

Vuonna 2004 uudistettiin valtion talousarviolainsäädäntö. Myös valtiovarainministeriön määräykset talousarvioehdotuksen (TAE) ja toiminta- ja taloussuunnitelman (TTS) laadinnasta uudistettiin. Tämän uudistuksen tarkoituksena oli merkittäväällä tavalla parantaa hallinnon tulosohjausta ja tilivelvollisuutta [36][37]. Samalla tarkoituksena oli edistää taloudellisesti tehokasta voimavarojen kohdentamista ja käyttöä sekä toiminnan tuloksellisuutta. Keinona oli tulosohjausjärjestelmän kehittäminen niin, että järjestelmä tuottaa oikeat ja riittävät tiedot valtiontaloudesta ja tuloksellisuudesta. Oikeat ja riittävät tiedot toimivat eduskunnan päätöksenteon tukena valtion talousarviota hyväksyessä sekä talousarvion toteutumisen valvontatehtävissä.

Tulosohjaus- ja tilivelvollisuus uudistuksen velvoittamana puolustusministerin ja puolustusvoimain komentajan välillä 24.9.2003 käydyissä tulosneuvotteluissa sovittiin, että tulosohjauksen terävöittämistä sekä toiminnan ja resurssien suunnittelu- ja seurantajärjestelmän kehittämistä varten perustetaan hallinnonalalla erillinen työryhmä. Tulosohjauksen terävöittämistä sekä sitä tukevan seurannan kehittämistä selvittänyt työryhmä (TUOHTE-työryhmä) perustettiin 7.5.2004. Työryhmä keskittyi työssään puolustusministeriön hallinnonalan yhteiskunnallisiin vaikuttavuustavoitteisiin sekä puolustusministerin ja puolustusvoimain komentajan väliseen tulossopimukseen sisällytettäviin tulostavoitteisiin. Tulostavoitteet määriteltiin ns. tuloksellisuusprisman mukaisella jaottelulla [36]. TUOHTE-työryhmän näkemyksen mukaan puolustushallinnon tulosohjauksen keskeiset ongelmat olivat koko hallinnonalan hierarkkisen tunnuslukujärjestelmän sekä laskentajärjestelmän puutteet. Puolustusministeri antoi TUOHTE-työryhmän ehdotusten toimeenpanemiseksi ohjaukskirjeen 20.4.2005. Tämän ohjaukskirjeen mukaisesti jatkettiin tulosjohtamisen terävöittämissä työtä puolustusvoimissa. Lähtökohtana ei ollut luoda alusta saakka uutta järjestelmää. Työn painopisteenä oli tarkastella voimassa olevaa toiminnan ja resurssien suunnittelu- ja seurantajärjestelmää (TRSS), tarkoituksena saada aikaan ennakoivan päätöksenteon tueksi mittarihierarkia, jossa esitettiin suorituskykyyn liittyvät keskeisimmät kriteerit.



Kuva 1 Tuloksellisuusprisma

Tulostavoitteiden asettamisessa sekä tuloksellisuutta koskevassa raportoinnissa käytettävät tuloksellisuuden peruskriteerit muodostuvat yhteiskunnallisesta vaikuttavuudesta ja toiminnallisesta tuloksellisuudesta. Toiminnallisen tuloksellisuuden perusteita ovat toiminnallinen tehokkuus, tuotokset ja laadunhallinta sekä henkisten voimavarojen hallinta. Olennaista näissä tuloksellisuuden kriteereissä (yhteiskunnallinen vaikuttavuus, toiminnallinen tehokkuus, tuotokset ja laadunhallinta sekä henkisten voimavarojen hallinta) on havaita, että toiminnan tuloksellisuus muodostuu eri osa-alueiden yhteisvaikutuksesta. [37]

Tuloksellisuusprismassa Yhteiskunnallisen vaikuttavuuden tärkeimpiä osatekijöitä ovat Pääesikunnan laatiman asiakirjan mukaan Suomen laissa puolustusvoimille säädetty tehtävät sekä Yhteiskunnan elintärkeiden toimintojen strategiassa ja puolustusselonteoissa linjatut tavoitteet sekä niiden saavuttaminen. Tuotosten ja laadunhallinnan oleellisin tekijä on rauhan aikana tuotettu sodan ajan suorituskyky eli suorituskykyvaatimusten mukaisesti koulutetut ja varustetut sodan ajan joukot ja toiminnallisen tehokkuuden tärkein tekijä on tarkoituksenmukainen rauhan ajan organisaatio niin, että sodan ajan suorituskyky (sodan ajan joukot) kyetään tuottamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti asetetuista suorituskykyvaatimuksista tinkimättä. [36]

Pääesikunnan mukaan Puolustusvoimissa ei voida pelkästään keskittyä henkisten voimavarojen hallintaan ja kehittämiseen, vaan tuloksellisuusprisman tässä osassa on otettava huomioon suorituskyvyn kaikkien osatekijöiden (käyttö- ja toimintaperiaatteet, henkilöstö, materiaali ja infrastruktuuri sekä tukeutuminen) tasapainoinen hallinta ja kehittäminen. Suorituskykyä tulee siis hallita eri osatekijöiden integroituna kokonaisuutena (sodan ajan joukko) ja hallinnan sekä kehittämisen tulee kattaa myös suorituskyvyn koko elinjakson aika. [36]

Pääesikunta edellytti, että edellä esitettyjä periaatteita tulee soveltaa puolustusvoimien toiminnan johtamisessa niin valtakunnallisella, alueellisella kuin paikallisellakin tasolla. Lähtökohta eri johtamistasoilla tulee olla, että päätöksenteossa on aina käytettävissä riittävät sekä oikeat tiedot ja toiminnan painopisteiden sekä tavoitteiden tarkistukset tehdään selkeän vaikuttavuutta, toiminnallista tuloksellisuutta ja kustannustehokkuutta koskevan perustellun tiedon pohjalta. [36]

Toiminnan ohjaus on kaikilla organisaation tasoilla johtamisen menetelmä hallita puolustusvoimien tehtäväkokonaisuutta ja ohjata organisaatiota toimimaan asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Se sisältää toiminnan ja resurssien suunnittelun sekä seurannan, suorituskyvyn osatekijöiden yhteensovittamisen sekä jaon eri tehtäviin. Toiminnan ohjauksen keskeisiä asiakirjoja ovat puolustusvoimien tavoitetila, puolustusvoimien kehittämisohjelma ja puolustusvoimien toimintasuunnitelma. [38]

Puolustusvoimien toiminnan ja resurssien suunnittelu sekä seuranta (TRSS) perustuvat puolustusvoimien johdon linjauksiin ja valtion hallinnon ohjaukseen. Toiminnan ja resurssien suunnitteluprosessi Puolustusvoimissa määrittää ja konkretisoi strategisen suunnittelun tavoitteet keskipitkän ja lyhyen aikavälin tavoitteiksi ja resurssien käytöksi. Suunnittelu toteutetaan tulosohjauksen periaattein. Puolustushaaroja ja maanpuolustuskorkeakoulua johdetaan tulosjohtamisen keinoin. Tulosjohtamisen ytimen muodostaa vaikuttavuutta, toiminnallista tuloksellisuutta ja kustannustehokkuutta kuvaavat tulostavoitteet, mittarit ja tunnusluvut, joiden avulla käytettävissä olevat voimavarat kytketään tiiviisti puolustusvoimien toimintaan. Riittäväillä ja oikeilla tiedoilla analysoidaan ja raportoidaan tavoitteiden täyttyminen ja voimavarojen käyttö. [38][39]

Ennen tulosohjaus- ja tilivelvollisuus uudistusta tuloksia seurattiin ja ilmaistaan tunnusluvuilta, jotka kertoivat suorituskyvystä. Tärkein tunnusluku oli tuloksellisuus, joka koostui vaikuttavuudesta, tuottavuudesta ja taloudellisuudesta [39]. Tämä oli siis tuloksellisuuden määritelmä Puolustusvoimissa ennen toteutettua valtionhallinnon tulosohjaus- ja tilivelvollisuus uudistusta.

5.2 Tuloksellisuuden määrittäminen TX-projektin kannalta

Tuloksellisuuden mittaristoa on tuloksellisuusprisman mukaisesti rakennettu Ilmavoimallisesti Ilmavoimien esikunnassa laatupäällikkö FT Henry Sivusuon johdolla. Mittariston rakentaminen on edelleen kesken, eikä tuloksellisuustasolle (joukkoyksikkö) soveltuvia mittareita ole vielä saatu määritettyä [40]. Sivusuon mukaan koelentotoiminnan ollessa täysin spesifi toiminnan ala ei myöskään näitä mittareita tulla rakentamaan niin, että ne sopisivat täysin koelentotoiminnan tuloksellisuuden mittaamiseen. Tällöin tuloksellisuuden määrittäminen täytyy tämän diplomityön kannalta tehdä vertaamalla tuloksellisuusprisman ja sitä edeltäneiden määritelmien mukaan koelentotoimintaa ja sen tuloksellisuutta parhaiten mittaavalla tavalla. Seuraavissa kappaleissa pyrin tuomaan esiin yleisiä ongelmia julkisen sektorin tuloksellisuusmäärittelyssä.

Julkisella sektorilla tuloksilla tarkoitetaan yleensä organisaation aikaansaannoksia eli suoritteita ja erityisesti niiden vaikutuksia. Saavutettujen tulosten hyvyttä ei kuitenkaan arvioida suhteessa niiden aikaansaamiseksi uhrattuihin kustannuksiin. Pelkkien tulosten sijaan julkisella sektorilla onkin – erotuksena kannattavuudesta – alettu puhua tuloksellisuudesta, jolla erityisesti talouden näkökulmasta tarkoitetaan organisaation aikaansaamien suoritteiden tuottamia vaikutuksia suhteessa niiden aikaansaamisesta aiheutuneisiin kustannuksiin. Toimintaa pidetään siis tuloksellisena silloin, kun aikaansaadut vaikutukset voidaan arvioida vähintään aiheuttamiensa kustannusten arvoiseksi [41][42]. Vaikutusten määrittäminen koelentotoiminnan kannalta on ongelmallista. Vaikutukset saavat yhteiskunnallisen aspektin sitä kautta, että veronmaksajat saavat vastinetta rahoilleen siinä mielessä, että pyritään varmistamaan hankittavan tuotteen (lentokone) parhaasta mahdollisesta soveltavuudesta Puolustusvoimien käyttöön. Toisaalta vastaanottoja ajatellen tuotteen laadun varmistaminen on vaikuttavuutta aina veronmaksajille asti. Kuitenkin vaikuttavuus koelentotyöllä on mielestäni lähinnä Puolustusvoimallisista johtuen siitä, että työn koelentotyön tilaajana on Ilmavoimat ja työn tuloksia käytetään Puolustusvoimallisesti hallinnonalan sisällä.

Toisaalta toinen keskeinen tulosohjauksen tavoite on kustannustehokkuus eli asetettujen tulostavoitteiden saavuttaminen hyödyntämällä toimintaan osoitetut resurssit tehokkaalla tavalla [37]. Tuloksellisuus voidaan määritellä siten, että siinä on kyse siitä, että jokainen toimintayksikkö käyttää rajalliset tuotantomahdollisuutensa mahdollisimman hyvin yhteiskunnan ja kansalaisten tarpeiden mukaisesti. Tuloksellisuuteen liittyvä problematiikka on erilainen maksullisessa ja maksuttomassa toiminnassa. Eroa voi selventää erottamalla tuloksen ja tuloksellisuuden käsitteet toisistaan [41]. Koelentotyössä ei tavoitella puhtaasti tulosta, koska kyse on maksuttomasta toiminnasta. Tuloksellisuus taas on olemassa vahvasti mukana jos ajatellaan rajallisten resurssien käyttämistä mahdollisimman hyvin.

Tarkasteltaessa tuloksellisuuden käsitettä julkisella sektorilla, voidaan todeta, että siellä käytetään samalla tavoin rajallisia voimavaroja kuin yrityksissäkin. Veronmaksajilla on siten oikeus odottaa vastiketta tai lisäarvoa. Selvänä erona suhteessa yksityiseen sektoriin on, että julkisen sektorin maksuttomassa toiminnassa taloudelliset tuotot puuttuvat, joten tulosta ei voida laskea yrityksen tavoin panosten ja tuotosten erotuksena. [43] Tuloksellisuuden kannalta ongelmallista onkin määrittää julkisen sektorin, kuten puolustushallinnon alan tuloksellisuutta.

Valtionhallinnon tulosohjauksessa käytetyn tulosprisman rakennetta voidaan pitää ongelmallisena eritoten tulosketjujen muodostamisen kannalta. Etäisyys toiminnallisen tuloksellisuuden ja yhteiskunnallisen vaikuttavuuden välillä on suuri. Konkreettisia hallinnossa aikaansaatuja tuloksia on erittäin vaikeata liittää suoraan parhaimmillaankin varsin abstraktiin yhteiskunnalliseen vaikuttavuuteen. [43] Yhteiskunnallista vaikuttavuutta koelentotyöllä voidaan ajatella olevan epäsuorasti nimenomaan annettaessa soveltuvuusarviot hankittaessa uutta kalustoa ja varmistettaessa hankintasopimuksen ehtojen täyttyminen vastaanotoissa.

Tuotokset ja laadunhallinta sekä toiminnallinen tehokkuus tuloksellisuusprismassa voidaan tuloksellisuuden kautta ajateltuna melko helposti soveltaa myös koelentotyön tuloksellisuuteen. Koelentotyössä edellytetään tiettyjä tuotoksia ja työn laatua. Yhtäläillä toiminnallinen tehokkuus suhteessa rajallisiin resursseihin osaltaan määrittää tuloksellisuutta ollen myös taloudellisuuden merkittävyyden kannalta yksi oleellinen tekijä.

Henkisten voimavarojen hallinta ja kehittäminen tuloksellisuusprisman ns. kivijalkana soveltuu myös hyvin käsitteenä koelentotoiminnan tuloksellisuusmäärittelyyn. Koelentotoiminnassa ja sen ylläpitämiseksi Ilmavoimissa joudutaan kouluttamaan ja ylläpitämään koelentotoiminnan osaamista toiminnan jatkuvuuden varmistamiseksi. Tällöin siis henkisten voimavarojen hallinta ja kehittäminen voidaan nähdä suoraan tuloksellisuuden yhtenä osana, koska koelentotoimintaa joudutaan kouluttamaan ja ylläpitämään. Koelentotoiminnan koulutuksessa ja ylläpitämisessä kansainvälinen verrattavuus on ollut Ilmavoimallisesti yhtenä tärkeänä mittarina pohdittaessa koelentokoulutuksen tulevaisuutta.

Tuloksellisuuden mittariston määrittäminen koelentotoimintaan tässä diplomityössä perustuu siis tuloksellisuusprisman periaatteisiin ja määritelmiin peilattuna hallinnonalan tuloksellisuusmääritelmään ennen prisman käyttöönottoa. Vertailtuani eri lähteiden tuloksellisuusajatuksia ja erityisesti tuloksellisuuden määrittämisen ongelmia julkisen sektorin osalta päädyn seuraavaan tuloksellisuuden määritelmään koelentotoiminnan osalta:

1. Koelentotoiminnan laatu ja tehokkuus.
2. Koelentotoiminnan vaikuttavuus.
3. Koelentotoiminnan taloudellisuus.
4. Koelentokoulutuksen ylläpito ja kehittäminen.

Koelentotoiminnan laatu ja tehokkuus tuloksellisuuden mittarina peilaavat suoraan toiminnan tuloksellisuutta. Diplomityössä tarkastetaan koelentotoiminnan ja sen prosessien laadun arviointi – eli tehtiinkö koelentotutkimus ja vastaanotto oikein tehokkuus ja tutkimuksen laatu huomioiden.

Toiseksi tulee vaikuttavuuden arviointi, joka tarkoittaa organisaatiolle asetettujen tehtävien arviointia – eli tehtiinkö oikeita asioita hankkeen kannalta. Vaikuttavuutta voidaan kuvata kyvyllä saada aikaan haluttuja vaikutuksia hankintapäätöstä ja vastaanottoa ajatellen. Vaikuttavuuden arviointiin sisältyy vaikuttamisen prosessi ja prosessin seuraus eli vaikutus: mikä vaikuttaa mihinkin, miten, milloin ja millä edellytyksillä. Toisaalta vaikuttavuus liittyy olennaisesti tuloksellisuusprisman vaikuttavuuteen aina yhteiskunnalliselle tasolle asti ajateltuna. Tarkoitus on löytää eri vaikuttavuuden tasoja ja selvittää kuinka koelentotoiminnalla vaikutettiin TX-projektissa hankkeen sisällä ja sen ulkopuolelle.

Koelentotoiminnan taloudellisuus tuloksellisuuden mittarina selvittää toiminnan aiheutuneet kulut ja siitä saavutetut hyödyt taloudellisesti ajateltuna. Toiminta on vastikkeetonta ja työjärjestyksen mukaista, mutta on oleellista pystyä osoittamaan ovatko toiminnasta aiheutuneet kustannukset taloudellisuuden näkökulmasta oikeassa suhteessa asetettuihin vaatimuksiin.

Tuloksellisuusprisman henkisten voimavarojen hallinta ja kehittäminen liittyy oleellisesti koelentokoulutuksen järjestelyihin tuloksellisuuden yhtenä osa-alueena. TX-hankkeen kannalta koulutus liittyy olennaisesti kaikkiin kolmeen muuhun tuloksellisuuden osa-alueeseen.

Kokonaisuutena koelentotoiminnan tuloksellisuus TX-projektissa käsitellään projektin evaluatiovaiheen ja vastaanottovaiheen dokumentaation perusteella ottaen huomioon esitetyn tuloksellisuuden nelijaon. Seuraavissa kappaleissa käsitellään evaluatiovaiheen ja vastaanottovaiheen tuloksellisuuden kannalta merkittävät tekijät, jotta lopulta voidaan analysoida kuinka tuloksellista toiminta oli nyt määritettyjä mittareita käytettäessä.

6 Evaluaatiovaiheen tuloksellisuusanalyysi

Seuraavissa alakappeleissa käsitellään TX-projektin lentoevaluaatiovaiheen koelentotoiminnan tuloksellisuus. Alakappaleet on jaoteltu aiemmin esitellyn koelentotoiminnan jaon perusteella rajauksen mukaan eri teknisiin tutkimusmenetelmiin.

Aluksi käsitellään tuloksellisuuden määritelmän ensimmäinen kohta eli koelentotoiminnan laatu ja tehokkuus suoritetuissa kokeissa alakohdittain. Tämän jälkeen käsitellään koelentotoiminnan vaikuttavuus, taloudellisuus ja koelentokoulutuksen ylläpito ja kehittäminen omina kohtinaan.

6.1 Suoritusarvokokeet

Suoritusarvokokeilla mitataan lentokoneen saavuttamat suoritusarvot. Lentoevaluaation ollessa kyseessä suoritusarvoja voidaan verrata valmistajatehtaan ilmoittamiin arvoihin eri olosuhteissa ja eri lentokoneen konfiguraatioissa. Evaluaation yhteydessä on tärkeää verrata kriittisimmät suoritusarvot valmistajan ilmoittamiin arvoihin, jotta voidaan varmistua ohjekirjallisuuden oikeellisuudesta hankintapäätöstä ajatellen. TX-projektin suoritusarvokokeet mitattiin FTM 108 –kirjan [32] mukaisesti joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta. Lisäksi mitatut arvot verrattiin soveltuvin osin MIL-HDBK-1797 –spesifikaatiota [46] ja JAR-25 –spesifikaatiota [45] vastaan.

6.1.1 Lentoonlähtö- ja laskusuoritusarvot

Lentoonlähtö- ja laskusuoritusarvojen mittaamisen tarkoituksena TX-projektissa oli varmistaa valmistajatehtaiden ilmoittamien arvojen paikkansapitävyys hankintapäätöstä silmälläpitäen. Tarjouspyynnössä [2] vaadittiin lisäksi, että koneen tulee pystyä operoimaan 1000 metriä pitkältä kiitoradalta, josta syystä arvot tuli mitata. Lentoonlähtö- ja laskusuoritusarvot mitattiin jokaisen suoritettun lentoonlähdön ja laskun osalta koko evaluaation aikana. Lisäksi arvot mitattiin useilla eri lentopainoilla ja vaihtoehtoisilla tekniikoilla pyöräjarrujen vaikutuksen ja moottorien tuottaman reverssitehon erittelemiseksi eri olosuhteissa [5][6].

Lentoonlähtö- ja laskusuoritusarvot mitattiin kulloinkin vallitsevissa ilmastollisissa olosuhteissa FTM 108 –kirjan mukaisesti [32]. Mittaukset ovat onnistuneet hyvin ja mitatut tulokset on verrattu valmistajan ilmoittamiin arvoihin oikein. Ohjaajan käyttämä tekniikka oli mahdollisimman vakioitu tulosten vertailukelpoisuuden vuoksi. Tuloksia ei ole redusoitu standardi-ilmakehän (ISA) mukaisiksi, koska kyseessä oli vain vertailu jo olemassa oleviin tuloksiin. Tämä on selvästi aikaa ja laskentaa säästävää tapa ilmoittaa tulokset, koska suoritettujen mittausten tarkoituksena ei ollut rakentaa lentokoneille lentoonlähtö- ja laskusuoritusarvokäyrästäjä.

Koelentotoiminnan tuloksellisuuden kannalta suoritettujen mittausten ja saavutettujen tulosten osalta toiminta on ollut kansainväliseen standardiin ja kirjallisuuteen verrattaessa tehokasta ja laadukasta. Erityisesti standardi-ilmakehän mukaisten redusoitujen arvojen laskematta jättäminen on lisännyt toiminnan tehokkuutta merkittävästi, koska tämä on säästänyt koelentoryhmän työaikaa oleellisen paljon.

6.1.2 Noususuoritusarvot

Noususuoritusarvojen (matkalentonousu) mittaamisen tarkoituksena TX-projektissa oli varmistaa valmistajatehtaiden ilmoittamien arvojen paikkansapitävyys hankintapäätöstä silmälläpitäen. Valmistajatehtaat olivat laskeneet tarjouspyynnön mukaisesti eri tapauksia lentokoneella suoritettavien tehtävien havainnollistamiseksi saavutettavan matkan pituuden ja matkajan mukaisesti. Noususuoritusarvot ovat yksi oleellinen osa, joka vaikuttaa saavutettavaan lentomatkan pituuteen (ominaistoimintamatkaan), koska on otettava huomioon se, että koneella suoritettuna matkanousun aikana edetään myös matkassa. Lisäksi potkuriturbiinilentokoneen ominaistoimintamatka paranee lentokorkeutta lisättäessä kohti optimaalisinta matkalentokorkeutta [32].

Matkanoususuoritusarvot mitattiin yhdellä lennolla alakorkeudesta keskikorkeuteen kummallakin konetyypillä [5][6]. Nousut suoritettiin valittuun vaakalentosuoritusarvokorkeuteen asti siten, että vaakalentosuoritusarvot voitiin mitata lähes optimaalisimmalla matkalentokorkeudella W/d – menetelmää käyttäen [32]. Matkanoususuoritusarvot mitattiin vallitsevissa ilmastollisissa olosuhteissa FTM 108 -kirjan Check Climb -menetelmän mukaisesti [32]. Mittaukset onnistuivat hyvin ja mitatut tulokset verrattiin valmistajan ilmoittamiin arvoihin oikein.

Matkanoususuoritusarvojen mittaaminen toteutettiin hyvin tuloksellisuuden ensimmäistä kohtaa (tehokkuus ja laatu) ajatellen. Seuraavassa kappaleessa käsiteltävän vaakalentosuoritusarvojen mittaaminen on erittäin oleellinen osa evaluaatiota kuljetuskoneella ja sen mittaamiseksi tulee nousta joka tapauksessa lähes optimikorkeudelle. Tämä nousu suoritettiin TX-projektissa suoritusarvotarkastusnousuna kummallakin konetyypillä, eikä arvokasta lentoaikaa hukattu tarpeettomiin erillisiin nousuihin.

6.1.3 Vaakalentosuoritusarvot

Vaakalentosuoritusarvojen mittaamisen tarkoituksena TX-projektissa oli varmistaa valmistajatehtaiden ilmoittamien arvojen paikkansapitävyys hankintapäätöstä silmälläpitäen. Vaakalentosuoritusarvojen avulla voidaan määrittää lentokoneen ominaistoimintamatka, jota hyödyntämällä voidaan luotettavasti laskea kuinka pitkälle koneella voidaan lentää milläkin hyötykuormalla. Tämä on erittäin kriittinen ominaisuus kuljetuskoneilla, josta syystä TX-projektissa mitattiin useita eri pisteitä tarkastusluonteisesti ilmoitetulta suoritusarvokäyrästä. Ominastoimintamatkan lisäksi mittaustuloksista laskettiin koneiden ominaistoiminta-ajat. Ominastoiminta-aika kertoo kuinka kauan koneella voidaan toimia ilmassa optiminopeudella, jos tarkoituksena ei ole edetä matkaa. Tämä on kriittinen ominaisuus jouduttaessa odottamaan ilmassa mahdollisimman pitkän aikaa.

Matkalentosuoritusarvot mitattiin lähes optimaalisimmalla matkalentokorkeudella [5][6] kummallakin konetyypillä W/d – menetelmää käyttäen [32]. Mittaukset ovat onnistuneet hyvin ja mitatut tulokset verrattiin valmistajan ilmoittamiin arvoihin oikein.

Matkalentosuoritusarvojen mittaaminen toteutettiin onnistuneesti yhteensä noin kymmenellä vakautetulla pisteellä konetyypipiä kohden. Valitut pisteet olivat lentokoneen tehtävän kannalta edustavia ja niiden avulla voitiin luotettavasti analysoida ohjekirjan arvojen paikkansapitävyys pisteittäisesti. Tässäkin kohtaa korostuu koelentotoiminnan tehokkuus, koska lennetyt pisteet ovat olleet edustavia ja pisteitä ei ole lennetyt liikaa evaluaation luonteeseen nähden. Lentoaikaa ei ole hukattu ylimääräisten pisteiden lentämiseen, josta syystä myös tulosten analysointiin käytetty aika on ollut melko vähäinen.

6.1.4 Sakkaussuoritusarvot

Sakkaussuoritusarvojen mittaamisen tarkoituksena TX-projektissa oli varmistaa valmistajatehtaiden ilmoittamien arvojen paikkansapitävyys. Sakkaussuoritusarvot ovat perustana lentoonlähtö- ja laskuasuissa määritellyille miniminopeuksille lentoonlähtöä ja lähestymistä ajatellen [32]. Mitä pienempi sakkausnopeus on, sitä pienempiä nopeuksia voidaan käyttää sekä lentoonlähdöissä, että laskuissa. Tämä on merkittävää taktisen tehtävän suorittamisen kannalta. Lisäksi sakkaussuoritusarvot ovat perustana käytettävälle miniminopeudelle ilmapudotuksissa. Materiaalin ja henkilöstön pudottaminen koneesta oli yksi vaadittu ominaisuus uudelle kuljetuskonetyypille [2], josta syystä sakkaussuoritusarvot mitattiin myös ilmapudotuskonfiguraatiossa molemmilla konetyypeillä.

Sakkaussuoritusarvot mitattiin kattavasti eri lentoasuissa [5][6] kummallakin konetyypillä vakiohidastusmenetelmää käyttäen [32]. Mittaukset ovat onnistuneet hyvin ja mitatut tulokset verrattiin valmistajan ilmoittamiin arvoihin oikein.

Sakkaussuoritusarvojen mittaaminen TX-projektissa toteutettiin järkevästi ja aikaa säästäten – eli tehokkaasti. Sakkaus-ominaisuudet ovat erittäin tärkeitä sotilaallisia tehtäviä toteutettaessa matalalla ja pienillä ilmanopeuksilla. Varsinaiset numeeriset suoritusarvot mitattiin tehokkaasti samalla, kun lento-ominaisuudet arvioitiin laadullisesti. Jos laadullista arviointia ei olisi tehty, niin mittaukset olisivat olleet hieman nopeammat suorittaa, mutta tässäkin tapauksessa arvokasta lentoaikaa ei hukattu tarpeettomasti mittausten suorittamiseksi.

6.1.5 Liukusuoritusarvot

Liukusuoritusarvojen (matkaliuku) mittaamisen tarkoituksena TX-projektissa oli varmistaa valmistajatehtaiden ilmoittamien arvojen paikkansapitävyys hankintapäätöstä silmälläpitäen. Valmistajatehtaat olivat laskeneet tarjouspyynnön mukaisesti eri tapauksia lentokoneella suoritettavien tehtävien havainnollistamiseksi saavutettavan matkan pituuden ja matka-ajan mukaisesti. Liukusuoritusarvot ovat yksi oleellinen osa, joka vaikuttaa saavutettavaan matkan pituuteen (ominaistoimintamatkaan), koska on otettava huomioon se, että koneella suoritettun matkaliukuun aikana edetään myös matkassa.

Liukusuoritusarvot mitattiin yhdellä lennolla keskikorkeudesta alakorkeuteen [5][6] kummallakin konetyypillä vallitsevissa ilmastollisissa olosuhteissa FTM 108 -kirjan Check Descend –menetelmän mukaisesti [32]. Mittaukset ovat onnistuneet hyvin ja mitatut tulokset verrattiin valmistajan ilmoittamiin arvoihin oikein.

Liukusuoritusarvot saatiin mitattua vaakalentosuoritusarvojen mittaamisen yhteyteen. Kun vaakalentosuoritusarvot oli mitattu, niin kummallakin konetyypillä jouduttiin joka tapauksessa liukumaan alaspäin. Arvot mitattiin tehokkaasti tässä yhteydessä, eikä liukuja varten noustu erikseen aikaa kuluttaen ylös matkalentokorkeuteen.

6.1.6 Vajaamoottorisuoritusarvot

Vajaamoottorisuoritusarvojen mittaamisen tarkoituksena TX-projektissa oli varmistaa lentoonlähtöön liittyen JAR-25 – spesifikaation V_2 -segmentin ehtojen täytyminen lentoonlähtöön liittyen [45]. Lisäksi mitattuja arvoja verrattiin valmistajatehtaiden ilmoittamiin arvoihin. Kaksimoottorisella kuljetuskoneella on hyvin oleellista, että lentoonlähtöjen suoritusarvot on laskettu oikein niin, että toisen moottorin sammua voidaan lentoonlähtö joko turvallisesti keskeyttää tai sitä voidaan jatkaa yhdellä moottorilla spesifikaatioiden vaatimusten mukaisesti.

Vajaamoottorisuoritusarvot mitattiin kummallakin konetyypillä alakorkeudessa sahaammasnousutekniikkaa käyttäen [32]. Mitatut tulokset redusoitiin sahaammasnousuteorian mukaisesti ja verrattiin valmistajan ilmoittamiin arvoihin onnistuneesti. Mittaukset eivät onnistuneet niin hyvin kuin niiden olisi pitänyt onnistua, koska C-295M – lentokoneella koesuunnitelmas- ta poiketen käytettiin vääriä asetuksia (moottoriteho ja ilmastointi) kesäkokeiden yhteydessä. Tämän vuoksi mitatut tulokset eivät olleet vertailukelpoisia valmistajan ilmoittamien arvojen kanssa [5]. Koko vajaamoottorisuoritusarvokoesarja jouduttiin uusimaan talvikokeiden yhteydessä, josta syystä ylimääräistä lentoaikaa kului vähintään noin 30-45 minuuttia. C-27J – lentokoneella mittaukset onnistuivat hyvin huonoista ilmastollisista olosuhteista huolimatta ja mitatut tulokset verrattiin valmistajan ilmoittamiin arvoihin onnistuneesti [6].

Lentoturvallisuuden kannalta on erittäin oleellista, että lentoonlähtöön liittyen kaksimoottorisella koneella nousukyky riittää toisen moottorin vikaantuessakin. Lentoturvallisuus korostuu kuljettaessa ihmisiä, josta syystä arvot mitattiin ja mittaukset osittain uusittiin C-295M - lentokoneen osalta. Tältä osin alkuperäiset mittaukset eivät olleet laadukkaita ja koko koesarjan tehokkuus kärsi. Tämä ilmenee menetettynä lentoaikana ja suoritettuna turhana laskentatyönä.

6.1.7 Vaakakiihdytys ja hidastus

Vaakakiihdytyksen ja hidastuksen tarkoituksena TX-projektissa oli mitata lentokoneen kiihtyminen ja hidastuminen vaakalennossa taktiseen ilmakuljetustehtävään liittyen. Kiihtyvyyden mittaaminen aloitettiin sakkausnopeutta 1,1 kertaa suuremmalta turvanopeudelta ja lopetettiin suurimmalle sallitulle ilmanopeudelle kummallakin konetyypillä. Hidastuksen mittaaminen aloitettiin välittömästi kiihtyvyyden mittaamisen jälkeen pienimmällä tehoasetuksella kummallakin konetyypillä [5][6]. Mittaamiset suoritettiin FTM-108 kirjan mukaisesti [32]. Mitattuja arvoja ei kuitenkaan redusoitu FTM-108 kappaleen 5.5.1 mukaisesti standardiolosuhteisiin, koska saatuja tuloksia voitiin suoraan käyttää riittävällä tarkkuudella vertailuun. Tämä oli aikaa ja laskentaa säästävää. Evaluaation luonne huomioiden toiminta on ollut tehokasta ja mittaukset laadukkaita, koska tarvittaessa mittaustuloksista olisi voinut laskea tehoylijäämän mitattuihin korkeuksiin, jos se olisi myöhemmin nähty tarpeelliseksi.

6.2 Lento-ominaisuuskokeet

Lento-ominaisuuskokeilla mitataan lentokoneen vakavuuteen ja ohjattavuuteen liittyvät arvot. Lentoevaluaation ollessa kyseessä niitä voidaan verrata vakavuus- ja ohjattavuusspesifikaatioihin [45][46] eri lentokoneen konfiguraatioissa. Evaluaation yhteydessä on tärkeää verrata kriittisimmät arvot spesifikaatioiden vaatimiin tai suosittelemiin arvoihin, jotta voidaan varmistua lentokoneen turvallisesta ja tehokkaasta tehtävänmukaisesta käsiteltävyydestä.

Lento-ominaisuuskokeet ovat osittain kvantitatiivisia ja osittain kvalitatiivisia. Seuraavissa kappaleissa käsitellään vain kvantitatiiviset lento-ominaisuuskokeet. Ohjaajien laadulliset arvioinnit jätetään käsittelyn ulkopuolelle. On kuitenkin tärkeää huomata se, että ohjaajan laadulliset mielipiteet ovat tärkeitä mitattaessa ohjattavuutta ja käsiteltävyyttä. Mittaamalla lento-ominaisuuskokeiden kvantitatiiviset mitattavissa olevat asiat voidaan ohjaajan mielipiteitä ja

arviointeja tukea teoreettiselta pohjalta. Pelkät ohjaajan mielipiteet eivät riitä, vaan niitä tukemaan on mitattava riittävästi lentokoneen arvoja. Edellä mainitun tärkeys korostuu eritoten silloin, kun ohjaaja havaitsee ohjattavuudessa tai käsiteltävyydessä ongelmia, jolloin mitatusta datasta pystytään osoittamaan jokin tekijä tai tekijöitä, jotka tukevat ohjaajan näkemystä.

TX-projektin lento-ominaisuuskokeet mitattiin USNTPS FTM 103 - kirjan [29] mukaisesti yhtä poikkeusta lukuun ottamatta, joka oli lentoratavakavuus. Lisäksi mitatut arvot verrattiin soveltuvien osin MIL-HDBK-1797 –spesifikaatiota [46] ja JAR-25 –spesifikaatiota [45] vastaan. Kokonaisuutena lento-ominaisuuksien mittaaminen on toteutettu järkevästi ja kattavasti vaadituilla eri painopisteasemilla, lentoasuilla, lentonopeuksilla ja –korkeuksilla.

6.2.1 Ohjausjärjestelmän mekaaniset ominaisuudet

Ohjausjärjestelmän mekaanisten ominaisuuksien mittaamisella TX-projektissa oli tarkoitus löytää mahdolliset ohjausjärjestelmissä esiintyvät ongelmat, joita ovat liian suuri tai liian pieni kynnysvoima ja kitka, liian suuri keskimääräinen kitka, liian suuri vällys, tai ohjaimen haitalliset heilahtelut hetkellisen nopean poikkeutuksen jälkeen. Mikä tahansa edellä mainituista ongelmista saattaa aiheuttaa lento-ominaisuuksien tai käsiteltävyyden heikentymisen joko yksistään tai yhdistettynä johonkin toiseen ominaisuuteen [29]. Mittaukset suoritettiin lennoilla kattavasti molemmilla konetyypeillä ja saatuja tuloksia käytettiin lento-ominaisuuksien analysointiin [5][6]. Ilman mittaamista ei olisi voitu luotettavasti analysoida kummallakin konetyypillä esiintynyttä ohjauspyörän lievästi positiivista keskittymistä poikittaissuunnassa, joka aiheutti epämiellyttävän kallistuskulman muuttumisen jäännöspoikkeutuksen vuoksi. Lisäksi mittaustulokset verrattiin oikein MIL-HDBK-1797 – spesifikaation vaatimuksia [46] vastaan.

Mekaanisten ominaisuuksien mittaaminen toteutetaan tyyppillisesti kahdella eri lentoasulla, jotka ovat laskuasua ja matkalentoasu. Tällöin mittaaminen tulee suoritettua kahdella selvästi poikkeavalla nopeudella ja täten mahdolliset tehtävisidonnaisuudet saadaan analysoitua.

Koelentotoiminnan laatu ja tehokkuus huomioiden mekaanisten ominaisuuksien mittaamisessa on onnistuttu, koska mittaustuloksia käytettiin kummankin konetyypin tulosanalyysissä osoittamaan tietyn havaitun ja haitallisen ilmiön esiintymisen lentokoneiden käsiteltävyydessä sotilaalliseen kuljetuskonetehtävään liittyen.

6.2.2 Staattinen pituusvakavuus ja trimminopeuden vaihteluväli

Lentokoneen staattinen pituusvakavuus on ehto sille, että kone pyrkii palautumaan vakautettuun alkutilaansa ohjainpoikkeutuksen tai esimerkiksi tuulenpuuskan aiheuttaman hetkellisen häiriön vuoksi. Konventionaalisella ohjauksella toteutetun lentokoneen [28] tulee olla selkeästi staattisesti pituusvakaa, jotta sillä voi turvallisesti lentää niin, että lentokone ei poikkea itsestään pois trimmatusta lentotilastaan pituusakselin suhteen (nokka ylös tai alas) [29].

Trimminopeuden vaihteluväli mitataan staattiseen pituusvakavuuteen liittyen [28]. Staattisen pituusvakavuuden gradientin ollessa loiva voi suuri trimminopeuden vaihteluväli aiheuttaa käsiteltävyysongelmia trimmattavuuden ollessa epätasua. Ongelmaa ei esiinny lennettäessä ohjausautomaatilla, mutta sotilaalliseen lentotoimintaan liittyen matalalennossa ei ohjausautomaatin korkeudensäilytystoimintoa voida käyttää lentoturvallisuussyistä, jonka vuoksi staattisen pituusvakavuuden ja trimminopeuden vaihteluvälin tulee olla ominaisuuksiltaan riittävän hyvät ja turvalliset. Pelkästään staattisen pituusvakavuuden mittaaminen ei riitä täydellisen analyysin tekemiseksi, josta syystä myös trimminopeuden vaihteluväli on mitattava lennolla ennen staattisen pituusvakavuuden arvojen mittaamista. Toisaalta lähestymisessä ja laskussa koneen tulee olla hyvin trimmattavissa valitulle nopeudelle, jotta ilman ohjausautomaattia suoritettavat lähestymiset ja laskut vaativissakin ilmastollisissa olosuhteissa onnistuisivat turvallisesti ja tehokkaasti tehtävän vaatimusten mukaisesti.

Molempien kone-ehdokkaiden staattinen pituusvakavuus ja trimminopeuden vaihteluväli mitattiin sekä sileänä, että laskuasussa koneiden keskimääräisellä painopisteellä [5][6]. Taka- ja etupainopisteasemalla tarkemmat mittaukset jätettiin tekemättä, kun ohjaaja havaitsi koneiden olevan selvästi pituusvakaita, eikä epänormaaleja ilmiöitä havaittu. Tämä oli aikaa säästävää, eikä staattisen pituusvakavuuden arvoja näin ollen mitattu pelkästään mittaamisen vuoksi monella eri painopisteellä. Tässä korostuu nimenomaan toiminnan tehokkuus ja laatu, koska turhia mittauspisteitä ei ole lennetty evaluaation luonne huomioiden.

Staattinen pituusvakavuus ja trimminopeuden vaihteluväli tulee mitata evaluaatioissa etu-, keski- ja takapainopisteasemilla aloittaen keskimääräisellä painopisteellä [FTM]. Näin TX-projektissa mittaaminen oli suunniteltu, mutta aikaa säästämällä voitiin todeta etu- ja takapainopisteiden numeeristen arvojen mittaamisen olevan tarpeetonta laadullisten ohjaajan arvioiden jälkeen. Edes takapainopisteeseen lastatulla koneella staattisen pituusvakavuuden gradientti ei

ollut kummallakaan konetyypillä liian loiva, eikä tulosanalyysiä varten jäänyt epäselvyyksiä kummallakaan kone-ehdokkaalla.

6.2.3 Liikehtimisvakavuus ja nopeat vedot

Lentokoneen liikehtimisvakavuuden mittaamisen tarkoituksena on tosittaa koneen liikehtelyyn vaadittavien sauvavoimien suuruus eri lentoasuisissa [28]. Liikehtimisvakavuuden sauvavoimagradientti ei saa olla liian suuri, jotta koneen liikesuunnan muuttaminen ei osoittaudu liian hankalaksi ja raskaaksi. Tämä korostuu erityisesti lentoonlähdössä ja laskussa. Jos vaadittava sauvavoima on liian suuri lentoonlähdössä, niin rotaatio saattaa myöhästyä pidentäen tarpeettomasti lentoonlähdomatkaa. Tämä saattaa olla kriittinen ominaisuus sotilaallisessa toiminnassa operoitaessa hyvin lyhyiltä kiitoradoilta. Laskuun tullessa koneen loiventamiseen tarvittava sauvavoima ei saa olla liian suuri, jotta loiventaminen onnistuu ja koneelle ei aiheudu mahdollisia mekaanisia vaurioita koviin laskuihin liittyen. Tämä ominaisuus korostuu erityisesti toimittaessa lyhyillä kiitoradoilla reunaesteiden ollessa merkityksellisiä jolloin lähestyminen joudutaan tekemään tavallista jyrkempänä vajoamisnopeuden ollessa suurempi kuin normaalilähestymisessä.

Toisaalta sotilaskoneella operoitaessa vihamielisessä ympäristössä uhan alla tulee lentokoneella pystyä liikehtimään riittävän hyvin, jotta tarvittavat väistöt ja harhatuttavat liikkeet onnistuvat. Tästä syystä sauvavoimagradientti ei saa olla liian suuri sileällä koneella lennettäessä kuljetuskoneellakaan. [28]

Sauvavoimagradientit eivät myöskään saa olla liian loiva missään lentoasussa, koska tällöin koneen liikesuunnan muuttamisesta tulee liian äkkinäistä ja koneen rakenteellisen kuormituskerroinrajan ylittämisen vaara kasvaa käsiteltävyyden ollessa kyseenalaista [29].

Liikehtimisvakavuus mitattiin kummallakin konetyypillä sekä sileänä, että laskuasussa kattavasti eri painopisteasemilla [5][6]. Mittaaminen toteutettiin vakaina vetoina, vakaina työntöinä ja lisäksi positiiviselle kuormituskertoimen arvoille vakaana kaartona [29]. Teoriassa vakaisissa vedoissa tarvittava sauvavoima on suurempi kuin vakaassa kaarrossa. Gradienttien ero on suhteessa termiin $1/n_z^2$ ja tarvittavan sauvavoima eroaa termin $1-1/n_z$ verran [29]. Edellisestä nähdään, että ero ei ole merkittävä kuljetuskoneluokassa, jossa liikehtelyyn tarvittavat sauvavoimat ovat tyypillisesti useita kymmeniä dekanewtoneita. TX-projektissa käytetty me-

netelmä valittiin tilanteeseen sopivimmalla tavalla ohjaajan päätöksellä, josta syystä lentoaika säästyi. Lisäksi lentoaika säästään osa eri painopisteasemilla suoritetuista kokeista arviointiin vain laadullisesti, koska epänormaaleja ilmiöitä ei havaittu.

Rotaatioon ja loivennukseen tarvittava pituusohjainvoima mitattiin lentoonlähtöjen ja laskujen yhteydessä kattavasti eri painopisteasemilla kummallakin konetyypillä [5][6]. Huomioitavaa mittauksissa oli se, että osa lukuarvoista jouduttiin arvioimaan instrumentoinnin puutteen vuoksi, koska lentoturvallisuussyistä ei sauvavoimamittaria saanut käyttää lentoonlähtöihin ja laskuihin liittyen.

Liikehtimisvakavuuden gradienttien mittaaminen toteutettiin riittävän kattavasti eri asuilla ja painopisteillä, eikä tulostuloksissa jäänyt epäselvyyksiä tai selvittämättömiä asioita. Lisäksi laadulliset arviot koneiden liikehtelyominaisuuksista saatiin osoitettua paikkansapitäviksi suoritettujen mittausten osalta. Tämä osoittaa mittaustulosten tärkeyden, koska muuten analyysi olisi jäänyt vain ohjaajan laadullisen arvion varaan, joka ei ole välttämättä riittävä argumentti evaluoitaessa uusia konetyyppejä.

Nopeilla vedoilla pyritään mittaamaan tarvittava sauvavoima siinä tilanteessa kun lentokoneen ohjaaja vetää ohjauspyörästä tai –sauvasta koneen luonnollisen vasteen taajuudella [1]. Nopeaan vetoon tarvittava voiman suhteessa saavutettavaan kuormitusmonikertaan pitäisi olla suurempi, kuin vakaaseen vetoon tarvittava voima, jottei koneella esiinny positiivisen kuormitusmonikertoimen ylittämisen vaaraa konetta aggressiivisesti liikehdittäessä esimerkiksi uhkatilanteessa (väistö) [29].

Nopeat vedot mitattiin molemmilla konetyypeillä sekä sileänä, että laskuasussa kattavasti eri painopisteasemilla [5][6]. Mitatut yksittäiset suoritukset esitettiin yhdessä vakaiden vetojen ja vakaiden kaartojen kanssa.

Nopeiden vetojen mittaamisella varmistettiin se, että liikehtimisvakavuuden analyysi voitiin suorittaa kokonaisuutena mitään olennaista siitä pois jättämättä. Tässä korostuu erityisesti koelentotoiminnan laatu.

6.2.4 Fugoidi

Fugoidilla tarkoitetaan lentokoneen pituusakselin suhteen esiintyvää liikemoodia, jonka vaste on esitettävissä nopeuden ja korkeuden muutoksina ajan suhteen trimmatusta alkutilasta poik-
keutettaessa [44]. Fugoidi ilmenee lentokoneen ohjaajalle tyypillisesti epätoivottavana kor-
keudenvaihteluna lennettäessä lentopinnalla matkalentoa ilman ohjausautomaatin korkeuden-
säilytysmoodia ollen puhtaasti lentokoneen vapaa vaste ajan suhteen. Fugoidilla ei ole käytän-
nön merkitystä lennettäessä hyvässä horisonttinäkyvydessä [44][29], koska tällöin ohjaaja
havaitsee helposti alkavan muutoksen joka on helppo korjata pienellä pituusohjaimen liikkeel-
lä. Lennettäessä mittarilento-olosuhteissa ilman hyvää horisonttinäkyvyyttä voi fugoidi aiheut-
taa korkeudenmuutoksen [44], joka johtaa lentopinnan korkeuden muutokseen aiheuttaen
mahdollisen vaaratilanteen.

Fugoidin ominaisuudet mitattiin kummallakin konetyypillä sileässä lentoasussa matkalento-
nopeudella ja –korkeudella ja laskuasussa nominaalisella lähestymisnopeudella [5][6]. Mitta-
ustuloksista laskettiin fugoidien jaksot, vaimentumiskertoimet ja luonnollinen taajuus käyttä-
mällä toisen asteen yhtälön approksimaatiota [44][29]. Lasketut arvot verrattiin lento-
ominaisuusspesifikaatiota [46] vastaan onnistuneesti.

Koesuunnitelmat [3][4] eivät sisältäneet fugoidin mittaamista laskuasuisissa kummallakaan ko-
netyypillä. Mittaukset suoritettiin käytännössä täysin turhaan, koska fugoidilla ei ole käytän-
nössä tehtäväsidonnaisuutta tai vaikutusta lennettäessä hitaalla nopeudella laskuasussa, jossa
ohjaaja joutuu joka tapauksessa ohjaamaan konetta koko ajan, jolloin lentokoneen vapaata
vastetta ei pääse esiintymään fugoidin vaatiman suhteellisen pitkän jakson suhteen. Tämän li-
säksi mittaukset suorittaneet koelentäjä ja koelentoinsinööri olivat mitanneet fugoidia ilmassa
turhan pitkään (useita puolijaksoja) laskennallisten arvojen löytämiseksi [5][6]. Nämä tekijät
yhdessä lisäsivät tarpeettomasti evaluaatioon käytettyä lentoaikaa jättäen vähemmän tilaa
mahdollisille muille tärkeimmille mittauksille.

Kyse oli tietämättömyydestä koesuunnitelman suhteen ja koelentoteorian tuntemuksen puut-
teesta fugoidin osalta. Tämä johti TX-projektissa edellä kuvattuun ajan hukkaamiseen.
Fugoidin mittaaminen ei muutenkaan ole nykyaikaisilla koneilla täysin perusteltavissa, koska
esimerkiksi TX-projektin molemmissa konetyypeissä oli ohjausautomaatti, joka säilyttää kor-
keutta juurikin matkalennon aikana. TX-projektissa mittaamisen poisjättäminen ei olisi vai-

kuttanut analyysin tekemiseen juuri ollenkaan. Laskennalliset tulokset olisi voinut tarkistaa valmistajan sertifiointidatasta siinä tapauksessa, että koelentäjä olisi laadullisesti arvioinut koneiden korkeudensäilytyksen helppouden tahi vaikeuden. Jos laadullisesti olisi ollut havaittavissa ongelmia, niin tällöin tarkemmat mittaukset olisi voinut tehdä. Kokonaisuutena fu-
goidin mittaamisessa toiminta ei siis ole ollut laadukasta, eikä tehokasta evaluaation luonne ja tarkoitus huomioiden.

6.2.5 Lyhytjaksoinen heilahtelu

Lyhytjaksoinen heilahtelu, eli kohtauskulmaheilahtelu, on lentokoneen pituusakselin suuntaisen liikemoodi, jonka vaste on esitettävissä lentokoneen pituusakselin suuntaisen kulmakiihtyvyyden ja kuormituskertoimen vaihteluna ajan suhteen [44][29]. Lyhytjaksoinen heilahtelu ilmenee lentokoneen ohjaajalle nopeana ja epätoivottavana pituusakselin suuntaisena nokan heilahteluna, joka saattaa vaikeuttaa koneen tarkkaa ohjaamista tarkkuutta vaativissa lennon vaiheissa.

Lyhytjaksoisen heilahtelun ominaisuudet mitattiin kummallakin konetyypillä sileässä lento-asussa matkalentonopeudella ja laskuasussa nominaalisella lähestymisnopeudella [5][6]. Ennen lyhytjaksoisen heilahtelun mittaamista suoritettiin sauvan edestakainen pumppaaminen (Sinusoidal Stick Pumping), jolla määritettiin parhaan vasteen taajuus varsinaista mittaamista varten [29]. Mittaustuloksista todettiin, että lyhytjaksoisen heilahtelun vaimeneminen oli molemmilla konetyypeillä erittäin voimakasta. Tämä on kuljetuskoneluokalle tyypillinen ilmiö [44] eikä tarkempia arvoja toisen asteen yhtälön approksimaatiota hyväksikäyttäen voitu laskea vaimentumissuhteen ollessa selvästi yli arvon 1,0 [29]. Teoriassa arvot voitaisiin laskea siinä tapauksessa, jos tarkka pituusakselin kulmakiihtyvyystieta tai kuormitusmonikerran arvot olisivat käytössä instrumentoidulla koneella. Tulokset verrattiin lento-ominaisuusspesifikaatiota [46] vastaan onnistuneesti.

Lyhytjaksoisen heilahtelun ominaisuudet lentokoneella ovat tärkeä tekijä koneen ohjattavuuden kannalta, josta syystä mittaukset oli päätetty suorittaa. Tulokset olivat odotettuja (voimakas vaimentuminen), eikä mittausten tekeminen ole vienyt kohtuuttoman paljon aikaa koko evaluaatiota ajatellen, koska näin varmistettiin nopeasti koneen normaali käytös tarkkuutta vaativissa pituusohjaustehtävissä.

6.2.6 Lentoratavakavuus laskuasussa

Lentoratavakavuudella tarkoitetaan lentokoneen ominaisuutta säilyttää laskettu lähestymis- tai laskeutumisnopeus nominaalilähestymistilanteessa, joka suoritetaan tyypillisesti 3 asteen liu'ussa [29][46]. Lentoratavakaalla koneella voidaan nopeuden ja liukukulman muutokset suorittaa pääasiassa pituusohjaimen käytöllä, joka vähentää ohjaajan työkuormaa lennon kriittisessä vaiheessa merkittävästi[44]. Lentoratavakavuus on lähes puhtaasti suoritusarvoinen asia, koska se riippuu siitä millä kohdalla vaadittavan tehon käyrää ollaan kulloisessakin lähestymisen aikaisessa tilanteessa. Jos koneella suoritettavan lähestymisen aikana toimitaan käyrästä ns. epävakaalla puolella, niin tällöin kyseessä on lentorataepävakaa kone, jonka ohjaaminen vaatisi hyvin paljon aktiivista tehon käyttöä lisäten ohjaajien työkuormaa [29].

Lentoratavakavuus mitattiin kummallakin konetyypillä poiketen MIL-HDBK 1797 - spesifikaation [46] ohjeistuksesta. Mittaukset suoritettiin lähtien vaakalentotilanteesta päätyen takaisin alkuperäiselle trimmatulle vaakalentonopeudelle. Tämä menetelmä oli valittu ajan säästämiseksi, koska tällöin mittaukset voitiin suorittaa muiden lentokokeiden yhteydessä varsinaisella toiminta-alueella, eikä kokeita tarvinnut suorittaa käytettävän kiitotien loppuosalla tarkan liukukulmainformaation saamiseksi. Tuloksia ei verrattu lento-ominaisuusspesifikaatioon koneen erilaisen suoritustavan vuoksi. Mittaukset suoritettiin kuitenkin FTM-103 -kirjan mukaisesti siten, että tulosten redusointi saatiin suoritettua ja tulokset voitiin esittää vaaditussa flight path angle vs. true airspeed -muodossa [29].

Tulokset olivat odotettuja ja kummatkin koneet olivat lentoratavakaita. Kuljetuskoneen tehtäväsidonnaisuus edellyttää operointia lyhyillä kiitoteillä oletettavasti huonoissa ilmastollisissa olosuhteissa. Jos tuloksista olisi selvinnyt, että lentokone, tai lentokoneet olisivat olleet lentorataepävakaita, niin siitä olisi voitu tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä koneen tehtävään soveltumisen kannalta. Lisäksi kokeiden suorittaminen alkaen vaakalentoon trimmatusta tilasta on ollut aikaa säästävää, eikä tulosten luotettavuudessa ole menetetty mitään. Itse asiassa United States Naval Test Pilot School:ssa [28] lentoratavakavuus neuvotaan mittaamaan juuri edellä kuvatulla tavalla.

6.2.7 Lentoasujen muutokset

Lentoasujen muutosten mittaamisella tarkoitetaan ohjainvoimien ja ohjainpoikkeutusten muutosten mittaamista lyhyellä (5 s) aikavälillä muutoksen suorittamisesta [28]. Lentoasun muutos tarkoittaa sitä, että lentokoneen laskusiivekkeet, laskutelineet, spoilerit, peräramppi tai lentojarru(t) valitaan asteittain ulos sillä tavalla, että jokaisen yksittäisen tekijän aiheuttama muutostarve ohjauksessa voidaan yksilöidä [29]. Edellä mainitut mittaukset tuottavat tärkeää tietoa siitä, millä tavalla ohjaaja joutuu kompensoimaan lentokoneen lentoasun muutoksesta aiheutuvaa mahdollista lentotilan muutosta. Jos muutokset ovat pieniä, niin ohjaajan kompensoinnin tarve jää hyvin vähäiseksi. Toisaalta taas muutos voi olla huomattavankin iso, jolloin ohjaaja joutuu huomioimaan tämän ominaisuuden konetta ohjattaessa. Tämä voi olla kriittinenkin tekijä etenkin lähestymisvaiheessa otettaessa esim. laskusiivekkeet alas laskeutumista varten. Tähän liittyy luonnollisesti myös koneen trimmattavuus, sekä trimmillä saavutettava muutosnopeus.

Lentoasujen muutokset mitattiin molemmilla konetyypeillä kattavasti siten, että eri muutokset voitiin yksilöidä. Lisäksi tulokset verrattiin lento-ominaisuusspesifikaatioihin [45][46]onnis-
tuneesti. Kummallakin konetyypillä havaittiin tiettyjä häiritseviä ominaisuuksia liittyen asujen muutoksiin ja ne voitiin em. mittausten vuoksi tuoda esiin koneiden valmistajille. Mittaukset olivat tarpeelliset toiminnan laatu ja tehokkuus huomioiden, eikä tulosanalyysissä [5][6]jäänyt epäselvyyttä näiden ominaisuuksien vaikuttavuudesta koneiden käsiteltävyyteen.

6.2.8 Nokkapyörän nostonopeuden mittaaminen

Nokkapyörän nostonopeuden mittaamisella pyritään selvittämään se, että lentokoneella voidaan tehdä suoritusarvojen mukaisesti lyhyt lentoonlähtö etupainopisteiseksikin lastatulla koneella. Tällä tarkoitetaan sitä, että koneen pituusohjainpinnat ovat riittävän tehokkaat rotaatioon laskennallisella lentoonlähtönopeudella, eikä lentoonlähtömatka tarpeettomasti pidenny tehottoman pituusohjauksen vuoksi [29]. Jos pituusohjainpintojen teho rotaatiossa olisi heikko, niin tällöin koneen varsinaiset suoritusarvot eivät pitäisi paikkaansa lentoonlähtömatkojen osalta. Tällaisessa tapauksessa koneelle tulisi asettaa rajoituksia lastattavuuden tai käytettävän kiitotien pituuden suhteen. Sotilaskoneella tehtävänmukaisesti lyhyiltä kiitoteiltä operoitaessa tämä saattaisi jopa estää tietyissä tilanteissa tehtävän toteuttamisen kokonaan.

Nokkapyörän nostonopeus mitattiin kummallakin konetyypillä etupainopisteesemaan lastatulla koneella lähtökiidon yhteydessä [5][6]. Kummallakin konetyypillä pituusohjainteho oli hyvä, eikä puutteita tältä osin havaittu. Mittauksilla varmistuttiin tärkeän kiitotievaatimuksen [2] toteutumisesta. Mittausten tekeminen ei vienyt ylimääräistä aikaa käytännössä ollenkaan, koska ne toteutettiin lentoonlähtöjen yhteydessä joustavasti aikaa säästäen. Tässäkin kohtaa korostuu toiminnan tehokkuus ja laatu.

6.2.9 Staattinen poikittais- ja suuntavakavuus

Lentokoneen staattinen poikittais- ja suuntavakavuudella tarkoitetaan sitä, että kone on staattisesti vakautetussa tilassaan vakaa sekä poikittaisakselin, että suunta-akselin suhteen. Edellä mainitut ovat ehto sille, että perinteisellä ohjausjärjestelmällä toteutetulla lentokoneella kone palaa alkutilaansa eikä divergoi kummankaan akselin suhteen suoritettun ohjainpoikkeutuksen tai esimerkiksi tuulenpuuskan aiheuttaman häiriön vuoksi [29]. Jos kone olisi kumman tahansa akselin suhteen epävakaa, niin sen ohjattavuus ja käsiteltävyys olisivat kyseenalaiset, eikä koneella voisi lentää turvallisesti annetun tehtävän suorittamiseksi. Koneen tulee siis olla vakaa edellä mainittujen akseleiden suhteen, mutta se ei kuitenkaan riitä. Toisaalta kone ei saa olla liian vakaa ohjattavuuden kustannuksella, mutta taas toisaalta monissa tilanteissa koneen tulee olla selvästi vakaa. Esimerkiksi laskuasussa koneen tuuliviirivakavuuden tulee olla riittävä, jotta koneella olisi yleensä edellytykset tulla laskuun voimakkaassa sivutuulella [29]. Jos tuuliviirivakavuus ei ole riittävä, niin koneelle tulisi asettaa sivutuulirajoituksia lentoonlähtöjen ja laskujen osalta. Tämä heikentäisi koneen käytettävyyttä sotilaallisissa operaatioissa merkittävästi, jos sivutuuliraja jouduttaisiin asettamaan kovin pieneksi.

Staattisen poikittais- ja suuntavakavuuden tulosten analysoimiseksi mittaukset suoritettiin kummallakin konetyypillä FTM-103 - kirjan mukaisesti [29] kattavasti eri lentoasuuissa vakautettujen sivuluisujen (SHSS) menetelmää käyttäen. Mittaustulokset analysoitiin paloittain siten, että koneen tuuliviirivakavuuden, V-kulmavakavuuden, sivuvoiman käyttäytymisen ja pituusohjausvoiman käyttäytymisen vaikutukset saatiin yksilöityä [44][29]. Mittaukset ovat onnistuneet hyvin. Lisäksi tulokset verrattiin lento-ominaisuusspesifikaatioihin [45][46] oikein.

Staattisen poikittais- ja suuntavakavuuden mittaaminen on melko hidasta koelennolla, koska mittaustulosten saamiseksi joudutaan lentokone vakauttamaan alkutrimmauksen jälkeen kummallekin puolelle (vasen / oikea) vähintään kaksi kertaa eri sivuluisukulmalle (β). Toisaalta mittaukset ovat tärkeitä lentokoneen perusluonteen selvittämiseksi, eikä niitä tämän vuoksi ole jätetty mittaamatta vaikka mittaustulosten valossa ei kummallakaan konetyypillä löydetty merkittäviä epänormaaleja ilmiöitä [5][6]. TX-projektissa mittaukset toteutettiin riittävällä tarkkuudella, eikä ylimääräisiä vakautuksia suoritettu.

6.2.10 Staattinen V_{MCA}

Staattisen V_{MCA} :n, eli staattisen minimiohjattavuusnopeuden mittaamisella selvitetään pienin nopeus, millä TX-projektin osalta kaksimoottorinen lentokone on vielä suuntavakaa toisen (kriittisen) moottorin ollessa sammutettuna ja lepuutettuna ja toisen moottorin ollessa täydellä tehoasetuksella [29]. Staattisen V_{MCA} :n mittaamisen merkitys korostuu lentoturvallisuutta ajatellen. Koneella tulee pystyä hidastamaan suuntavakavuuden kärsimättä lähestymistä ja laskua varten riittävän pienelle nopeudelle laskun onnistumista varten yhdelläkin moottorilla operoitaessa.

Staattinen V_{MCA} mitattiin molemmilla konetyypeillä yhdellä lentoasulla kriittinen moottori lepuutettuna [5][6]. Tulokset verrattiin valmistajien ilmoittamiin arvoihin ja niitä käytettiin tulostulosten analyysissä. Lentoasu oli valittu oikein ja mittaukset suoritettiin oikein.

6.2.11 Dynaaminen poikittais- ja suuntavakavuus

Dynaaminen poikittais- ja suuntavakavuus ilmenee kallistusmoodina, spiraalivakavuutena, Dutch Roll:ina [29] ja dynaamisena V_{MCA} :na [29]. Kallistusmoodi, spiraalivakavuus ja Dutch Roll ovat lentokoneen poikittais- ja suunta-akselin suhteen esiintyviä liikemoodeja, joista spiraalivakavuus ja kallistusmoodi ovat ensimmäisen asteen ei oskillatorisia moodeja. Dutch Roll on klassinen toisen asteen suunta- ja kallistusheilautelumoodi, joka on ohjaajan kannalta esiintyessään vain häiritsevää tai vähintäänkin haitallinen moodi [29]. Dynaamisella V_{MCA} :lla tarkoitetaan alhaisinta mittarinopeutta, jolla lentokone on vielä hallittavissa kriittisen moottorin sammussa äkillisesti kun moottoreissa on täysi teho alkutilanteessa [29]. Kaiken kaikkiaan dynaaminen poikittais- ja suuntavakavuus on kokonaisuutena merkittävä eri osa-alueineen

lentokoneen ohjattavuuden ja käsiteltävyyden kannalta. Kallistusmoodin aikavakion arvot vaikuttavat koneen kallistusohjauksen ennalta arvattavuuteen ja koneen tarkkaan käsiteltävyyteen. Jos kallistusmoodin aikavakio on liian pitkä, niin koneen kallistaminen ei onnistu riittävän nopeasti. Toisaalta jos aikavakio on suunniteltu liian pieneksi, niin koneen kallistusohjauksesta tulee liian äkkinäistä ja epätarkkaa. Spiraalivakavuus vaikuttaa koneen ohjattavuuteen eritoten matalalennossa. Jos kone on selvästi spiraaliepävakaa, niin tällöin ilman ohjausautomaattia lennettäessä koneen kallistuskulman muutos voi tapahtua liian nopeasti jyrkentäen kallistuskulmaa ei toivotusti siinä tapauksessa, että ohjaaja ei aktiivisesti seuraa kallistuskulman muutosnopeutta. Dutch Roll on yhdistetty suunta- ja kallistusheilahtelu, joka pahimmillaan saattaa häiritä tarkkuuslähestymisiä ja täten estäen jopa laskuun tulemisen. Dynaamisen V_{MCA} :n vaikuttavuus on löydettävissä puhtaasti lentoturvallisuudesta. Jos dynaaminen V_{MCA} on liian suuri nopeus, niin tällöin aina kyseisen nopeuden alla lentäminen tarkoittaa sitä, että esimerkiksi ylösvedoissa aiheutuu vaaratilanne tai lento-onnettomuus, jos toinen moottori sammuu, koska kone ei ole enää ohjattavissa joko suunnan tai kallistuksen suhteen.

Kummankin kone-ehdokkaan dynaaminen poikittais- ja suuntavakavuus mitattiin edellä lueteltujen tekijöiden osalta melko kattavasti eri lentoasuissa [5][6] FTM-103 –kirjan mukaisesti [29]. Dutch Roll:in ominaisuudet mitattiin lisäksi Yaw Damper:it, eli suuntavaimentimet, sekä päällä, että pois päältä – tilanteissa koneiden perusluonteen ja vaimennetun käytöksen selvittämiseksi [44].

Dynaamisen poikittais- ja suuntavakavuuden perustekijöiden mittaamista ei voi jättää tekemättä uuden konetyypin lentoevaluaatiossa, koska kaikki em. ominaisuudet eivät välttämättä esiinny riittävässä laajuudessa konetta pelkästään laadullisesti arvioiden eri lennon vaiheissa. Jo pelkästään yksimoottoritilanteen luominen koelennoilla on edellytys peruslentoturvallisuuden varmistamiseksi, jota ei tulisi kuitenkaan tositetua vain laadullisella arvioinnilla suoritetussa evaluaatiossa.

6.2.12 Kallistusohjaus

Kallistusohjauksen ominaisuudet jaotellaan kallistusohjaustehoon, kallistusohjausherkkyyteen, pituus- ja kallistusohjauksen väliseen harmoniaan ja kallistusohjauksen aiheuttamaan sivuluisuun, eli siivekejarrutukseen [29]. Kallistusohjainteho on nimensä mukaisesti lentokoneen kallistamiseen tarkoitetuilla ohjaimilla saavutettava teho, joka ilmaistaan tietyn kallis-

tuskulma saavuttamiseen vaadittavana aikana eri lentoasuissa. Lisäksi mitattavana suureena on kallistusohjaukseen tarvittava voima [29]. Kallistusohjausherkkyydellä tarkoitetaan sitä, kuinka monta astetta sekunnissa lentokone kallistuu suhteessa käytettyyn kallistusohjausvoimaan käyttäen pelkästään primääristä kallistusohjainta, joka TX-projektissa oli kummallakin koneella ohjauspyörä [29]. Pituus- ja kallistusohjainvoimien välisellä harmonialla tarkoitetaan pituus- ja kallistusohjainvoimien välistä suhdetta eri lentotiloissa [29]. Siivekejarrutuksella tarkoitetaan sitä toissijaista lentokoneen vastetta, joka aiheutuu puhtaasti kallistusohjauksen käytön sivutuotteena [44][29].

Kaikista edellä mainituista tekijöistä voi löytyä ohjattavuutta ja/tai käsiteltävyyttä heikentäviä tekijöitä. On luonnollista, että lentokoneen kallistusohjaustehon tulee olla riittävän hyvä tehtävämukaiseen käyttöön liittyen. Toisaalta kallistamiseen vaadittavat voimat eivät saa olla liian pieniä tai suuria, ja niiden tulee olla oikeassa suhteessa vaadittavaan pituusohjausvoimaan, jotta käsiteltävyys säilyisi hyvänä. Siivekejarrutuksen määrä taas tulee olla sopiva suhteessa kallistusohjaimen poikkeutukseen. Liiallinen sivuluisun aiheutuminen on vähintäänkin häiritsevää, joka saattaa jopa käynnistää ei-toivottavan Dutch Roll – moodin [44].

Kallistusohjauksen ominaisuudet mitattiin kummallakin konetyypillä FTM-103 kirjan mukaisesti [29] kattavasti eri lentoasuilla. Lisäksi mitatut tulokset verrattiin lento-ominaisuusspesifikaatioita vastaan [45][46] soveltuvien osin. Tulosanalyysi voitiin suorittaa kattavasti kummankin konetyypin osalta, eikä kallistusohjauksen ominaisuuksien osalta jäänyt epäselvyyksiä.

6.2.13 V_{MCG}

Minimiohjattavuus maassa (V_{MCG}) on erittäin kriittinen ominaisuus monimoottorisella koneella. Jos yksi moottori sammuu äkillisesti, tulee tästä aiheutuva vääntömomentti pystyä kumoamaan suuntaohjainpoikkeutuksella, jotta kone ei ajautuisi kiitotieltä sivuun lentoonlähdon yhteydessä [29]. Suomen ilmavoimien taktisen käyttöperiaatteen mukaisesti kuljetuskoneella tulee pystyä operoimaan myös kapeista maantietukikohdista, joissa kiitotien leveys on kriittinen tekijä [2]. Minimiohjattavuus maassa tulee tosittaa kummallakin moottorilla kriittisen moottorin löytämiseksi. TX-projektissa koe tehtiin vain jo valmiiksi ilmoitetulle kriittiselle moottorille. Kriittinen moottori varmistettiin myös analyysillä moottorien pyörimissuunnan mukaan

(työntövoima moottorilla siirtyy alas laskevan moottorinlavan suuntaan) ja ilmassa tapahtuvilla yksimoottorikokeilla [28].

Minimiohjattavuusnopeus maassa (V_{MCG}) pyrittiin mittaamaan kummallakin konetyypillä valmistajan ilmoittamalla nopeudella sammuttamalla kriittinen moottori [28] äkillisesti FTM-103 -kirjan mukaisesti [29]. C-295M – lentokoneella mittaaminen onnistui, mutta koejärjestelyistä johtuen C-27J –koneella ei koetta saatu tosittaa TX-projektin henkilöstön toimesta [6]. C-27J – lentokoneella mittaamisen suoritti valmistajatehtaan koelentäjä TX-projektikoelentäjän istuessa koneen keskipekillä suorituksen tarkkailijana. Tehtaan koelentäjä sammutti moottorin selvästi liian myöhään, jolloin minimiohjattavuusnopeutta ei saatu tosittettua oikealla tehtaan ilmoittamalla nopeudella. Tehtaan koelentäjä ei myöskään noudattanut kokeessa vaadittua minimiodotusaikaa ohjaamisen aloittamiseen [46]. Tällöin kone ei ehtinyt poiketa sivuun keskilinjalta, eikä oikeellista tulosta saatu mitattua TX-projektin henkilöstön vaatimuksista huolimatta. Mittaustuloksen jäädessä puuttumaan lentokoneen valmistajalta vaadittiin koneen tyyppikelpoisuussertifioinnissa mitattua dataa tulosanalyysiä varten.

Mitatut tulokset verrattiin vaadittuihin lento-ominaisuusspesifikaatioihin [45][46] ja tuloksia analysoitiin maantieteelliset suhteet mukaan lukien [5][6]. C-27J – lentokoneen osalta analyysiä ei voitu tehdä, koska mitattu tulos oli virheellinen suoritustekniikasta johtuen. Tämä oli sinänsä hyvä johtopäätös ja se johti myöhemmin kuvattuun matemaattiseen analyysiin.

V_{MCG} – arvojen mittaaminen on perusteltavissa vaaditun tehtävän toteuttamisen [2] ja lentoturvallisuuden välisellä suhteella. Ominaisuuden mittaaminen on erittäin kriittinen monimoottorilentokoneella, koska pelkästään laadullisella arvioinnilla ei pystytä kyseisestä asiasta analysoimaan mitään. Mittaukset toteutettiin erittäin tehokkaasti yhdellä suorituksella kummallakin koneella lukuun ottamatta sitä, että C-27J – koneella mittaus epäonnistui lentoevaluatioryhmästä riippumattomasta syystä.

6.2.14 Kääntösäde maassa maakäsiteltävyyteen liittyen

Kääntösäteellä maassa tarkoitetaan koneen mitattavissa olevaa minimikäännön sädettä maatoimintaan liittyen. Ominaisuus on helposti mitattavissa rullauksen yhteydessä yhdellä puolilympyrällä. TX-projektissa kääntösäteet mitattiin molemmilla konetyypeillä rullausten yhteydessä [5][6]. Mittaaminen on perusteltua Suomen ilmavoimien toimintaan vedoten, koska tehtävaktiikkaan kuuluu olennaisena osana toiminta kapeista maantietukikohdista, joissa ei välttämättä ole leveitä kääntöpaikkoja kiitoteiden päissä.

6.3 Järjestelmäkokeet

6.3.1 NVIS-yhteensopivuuden mittaaminen

Night Vision (NVIS) – yhteensopivuuden mittaamisella tarkoitetaan lentokoneen ohjaamovalaistuksen, näyttölaitteiden, mittareiden ja kytkimien valaistuksen, sekä lentokoneen ulkoisten valojen yhteensopivuuden mittaamista yönäkölaitteiden kanssa. Tarjouspyynnössä [2] vaadittiin, että valittavan koneen tulee olla yhteensopiva NVIS-toimintaan, josta syystä yhteensopivuus mitattiin molemmilla konetyypeillä sekä ohjaamon, että ulkoisen valaistuksen osalta [5][6]. NVIS-yhteensopivuus verrattiin voimassa olevaa MIL-spesifikaatiota vastaan [47].

NVIS-yhteensopivuuden mittaaminen on ollut perusteltua, jotta tulostulosten osalta ei jäänyt epäselvyyksiä kyseisen asian osalta.

6.3.2 EW- kokeet

Elektronisen sodankäynnin (EW) ominaisuuksien mittaamisen tarkoituksena oli varmistaa tutkavarjoittimen, omasuojajehittimien ja tutkan sopivuus Suomen ilmavoimien kuljetuskonetehtävään. Elektronisen sodankäynnin laitteiden osalta mittauksia ei saatu suoritettua siinä laajuudessa, kuin olisi haluttu, koska laitteet eivät olleet käytössä halutussa konfiguraatioissa evaluointilennoilla [5][6]. Mittausten tarkoituksena olisi ollut mitata tarkkoja suoritusarvoja, mutta tätä ei siis voitu tehdä. Tutkimusta täydennettiin kattavalla järjestelmänalyysillä, mutta koelentotoiminnan tehokkuuden ja laadun osalta ei voida antaa arvioita.

6.4 Muut projektissa käytetyt tekniset tutkimusmenetelmät

TX-projektin raporttien kirjoittamisen yhteydessä lentoevaluaatioryhmä joutui käyttämään myös teknisiä tutkimusmenetelmiä tulosten ekstrapoloimiseksi ja kahden eri konetyypin ominaisuuksien vertailemiseksi. Lisäksi evaluointivaiheessa mitattiin staattisesti koneen maassa ollessa näkyvyys ulos ohjaamosta laadullisten arvioiden tukemiseksi.

6.4.1 Kone-ehdokkaiden numeerinen vertailu

Vertailuraportissa luotiin painokertoimet ja pisteytettiin lentokone-ehdokkaiden ominaisuudet eri kategorioittain [7]. Painokertoimet luotiin lentoevaluaatioryhmän toimesta. Eri kategoriat valittiin tarjouspyynnön ja erillisen evaluaatiovastaustaulukon [7] perusteella, joka oli hyväksytty Ilmavoimien esikunnassa.

Pisteytykset eri kategorioittain annettiin mitattujen ja laadullisesti arvioitujen tulosten perusteella nollasta viiteen -asteikolla, jossa viisi oli paras ja nolla vastasi huonointa arvosanaa. Painokertoimien ja pisteiden lopputuloksena saatiin kokonaispisteet soveltuvuudesta Suomen Ilmavoimien kuljetuskonetehtävään [7]. Tämä taulukko esitettiin johtoryhmälle yhdessä varsinaisten koeraporttien kanssa. Numeerinen vertailu ei korvannut varsinaisia raportteja ja niissä annettuja soveltuvuuslausuntoja, vaan se toimi tukena päätöksenteolle.

Vertailuasiakirjan turvaluokitus (TLL II) ei mahdollista tässä julkisessa tutkielmassa tarkempia analyysejä ja saavutetun numeerisen vertailun tarkempaa käsittelyä.

6.4.2 Matemaattinen analyysi

Matemaattista analyysiä käytettiin ekstrapoloitaessa V_{MCG} -arvoja C-27J:llä [6]. Arvoja jouduttiin ekstrapoloimaan tehtaan tyyppi hyväksyntädatasta, joka saatiin käyttöön sitä vaatimalla, koska varsinaiset mittaustulokset jäivät saavuttamatta koejärjestelyistä johtuen.

Tyyppi hyväksyntädataa hyväksikäyttäen analysoitiin spesifikaatioissa vaadittavan suoritustekniikan [45][46] mukaisesti ohjaajan reaktioaika ja pyöräjarrujen käyttö suoritettuna kokeen ai-

kana. Suuntakulmanopeuden (yaw rate) ja siitä seuraavan kiitotien keskilinjalta poikkeamisen osalta jouduttiin analyysin tekemiseksi ekstrapoloimaan tehtaan mittaustuloksia, koska ohjaaja oli virheellisesti käyttänyt pyöräjarrua ja aloittanut ohjaamisen liian aikaisin kokeeseen liittyen. Ohjaaja on aloittanut koneen aktiivisen ohjaamisen jalkapolkimella (ja pyöräjarrulla) noin 0,2-0,3 s moottorin sammumisen jälkeen, jolloin yaw rate ei ole ehtinyt kasvaa käytännössä ollenkaan. Silti kone oli poikennut 4,6 metriä sivuun keskilinjalta. Raportissa XX1105 todettiin, että on mahdotonta sanoa tarkasti kuinka paljon kone olisi poikennut sivuun noin 2 sekunnin vaaditun odotusajan jälkeen. Varovaisin arvio on noin 16 metriä (vaatimus enintään noin 9 metriä), mutta todennäköisesti kone olisi saattanut poiketa sivuun paljon enemmänkin suoritettulla nopeudella 93 kt. Esimerkiksi Pirkkalan tukikohdassa toimittaessa kone olisi saattanut mennä kokonaan ulos radalta, koska Pirkkalassa radan leveys on vain 45 metriä. Varatukikohdista toimittaessa ominaisuus olisi erittäin kriittinen. [6]

Lisäksi arvioitiin tehtaan tulosten ekstrapolointia, joka havaittiin virheellisesti tehdyksi, koska alin demonstroitu mittaussnopeus oli ollut 93 kt ja tulos oli ekstrapoloitu nopeuden arvolle 90 kt. Tämä havaittiin erittäin arveluttavaksi ja myös koetekniikan osalta virheellisesti tositetuksi. Päätelmänä raportissa XX1105 todettiin, että tehtaan esittämä V_{MCG} -arvo ei pitänyt paikkaansa. [6]

Tehtaan tulosten ekstrapolointi ei luonnollisestikaan ollut suunnitelmallista, mutta lentoevaluatioryhmä joutui sen tekemään, jotta tulositylyksissä ei olisi jäänyt vajavaisuutta tämän tärkeän lentoturvallisuutta korostavan ominaisuuden osalta. Analyysi oli toteutettu tarkasti ja valmistajatehtaan kannalta jopa heitä suosivaan suuntaan.

6.4.3 Näkyvyys ulos ohjaamosta

Näkyvyydellä ulos ohjaamosta (Field of View – FOV) tarkoitetaan lentokoneen ohjaamosta käsin mitattua näkymää ulos, jossa yksiselitteisesti yhtä kiinnekohtaa hyväksikäyttäen mitataan koneen kiinteät rakenteet suhteessa ikkunapintoihin. Tulokset esitetään x- ja y- akselien suhteen ohjaamokarttapirroksena, jossa näkyy kuinka koneen ohjaaja näkee ulos ohjaamosta. [28]

Näkyvyys ulos ohjaamosta mitattiin kannettavalla klinometrillä ja kannettavalla optisella kulmamittaimella koneen päällikön paikalta asettaen referenssipiste (origo) lentokoneen valmistajien ilmoittamaan suunniteltuun silmän sijaintipisteeseen, eli Design Eye Point:iin. Ohjaamokarttapiirroksia ei mitattu kummallakaan konetyypillä täydellisesti, vaan mittaukset suoritettiin pisteittäisinä tarkastuksina koneiden valmistajien ohjaamokarttapiirroksiin verraten [5][6].

Näkyvyys ulos ohjaamosta on merkittävä tekijä sotilaallisessa toiminnassa toimittaessa vihamielisessä uhkaympäristössä, jolloin visuaalinen havainnointi korostuu elektronisen sodankäynnin laitteiden tuottaman informaation lisäksi. Mittaaminen ei lisännyt vaadittavaa lentoaikaa, koska ne suoritettiin maassa koneen ollessa paikoillaan ja täten mittaaminen voitiin yhdistää ohjaamoon tutustumiseen. Mittaukset suoritettiin tehokkaasti ja laadukkaasti pisteittäistä menetelmää käyttäen.

6.5 Kuinka suuri osuus teknisillä tutkimusmenetelmillä ja -tekniikoilla oli koko lentoevaluaatioryhmän suorittamassa uuden konetyypin evaluaatiossa

Yhtenä mielenkiintoisena asiakokonaisuutena TX-projektin tutkimuksen kannalta on se, että kuinka suuri osuus oli teknisillä tutkimusmenetelmillä ja – tekniikoilla lentoevaluaatioryhmän suorittamassa evaluaatiossa. Tämän kysymyksen perusteella voidaan arvioida teknisten tutkimusmenetelmien vaikuttavuutta koko lentoevaluaatioryhmän työn suorittaman työn kannalta. On erittäin mielenkiintoista tutkia sitä, kuinka työ oli jaettu laadullisen arvioinnin ja teknisten tutkimusmenetelmien välillä kokonaisuutena ottamatta kuitenkaan kantaa laadullisen arvioinnin tärkeyteen ja vaikuttavuuteen tässä tutkimuksessa. Laadullinen arviointi on tärkeä osa kokonaisuutta, eikä sitä missään nimessä tule jättää pois suoritettaessa uuden konetyypin evaluaatiota, koska juuri laadullisten arviointien perusteella voidaan monesti havaita ongelmia ja hyviä puolia lentokoneissa. Teknisten tutkimusmenetelmien vaikuttavuus tulee esiin nimenomaan taas siinä, että mitattujen tulosten perusteella voidaan tukea sinänsä ensiarvoisen tärkeitä laadullisia kommentteja. Toisaalta laadullisesti arvioituna ei uuden konetyypin evaluaatiossa pystytä järjestelmällisesti suorittamaan lento-ominaisuuksien ääritilanteiden vaikuttavuutta, eikä tietenkään suoritusarvoja tai lentokoneiden järjestelmien suorituskykyä voida laadullisesti arvioida käytännössä lainkaan.

Tutkimalla TX-projektin lentoevaluaatioryhmän koesuunnitelmia, tutkimusraportteja ja vertailuraporttia havaitaan, että prosentuaalisesti tekniset tutkimusmenetelmät ovat hallitsevassa asemassa, jos vertailu suoritetaan puhtaasti suoritettujen kokeiden perusteella. Tällöin teknisten tutkimusmenetelmien osuus on ollut noin 70–75 prosenttia. Jos vertailu tehdään lennettyjen lentotuntien perusteella, niin tällöin teknisten tutkimusmenetelmien osuus on ollut noin 60–65 prosenttia. Ero johtuu siitä, että laadullisten kokeiden vaatima lentoaika on tyypillisesti merkittävästi enemmän kuin teknisten kokeiden.

Kokonaisuutena voidaan havaita teknisten tutkimusmenetelmien osuuden olleen katsontakanasta riippumatta merkittävä koko lentoevaluaatioryhmän tekemän työn kannalta väheksymättä tässä tutkimuksessa käsittelemättä jäävää laadullista arviointia, jota ilman ei TX-projektissa olisi syntynyt kuitenkaan mielekästä ja sisällöltään kattavaa lopputulosta.

6.6 TX-projektissa käytettyjen teknisten tutkimusmenetelmien soveltuvuus ja tarpeellisuus

Edellä kuvatut tekniset tutkimusmenetelmät soveltuivat hyvin TX-projektin kenttäkokeena suoritettavaan lentoevaluaatioon. Käytetyt menetelmät olivat yhtä (lentoratavakavuus) menetelmää lukuun ottamatta vakioituja ja kansainvälisesti hyväksytyjä. Soveltuvuutta puoltaa luonnollisesti myös se, että vakioiduilla menetelmillä lentokoneen ominaisuuksia tutkimalla voidaan vertailut suorittaa kulloinkin voimassaolevia spesifikaatioita vastaan. Tällöin tarjouspyynnössä esitetyt vaatimukset voidaan esittää yksinkertaisesti vetoamalla voimassa oleviin spesifikaatioihin. Aina tietysti tulee ottaa huomioon kansalliset vaatimukset ja suunnitellun tehtävän erityisvaatimukset, joita ei em. spesifikaatioissa voida tuoda esiin millään tavalla. Tästä hyvänä esimerkkinä TX-projektissa on toiminta maantietukikohdista. Toisena esimerkkinä ovat asetetut reunaehdot, joista esimerkkinä tuon esiin tarjouspyynnössä esitetyn kiitotien suurimman sallitun pituuden 1000 metriä.

TX-projektissa käytettyjen teknisten tutkimusmenetelmien tarpeellisuus on toinen asiakokonaisuus, jonka pohdita ei ole niin helppoa, kuin itse menetelmien soveltuvuus. Voidaan esittää melko hataralla tietopohjalla väite, että teknisiä tutkimusmenetelmiä ei tarvita lainkaan lentokoneen evaluaatiossa, koska ohjaajat voivat laadullisesti arvioida kone-ehdokkaan soveltuvuuden valittuun tehtävään pelkästään omaan kokemukseensa tai näkemykseensä nojautuen. Tämä operatiivisissa laivueissa aika ajoin heräävä käsitys evaluaation suorittamisesta ei mie-

lestäni ole kuitenkaan millään tavalla aukoton taikka tieteellinen. Näitä näkemyksiä esitetään operatiivisten joukkojen puolesta, koska nähdään Koelentokeskuksen ohjaajien vieraantuneen todellisesta ympäröivästä maailmasta ymmärtämättä teknisten tutkimusmenetelmien teoreettista taustaa millään tavalla.

TX-projektin yhteydessä suoritettavat tekniset tutkimusmenetelmät ja niistä saadut analysoidut mittaustulokset osoittavat niiden tarpeellisuuden lentoevaluaation suorittamisen kannalta. Esimerkkinä käytän C-27J –lentokoneen erittäin huonoksi ominaisuudeksi (luokka 2) havaittua vaarallista käytöstä yksimoottoritilanteessa lentoonlähtöön liittyen (V_{MCG}) [6]. Pelkällä laadullisella arvioinnilla tätä ominaisuutta ei olisi koskaan tullut esiin, koska jo koejärjestelyt ja niistä saatavien tulosten tarkka analysointi on mahdollista vain jos arviointi suoritetaan vakioidulla teknisellä tutkimusmenetelmällä. Olisi virheellistä yrittää evaluoida lentokoneita pelkästään laadullisesti, koska tällöin tulosanalyysiä ei voitaisi suorittaa luotettavasti vaadittavan perustiedon jäädessä puuttumaan. Moni lentokoneen ominaisuus jäisi selvittämättä luotettavasti ja tällöin jouduttaisiin tukeutumaan vain valmistajatehtaiden ilmoittamaan dataan. TX-projektissa havaittiin, että tämä olisi tuottanut virheellisen ja liian positiivisen kuvan valittavista kone-ehdokkaista. Tämä näyttää johtuvan siitä, että tehtaat pyrkivät myymään tuotettaan siten, että huonoja ja häiritseviä ominaisuuksia ei tuoda riittävän luotettavasti esiin ostajille. TX-projektissa suurin osa tehtaiden ilmoittamasta datasta oli oikeellista, mutta muutamassa kohdassa löydettiin analyysin jälkeen tekijöitä, joita ei oltu tuotu esiin lainkaan.

Analysoimalla Koelentokeskuksen vertailuraporttia [7] voidaan havaita, että jos konevalinta olisi tehty pelkästään tehtaiden ilmoittamien tietojen perusteella, niin tällöin olisi koneiden välisen vertailun arvosana muuttunut oleellisesti hankintapäätöstä ajatellen. Tarkempaa dataa ei tässä tutkimuksessa voida esittää vertailuraportin ollessa TLL II – asiakirja.

Käytetyt tekniset tutkimusmenetelmät valittiin, koska niiden avulla voitiin hyväksytyjä menetelmiä hyväksikäyttäen mitata eri ominaisuudet luotettavasti siten, että suoritettavat mittaukset kohdistettiin lentoevaluaatioryhmän koulutuksen ja ammattitaidon perusteella valittavien koneiden tehtävän suorittamisen kannalta oleellisiin asioihin.

Kokonaisuutena arvioiden koelentotutkimus evaluaatiovaiheessa tehtiin oikein tehokkuus ja tutkimuksen laatu huomioiden muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Tämä perustuu läpikäydyn aineiston perusteella tehtyyn yksityiskohtaiseen analyysiin lähdemateriaalin standarditeoksia vastaan asiaa tarkastellessa.

6.7 Koelentotoiminnan vaikuttavuus evaluaatiövaiheessa

Vaikuttavuuden arvioinnissa tulee ensin arvioida organisaatiolle asetettujen tehtävien arviointia – eli tehtiinkö oikeita asioita hankkeen kannalta. Käytetyn lähdemateriaalin [ftms] mukaan suoritettussa evaluaatiossa on tehty muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta teorian mukaisia oikeita kokeita ja mittauksia. Hankkeen tarkoituksena oli hankkia uusi lentokonetyyppi ilmavoimien palvelukseen, josta syystä evaluaatiot suoritettiin. Tällöin uusien konetyyppien mahdollisimman kattava evaluaatio on ollut organisaatiolle asetettujen tehtävien mukaista. Koelentokeskuksen työjärjestyksen ja hankepäällikön antamien tehtävien mukaisesti Koelentokeskus on suorittanut organisatorisesti sille kuuluvat tehtävät kansainvälisesti hyväksytyjen koelento-oppaiden mukaisesti.

Toisaalta vaikuttavuutta voidaan kuvata kyvyllä saada aikaan haluttuja vaikutuksia hankintapäätöstä ajatellen. Koelentoryhmän yksimielinen suositus on ollut hankkia ilmavoimien palvelukseen C-295M –lentokone suoritettujen evaluaatioiden perusteella. Ilmavoimien komentajan esittelyssä 21.3.2006 mainitaan, että C-295M-kone on nykytilanteessa suositeltavampi vaihtoehto valittaessa ilmavoimille seuraavaa kuljetuskonetta. C-27J-konetta ei voitu suositella ilmavoimien kuljetuskoneeksi. Koneelle olisi ennen valintasuositusta oltava takeet hyväksyttävästä käytöksestä ennakoimattomassa moottorihäiriössä lähtökiidossa. [48]

Hankepäällikölle suoritettussa esittelyssä koelentoryhmä on kattavasti tuonut esiin molempien koneiden ominaisuudet ja löydökset ja suosittelut C-295M -lentokoneen hankintaa [48]. Tämä oli vastaan kaikkien muiden ryhmien (tekninen evaluaatioryhmä, tekninen soveltuvuus, lastauskoeryhmä ja sidosryhmät) mielipidettä. Myös operaattorin edustajan mielipide oli osittain vastaan lentoevaluaatioryhmän mielipidettä valittavan konetyypin osalta. Ero johtui tehtäväaluepainotuksista ja niiden välisestä arvottamisesta erityisesti lentokoneiden suorituskyvyn osalta [7]. Kaupallisen ryhmän mielipide tuki C-295M –lentokoneen hankintaa koneehdokkaiden hinnan muodostuessa niin, että C-295M oli selvästi edullisempi. Johtoryhmässä oli myös henkilöitä, jotka tukivat voimakkaasti C-27J –lentokoneen hankintaa [27].

Edellisistä faktoista voidaan vetää johtopäätös, että koelentoryhmän tutkimuksella ja hankintapäätösesityksellä on ollut merkittävä vaikutus päädyttyessä C-295M –lentokoneen hankintaan. Tämä johtuu siitä, että johtoryhmä päätyi esittämään yksimielisesti C-295M –konetta muodostettuaan koneille painokertoimet niiden hyvydestä ja soveltuvuudesta kaikkien ryh-

mien mielipiteen perusteella. Jos koelentoryhmän mielipide olisi ollut C-27J –lentokonetta suosiva, niin tällöin hankintapäätös olisi kallistunut sen kannalle muiden ryhmien ollessa joka tapauksessa ko. lentokoneen hankinnan kannalla. Tarkemmin eri kriteerien painokertoimia tutkittaessa konehankinnan suositus olisi pisteiden valossa päätynt C-27J koneen kannalle, jos lentoevaluaatioryhmä olisi arvottanut C-27J koneen pisteet omassa yhdistelmäraportissaan noin puoli numeroa paremmaksi kuin C-295M –lentokoneen [7][48].

Kolmanneksi vaikuttavuuden arvioinnissa tulee arvioida tuloksellisuusprisman mukaisesti yhteiskunnallista vaikuttavuutta. Koelentoryhmän työ vaikutti yhteiskunnallisesti siten, että tässä käsitellyssä hankkeessa evaluaation perusteella valittiin edullisempi koneyksilö ilmavoimien käyttöön. C-27J –lentokoneen hankintahinta olisi ollut yli 1,3 –kertainen [8] verrattuna valittuun C-295M –lentokoneeseen, jonka koelentoryhmä arvioi soveltuvan paremmin ilmavoimien taktiseksi kuljetuskoneeksi ilmavoimallisesti sovittujen kriteerien ja tehtäväsidonnaisuuden mukaisesti unohtamatta kansainvälisiä spesifikaatioita, joita vastaan kone-ehdokkaita verrattiin. Johtopäätöksenä tästä voidaan todeta, että lentoevaluaatioryhmän työn perusteella saatiin hankittua tehtävään paremmin soveltuva kone huomattavasti edullisemmin kuin jos valituksi olisi tullut kilpaileva kone-ehdokas C-27J Spartan.

6.8 Koelentotoiminnan taloudellisuus evaluaatiovaiheessa

Koelentotoiminnan taloudellisuus tuloksellisuuden mittarina selvittää toiminnan aiheutuneet kulut ja siitä saavutetut hyödyt taloudellisesti ajateltuna. Toiminta on vastikkeetonta ja työjärjestyksen mukaista, mutta on oleellista pystyä osoittamaan ovatko toiminnasta aiheutuneet kustannukset taloudellisuuden näkökulmasta oikeassa suhteessa asetettuihin vaatimuksiin.

Lentoevaluaatioryhmän evaluaatiomatkat Espanjaan ja Italiaan kesällä ja alkusyksystä 2005 kestivät molemmat 14 vuorokautta. Matkoille osallistui yhteensä 6 henkilöä joiden matkakustannukset kokonaisuudessaan olivat noin 53000 €. Matkoilla ei käytetty vuokra-autoja, josta syystä kustannuksissa säästettiin noin 3000 €. Kustannukset muodostuvat lentolipuista, päivärahoista ja hotellimajoituksesta. [49][50]

Talvievaluaatioiden osalta alkutalvesta 2006 tehdyt virkamatkat Tikkakoskelle ja Kittilään suoritettiin Tehtaan evaluaatiokoneiden kyydissä. Kustannukset muodostuivat päivärahoista ja hotellimajoituksista sekä vuokra-autoista. Kokonaisuudessaan kustannukset olivat noin 5000 €. Tästä ei löytynyt asiakirjoja viitteeksi, koskakyseessä oli kotimaan virkamatka.

Lentotunnit ja saatu lentokonekohtainen koulutus tehtailla olivat maksuttomia, joten niistä ei koitunut lainkaan kustannuksia ilmavoimille. [2]

Kokeiden suunnittelu, toteutus ja raportointi vei aikaa yhteensä noin 6 kuukautta vieden lähes kokopäiväisesti neljän henkilön (2 koelentäjää ja 2 koelentoinsinööriä) työpanoksen. Tästä johtuen kustannuksia on syntynyt henkilöiden palkan muodossa. Karkeasti laskettuna ja yksinkertaistettuna tästä syntynyt kustannus on ollut noin 125 000 €. Tämä kustannus olisi tosin syntynyt ilman TX-projektiakin, mutta tällöin työpanos olisi voitu suunnata toisaalle ja muihin projekteihin. Ilmavoimien esikunnan käskystä TX-projekti hoidettiin, mutta Koelentokeskus määrittä itsenäisesti koelentoryhmän kokoonpanon tarkoituksenmukaisella tavalla niin, että työ saatiin tehtyä projektiaikataulussa.

Kokonaisuutena evaluaatiovaiheen kustannukset olivat siis noin 172 000 €. Koneiden hankintahinta oli noin 45 400 000 €, joten kustannukset olivat tästä noin 0,38 prosenttia. Jos palkkakustannukset jätetään huomioimatta, niin tällöin evaluaatiovaiheen välittömät kustannukset olivat noin 58 000 €. Tämä on hankintahinnasta noin 0,13 prosenttia. Ottaen huomioon sen, että koelentoryhmä vaikutti hankintapäätökseen siten, että edullisempi kone hankittiin, niin kokonaisuutta arvioiden voidaan syntyneiden välittömien kustannusten olleen mitättömät. Oleellista on myös huomioda se, että suoritetuista lentotunneista ei aiheutunut lainkaan kustannuksia, vaan ne jäivät tarjoajien maksettaviksi.

Edellisten lisäksi käsittelyyn tulee ottaa myös välillinen hyöty saaduista ilmaisista koelentoista. Talvievaluaation aikana lennetyistä lennoista C-295M –lentokoneen osalta voitiin hyödyntää saavutettuja koelentotuloksia myöhemmin käytön aikaisissa suoritetuissa sivutuulikitkakerroin lentoaluelaaennusprojektissa [51]. Suoraan hyödynnettäviä koepisteitä oli useita, josta syystä vuonna 2009 suoritettu lentoalueen laajennusprojekti nimenomaan sivutuulen ja kitkakertoimen osalta ei tarvinnut niin useita koepisteitä. Tällä saavutettiin arviolta noin yhden lentotunnin säästö. Toisaalta suunnittelussa säästettiin myös työaikaa arviolta useita päiviä. Tämä välillisen hyödyn hinta muodostuu siis yhden lentotunnin säästöstä ja käytettävästä

työajasta. Arviolta säästöä tästä syntyi joitakin tuhansia euroja CC-koneen minimivalmistearvon lentotunnilta ollessa noin 2800 € [52].

Evaluaatiot toteutettiin mahdollisimman kireällä aikataululla ja lisäksi säästöä saatiin aikaan esimerkiksi vuokra-autojen kustannuksissa. Tästä syystä koelentoryhmä on toteuttanut matkat niin edullisesti kuin se on mahdollista. Saavutettu hyöty korvaa menetetyn rahan ottaen huomioon, että tässä kyseisessä tapauksessa valittiin tehtävään paremmin soveltuva kone useita miljoonia euroja edullisemmin kuin vastaava kilpailija olisi maksanut. Ero oli noin 14 M€ [8].

6.9 Koelentokoulutuksen ylläpito ja kehittäminen evaluaatiovaiheen kannalta

Tuloksellisuusprisman henkisten voimavarojen hallinta ja kehittäminen liittyy oleellisesti koelentokoulutuksen järjestelyihin tuloksellisuuden yhtenä osa-alueena. TX-hankkeen kannalta koulutus liittyy olennaisesti kaikkiin kolmeen muuhun tuloksellisuuden osa-alueeseen, koska ilman koelentokoulutusta ei evaluaatioita olisi pystytty hoitamaan kansainvälisten koelentostandardien mukaisesti. Tällöin evaluaatio olisi joko jäänyt tekemättä tai se olisi tehty ilman osaavia henkilöitä jolloin tulokset olisivat vähintäänkin olleet enemmän laadulliseen arviointiin perustuvia. Toisaalta myös konevalinta olisi saattanut osua huonommin soveltuvan koneyksilön osalle ja tällöin tässä tapauksessa myös kustannukset olisivat nousseet hankintahinnan osalta noin 1,3 -kertaisiksi. Tämä tosin on spekulatiota, jota ei voi suoraan osoittaa todeksi.

Koelentokurssilla numero 10, joka järjestettiin Hallissa vuosien 2003-2004 aikana kehitettiin koulutusta Yhdysvalloista (USNTPS) saatujen oppien perusteella. Tämä selviää Koelentokurssi 10:n läpivientisuunnitelmasta. Tässä vaiheessa oli myös tiedossa, että kuljetuskoneevaluaatio on tulossa eteen nopeasti koelentokurssin jälkeen. Kurssilla opetettiin erityisesti evaluaatioita ulkomaisissa olosuhteissa. Lisäksi monimoottorikoelentokoulutusta lisättiin niin, että sillä otettiin opetussuunnitelmassa huomioon lähestyvä kuljetuskone-evaluaatio.

Evaluaation aikana koelentokoulutusta ei varsinaisesti kehitetty ainakaan tietoisesti. Mitään dokumentaatiota ei löydy mistä voisi todeta evaluaatioprojektin hyvät ja huonot puolet ja kehitettävät asiat koulutuksen kannalta. Tämä on selkeä puute ja se tulisi korjata tulevaisuuden projekteissa kuntoon niin, että Suomalaisessa koelentokoulutuksessa voitaisiin ottaa järjestelmällisesti huomioon erityyppisten isojen koelentoprojektien opit koulutuksen kehittämisen näkökulmasta. Tässä kohtaa vain ns. hiljainen tieto on ollut osittain tallella. On mahdollista, että tämä hiljainen tieto siirtyy seuraavan kurssin opetukseen olettaen, että edes osa henkilöistä, jotka olivat mukana evaluaatiossa, ovat myös mukana järjestämässä seuraavaa Suomalaista koelentokurssia, jos semmoinen vielä pystytään järjestämään muiden töiden, eli koelentoprojektien, tuottamasta aikataulupaineesta johtuen.

7 Vastaanottovaiheen tulostulosanalyysi

Seuraavissa alakappeleissa käsitellään TX-projektin vastaanottovaiheen koelentotoiminnan tuloksellisuus. Alakappaleet on jaoteltu aiemmin esitellyn koelentotoiminnan jaon perusteella.

Aluksi käsitellään tuloksellisuuden määritelmän ensimmäinen kohta eli koelentotoiminnan laatu ja tehokkuus suoritetuissa kokeissa alakohdittain. Tämän jälkeen käsitellään koelentotoiminnan vaikuttavuus, taloudellisuus ja koelentokoulutuksen ylläpito ja kehittäminen omina kohtinaan. Lisäksi on hyvä huomioida, että vastaanotto suoritettiin kahdessa eri vaiheessa aikataulullisista ja tehtaan tuotannollisista syistä johtuen.

Ensimmäisen vastaanoton vaiheessa koelentoryhmä vastaanotti molemmat koneet Sevillasta Espanjasta perusvarustuksessa koulutuskäyttöön. Tämä vastaanottovaihe alkoi joulukuun puolivälissä 2006. Ensimmäinen kone vastaanotettiin 19.1.2007 jäljelle jääneiden huomautusten kanssa. Toinen kone vastaanotettiin 28.2.2007 yhtä lailla jäljelle jääneiden huomautusten kanssa. Molemmat koneet siirtolennettiin Suomeen jatkokoulutusta varten kevään 2007 aikana. Tämän jälkeen koneet vietiin takaisin FI-02 -konfiguraation laite- ja järjestelmäasennuksiin Sevillan kesällä 2007. Toisen vaiheen vastaanotto tapahtui Espanjassa ja Suomessa 8.10.2007 alkaen tavoitteena varmistaa CC-1 ja CC-2 -koneyksilöiden tehtäväkelpoisuus ja käyttöturvallisuus, sekä hankintasopimuksen ehtojen täyttyminen FI-02 konfiguraatiossa suoritettujen modifikaatioiden jälkeen. Tämän lisäksi tavoitteena oli FI-01 konfiguraatiossa havaittujen jäljelle jääneiden poikkeamien tarkastaminen ja poissulkeminen. Vastaanotto saatettiin päätökseen allekirjoittamalla molempien koneiden vastaanottosertifikaatit 20.11.2009 yhdessä AIRBUS MILITARY:n edustajien kanssa. Eli vastaanotto tapahtui yli kaksi vuotta varsinaisten testien aloittamisen jälkeen. [53][54][55][56]

Koneet vastaanotettiin osittain Sevillassa 29.2.2008 jäljelle jääneiden huomautuksien, jotka koskivat pääasiassa omasuojajärjestelmää (DASS). Tämä vastaanotto tapahtui pelkästään sen vuoksi, että koneet käskettiin siirtolentää Suomeen Ilmavoimien vuosipäivän tilaisuutta varten vuonna 2008. Vastaanottotyö jatkui tämän jälkeen Suomessa ja Espanjassa, kunnes molemmat koneyksilöt voitiin todeta olevan tehtäväkelpoisia ja käyttöturvallisia. Tämän lisäksi hankintasopimuksen ehtojen katsottiin täyttyvän kun molemmat koneet vastaanotettiin. [57]

Molemmille CC-koneille suoritettiin toisessa vaiheessa SB295-11-03M - service bulletinin mukaiset toimenpiteet. SB295-11-03M sisälsi seuraavat service bulletiinit (13 kpl) joiden mukaisesti varsinaiset muutostyöt oli tehty:

1. SB295-22-03M; ILS CAT II.
2. SB295-24-06M; Modification of electrical System. Change of location of emergency battery.
3. SB295-25-10M; Interior furnishing. Galley installation. Ceilings modification.
4. SB295-25-12M; Interior furnishing. Installation Medevac FI02 system and portable lamps.
5. SB295-26-01M; Fire protection. Re-location of fire extinguisher bottles.
6. SB295-31-10M; Registration and indication system. Updating IOP software.
7. SB295-31-11M; Registration and indication system. FDAU replacement.
8. SB295-31-12M; Registration and indication system. IHC replacement.
9. SB295-31-13M; Registration and indication system. Modification of the fatigue monitoring system. Duplicate pusbutton.
10. SB295-34-09M; Navigation. Installation of the second AHV-2010 radioaltimeter.
11. SB295-35-02M; Oxygen System. Change of oxygen bottles location.
12. SB295-43-02M; Tactical communications. Antennas installation for tetra and tadiran radio.
13. SB295-99-03M; Electronic warfare. Installation of MWS, RWS, C/F and LWS EADS-GE.

Lisäksi molempiin koneisiin asennettiin ohjaamopanssarointi (armouring) FI-02 konfiguraation yhteydessä. [57]

7.1 Ensimmäisen vastaanottovaiheen kokeet

7.1.1 Maatarkastukset

Maatarkastukset suoritettiin erillisten laadittujen suunnitelmien mukaisesti laadunvarmistushenkilöstön ja koelentohenkilöstön toimesta [58][59]. Seuraavissa kappaleissa on selvitetty tarkastusten sisältö ja tarkoitus. On huomioitava, että tarkastukset suoritettiin kummallekin koneyksilölle erikseen.

7.1.1.1 Ohjausjärjestelmän mekaaniset ominaisuudet (Primary flight controls)

Ohjausjärjestelmän mekaanisten ominaisuuksien tarkastamisella oli tarkoitus löytää mahdolliset ohjausjärjestelmässä esiintyvät ongelmat kitkan, kynnysvoiman, välyksen tai liikealueen osalta. Mikä tahansa edellä mainituista ongelmista saattaa aiheuttaa lento-ominaisuuksien tai käsiteltävyyden heikentymisen joko yksistään tai yhdistettynä johonkin toiseen ominaisuuteen [29]. Tarkastukset suoritettiin maassa ennen koelentovaiheen aloittamista [58]. Ilman tarkastamista ei olisi voitu luotettavasti todeta kokoonpanossa mahdollisesti ilmenneitä ongelmia ohjausjärjestelmän osalta.

7.1.1.2 Toissijaisten ohjaimien vaikutus (Secondary flight controls)

Toissijaisten ohjainten (trimmit, varatrimmit ja laskusiivekkeet) käytön tarkastamisella oli tarkoitus löytää mahdolliset järjestelmissä esiintyvät ongelmat. Mikä tahansa edellä mainituista ongelmista saattaa aiheuttaa lento-ominaisuuksien tai käsiteltävyyden heikentymisen joko yksistään tai yhdistettynä johonkin toiseen ominaisuuteen [29]. Tarkastukset suoritettiin maassa ennen koelentovaiheen aloittamista [58]. Ilman tarkastamista ei olisi voitu luotettavasti todeta kokoonpanossa mahdollisesti ilmenneitä ongelmia toissijaisen ohjausjärjestelmän osalta.

7.1.1.3 Ohjainten keskinäisen irtikytkennän tarkastaminen

Ohjainten keskinäisen irtikytkennän käytön tarkastamisella oli tarkoitus löytää mahdolliset järjestelmässä esiintyvät ongelmat. Kyseessä on hätätilanteessa mahdollisesti käytettävä ohjaintoiminto. Tarkastukset suoritettiin maassa ennen koelentovaiheen aloittamista [58]. Ilman tarkastamista ei olisi voitu luotettavasti todeta kokoonpanossa mahdollisesti ilmenneitä ongelmia irtikytkennän osalta.

7.1.1.4 Sivuperäsimen osajärjestelmien tarkastaminen

Sivuperäsimen osajärjestelmien (Rudder Booster ja Rudder Travel Control System) tarkastamisella oli tarkoitus löytää mahdolliset järjestelmässä esiintyvät ongelmat. Tarkastukset suoritettiin maassa ennen koelentovaiheen aloittamista [58]. Ilman tarkastamista ei olisi voitu luotettavasti todeta kokoonpanossa mahdollisesti ilmenneitä ongelmia peräsimen osajärjestelmien toiminnan osalta.

7.1.1.5 Moottorien koekäyttö maassa

Moottorien koekäytöllä oli tarkoitus löytää mahdolliset järjestelmässä esiintyvät ongelmat ja kahden moottorin väliset balanssierot. Tarkastukset suoritettiin maassa ennen koelentovaiheen aloittamista [58]. Ilman tarkastamista ei olisi voitu luotettavasti todeta kokoonpanossa mahdollisesti ilmenneitä ongelmia ja balanssieroja moottorien toiminnan osalta.

7.1.1.6 Radioiden ja sisäpuhelinjärjestelmien tarkastus

Radioiden ja sisäpuhelinjärjestelmien tarkastuksella oli tarkoitus löytää mahdolliset järjestelmässä esiintyvät ongelmat ja yhteydenpidon häiriöt niin, että ilmassa ei jouduta tilanteeseen, jossa yhteydenpito ei toimi. Tarkastukset suoritettiin maassa ennen koelentovaiheen aloittamista [58]. Ilman tarkastamista ei olisi voitu luotettavasti todeta kokoonpanossa mahdollisesti ilmenneitä ongelmia.

7.1.1.7 Sähkönsyöttöjärjestelmien tarkastus

Sähkönsyöttöjärjestelmien tarkastuksella oli tarkoitus löytää mahdolliset järjestelmässä esiintyvät ongelmat ja sähkönsyöttöhäiriöt niin, että ilmassa ei jouduta tilanteeseen, jossa sähkönsyöttö ei toimi normaalisti. Tarkastukset suoritettiin maassa ennen koelentovaiheen aloittamista [58]. Ilman tarkastamista ei olisi voitu luotettavasti todeta kokoonpanossa mahdollisesti ilmenneitä ongelmia.

7.1.1.8 Avioniikkajärjestelmien tarkastus

Avioniikkajärjestelmien tarkastuksella oli tarkoitus löytää mahdolliset järjestelmissä esiintyvät ongelmat. Tarkastukset suoritettiin maassa ennen koelentovaiheen aloittamista [58]. Ilman tarkastamista ei olisi voitu luotettavasti todeta kokoonpanossa mahdollisesti ilmenneitä ongelmia. Ilman toimivaa avioniikkaa lennettäessä saatetaan joutua vajaamittaritoimintaan, joka voi johtaa merkittäviin ongelmiin.

7.1.1.9 Jäänpoisto- ja jäänestojärjestelmien tarkastus

Jäänpoisto- ja estojärjestelmien tarkastuksella oli tarkoitus löytää mahdolliset järjestelmissä esiintyvät ongelmat. Tarkastukset suoritettiin maassa ennen koelentovaiheen aloittamista [58]. Ilman tarkastamista ei olisi voitu luotettavasti todeta kokoonpanossa mahdollisesti ilmenneitä ongelmia.

7.1.1.10 Paineistuksen ja ilmastoinnin tarkastus

Paineistuksen ja ilmastoinnin tarkastuksella oli tarkoitus löytää mahdolliset järjestelmissä esiintyvät ongelmat. Tarkastukset suoritettiin maassa ennen koelentovaiheen aloittamista [58]. Ilman tarkastamista ei olisi voitu luotettavasti todeta kokoonpanossa mahdollisesti ilmenneitä ongelmia.

7.1.1.11 Koerullaus ja keskeytetty lentoonlähtö

Koerullauksen tarkoituksena oli havaita mahdolliset nokkapyörän, jarrujen tai hätäjarrujen toiminnan ongelmat ja poikkeamat löytää mahdolliset järjestelmissä esiintyvät ongelmat. Tarkastukset suoritettiin maassa ennen koelentovaiheen aloittamista [58]. Ilman tarkastamista ei olisi voitu luotettavasti todeta kokoonpanossa mahdollisesti ilmenneitä ongelmia.

Keskeytetyn lentoonlähdön suorittamisen taustalla oli testata jarrujärjestelmän tehokkuus ja balanssi ennen koelentovaiheen aloittamista hallitusti keskeyttämällä lentoonlähtö 60 solmun nopeudesta.

7.1.1.12 Normaali sammutus

Normaalin sammutuksen tarkoituksena oli keskeytetyn lentoonlähdön jälkeen tarkastaa järjestelmien tila ja normaali sammuminen. Lisäksi tarkoituksena oli löytää mahdolliset hydraulii- ja öljyvuodot koneen käytön jälkeen. [58]

7.1.1.13 Muut maatarkastukset

Muiden suoritettujen maatarkastusten tarkoituksena oli tarkastaa koneen kuntoisuus ja status kaikin mahdollisin osin. Tarkastukset käsittivät koko koneen sisältä ja ulkoa niiltä osin kun tarkastukset oli mahdollista suorittaa. Havainnot verrattiin soveltuvin osin valmistajan dokumentaatiota vastaan. Suunnitelmassa erikseen mainitut pääkohdat olivat [59]:

1. Maalaus ja merkinnät
2. Runko
3. Radomi
4. Siivet
5. Moottorit ja moottorin alue
6. Peräsin
7. Ovet
8. Ramppi
9. Ikkunat
10. Antennit
11. Koneen valaistus
12. Luukut ja tarkastusluukut ulkona ja sisällä
13. Pitot-staattinen järjestelmä
14. Kohtauskulma-anturit
15. Laskutelineet
16. Palonsammutusjärjestelmä
17. Potkurit
18. Ohjaamo
19. Matkustamo
20. Ground Power Unit System Check

21. Akut
22. Muuntajat
23. Matkustajien varoitusjärjestelmä
24. Tuulilasinpyyhkimet
25. Sakkausvaroitusjärjestelmä
26. Hydraulikkajärjestelmä
27. Polttoainejärjestelmä
28. Happijärjestelmä
29. Ilmapudotusjärjestelmä ja vinssi
30. Avioniikkajärjestelmät ja laitteet

7.1.2 Koelentovaihe

Koelentovaihe suoritettiin erillisen koelentosuunnitelman ohjelman mukaisesti [60]. Suunnitelma on laadittu tarkasti mukailleen EADS CASA –lentokoneeseen laatimaa koelento-ohjetta [61]. Kaikissa kohdissa koneen suorituskykyä ja käytöstä verrattiin valmistajan ohjekirjallisuuteen ja dokumentaatioon. Seuraavissa kappaleissa on selvitetty koelentojen sisältö ja tarkoitus. On lisäksi huomioitava, että lennot suoritettiin kummallekin koneyksilölle erikseen.

7.1.2.1 Tarkastukset ennen lentoa

Ennen lentoa tehtävät tarkastukset sisälsivät koneen dokumentaation tarkastamisen lentokelpoisuuden osalta, lokikirjan tarkastamisen huomautusten osalta, vakuutustodistuksen tarkastamisen, punnituspöytäkirjan tarkastamisen, sekä lentokoneen vastusindeksin tarkastamisen. Edellä mainituilla tarkastuksilla on pyritty varmistumaan mahdollisimman kattavasti siitä, että koelennettävä koneyksilö on varusteltu oikein ja tarkastettu lentoa varten. [60]

7.1.2.2 Ulkopuolinen ja sisäpuolinen tarkastus ennen lentoa

Ulkopuolinen ja sisäpuolinen tarkastus ennen lentoa kattaa koneen tarkastamisen koelentäjän toimesta niin, että kaikki tarvittavat tarkastukset tulevat tehtyä lentokoneelle laadittujen tarkastuslistojen mukaisesti. [60]

7.1.2.3 Moottorien käynnistys ja tarkastukset käynnistyksen jälkeen

Moottorien käynnistys suoritettiin ohjaajan ohjeen tarkastuslistojen mukaisesti. Moottoriarvot kirjattiin ylös käynnistyksen yhteydessä. Tämän tarkoituksena on valvoa normaalikäynnistysyklin arvojen toteutumista.

Tarkastukset käynnistyksen jälkeen tehtiin myös tarkastuslistojen mukaisesti. Tämän lisäksi tarkastuksiin oli lisätty koneen avioniikkajärjestelmän erillistarkastuksia. [60]

7.1.2.4 Rullaus ja keskeytetty lentoonlähtö

Rullaus ja keskeytetty lentoonlähtö toteutettiin ohjaajan ohjeen tarkastuslistojen mukaisesti. Tämän lisäksi tarkastuksiin oli lisätty erillistarkastuksia rullausominaisuuksien ja jarrujen pitävyyden osalta. Keskeytetty lentoonlähtö tehtiin nopeudelta 60 kt jarrujen tehon tarkastamiseksi ennen varsinaista lentoonlähtöä.

7.1.2.5 Lentoonlähtö

Lentoonlähdön tarkastukset toteutettiin ohjaajan ohjeen tarkastuslistojen mukaisesti. Kummankin koneyksilön ensimmäisellä vastaanottolennolla tarkastuksiin kuului lisäksi ohjainvasteen ja –voimien tarkastaminen heti alkunousun aikana. Tämän lisäksi tarkastuksiin oli lisätty moottorien tuottaman lentoonlähtötehon erillistarkastus ja ohjausautomaatin sekä Flight Directorin moodien toiminnallisuuden tarkastus soveltuvin osin. [60]

7.1.2.6 Suoritusarvonusu korkeudelle 25000 ft STD ja vaakalentosuoritusarvot

Suoritusarvonusu korkeudelle 25000 ft STD tehtiin noususuorituskyvyn tarkastamiseksi. Nousun aikana tarkastuksiin oli lisätty soveltuvin osin ohjausautomaatin ja paineistuksen erillistarkastuksia. Korkeudella 25000 ft STD suoritettiin pisteittäinen vaakalentosuoritusarvotarkastus erikseen määritellyllä tehoasetuksella. Tämän lisäksi tarkastuksiin oli lisätty lukuisia erillistarkastuksia paineistuksen ja polttoainejärjestelmän osalta. [60]

7.1.2.7 Suoritusarvonousu korkeudelle 25000 ft STD ja vaakalentosuoritusarvot

Suoritusarvonousu korkeudelle 25000 ft STD tehtiin noususuorituskyvyn tarkastamiseksi. Nousun aikana tarkastuksiin oli lisätty soveltuvin osin ohjausautomaatin ja paineistuksen erillistarkastuksia. Korkeudella 25000 ft STD suoritettiin pisteittäinen vaakalentosuoritusarvotarkastus erikseen määritellyllä tehoasetuksella. Tämän lisäksi tarkastuksiin oli lisätty lukuisia erillistarkastuksia paineistuksen ja polttoainejärjestelmän osalta. [60]

7.1.2.8 Avioniikkajärjestelmien tarkastukset ja liuku korkeudelle 15000 ft STD

Avioniikkajärjestelmien tarkastukset kattoivat kaikki koneen avioniikkajärjestelmät korkeudella 25000 ft STD. Tämän jälkeen suoritettiin liuku korkeudelle 15000 ft STD, jonka aikana tarkastuksiin kuului nopeusvaroitusten ja matalan tyhjäkäyntiasetuksen tarkastukset.

Liu'un jälkeen tarkastettiin ohjausautomaatin toiminnallisuus korkeudella 15000 ft STD. Tämän jälkeen tarkastettiin paineistusjärjestelmä samalla korkeudella, jonka jälkeen suoritettiin koneen käsiteltävyysskoe. Tämä sisälsi vakaita kaartoja 60 asteen kallistuksella, kaarronvaihdot maksimipoikkeutuksin puolelta toiselle ja työntö kuormitusmonikerralle 0,5g.

Edellisten kokeiden jälkeen kone vakautettiin vaakalentoan suoritusarvokoepistettä varten erikseen määritellyillä moottoriarvoilla. Tämän koepisteen yhteyteen oli sisällytetty myös moottorien trend monitor –järjestelmän koepiste. [60]

7.1.2.9 Sakkkaus

Sakkaukset suoritettiin korkeudella 15000 ft STD useassa eri lentoasussa kattavasti. Sakkauksia tehtiin sekä sakkauksen määritelmään (pusher), että aina aerodynaamiseen sakkaukseen asti koneen ominaisuuksien selvittämiseksi. Lisäksi tarkoituksena on ollut täristää konetta voimakkaasti heikkojen liitosten ja johdotusten paljastamiseksi. [60]

7.1.2.10 Liikehtimisvara

Liikehtimisvaran tarkastus lentoonlähtö- ja laskuasussa tehtiin korkeudella 15000 ft STD. Kokeen tarkoituksena oli varmistua siitä, että koneella voidaan kaartaa turvallisesti lentoonlähtöasussa ja laskuasussa jolloin ollaan tyypillisesti lähellä maanpintaa. [60]

7.1.2.11 Ohjainten keskinäisen irtikytkennän tarkastaminen ilmassa ja ohjainautomaatin toiminta

Ohjainten keskinäinen irtikytkentä tarkastettiin korkeudella 15000 ft STD. Kyseessä on hätätilanteessa mahdollisesti käytettävä ohjaintoiminto. Tämän jälkeen tarkastettiin osa ohjainautomaatin moodeista. [60]

7.1.2.12 Liuku korkeudelle 10000 ft STD ja kokeet korkeudella 10000 ft STD

Liu'un aikana tarkastuksiin kuului loput ohjausautomaatin moodit, joita ei vielä ollut tarkastettu. Tämän lisäksi tehtiin vielä liu'un aikaisten moottoriarvojen tarkastaminen.

Kun korkeus 10000 ft STD oli saavutettu, niin lentokone vakautettiin suoraan lentoon laskuasussa moottoriarvojen ja pituustrimmin asennon tarkastuksia varten. Tämän tarkastuksen jälkeen suoritettiin yksimoottorikokeet moottoriarvojen ja rudder booster – toiminnon tarkastamiseksi. Yksimoottoritilanteet koelennettiin sammuttamalla vuoronperään kumpikin moottori erikseen. Lisäksi tarkastettiin kummankin moottorin normaali ilmassa käynnistyminen.

Yksimoottoritilanteiden jälkeen tarkastettiin laskutelinevaroitusta, rudder travel limit –toiminto, sekä autotrimmitoiminto. [60]

7.1.2.13 Liuku korkeudelle 5000 ft STD ja kokeet korkeudella 5000 ft STD

Liu'un aikana tarkastuksiin kuului liukusuoritusarvojen tarkastus normaalityhjäkäyntiasetuksella.

Kun korkeus 5000 ft STD oli saavutettu, niin tarkastettiin hydraulipaineen tuotto sekä säätökan toiminnallisuus. Tämän jälkeen tarkastettiin laskuvarjohyppyovien ja perärampin normaali avautuminen ja sulkeutuminen ilmassa. [60]

7.1.2.14 Lähestyminen ja lasku

Lentokenttää lähestyttäessä tarkastuksiin kuului laskutelineen varausoton toiminnallisuuden testaaminen, sekä normaali laskutelinekäytön toiminnallisuuden testaaminen. Tämän lisäksi ohjaamon paineistuksen varoventtiilin toiminnallisuus kokeiltiin ilmassa.

Varsinaisia lähestymisiä koelentoon kuului kaksi kappaletta. Ensimmäinen lähestyminen oli VOR/DME –mittarilähestyminen ja toinen lähestyminen oli ILS –mittarilähestyminen. Näiden aikana tarkastettiin normaali Flight Management System:in ja avioniikan toiminnallisuudet lähestymisiin liittyen.

Lasku suoritettiin maksimijarrutuksella siten, että jarrut olivat painettuna pohjaan jo ilmassa ennen istumista. Tällä varmistuttiin lyhyen kiitotien operoinnista ja jarrujen oikeasta toiminnasta ja siitä etteivät jarrut kuumene liikaa. [60]

7.1.2.15 Sammutus ja sammutuksen jälkeen

Sammutustoimenpiteet tehtiin normaalisti ohjaajan ohjeen tarkastuslistojen mukaisesti tarkkailien eri järjestelmien normaalia sammumista.

Laskun jälkeen tarkastuksiin kuului moottorin trend monitoring –järjestelmän oikeellisuuden tarkastus, öljymäärien tarkastus, hydraulinesteen tarkastus, sekä polttoaineen kulutuksen tarkastus. [60]

7.2 Toisen vastaanottovaiheen kokeet

7.2.1 Maatarkastukset

Maatarkastukset suoritettiin erillisten laadittujen suunnitelmien mukaisesti laadunvarmistushenkilöstön ja koelentohenkilöstön toimesta [62] ja [63]. Seuraavissa kappaleissa on esitetty maatarkastusten pääasiallinen sisältö ja tarkoitus. On huomioitava, että tarkastukset suoritettiin kummallekin koneyksilölle erikseen lukuun ottamatta puhtaasti omasuojajärjestelmän ohjelmistollisia vikoja, jotka tarkastettiin vain toisella koneyksilöllä soveltuvin osin.

7.2.1.1 Ensimmäisen vastaanottovaiheen jäljelle jääneet huomautukset

Maatarkastushenkilöstö aloitti tarkastukset ensimmäisen vaiheen vastaanotoista jäljelle jääneistä huomautuksista, joita oli jäljellä seuraavasti toisen vaiheen vastaanoton alkaessa [64]:

CC-1 (207 kpl 1 pisteen virheitä)

- antennit (n 15 kpl)
- maalaus (45 kpl): puutteellinen maalaus, huono pohjatyö, merkintäpuutteita, ylimaalaus
- luukut (10 virhettä): sovitus ja/tai maalaus
- ohjekirjat (20 poikkeamaa): ohjekirjallisuus ei vastannut Suomalaista konfiguraatiota

CC-2 (138 kpl 1 pisteen virheitä)

- antennit (5 virhettä, joissa yhteensä 14 yksittäistä vikakohdetta): osa yhteisiä alla olevien maalauspuutteiden kanssa
- maalaus (47 virhettä): puutteellinen maalaus, huono pohjatyö, merkintäpuutteita, ylimaalaus
- luukut (8 virhettä): pääosin sovitus
- niittaus: CC-2:n osalta aikataulu mahdollisti tarkemman perehtymisen niittauksiin (7 poikkeamaa)

Lisäksi kummankin koneen tarkastusten alkuvaiheessa jokaisella uudella tarkastusalueella havaittiin huolestuttavan paljon alumiinisilppua ja irtoesineitä.

7.2.1.2 Suoritetun A-tarkastuksen, huollon ja vikakorjausten tarkastus

Samaan aikaan kun ensimmäisen vastaanottovaiheen jäljelle jääneitä virheitä alettiin tarkastaa, niin aloitettiin tilatun [FiAF AMC Order no 11313-07) A-tarkastuksen, määräaikaishuollon ja tilattujen vikakorjausten tarkastaminen maatarkestushenkilöstön toimesta. [62]

7.2.1.3 Uusien asennusten tarkastus

Maatarkestushenkilöstö aloitti uusien asennettujen ominaisuuksien ja laitteiden maatarkestukset SB295-11-03M - service bulletiinin sisältämien alakohtien mukaan myös yhtäaikaaisesti edellä mainittujen tarkastusten kanssa. [62]

7.2.1.4 Koelentohenkilöstön suorittamat maatarkestukset

Koelentohenkilöstön suorittamat maatarkestukset keskittyivät täysin omasuojajärjestelmän (SB295-99-03M; Electronic warfare) toiminnallisuuksien tarkastamiseen ennen lentovaiheeseen siirtymistä. Tarkastukset tehtiin koesuunnitelman (EADS CASA C-295M Additional Acceptance Ground Test) mukaisesti [63]. Maatarkestuksissa käytettiin maatestilaitteita omasuojajärjestelmän toiminnallisuuksien havaitsemiseksi maassa. Nämä testilaitteet olivat:

1. Signaaligeneraattori tutkavaroitinta vastaan
2. Ultraviolettilamppu (Baringa UV test lamp) ohjusvaroitinta vastaan
3. Laserosoitin (Hydra Laser gun) laservaroitinta vastaan
4. Omasuojaheitetestilaitteet omasuojaheitteiden simuloimiseksi

Omasuojajärjestelmässä esiintyi vakavia vikoja heti testauksen alkuvaiheesta lähtien, josta syystä maakoesuunnitelmaa on päivitetty jatkuvasti uuden opitun ja koetun tiedon pohjalta. Alkuperäinen maakoesuunnitelma rakennettiin tehtaan maakoesuunnitelman pohjalta ja saadun koulutuksen perusteella. Testauksen aikana ilmenneiden ongelmien myötä koesuunnitelmaa pystyttiin päivittämään entistä tarkemmaksi ja kattavammaksi niin, että sillä on pystytty pureutumaan paremmin esiintyneisiin vikoihin [65].

7.2.2 Koelentovaihe vastaanoton toisessa vaiheessa

Koelennot suoritettiin koesuunnitelman EADS CASA C-295M Additional Acceptance Test Flight [66] mukaisesti. Koelentosuunnitelma rakennettiin mukaillen ensimmäisen vaiheen vastaanoton koelentoa ja sitä päivitettiin jatkuvasti uuden tiedon ja kokemuksen ja uusien testipisteiden puitteissa. On huomioitava, että tarkastukset suoritettiin kummallekin koneyksilölle erikseen lukuun ottamatta omasuojajärjestelmän puhtaasti ohjelmistollisia vikoja.

7.2.2.1 Tarkastukset ennen käynnistystä, käynnistys, rullaus ja lentoönlähtö

Tarkastukset tehtiin ohjekirjan mukaisten tarkastuslistojen mukaan (ml. omasuojajärjestelmä) lukuun ottamatta seuraavia poikkeuksia [66]:

1. Toisen moottorin sammutus omasuojajärjestelmä päälle kytkettynä tarkoituksena aiheuttaa hetkellinen virtapiikki ja täten tarkastaa, että omasuojajärjestelmä ei resetoidu tai jumiudu.
2. Hydraulipumppujen käyttö maassa omasuojajärjestelmä päälle kytkettynä tarkoituksena tarkastaa, että omasuojajärjestelmä palautuu normaalitilaan pumppujen käytön jälkeen.

7.2.2.2 Nousu korkeudelle 25000 ft STD ja kokeet määräkorkeudessa

Nousu suoritettiin puhtaasti suoritusarvonousuna määräkorkeuteen tarkoituksena nousta lähelle lakikorkeutta ja näin altistaa omasuojajärjestelmä paineen ja lämpötilan vaihteluille.

Määräkorkeudessa 25000 ft STD suoritettiin vaakalentosuoritusarvokoepiste erikseen määritetyillä moottoriarvoilla, koska omasuojajärjestelmän asennukset koneiden runkoon lisäsivät vastuserrointa. Tämän lisäksi tarkastettiin, että VIRVE ja TADIRAN antenniasennukset toimivat, eikä lähetys tai vastaanotto aiheuttanut muihin järjestelmiin häiriöitä. [66]

7.2.2.3 Liuku korkeudelle 15000 ft STD ja kokeet määräkorkeudessa

Liuku suoritettiin suurimmalla sallitulla rakenteellisella ilmanopeudella eli V_{NE} -nopeudella tarkoituksena tarkastaa, ettei omasuojajärjestelmän laiteasennukset koneen runkorakenteissa aiheuta ylimääräisiä värinöitä koneessa.

Määräkorkeudessa 15000 ft STD suoritettiin vaakalentosuoritusarvokoepiste erikseen määritellyillä moottoriarvoilla, koska omasuojajärjestelmän asennukset koneiden runkoon lisäsivät vastuserrointa.. Tämän lisäksi tehtiin sakkauksia useassa eri lentoasussa. Sakkausten tarkoituksena oli tarkastaa, että omasuojajärjestelmän laiteasennukset koneen rungossa eivät ole muuttaneet sakkauksominaisuuksia peruskonetta huonommiksi. Toisaalta kaartosakkauksessa oli tarkoitus saada aikaan koneen rakenteissa voimakasta tärinää ja näin altistaa omasuojajärjestelmän johdotukset ja laitteet mekaanisen rasituksen alaiseksi. Tämä koepiste havaittiin erittäin hyödylliseksi erityisesti liian kireiden omasuojajärjestelmän johdotusten vuoksi. Toisaalta voimakkaan tärinän tarkoituksena oli altistaa ohjaamopanssarointilevyt voimakkaan mekaanisen rasituksen alaisiksi. Näin voitiin osaltaan tarkastaa panssarointilevyjen kiinnitysten pitävyys vaativissa olosuhteissa. [66]

7.2.2.4 Taktinen matalalento

Taktinen matalalentokoe suoritettiin kahdesta eri syystä. Ensimmäkin toisen radiokorkeusmittarin asennusten vuoksi, jolloin voitiin tarkastaa kummankin radiokorkeusmittarin itsenäinen toiminta. Toiseksi tarkoituksena oli lentää matalalla mahdollisimman turbulenttisissa olosuhteissa, jotta koneeseen saatiin mekaanista tärinää ja näin altistettiin omasuoja-asennukset johdotuksineen ja ohjaamopanssarointi kiinnityksineen rasitustestiin. [66]

7.2.2.5 P-RNAV reitti ja ILS CATII -lähestyminen sekä lasku ja sammutus

Tarkkuusaluenavigointireitin (P-RNAV Route) lentämisellä tarkastettiin koneen navigointijärjestelmän oikea toiminnallisuus lennettäessä lähestymisalueella reittinavigointia. Instrument landing system ILS kategoria II (ILS CAT II) mukaiset lähestymiset lennettiin CAT II kyvyn asennusten vuoksi. Toisella koneyksilöistä lennettiin yhdessä tehtaan edustajien kanssa teh-

taan sertifiointilento ja toisella koneella lennettiin visuaaliolosuhteissa simuloitu CAT II mitarilähestyminen. Tarkoituksena oli tarkastaa asennetun CAT II –kyvyn toimivuus.

Laskuja suunniteltiin tehtävän kaksi kappaletta yhdellä koelennolla siten, että ensimmäinen lasku suoritettiin läpilaskuna suurimmalla mahdollisella hyväksytyllä vajoamisnopeudella edelleen mekaanisen rasituksen aikaansaamiseksi pysyen taaskin lentoalueen sisällä. Toinen lasku suoritettiin maksimijarrutuksella yhtä lailla mekaanisen rasituksen aikaansaamiseksi erityisesti ohjaamopanssaroinnin nokkakartioon asennettavalle panssarointilevyille.

Rullaus ja sammutus suoritettiin kuten ensimmäisen vaiheen lennoilla tarkkaillen erityisesti omasuojajärjestelmän tuottamia indikaatioita. [66]

7.2.2.6 Omasuojajärjestelmän kokeet ilmassa

Omasuojajärjestelmäkokeet ilmassa suoritettiin useassa eri vaiheessa aina uudelleen päivitetyn koesuunnitelman mukaisesti. Kokeita suoritettiin Sevillassa, Zaragozassa, Valenciassa ja Hallissa Suomessa. Toisen vaiheen vastaanoton suurimmat ongelmat koskivat nimenomaan omasuojajärjestelmää, josta syystä lennon sisältöä on muutettu jatkuvasti entistä tarkemmaksi sitä mukaa kun ongelmia esiintyi ja koelentomiehistö oppi lisää järjestelmästä sitä testatessaan. [65]

Ensimmäinen suunniteltu lentokoe omasuojajärjestelmälle sisälsi esiintyvien tutkalähetteiden havaitsemista tutkavaroitinella. Tämän lisäksi maakoevaiheessa käytettyjä testilaitteita pyrittiin hyödyntämään siten, että koekoneilla lennettiin matalalta koneiden seisonta-alueen yläpuolelta samalla kun sekä Hydra –laserasetta ja Baringa UV –lamppua käytettiin saamaan aikaan laservaritus ja ohjusvaritus. Koejärjestely oli epäonnistunut laservaroitin ja ohjusvaroitin kannalta, koska varoituksia ei saatu ilmestymään testilaitteiden heikon kantaman vuoksi. Tässä vaiheessa omasuojajärjestelmän soihujen ja silppujen laukaisemista ilmassa ei vielä harkittu koejärjestelyjen hankaluuden vuoksi. [65]

Omasuojajärjestelmässä esiintyneiden ongelmien vuoksi EADS CASA halusi suorittaa tehtaan oman tuotantokoelennon vastaanottoryhmän koelentojen viivästyessä. Tehdas pyysi Suomalaista lentomiehistöä osallistumaan lennolle ongelmien selvittämiseksi. [65] Lennolla pyrittiin saamaan esiin samoja ongelmia mitä Suomalainen vastaanottomiehistö oli raportoinut.

Vakavien vikojen esiintyessä omasuojajärjestelmän ohjelmistossa ja komponenteissa päädyttiin rakentamaan koejärjestely, jossa Espanjan Ilmavoimien koelentokeskusta (CLAEX) pyydettiin tukemaan toimintaa [67]. Käydyn kirjeenvaihdon ja neuvottelujen jälkeen Espanjan ilmavoimat päättivät tukea toimintaa järjestämällä molemmille koneyksilöille mahdollisuuden käydä Zaragozassa sijaitsevalla elektronisen sodankäynnin koeradalla (test range), johon oli järjestetty maasijoitteinen tutka (SPADA radar) tutkavaroitinta vastaan, ultraviolettialueen ilmaisins (Mallina ultraviolet signal generator) ohjusvaroitinta vastaan, sekä maasijoitteinen laserase laservaroitinta vastaan. [66] Espanjan ilmavoimat piti salassa järjestelmien taajuudet ja ominaisuudet, josta syystä uhkakirjasto (UDF) tehtiin EADS CASA:n toimesta Espanjan ilmavoimien tuottaman tiedon perusteella. Koejärjestely oli erittäin onnistunut. Näiden lentojen jälkeen molemmat koneyksilöt pystyttiin vastaanottamaan jäljelle jääneiden huomautuksien Suomen ilmavoimien käyttöön niin sanotussa interim-operointi konfiguraatiossa [68][69].

Seuraava koejärjestely vikojen ja ongelmien jatkuessa tehtiin Suomessa Koelentokeskuksessa koneiden ollessa siis jo Suomessa ns. interim-operoinnissa. Tehtaan edustajat saapuivat Suomeen ja osallistuivat koelennolle ja maakoekaisiin. Koejärjestely rakennettiin niin, että Suomen ilmavoimien HN-kone valaisi tutkallaan koekonetta eri moodeilla ja näin saatiin tutkavaroitimelle syötteitä. Samaan koejärjestelyyn yhdistettiin ALE-47 omasuojaheittimen kokeet ja laservaroitimen kokeet. Laservaroitinta testattiin Suomen puolustusvoimien käytössä olevaa Simrad LP7 SF –laseretäisyysmittaria vastaan onnistuneesti. [66]

Ongelmien edelleen esiintyessä seuraava koejärjestely rakennettiin niin, että Espanjan ilmavoimien F-18A –hävittäjä valaisi tutkalla koekonetta. Koelento suoritettiin koneen huollon yhteydessä Valencian edustalla merialueella Espanjassa. Tässäkin kohtaa Espanjan ilmavoimat tukivat toimintaa käydyn kirjeenvaihdon [70][71] ja neuvottelujen jälkeen. Uhkakirjaston tuotti tälläkin kertaa EADS CASA espanjan ilmavoimien antamien tietojen perusteella. Koelennolla testattiin myös ALE-47 omasuojaheitintä. [66][72]

Seuraava koejärjestely tehtiin Hallissa Koelentokeskuksen harjoitusalueilla. Koelennolla tutkavaroitinta vastaan käytettiin edelleen HN-konetta ja laservaroitinta vastaan käytettiin Simrad –laseretäisyysmittaria. Lisäksi omasuojaheitteitä käytettiin kyseisellä koelennolla. Uhkakirjasto tehtiin Suomessa Ilmavoimien evästyslaboratorion toimesta. [66][73]

Viimeinen koejärjestely tehtiin myös Hallissa. Tällä kertaa tehtaan toiveen mukaisesti koejärjestelyihin otettiin mukaan myös maasijoitteinen tutka (BUK) jonka tutka lähetti signaaleja tutkavaroitinille. Muutoin koelento toteutettiin kuten edellisellä kerralla. [66]

7.3 Kuinka suuri osuus teknisillä tutkimusmenetelmillä ja -tekniikoilla oli koko vastaanottoryhmien suorittamassa kaksivaiheisessa vastaanotossa

Kuten evaluaatiovaiheessakin, niin yhtenä mielenkiintoisena asiakokonaisuutena TX-projektin tutkimuksen kannalta on se, että kuinka suuri osuus oli teknisillä tutkimusmenetelmillä ja –tekniikoilla vastaanottoryhmien suorittamassa kaksivaiheisessa vastaanotossa. Tämän kysymyksen perusteella voidaan arvioida teknisten tutkimusmenetelmien vaikuttavuutta kokonaisuuden kannalta.

Tutkimalla TX-projektin vastaanottoryhmien koesuunnitelmia, vikaraportteja ja lausuntoja [62][63][66][74][75]havaitaan, että prosentuaalisesti tekniset tutkimusmenetelmät ovat hallitsevassa asemassa. Kaikki maakokeet ja suurin osa lentokokeista on täysin teknisiä tutkimusmenetelmiä. Teknisten tutkimusmenetelmien osuus on lähes 100 prosenttia. Vain muutamia laadullisia arviointeja on tehty koelunnoilla. Nämä arvioinnit ovat liittyneet koneen käsiteltävyyteen ja lento-ominaisuuksiin, sekä avioniikkajärjestelmän käytettävyyteen tarkkuusaluenavigoinnissa ja mittarilähestymisissä.

On helppo ymmärtää, miksi tekniset tutkimusmenetelmät ovat hallitsevassa osassa vastaanottovaiheessa. Tämä johtuu luonnollisesti siitä, että vastaanotoissa koneita ja niiden ominaisuuksia verrataan olemassa olevaan dokumentaatioon kuten koneen piirustuksiin ja manuaaleihin. Tätä vertailua ei voi tehdä laadullisesti, josta syystä tekniset tutkimusmenetelmät ovat lähes ainoa tapa tuoda esiin esiintyviä ongelmia, vikoja ja puutteita.

7.4 TX-projektin vastaanotoissa käytettyjen teknisten tutkimusmenetelmien soveltuvuus ja tarpeellisuus

Käytetyt tekniset tutkimusmenetelmät soveltuivat hyvin TX-projektin kenttäkokeena suoritettavaan vastaanottoon. Koelennoilla käytettiin vakioituja ja kansainvälisesti hyväksytyjä koemenetelmiä standardikokeissa kuten esimerkiksi vaakalentosuoritusarvot, noususuoritusarvot ja sakkauskokeet. Toisen vaiheen vastaanotoissa koemenetelmät jouduttiin rakentamaan erikseen omasuojajärjestelmätestauksia varten. Näissäkin koemenetelmissä on nojaututtu kansainvälisten järjestelmäkoelentojen oppaiden periaatteisiin [76]. Vakioiduilla menetelmillä lentokoneen ominaisuuksia tutkimalla voidaan vertailut suorittaa vastaanottovaiheessa valmistajan dokumentaatiota vastaan aukottomasti.

TX-projektissa käytettyjen teknisten tutkimusmenetelmien tarpeellisuus ja koelentotyön tehokkuus vastaanottovaiheessa voidaan osoittaa aukottomasti. Ensimmäisen vaiheen vastaanotossa vastaanottoryhmä löysi vikoja seuraavasti [77][78]:

CC-1

- 92 kappaletta 10 pisteen vikoja
- 284 kappaletta 3 pisteen vikoja
- 207 kappaletta 1 pisteen vikoja

CC-2

- 1 kappale 100 pisteen vikoja
- 148 kappaletta 10 pisteen vikoja
- 366 kappaletta 3 pisteen vikoja
- 138 kappaletta 1 pisteen vikoja

Vikoja löydettiin siis yhteensä 583 kappaletta CC-1 koneesta ja 653 CC-2 koneesta. Lisäksi on huomioitava vastaanoton johtajan lausunto, jossa hän toteaa, että vastaanoton alkaessa kumpikaan kone ei ollut luovutusvalmis (tehdas työskenteli viimeistelyjen parissa asiakastarkastusten lomassa). Poikkeamakorjaukset olivat usein puutteelliset tai olemattomat, jolloin työ oli jatkuvaa uudelleentarkastusta, eikä siinä ollut mahdollista edetä palattaessa kerta toisensa jälkeen samaan pisteeseen. [64]

Toisen vaiheen vastaanotossa vastaanottoryhmä löysi vikoja seuraavasti [74][75]:

CC-1

- 52 kappaletta 10 pisteen vikoja
- 141 kappaletta 3 pisteen vikoja

CC-2

- 14 kappaletta 10 pisteen vikoja
- 97 kappaletta 3 pisteen vikoja

Uusia vikoja löydettiin siis yhteensä 193 kappaletta CC-1 koneesta ja 111 CC-2 koneesta. Merkittävimmät viat löytyivät omasuojajärjestelmästä ja ohjaamopanssaroinnin sovituksista. Luonnollisesti lukuisia vikoja esiintyi koneen maalauksessa, niittauksissa, luukuissa ja muissa rakenteissa. Nämä viat olivat kuitenkin nopeasti korjattavissa, eivätkä ne viivästyttäneet vastaanottoa merkittävästi. Omasuojajärjestelmän viat ja ongelmat sen sijaan viivästyttivät vastaanottoa merkittävästi – vastaanotto venyi kokonaisuudessaan yli kaksivuotiseksi projektiksi. Tehdas joutui tekemään omasuojajärjestelmään maa- ja lentokokeiden perusteella yhteensä 28 ohjelmistomuutosta tutkavaroitin ohjelmistoon vastaanoton aikana. Näistä 28:sta muutoksesta 26 ohjelmistoversiota rekisteröitiin omaksi ohjelmistonumerokseen. Tämän lisäksi tehtiin yksi laservaroittimen ohjelmistoversion muutos ja lukuisia komponenttien ja sensorien vaihtoja. [65]

Ilman vastaanottoja ja niissä käytettyjä tutkimusmenetelmiä nämä lukuisat viat olisivat jääneet huomaamatta ja korjaamatta. Tällöin viat olisivat tulleet vastaan heti koneilla operoinnin alettua ja korjaukset olisi pitänyt suorittaa takuutyönä jälkimarkkinoinnin kautta hoidettuna. Viat tulivat korjatuksi nopeasti lukuun ottamatta omasuojajärjestelmää jo tehtaalla alkuvaiheessa ja näin ollen ne eivät päässeet operaattorin murheeksi asti. Toisaalta on huomioitava, että omasuojajärjestelmä oli vastaanottoon tullessaan täysin kehitysvaiheessa tehtaalla C-295M pääinsinöörin antaman lausunnon mukaan [27]. Ilman vaadittuja korjauksia jo evaluaatiovaiheessa painotettu omasuojan tärkeys lennettäessä kriisialueilla olisi jäänyt toteutumatta. Omasuojan osalta vastaanottoa voidaan pitää erittäin onnistuneena kehitystyönä joka saatiin hoidettua valmistajatehtaan kustannuksin ilman, että toimimaton tuote olisi päässyt Suomen ilmavoimien käyttöön.

Kokonaisuutena arvioiden koelentotutkimus vastaanottovaiheessa tehtiin oikein tehokkuus ja tutkimuksen laatu huomioiden. Toiminta on ollut erittäin tehokasta erityisesti löydettyjen vikojen osalta. Tutkimuksen laatu on ollut kansainvälisellä tasolla erittäin korkeaa luokkaa. Vastaanottoryhmä on käytännössä joutunut tilanteeseen, jossa se on joutunut olemaan kehittämässä omasuojajärjestelmää yhdessä tehtaan edustajien kanssa. Osaltaan tehdyn työn laadusta kertoo se, että tehdas halusi Suomalaisen miehistön osallistuvan tehtaan omalle omasuojajärjestelmän tuotantokoelennolle. Yhtä lailla laadusta kertoo se, että lopulta omasuojajärjestelmä saatiin hyväksytysti käyttöön semmoisessa toimintakunnossa, että koelentoryhmä pystyi vakuuttumaan sen oikeellisesta toiminnallisuudesta vaativissakin kriisiajan olosuhteissa [65].

Myös suoritusarvojen mittaaminen muuttuneen vastuskertoimen johdosta osoittaa tutkimuksen olleen laadukasta. Tämän lisäksi koneen mekaaninen täristäminen sakkauksissa ja matalalennossa osoitti hyvää kekseliäisyyttä koelentoryhmältä, koska tämän ansiosta liian kireät koneen johdotukset saatiin esiin niiden katkeillessa koelentojen aikana [74][75]. Tämä keino oli tehokas, koska muutoin ei näitä vikoja olisi koneista löydetty.

7.5 Koelentotoiminnan vaikuttavuus vastaanottovaiheessa

Vaikuttavuuden arvioinnissa tulee ensin arvioida organisaatiolle asetettujen tehtävien arviointia – eli tehtiinkö oikeita asioita hankkeen kannalta. Käytetyn lähdemateriaalin [28][29][32][44][76] mukaan suoritettussa kaksivaiheisessa vastaanotossa on tehty teorian ja hyvän käytännön mukaisia oikeita kokeita ja mittauksia vikojen ja poikkeamien löytämiseksi, sekä omasuojajärjestelmän ominaisuuksien selvittämiseksi. Tarkoituksena vastaanotoilla oli hyväksyä koneet ilmavoimien palvelukseen, josta syystä vastaanotot suoritettiin [57]. Tällöin kattava vastaanotto on ollut organisaatiolle asetettujen tehtävien mukaista. Koelentokeskuksen työjärjestyksen ja hankepäällikön antamien tehtävien mukaisesti Koelentokeskus on suorittanut organisatorisesti sille kuuluvat tehtävät kansainvälisesti hyväksytyjen koelento-oppaiden sekä hyvien käytäntöjen mukaisesti.

Toisaalta vaikuttavuutta voidaan kuvata kyvyllä saada aikaan haluttuja vaikutuksia koneiden toimivuutta ja tehtäväkelpoisuutta ajatellen. Löytämällä ja raportoimalla havaitut viat, sekä valvomalla että viat ovat tulleet korjatuksi, on saatu suora vaikutus koneiden toimivuuteen ja tehtäväkelpoisuuteen. Ilman vikojen korjaamista molemmat koneyksilöt olisivat päätyneet

useiden satojen vikojen kanssa lentopalvelukseen. On huomattava, että osa vioista oli tehtäväkelpoisuuden kannalta erittäin vakavia vikoja, jolla olisi ollut suora yhteys lentokoneiden käytettävyyteen lentopalveluksessa. Edellisistä faktoista voidaan vetää johtopäätös, että vastaanottoryhmien tutkimuksella on ollut merkittävä vaikutus koneiden toimivuutta ja tehtäväkelpoisuutta ajatellen.

Kolmanneksi vaikuttavuuden arvioinnissa tulee arvioida tuloksellisuusprisman mukaisesti yhteiskunnallista vaikuttavuutta. Koelentoryhmän työ vaikutti vastaanotoissa yhteiskunnallisesti lähinnä taloudellisesti. Taloudellisuuden näkökulma käsitellään seuraavassa kappaleessa.

7.6 Koelentotoiminnan taloudellisuus vastaanottovaiheessa

Koelentotoiminnan taloudellisuus tuloksellisuuden mittarina selvittää toiminnan aiheutuneet kulut ja siitä saavutetut hyödyt taloudellisesti ajateltuna. Toiminta on ollut vastikkeetonta ja Koelentokeskuksen työjärjestyksen mukaista, mutta on oleellista pystyä osoittamaan ovatko toiminnasta aiheutuneet kustannukset taloudellisuuden näkökulmasta oikeassa suhteessa asetettuihin vaatimuksiin.

Vastaanottoryhmän matkat Espanjaan vastaanoton ensimmäisessä vaiheessa vuosina 2006 ja 2007 kestivät noin kolme kuukautta. Matkoille osallistui vaihtelevasti yhteensä 6 henkilöä joiden matkakustannukset kokonaisuudessaan olivat noin 125000 €. Kustannukset muodostuvat lentolipuista, päivärahoista ja hotellimajoituksesta. [27]

Vastaanottoryhmän matkat Espanjaan vastaanoton toisessa vaiheessa vuosina 2007, 2008 ja 2009 kestivät yhteensä noin viisi kuukautta. Matkoille osallistui vaihtelevasti yhteensä 6 henkilöä joiden matkakustannukset kokonaisuudessaan olivat noin 175000 €. Kustannukset muodostuvat lentolipuista, päivärahoista ja hotellimajoituksesta sekä paikalliskuluista. [27]

Vastaanottovaiheessa koneen lennättäminen kuuluu lentokonetehtaalle koneen vielä ollessa tehtaan kirjoilla. Tästä johtuen lentotunnit ja saatu lentokonekohtainen koulutus tehtaalla olivat maksuttomia, joten niistä ei koitunut lainkaan kustannuksia ilmavoimille. Osittaisen vastaanoton jälkeen toisessa vaiheessa koneiden ollessa jo Suomen ilmavoimien kirjoilla lennettiin yhteensä viisi koelentoa lentoajan ollessa noin 10 tuntia [65]. Tästä minimivalmistearvon

lentotunnilta ollessa noin 2800 € syntyi ilmavoimille laskennallisesti kustannuksia noin 28 000 €.

Espanjan ilmavoimien tuki F-18A –koneen valaistessa tutkavaroitinta Valencian edustalla laskutettiin Ilmavoimilta. Tämä kustannus oli 19 890,10 € [71]. Muu tuki kuten Zaragozan koejärjestelyt olivat ilmaista, eikä niistä syntynyt lainkaan kustannuksia Ilmavoimille.

Kokeiden suunnittelu, toteutus ja raportointi vei aikaa yhteensä useita kuukausia kummassakin vastaanoton vaiheessa projektiin osallistuneilta henkilöiltä. Lisäksi matkojen aikana syntyi paljon haitta- ja ylityökorvauksia. Tästä johtuen kustannuksia on syntynyt henkilöiden palkan muodossa. On erittäin vaikeaa arvioida syntynyttä kustannusta kokonaisuutena, koska vastaanottovaiheen töitä ja työpanoksia projektiin ei ole tilastoitu. Kustannukset lienevät kuitenkin alle 250 000 € joka tapauksessa. Tämä kustannus olisi tosin syntynyt ilman TX-projektiakin, mutta tällöin työpanos olisi voitu suunnata toisaalle ja muihin projekteihin.

Kokonaisuutena vastaanottovaiheen kustannukset olivat siis noin 600 000 € sisältäen projektiin osallistuneiden henkilöiden palkkakulut. Jos palkkakustannukset jätetään huomioimatta, niin tällöin välittömät kustannukset olivat noin 350 000 €.

Taloudellista aspektia laskettaessa on otettava huomioon myös se, että vastaanottojen aikana löydetty viivästyttivät koneiden toimituksia kummassakin vaiheessa useita viikkoja. Näistä syntyneet sakkokustannukset sopimuksen [9] mukaisesti olivat 0,5 % viikossa per kone koneiden kauppahinnasta noin 40 000 000 €. On huomiotava, että koneiden kauppahinta on eri kuin koko projektin kauppahinta, joka sisälsi mm. varaosia ja koulutusta sekä ylläpitoa. Ensimmäisessä vastaanottovaiheessa tehtaalle tuli sakkomaksuja yhteensä 1% ja toisessa vaiheessa 6 % [27]. Tämä yhteenlaskettu 7 % koneiden kauppahinnasta on noin 2 800 000 €. Koneiden myöhästymisen aiheuttamalle viivästykselle on vaikeaa arvioida taloudellista vaikutusta. Alun perin hankintasopimuksessa koneiden toimitukset piti tapahtua vasta loppuvuonna 2007, joten ensimmäisen vaiheen myöhästymisen ei ainakaan ole aiheuttanut ilmavoimille välittömiä kustannuksia. Toisen vaiheen myöhästymiselle ei myöskään voida päätellä taloudellista hintaa vaikutusten rajoituksessa vain operoinnin aloituksen viivästymiseen.

Myös omasuojajärjestelmän ohjelmistot voidaan hinnoitella. Jos jälkikäteen koneiden vastaanoton jälkeen Suomen ilmavoimat olisi vaatinut ohjelmistokorjauksia omasuojajärjestelmään, niin silloin nämä kustannukset olisi pitänyt maksaa tehtaalle, jotta se olisi kehittänyt ohjelmistoa asiakkaan toiveiden mukaisesti. Osa korjauksista olisi saattanut olla neuvoteltavissa takuun piiriin, mutta vastaanotossa parannettiin ohjelmistoa myös niin, että osa korjauksista ei todennäköisesti olisi mennyt takuuseen sopimusta [9] tulkittaessa. Yhden omasuojajärjestelmän ohjelmiston kehittämisen hinnaksi EADS CASA (nykyinen AIRBUS MILITARY) arvioi vähintään noin 20 000 €. Vastaanoton yhteydessä tehdas tuotti löydettyjen vikojen vuoksi yhteensä 28 uutta ohjelmistoversiota tutkavaroitteeseen ja yhden uuden ohjelmistoversion laservaroitteeseen. Edellä mainittujen korjausten rahallinen arvo on siis vähintään 560 000 €. Arvion mukaan vähintään kymmenen korjausta olisi pitänyt maksaa Ilmavoimien puolesta, joten lisäkustannus olisi ollut tässä tapauksessa vähintään 200 000 €.

Kokonaisuutena vastaanottojen vuoksi taloudellisesti saatua hyötyä Ilmavoimille on aiheutunut edelliset huomioon ottaen vähintään noin 2 650 000 €. Tämän lisäksi vastaanottojen yhteydessä molemmat koneyksilöt saatiin toimiviksi ja tehtäväkelpoisiksi. Yhteiskunnallista vaikuttavuutta on helppo perustella tämän taloudellisen aspektin sekä koneiden tehtäväkelpoisuuden kautta. Suomen valtio on hyötynyt taloudellisesti merkittävän summan siitä syystä, että vastaanotot tehtiin. Ja tämän lisäksi koneiden laatuvaatimukset ja tehtäväkelpoisuus täyttyivät, jolloin koneet pystyivät aloittamaan operoinnin mitä varten ne oli hankittu.

7.7 Koelentokoulutuksen ylläpito ja kehittäminen vastaanottovaiheen kannalta

Tuloksellisuusprisman henkisten voimavarojen hallinta ja kehittäminen liittyy oleellisesti koelentokoulutuksen järjestelyihin tuloksellisuuden yhtenä osa-alueena. TX-hankkeen kannalta koulutus liittyy olennaisesti kaikkiin kolmeen muuhun tuloksellisuuden osa-alueeseen, koska ilman koelentokoulutusta ei vastaanottoja olisi pystytty hoitamaan kansainvälisten koelentostandardien mukaisesti. Tällöin vastaanotton lentovaihe ja koelentomiestien maakoelentovaihe olisi joko jäänyt tekemättä tai se olisi tehty ilman osaavia henkilöitä, jolloin tulokset olisivat vähintäänkin olleet enemmän laadulliseen arviointiin perustuvia samalla tavalla kuin evaluaatiovaiheessa.

Koelentokurssilla numero 10, joka järjestettiin Hallissa vuosien 2003-2004 aikana ei opetettu vastaanottojen suorittamista lainkaan. Tässä vaiheessa oli myös tiedossa, että kuljetuskone-evaluaatio on tulossa eteen nopeasti koelentokurssin jälkeen. Kurssilla opetettiin erityisesti evaluaatioita ulkomaisissa olosuhteissa, mutta vastaanottojen ja niihin liittyvien seikkojen opetusta ei tähän pakettiin sisältynyt. Myöskään koelentokurssilla numero 9 tätä opetusta ei järjestetty.

Vastaanoton aikana koelentokoulutusta ei kehitetty. Mitään dokumentaatiota ei löydy mistä voisi todeta vastaanottojen hyvät ja huonot puolet ja kehitettävät asiat tulevan koelentokoulutuksen kannalta. Tämä on selkeä puute ja se tulisi korjata tulevaisuuden projekteissa kuntoon niin, että Suomalaisessa koelentokoulutuksessa voitaisiin ottaa järjestelmällisesti huomioon erityyppisten isojen koelentoprojektien opit koulutuksen kehittämisen näkökulmasta.

8 Yhteenveto ja johtopäätökset

Ilmavoimien kevyt kuljetuskoneprojekti – eli TX –projekti – on ollut laajuudessaan mittava projekti Koelentokeskuksen kannalta. Työ projektin osalta alkoi jo keväällä 2005, jolloin varsinainen koesuunnitteluvaihe toteutettiin kohdemaassa tapahtuvia evaluaatioita varten. Evaluaatiolennot suoritettiin kesän ja syksyn aikana 2005 Espanjassa ja Italiassa kahdelle kone-ehdokkalle, jotka olivat espanjalainen EADS CASA C-295M ja italialainen Alenia Aeronautica C-27J Spartan.

Tulokset kohdemaissa tapahtuneista evaluaatioista raportoitiin loppuvuonna 2005 projekti-päällikölle insinöörimajuri Kari Korhoselle. Tulosten valmistuttua aloitettiin päällekkäin talvievaluaatioiden suunnittelu. Talvievaluaatiot toteutettiin Suomessa alkutalvesta 2006 molemmille kone-ehdokkaille. Talvielvaluaation tulokset yhdistettiin loppuraportteihin ja tämän jälkeen laadittiin vielä yhdistelmäraportti projektin johdon käyttöön.

Valituksi tuli espanjalainen C-295M –lentokone. Puolustusministeri allekirjoitti hankintapäätöksen 4.5.2006, jonka jälkeen hankintasopimus allekirjoitettiin 12.5.2006 EADS CASAn ja Suomen ilmavoimien välillä. Yhteensä kaksi konetta hankittiin ja samalla sovittiin kuuden koneen optiosta.

Lentokonetoimitukset sovittiin niin, että ensimmäinen koneen piti tulla vastaanottoon marraskuussa 2006 ja toisen koneen piti tulla vastaanottoon joulukuussa 2006. Ilmavoimat sopi EADS CASAn kanssa niin, että koneet tulevat vastaanottoon perusvarustuksessa tarkoituksena vastaanottaa kummatkin koneet peruslentokoulutusta varten. [80] Koneet myöhästyivät tuotantolinjalla niin, että ensimmäinen kone tuli vastaanottoon joulukuun puolivälissä 2006 ja toinen kone tammikuun puolivälissä 2007. Ensimmäisen vaiheen vastaanotossa vastaanotto-ryhmä löysi useita satoja vikoja kummastakin koneesta. Vikojen korjaaminen edelleen myöhästytti koneiden vastaanottoa ja näin ollen ensimmäinen kone vastaanotettiin koulutuskäyttöön 17.1.2007 ja toinen kone vastaanotettiin koulutuskäyttöön 28.2.2007.

Koneilla suoritettiin peruslentokoulutusta lentomiehistöille kevään ja alkukesän 2007 aikana. Tämän jälkeen molemmat koneet siirtolennettiin takaisin EADS CASAn tehtaalle Sevillaan, Espanjaan toisen vaiheen modifikaatioita ja laiteasennuksia varten. Tämän lisäksi kumpaankin koneeseen tilattiin määräaikaishuollot ja operoinnin aikana syntyneet vikakorjaukset.

Toisen vaiheen vastaanotto alkoi Sevillassa lokakuun puolivälissä 2007. Tarkoituksena oli vastaanottaa koneet lopullisessa toimituskonfiguraatiossa FI-02, joka sisälsi koneen omasuoja-järjestelmän (tutkavaroitin, ohjusvaroitin, laservaroitin ja omasuojaheitin) sekä ohjaamopanssaroinnin lisäksi lukuisia muita ominaisuuksia, joita perusvarustuksessa ei ollut vastaanotettu. Edelleen lukuisat löydetyt viat erityisesti omasuojan ja ohjaamopanssaroinnin osalta viivästyttivät vastaanottoa merkittävästi. Molemmat koneet vastaanotettiin huomautuksin helmikuun lopulla 2008 ja ne siirtolennettiin Suomeen Ilmavoimien vuosipäiväksi.

Vastaanotto jatkui jäljelle jääneiden omasuojajärjestelmän vikojen vuoksi. Useita eri väyläohjaimena toimivan tutkavaroitin ohjelmistoversioita kokeiltiin maakokeissa ja lentokokeissa vielä osittaisen vastaanoton jälkeenkin. Viimeisin vastaanoton koelento suoritettiin hyväksytysti läpi 20. lokakuuta 2009 ja sen jälkeen molemmat koneet vastaanotettiin lopullisesti marraskuussa 2009 allekirjoittamalla vastaanottodokumentit yhdessä tehtaan edustajien kanssa. [65]

Koelentotoiminnan tuloksellisuusarvioinnissa evaluaatiovaiheessa todettiin, että koelentotoiminnan vaikuttavuus oli suuri hankintapäätöstä ajatellen. Toiminnan laatu ja tehokkuus todettiin myös hyväksi. Lisäksi taloudellista aspektia ajatellessa rahallinen panostus ei ollut merkittävä lopputulosta ajatellen. Voitiin jopa todeta, että koelentotoiminta saattoi vaikuttaa merkittävästi taloudellisia resursseja säästävästi, koska edullisempi, mutta Suomen ilmavoimien käyttöön paremmin soveltuva konetyyppi tuli valituksi.

Koelentotoiminnan tuloksellisuusarvioinnissa vastaanottovaiheessa todettiin, että koelentotoiminnan laatu ja tehokkuus olivat erittäin hyvää luokkaa. Lisäksi tutkimuksella havaittiin oleen merkittävä vaikutus koneiden toimivuutta ja tehtäväkelpoisuutta ajatellen. Vastaanottovaiheen taloudellisuusaspekti on erittäin mairitteleva Koelentokeskuksen vastaanottoryhmien kannalta. Toimintaan uhratut kustannukset ovat vain noin reilu 10 prosenttia siitä taloudellisesta hyödyistä joka vastaanottotyöllä saatiin aikaan. Tämä taloudellinen hyöty oli noin 3 000 000 €. Se on kokonaishankintahinnasta lähes 7prosenttia.

Koelentokoulutuksen ylläpidon ja kehittämisen kannalta toiminta evaluaatiovaiheessa oli hieman tuloksellisempaa kuin vastaanottovaiheessa. Organisatorisesti koelentokoulutus kuuluu Koelentokeskukselle vaikka Suomalaisia kursseja järjestetäänkin todella harvoin. Edellinen kurssi pidettiin vuosien 2003-2004 aikana ja sitä edellinen kurssi vuosien 1998-1999 aikana. Erityisesti koelentokoulutusta viimeksi pidettäessä osattiin katsoa tulevaisuuteen ja evaluaatioita monimootorikoneilla painotettiin koulutuksessa. Toisaalta taas vastaanottoja ja niiden erikoispiirteitä ei koulutettu lainkaan.

Koelentotoiminta oli kokonaisuutena arvioiden erittäin tuloksellista TX-projektissa. Määrittämieni tuloksellisuuden osa-alueiden mukaisesti toiminta oli pääsääntöisesti tehokasta ja laadukasta muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Lisäksi toiminnalla saavutettiin erittäin suuri vaikuttavuus sekä evaluaatiovaiheessa, että vastaanottovaiheissa. Lisäksi toiminta oli taloudellisesti erittäin kannattavaa, kuten olen sen osoittanut.

Nykyaikana ja erityisesti tulevaisuuden edelleen teknistyvässä sotatekniikan maailmassa on erittäin tärkeää, että hankkeisiin osallistuu koulutettu henkilöstö joka osaa evaluoida ja vastaanottaa uusia lentokoneita ja asejärjestelmiä. Erityisesti vastaanottovaiheen dokumentaation perusteella voidaan havaita, että Koelentokeskuksen organisaatioon kuuluvat koelento-osaston koelentohenkilöstö ja laadunvarmistus- ja lentokelpoisuusosaston tarkastajat ovat pystyneet osoittamaan ja löytämään lukuisia vikoja ja täten parantamaan tuotetta, joka tarjottiin vastaanottoon täysin vaillinaisena. Tämän tutkitun tapauksen perusteella voidaan siis todeta, että ilman koelentotoimintaa ja sen tuomaa osaamista erityisesti vastaanottovaiheessa operaattorille olisi tullut eteen täysin tehtäväkelvottomia koneita, joiden lukuisat – useat sadat – korjaamattomat viat olisivat työllistäneet käyttäjäorganisaatiota täysin turhaan. Tämän lisäksi evaluaation perusteella valittu tehtävään paremmin soveltuva kone olisi todennäköisesti saattanut jäädä valitsematta ja näin ollen Ilmavoimien käyttöön olisi tullut kalliimpi, mutta tehtävään huommin soveltuva kone.

Koelentokoulutuksen ylläpidon ja kehittämisen kannalta olisi erittäin tärkeää saada eri projekteissa opitut ja havaitut hyvät ja huonot asiat dokumentoitua. Nykyisellään koelentokeskuksen prosessit [35] eivät sisällä tätä aspektia. Koelentokeskuksen olisi hyvä päivittää nykyiset prosessinsa siten, että tämä tärkeä leassons learned –prosessi tulisi mukaan toiminnan kuvaukseen ja näin varmistuttaisiin siitä, että projekteissa opitut asiat eivät jää vain niin sanotun hiljaisen tiedon varaan.

Koelento-osaamista kannattaa edelleen kouluttaa ja koelentotoimintaa kannattaa edelleen jatkaa. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan havaita, että Koelentokeskuksen organisaatio on ollut toimiva, mutta sitä on täydennetty operaattorin edustajilla projektin eri vaiheissa. Tämä operaattorin edustajan näkemys on tuottanut projektille selvää lisäarvoa ja täten organisaatiota saattaisi olla hyödyllistä tarkastella operaattorin näkemyksen lisäämiseksi. Tämä on tosin jatkotutkimuksen aihe, koska se vaatii selkeästi eri koelentoprojektien tarkastelua kokonaisvaltaisesti. Mahdollisena organisaatiomuutoksena tuleva ”Ilmavoimien tutkimuskeskus”, joka yhdistäisi ilmeisesti Koelentokeskuksen ja Ilmataistelukeskuksen saattaisi olla nimenomaan operaattorin tuoman lisääntyvän näkemyksen kautta hyödyllistä tulevaisuuden projekteissa, mutta pelkästään tämän tutkimuksen valossa siitä saatavasta hyödystä ei voi aukottomasti varmistua.

Toisaalta laatu- ja lentokelpoisuusosaston tarkastajien panos sekä evaluaation, että vastaanottojen aikana on ollut erittäin hyödyllinen. Pelkästään koelentokoulutettu henkilöstö ei olisi pystynyt identifioimaan maatarkastajien löytämiä vikoja kattavasti. Nimenomaan tarkastajien tekninen osaaminen ja lentokoneiden rakenteiden ja tekniikan tuntemus oli merkittävässä osassa erityisesti vastaanottojen aikana. Toisaalta tarkastajat eivät olisi pystyneet suorittamaan koelentokoulutetun henkilöstön tekemiä maatestejä ja koelentoja. Tästä syystä sekä evaluaatioiden kokeet, että myös vastaanottojen aikaiset kokeet ovat olleet onnistunut kombinaatio maatarkastusten ja koelentojen osalta.

Onnistuneiden ja tehokkaiden projektien yhtenä onnistumisen edellytyksenä on pystyä suunnittelemaan koelennot ja maakoheet niin, että vain tärkeät ja merkittävät asiat mitataan niin, että mitään turhaa ja aikaa vievää koetoimintaa ei tehdä. Tutkimuksessa on voitu osoittaa se, että pelkästään data-analyysillä ei voida varmistua kone-ehdokkaiden toimivuudesta tai tehtävään soveltumisesta, koska valmistajien antama data saattaa olla merkittävästikin virheellistä eri syistä johtuen. Tästä syystä evaluaatiot on syytä suorittaa myös tulevaisuudessa siten, että koelutettu koelentohenkilöstö suunnittelee tekniset ja laadulliset mittaukset annettuun aikaan nähden mahdollisimman kattaviksi merkittävien lentorurvallisuuden, operatiiviseen suorituskykyyn ja käytettävyyteenkin liittyen. Pelkästään laadulliseen arvioon ja valmistajan antamaan dataan perustuvalla valinnalla ei pystytä varmistumaan aukottomasti kone-ehdokkaiden parimmuudesta tai ylipäätään soveltuvuudesta aiottuun tehtävään.

Toisaalta vastaanotoissa laadullisella arvioinnilla ei oikeastaan saavuteta mitään tuloksia. Vastaanotot tulee tulevaisuudessakin perustua tarkkaan ja suunniteltuun koesuunnitelmaan, jossa

koneen toimivuus testataan kattavasti hankintasopimusta ja koneen spesifikaatioita sekä pii-
rustuksia vastaan. Näin pystytään varmistamaan hankintasopimuksen ehtojen täyttymisestä ja
tällä voidaan taata se, että hankittu kalusto vastaa myös teknisesti kaikilta ominaisuuksiltaan
sitä mitä oli tilattu.

Ilmavoimien koelentokeskus organisaationa toimii länsimaiden koelentokoulujen oppien ja
opetusten perusteella. Tätä kulttuuria tai toimintatapamallia ei ole kaikissa ilmavoimissa maa-
ilmalla saatikka edes Euroopan mantereella. TX-projektin myötä saatu ammatillinen palaute ja
osaamisen taso tunnustettiin Espanjan ilmavoimien sekä valmistajatehtaan taholta erittäin
korkeatasoiseksi. Se on asia, josta Suomen ilmavoimat voi olla aidosti ylpeä. Toisaalta koe-
lentokoulutusta tulevaisuudessa järjestettäessä ei voida tuudittautua pitämään kurssuja saman-
laisina kun ne ovat aiemmin olleet. On pyrittävä löytämään koulutuksen kannalta oleelliset te-
kijät ja asiat jo organisatorisestikin, josta esimerkkinä toimii TX-projektin ns. hiljaisen tiedon
siirtämisen varmistaminen tuleville koelentosukupolville. Koelentotoiminnan prosessikuvauk-
seen on ehdottomasti liitettävä edellä mainittu ns. lessons learned –osaprosessi, jolla siis var-
mistetaan eri projekteissa saatujen oppien ja kokemusten siirtyminen organisaation käyttöön
tulevaisuuden koulutuksessa ja tulevaisuuden prosesseissa.

Nyky maailman kasvava trendi laatujärjestelmien mukaiseen toimintaan on tämän tapaustut-
kimuksen valossa arveluttavaa. Useiden satojen vikojen löytyminen tehtaan laatujärjestelmän
niitä huomaamatta heittää varjon kyseisten järjestelmien aukottomuuden päälle. Monesti olen
kuullut sanottavan, että koneet voitaisiin vastaanottaa tehtailta ilman koelentoja ja maakoeki-
tä, koska laatujärjestelmä takaa koneiden olevan kunnossa ja toimivia. Perusteena on monesti
ajan ja joskus perusteluissa jopa rahan säästö. Syitä ajan säästöön on usein löydettävissä len-
tosään ollessa huono tai tehtaan toimitusaikataulun näyttäessä ylittyvän. Tämän tutkimuksen
perusteella Ilmavoimien ei kannata edes harkita pelkästään laatujärjestelmiin luottamiseen, jos
halutaan varmistua siitä, että koneet toimivat niin kuin niiden pitäisi toimia – lentoturvallisesti
ja tehtävän mukaisesti vaativissakin taktisissa olosuhteissa.

Koelentokeskus on pyrkinyt tehtävänsä mukaisesti olemaan ensisijaisesti käyttäjän edustaja ja
käyttäjän asialla. Ensimmäinen ja johtava ajatus on nimenomaan ollut TX-projektissa se, että
koneet pystyvät tekemään juuri sen mihin ne on hankittu. Ja niiden pitää olla hankittu oikeelli-
seen ja virheettömään tietoon – eikä arvailuihin tahi spekulatioihin perustuen.

LÄHTEET

- [1] Esiupseerikurssi 59 tutkielma ”Ilmavoimien kevyen kuljetuskonehankkeen (TX-projekti) lentoevaluaatiossa käytetyt tekniset tutkimusmenetelmät”, kapt Tuure Lehtoranta, Toukokuu 2007.
- [2] Finnish Defence Contracts Bulletin, RFQ No. 05/804/2, 28.1.2005.
- [3] Finnish Air Force Flight Test Center Project Test Plan XX0805C, Date: 30 May 05, Revised: 21 Dec 05.
- [4] Finnish Air Force Flight Test Center Project Test Plan XX1105, Rev D, Date: 5 Sep 05, Revised: 21 Dec 05.
- [5] Ilmavoimien Koelentokeskuksen koeraportti XX0805, 17.2.2006.
- [6] Ilmavoimien Koelentokeskuksen koeraportti XX1105, 17.2.2006.
- [7] Ilmavoimien Koelentokeskuksen vertailuraportti ” C-295M JA C-27J –KONEIDEN SOVELTUVUUS SUOMEN ILMAVOIMIEN KULJETUSKONEEKSI”, 17.2.2006.
- [8] Puolustusministeriön esittely ”Kuljetuskonehankinta”, FI.PLM.12653 510/3010/2006, 4.6.2006.
- [9] Contract number 4500222393 Finnish Air Force HQ – EADS CASA.
- [10] Ilmavoimien koelentokeskuksen maakoosuunnitelma EADS CASA C-295M Ground Test, Final version 11.1.2007.
- [11] Ilmavoimien koelentokeskuksen koesuunnitelma EADS CASA C-295M Acceptance Flight Test, Rev B 11.1.2007.
- [12] ILMAVE ak CF19863, 12.11.2009.

- [13] Ilmavoimien koelentokeskuksen maakoosuunnitelma EADS CASA C-295M Additional Ground Crew Test, 23.10.2007.
- [14] Ilmavoimien koelentokeskuksen koosuunnitelma EADS CASA C-295M Additional Acceptance Test Flight IAW NT- 5-FTT-07019, ALR-400_Test_Plan_F-18.doc and Test DAS FI02 Flight Test II .pdf, 30.9.2009.
- [15] Ilmavoimien koelentokeskuksen koosuunnitelma EADS CASA C-295M Additional Acceptance Ground Test in accordance with NT- 5-FTT-07019, Rev C, 14.2.2009.
- [16] Ilmavoimien Materiaalilaitoksen työjärjestys 2011_v2.
- [17] Monenlainen tapaustutkimus, Eriksson ja Koistinen, 2005.
- [18] Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi, Tuomi ja Sarajärvi ,2004.
- [19] Feddersen, Dale, Commander, United States Naval Test Pilot School Chief Flight Instructor. Haastattelu 20.4.2007 NAS Patuxent River, USA.
- [20] Walczak, Peter, Lieutenant Commander, United States Naval Test Pilot School Fixed Wing Flight Instructor. Haastattelu 20.4.2007 NAS Patuxent River, USA.
- [21] O'Connor John, United States Naval Test Pilot School Chief Academic Instructor. Puhelinhaastattelu 29.9.2010.
- [22] Kehittämishjelman hankkeistaminen, Insinöörimajuri Timo Minkkinen (PE), ppt-esitys, 9.12.2010.
- [23] Suorituskyvyn elinjakson hallinta, Jyri Kosola, MPKK STEKN laitos, Julkaisusarja 5 no 7.
- [24] Suorituskyky ja konseptit, Kosola – lisättyä Halkolan kommentein, ppt-esitys, 25.11.2010.
- [25] PESTALOS kertomus Virk 10/28.3/D/I, 03.03.2005.

- [26] ILMAVE muistio Kuljetuskonehankinta R1150/1.1/D/II.
- [27] Insinöörimajuri Kari Korhonen, ILMAVMATL UTA-sektorin päällikkö. Haastattelu 28.6.2011.
- [28] United States Naval Test Pilot School Fixed Wing Exercise book, Class 132, January 2006.
- [29] United States Naval Test Pilot School Flight Test Manual 103 (FTM-103), Fixed Wing Stability and Control Theory and Flight Test Techniques Manual, of January 1997.
- [30] Evaluaatio ulkomailla, muistio KOELK10 opetusmateriaali, kapt Tuure Lehtoranta, kesäkuu 2004.
- [31] Koelentokeskuksen ak. CC-1 FiAF Customer Acceptance 2nd delivery List of Remarks and Corrective Actions, 11.2.2008.
- [32] United States Naval Test Pilot School Fixed Wing Performance Flight Test Manual 108 (FTM-108), of 30 Sep 92.
- [33] PAK I 4:14 LENTOPALVELUKSEN PYSYVÄISKÄSKY
- [34] PAK I 4:03 ILMAVOIMIEN KOELENTOTOIMINTA
- [35] Koelento- ja tutkimustoiminta Ilmavoimien Koelentokeskuksessa (ILMAVMAT-LOHJE 301), 26.1.2011.
- [36] PESUUNNOS ak nro R1297/12.2/D/II/31.05.2005.
- [37] Tulosohjauksen käsikirja 2/2005, Valtiovarainministeriö hallinnon kehittämisosasto, elokuu 2005.

- [38] PVHSM 002 - PESUUNNOS PUOLUSTUSVOIMIEN TOIMINNAN JA RESURSSIEN SUUNNITTELU SEKÄ SEURANTA, HF1335 18.12.2009.
- [39] EUK 59 opintomateriaali, Hankeohjaus ja hankinnat, evl Jaakko Särkiö, 14.9.2006.
- [40] Ilmavoimien laatupäällikkö FT Henry Sivusuo. Haastattelu 2.5.2011.
- [41] Pentti Meklin, Valtiontalouden perusteet, 2002.
- [42] Pekka Etelälahti, Tampereen Yliopisto, Tulosprisman soveltamisesta tilivirastojen ohjauksessa.
- [43] Antti Karila, Tuloksellisuuden haaste. Puolustushallinnon yhteiskunnalliset vaikuttavuustavoitteet päämies – agentti –teorian näkökulmasta, ISBN: 978-951-25-2066-4 (pdf).
- [44] Advanced Information Systems, General Dynamics Company Variable Stability Programs, Learjet Flight Syllabus and Background Material for The Finnish Air Force Flight Test Center, Document Number TM-FARG-LJ1-0061-R02, January 2004.
- [45] JAR-25 Specification, 1 May 2003.
- [46] MIL-HDBK-1797, Flying Qualities of Piloted Aircraft, of 19 Dec 1997.
- [47] MIL-STD-3009, Lighting, Aircraft, Night Vision Imaging System (NVIS) Compatible, February 2, 2001.
- [48] TX-kuljetuskonehankinta-ppt tiedosto. Väliesittely Ilmavoimien komentajalle 21.3.2006.
- [49] ILMAVE ak nro R5211/14.2/D/II, 08.09.2005
- [50] ILMAVE ak nro R3371/14.2/D/II, 31.05.2005

- [51] Ilmavoimien Koelentokeskuksen koesuunnitelma CC-koneelle lentoalueen laajentamiseksi kitkan ja sivutuulen osalta.
- [52] ILMAVOIMIEN TAE 2012, CH4760.
- [53] CC-1 koneen vastaanottosertifikaatti interim-konfiguraatiossa.
- [54] CC-2 koneen vastaanottosertifikaatti interim-konfiguraatiossa.
- [55] CC-1 koneen vastaanottosertifikaatti lopullisessa toimituskonfiguraatiossa.
- [56] CC-2 koneen vastaanottosertifikaatti lopullisessa toimituskonfiguraatiossa.
- [57] KOELENTOKESKUKSEN PÄÄLLIKÖN LAUSUNTO CC-KALUSTON FI-02 KONFIGURAATION TYYPIHYVÄKSYNTÄKOKOUKSEEN, CG202
15.1.2010.
- [58] Ilmavoimien koelentokeskuksen koesuunnitelma EADS CASA C-295M Ground Test CC-1, 11.1.2007
- [59] Ilmavoimien koelentokeskuksen koesuunnitelma EADS CASA C-295M Maaohje, 21.12.2006.
- [60] EADS CASA C-295M Acceptance test flight Revision B, 11.1.2007.
- [61] EADS CASA DT-5-FTT-05004, C295M FINNISH AIR FORCE VERSION. PRODUCTION AIRCRAFT CUSTOMER ACCEPTANCE FLIGHTS, March 2005.
- [62] Ilmavoimien koelentokeskuksen maakoesuunnitelma EADS CASA C-295M Additional Ground Crew Test, 23.10.2007.
- [63] Ilmavoimien koelentokeskuksen koesuunnitelma EADS CASA C-295M Additional Acceptance Ground Test IAW NT- 5-FTT-07019, Rev C, 14.12.2009.

- [64] Koelentokeskuksen muistio, Vastaanottoryhmän havainnot 1-vaiheesta. Everstiluutnantti Vesa Keinänen, 15.5.2007.
- [65] FINAF Flight Test Center FI02 Configuration Acceptance Program Overview pptesitys, 20.11.2009.
- [66] Ilmavoimien Koelentokeskuksen koesuunnitelma EADS CASA C-295M Additional Acceptance Test Flight IAW NT- 5-FTT-07019, ALR-400_Test_Plan_F-18.doc and Test DAS FI02 Flight Test II .pdf, 30.9.2009.
- [67] Finnish Air Force HQ Request number CD16153, Request for support with ground based test equipment, 25.9.2007.
- [68] ATTACHEMENT TO ACCEPTANCE TEST CERTIFICATE FOR THE SECOND DELIVERY CONFIGURATION OF THE C-295M, S/N 35
- [69] ATTACHEMENT TO ACCEPTANCE TEST CERTIFICATE FOR THE SECOND DELIVERY CONFIGURATION OF THE C-295M, S/N 36
- [70] Finnish Air Force HQ Request number CE17887, Request for support to verify the correct operation of Defensive Aids Subsystems (DASS) of C-295M FI-02 version, 7.10.2008.
- [71] Spanish Embassy of Oslo letter number 068/09, 10 Feb 09.
- [72] EADS CASA memorandum Valencia Flight Test Notes.
- [73] EADS CASA memorandum C-295 FI02 DAS Last Incidences occurred during Acceptance Process in Finland.
- [74] CC-1 FiAF Customer Acceptance 2nd delivery, Sevilla. LIST OF REMARKS AND CORRECTIVE ACTIONS, 27.2.2008.
- [75] CC-2 FiAF Customer Acceptance 2nd delivery, Sevilla. LIST OF REMARKS AND CORRECTIVE ACTIONS, 26.2.2008.

- [76] United States Naval Test Pilot School Flight Test Manual FTM-109, Systems Testing, January 2000.
- [77] CC-1 FiAF Customer Acceptance, Sevilla. LIST OF REMARKS AND CORRECTIVE ACTIONS, 16.2.2007.
- [78] CC-2 FiAF Customer Acceptance, Sevilla. LIST OF REMARKS AND CORRECTIVE ACTIONS, 11.5.2007.
- [79] Mr. Ramón Martín Alcalde, AIRBUS MILITARY. Sähköposti Answer to question of the price to develop a new S/W load to DAS subsystem, 4.7.2011.
- [80] ILMAVE ppt ak, TX-hanketilanne 01092006, laatija insmaj Kari Korhonen.