



HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

MAT-2.4177 OPERAATIO TUTKIMUKSEN PROJEKTIITYÖSEMINAARI

KEVÄT 2009

VTT: Kustannustehokas helikopterihankinta

Loppuraportti

Kohdeorganisaatio: VTT / Rajavartiolaitos, aihe 6

Yhteyshenkilöt: Tony Rosqvist (VTT)
Eversti Antti Pesari (Rajavartiolaitos)
Komentajakapteeni Petteri Leppänen (Rajavartiolaitos)
Komentajakapteeni Risto Jääskeläinen (Rajavartiolaitos)

Ryhmä: Matias Kalm
Arne Köhler (projektipäällikkö)
Marko Mälkiä
Atso Takala
Riina Vesanen
Heikki Vesterinen

Päiväys: 3.5.2009

Tiivistelmä

Rajavartiolaitoksen helikoptereiden käyttöikä on lähenemässä loppuaan. Näin ollen korvausinvestoinnit ovat ajankohtaisia. Aikaisemmin Rajavartiolaitos on tehnyt korvauspäätöksen helikopterityypeistä käyttämättä hyödyksi systemaattisia analyysimenetelmiä. Tämän työn tarkoituksena onkin kehittää malli, jota voidaan hyödyntää määrittäessä optimaalista ja kustannustehokasta helikopteriportfoliota, joka täyttää Rajavartiolaitoksen asettamat vaatimukset meripelastus- ja rajavalvontavalmiudelle.

Projektiryhmä keräsi tietoa Rajavartiolaitoksen Vartiolentolaivueen toiminnasta haastattelemalla VTT:n ja Rajavartiolaitoksen edustajia. Haastattelujen ja Rajavartiolaitokselta saatujen tietojen pohjalta projektiryhmä rakensi simulaatiomallin, joka mallintaa erilaisten helikopteriportfolioiden pelastustehtävissä kertyneet lentotunnit sekä pelastusnopeudet, kun simulointi ajetaan tehtävädatalla. Rajavartiolaitokselta saatu data koostui meripelastusdatasta vuosilta 2007 ja 2008, sekä tilastollisista rajanylityksien perusteella arvioituista rajanylityksistä. Simulaatiomallin tulokset, koskien pelastusnopeutta ja lentoaikaa, analysoitiin tarkemmin tilastollisessa ohjelmassa painottaen portfolioiden kustannusten arviointia.

Kehitetty simulaatiomalli osoittaa, että vastaavanlaisia malleja voidaan käyttää paremmin hyödyksi rajavartiolaitoksen päätöksenteon apuvälineenä. Vaikka mallin yksinkertaistukset rajoittavat tulosten yleistettävyyttä, osoittavat tulokset kuitenkin, että Rovaniemen pitäminen tukikohtana kannattaa tarkastaa uudelleen, helikopterityyppien välillä on merkittäviä eroja ja että nykyinen Rajavartiolaitoksella käytössä oleva helikopteriportfolio ei välttämättä ole optimaalinen.

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo	3
1 Johdanto.....	5
1.1 Taustat ja lähtökohdat	5
1.2 Tutkimuksen tarve	5
1.3 Tavoitteet	6
1.4 Rajaukset.....	6
1.5 Tiedon kerääminen	7
1.6 Raportin rakenne	7
2 Vartiolentolaivueen toiminta.....	8
2.1 Vartiolentolaivue.....	8
2.2 Portfoliot	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
2.3 Meripelastustehtävät.....	10
2.4 Rajavalvontatehtävät.....	11
3 Simulaatiomalli	13
3.1 Simulaatiomalli.....	13
3.1.1 Simulaation alustus.....	14
3.1.2 Simulaation eteneminen	15
3.1.3 Tehtävään soveltuvan helikopterin valitseminen	16
3.1.4 Simulaatiosta saatava data.....	17
3.2 Mallissa käytetty data.....	17
3.3 Rajoitukset.....	19
4 Evaluointi ja tulokset	21
4.1 Portfoliot	21
4.2 Pelastusvalmius	22
4.2.1 Rovaniemi- Vaasa vertailu.....	22
4.2.2 Parhaiden ja huonoimpien portfolioiden vertailu.....	27
4.3 Kustannukset.....	29
4.3.1 Lentokustannukset.....	29
4.3.2 Kustannusten ja kokonaislentoaikojen vertailu.....	31
5 Johtopäätökset ja suositukset.....	34
5.1 Johtopäätökset	34

5.1.1	Simulaatiomalli	34
5.1.2	Tulokset	34
5.2	Suositukset	35
5.2.1	Malli	35
5.2.2	Tulokset	35
5.3	Merkitsevyys ja validiteetti	36
5.4	Pohdinta.....	37
6	Yhteenveto	38
7	Lähteet.....	39
8	Liitteet	40
	Liite A: Helsinki-Turku-Rovaniemi-portfolioiden lentokustannusvertailu	41
	Liite B: Helsinki-Turku-Vaasa-portfolioiden lentokustannusvertailu.....	42
	Liite C: Tutkimuksessa vertailut helikopteriportfoliot	43

1 Johdanto

Tässä loppuraportissa esitelty tutkimus on tehty harjoitustyönä keväällä 2009 VTT:n toimeksiantona Mat-2.4177 Operaatiotutkimuksen projektityöseminaari -kurssille. Tutkimuksen aiheena on kustannustehokas helikopterihankinta ja tutkimus on toteutettu yhteistyössä Rajavartiolaitoksen kanssa. Tutkimuksen tuloksena on pyritty luomaan Rajavartiolaitoksen helikopterihankintaa auttava päätöksenteon apuväline.

1.1 Taustat ja lähtökohdat

Rajavartiolaitos on sisäministeriön johdolla toimiva sisäisen turvallisuuden viranomainen, jonka päätehtäviä ovat rajavalvonta ja meripelastus. Suomen merialueiden laajuus, runsas saaristo sekä rajan pituus aiheuttavat toiminnalle erityisiä haasteita. Riittävän meripelastus- ja rajanvalvontakyvyn ylläpitämiseksi tarvitaan tehtävien suorittamiseen helikopteriläivuetta, johon kuuluu tällä hetkellä 11 erikokoista helikopteria.

Rajavartiolaitoksen helikopterien käyttöikä alkaa vähitellen lähestyä loppuaan, joten korvausinvestoinnit tulevat ajankohtaisiksi seuraavan kymmenen vuoden kuluessa. Rajavartiolaitos on pyytänyt aiemmin tukea VTT:ltä kustannustehokkaan helikopterihankinnan tekemisessä. VTT:llä ei kuitenkaan ollut hankkeeseen resursseja pyyntöhetkellä, joten Rajavartiolaitos valitsi uuden, vanhimmat ja pienimmät helikopterit korvaavan tyypin itse. AgustaWestlandilta kesäkuussa 2008 tilatut AW119Ke-helikopterit toimitetaan vuonna 2010.

VTT antoi isompien helikopterityyppien valintamallin kehittämisen harjoitustyötoimeksiantona Teknillisen korkeakoulun Systemianalyysilaboratorion kurssille Operaatiotutkimuksen projektityöseminaari, jolla harjoitellaan mallien rakentamista ja soveltamista, projektien suunnittelua, toteutusta ja raportointia. Tämän harjoitustyön tarkoituksena on kehittää malli, jota voidaan hyödyntää määrittäessä optimaalista ja kustannustehokasta sekä Rajavartiolaitoksen asettamat vaatimukset täyttävää helikopteriportfoliota.

1.2 Tutkimuksen tarve

Tutkimukselle on aitoa tarvetta, sillä vaikka Rajavartiolaitoksella on jo olemassa tarkkaa numeerista dataa helikopterilla suoritetuista meripelastus- ja rajavalvontatehtävistä, näitä tehtäviä ei ole tarkkaan analysoitu. Tämän tutkimuksen yhtenä tärkeänä tehtävänä onkin etsiä

ja analysoida Rajavartiolaitoksella jo olemassa olevaa dataa sekä selvittää ja esittää Rajavartiolaitokselle, mitä kaikkea tietoa olemassa olevasta datasta on mahdollista saada.

1.3 Tavoitteet

Projektin tavoitteina on:

1. Luoda simulaatiomalli siitä, kuinka Rajavartiolaitoksen meripelastus- ja rajanvalvontatehtävät voidaan toteuttaa Suomessa. Mallinnuksessa käytetään datana viime vuosien todellisia Rajavartiolaitoksen meripelastus- ja rajanvalvontatehtäviä.
2. Selvittää vaihtoehdot näiden tehtävien toteuttamiseen eli koota mahdolliset helikopteriportfoliot, joilla meripelastus- ja rajanvalvontatehtävät voidaan toteuttaa ja jotka sopivat Rajavartiolaitoksen asettamiin kriteereihin.
3. Löytää kustannustehokkaimmat vaihtoehdot riittävään meripelastus- ja rajanvalvontatehtävien toteuttamiseen.

Simulaatiomallin ja siitä tehdyn analyysin tarkoituksena on toimia päätöksenteon apuvälineenä Rajavartiolaitoksen helikopterihankinnassa. Malli pyritään luomaan sellaiseksi, että sitä voidaan kurssin jälkeen kehittää edelleen tarkempaa ja yksityiskohtaisempaa simulointia varten. Helikopteriportfoliolla tarkoitetaan tässä yhteydessä valittua helikopterikalustoa, jonka ominaisuuksia ovat koptereiden mallit ja määrä sekä tukikohtien paikat.

1.4 Rajaukset

Tutkimus on rajattu käsittelemään ainoastaan Rajavartiolaitoksen helikoptereiden hälytystehtäviä. Tämä rajaus on tehty sen takia, että tutkimuksessa halutaan selvittää, mitkä helikopteriportfoliot olisivat pelastuskyvyltään parhaita, jonka takia valvontalentoja ei oteta simulaatiomallissa huomioon. Toinen syy rajaukseen on se, että valvontalentoja ei ole Rajavartiolaitoksella yhtä seikkaperäistä dataa, jolloin valvontalentojen ei saataisi yhtä yksityiskohtaisesti mukaan simulaatiomalliin.

Tämä rajaus luonnollisesti vääristää tutkimuksen tuloksia jonkin verran. Koska valvontalentoja ei simulaatiomallissa ole mukana, ovat helikopterien käyttöajat ja lentoajat mallissa lyhyempiä kuin todellisuudessa. Myös eri helikoptereille lasketut kustannukset ovat vain hälytyslentojen osalta, jolloin mallissa on vaikea ottaa huomioon haluttuja budjettirajoituksia helikoptereiden kokonaiskustannusten osalta.

1.5 Tiedon kerääminen

Tiedon kerääminen tutkimusta varten tehtiin pääasiassa haastattelemalla Rajavartiolaitoksen edustajia sekä hankkimalla Rajavartiolaitokselta heillä jo olemassa olevaa numeerista data helikopterien meripelastus- ja rajavartiotehtävistä.

Tutkimuksen käynnistyttyä ja ensimmäisten kurssihenkilökunnan ja Rajavartiolaitoksen edustajien kanssa pidettyjen palaverien jälkeen tutkimuksen aihe ja rajaus tarkentuivat, jonka jälkeen ryhmä osasi paremmin määritellä, minkälaista tietoa helikopterien toiminnasta ja tehtävistä tarvittiin. Tieto erilaisista mahdollisista helikopterimalleista etsittiin ryhmän voimin Rajavartiolaitoksen avustuksella. Rajavartiostolta saimme 9.4.2009 käyttöön kaiken meripelastusdatan vuosilta 2007 ja 2008. Tähän kuului data hälytyksistä ja niiden ajankohdista, koordinaateista, pelastustehtävien kuvaukset ja tehtäviin liittyneiden henkilöiden määrät. Projektin ja erityisesti simulaatiomalliin ja sen toteutukseen liittyvää tärkeää tietoa ryhmä sai myös kurssihenkilökunnalta sekä VTT:n edustajilta.

1.6 Raportin rakenne

Tämä raportti pyrkii käsittelemään olennaisimmat projektin toteuttamiseen ja tuloksiin liittyvät tiedot. Raportti alkaa johdannolla, jossa kerrotaan lyhyesti mm. projektin taustoista, tavoitteista ja rajauksista, ja tämän jälkeen raportissa käsitellään vartiolentolaivueen toimintaa yleisesti. Simulaatiomalli-luvussa esitellään simulaatiomallin olennaisimmat seikat sekä simulaation eteneminen. Tämän jälkeen esitetään projektin tulokset ja evaluointi ja näiden pohjalta tehdyt johtopäätökset ja suositukset. Raportin päättää yhteenveto ja liitteessä on esitetty tutkimuksessa käytetyt helikopteriportfoliot.

2 Vartiolentolaivueen toiminta

Seuraava kappale kuvailee lyhyesti Rajavartiolaitoksen Vartiolentolaivueen nykyistä toimintaa sekä esittelee meripelastus- ja rajavalvontatehtävien piirteitä lukijalle. Ymmärtämällä miten helikopterit toimivat, miten ne ovat sijoittuneet ja millä tavalla meripelastus- ja rajavalvontatehtävät esiintyvät voidaan perustella simulointimallin rakennetta. Ensin esittelemme nykyistä lentolaivuetta tehtävineen ja lentolaivueen ohjauslogiikkaa. Sitten kuvailemme tarkemmin Suomen meripelastustehtäviä ja lopuksi vielä tarkennamme rajavalvontatehtävien piirteitä.

2.1 Vartiolentolaivue

Vartiolentolaivueen kalusto koostuu yhdestätoista helikopterista ja yhdestä lentokoneesta. Helikoptereista kolme ovat Augusta AB 206 Jet Ranger helikoptereita mutta nämä helikopterit korvataan seuraavien vuosien sisällä kolmella Augusta Westland 119Ke Koaloilla. Nämä ovat samanlaisia pieniä yksimoottorisia helikoptereita. AW 119Ke Koala kantaa maksimissaan 6 matkustajaa tai 2850 kg ja Koalan huippunopeus on 250 km/h. Yksimoottoriset helikopterit eivät saa lentää avoveden yläpuolella, joten AW119Ke Koala on rajoitettu toimimaan sisämaatehtävissä ja rajavalvontatehtävissä. Helikoptereista viisi on keskikokoista Augusta Bell 412 -mallia. AB412:n huippunopeus on 240 km/h ja AB412 voi kantaa 12 matkustajaa tai 5400kg. Augusta Bell helikopterit ovat saavuttamassa vaihtoikää ja korvaavat helikopterit ovat jo harkinnan alla. Vartiolentolaivueen suurimmat helikopterit ovat kolme Aérospatiale AS 332 Super Pumaa. Pumalla on jäänestolaite ja on ainut helikopteri pohjoismaissa, jolla voi lentää kun kylmyys aiheuttaa roottoreiden jäätymisvaara. Puma voi kantaa 20 matkustajaa tai 8600 kg ja lentää maksiminopeudella 240 km/h. Helikopterit ovat esiteltynä tarkemmin myöhemmin työssä

Evaluointi ja tulokset

Helikopteriportfolioiden vertailu koostuu kolmesta eri vaiheesta. Ensimmäisessä vaiheessa arvioidaan simuloimalla portfolion pelastusvalmiutta, eli kuinka hyvin portfolio täyttää Rajavartiolaitoksen asettaman vaatimuksen siitä, että tapahtumapaikalle on saavuttava yhden tunnin sisällä hälytyksestä. Parhaiten tehtävistä suoriutuneita portfolioita vertaillaan toisessa vaiheessa niiden kustannustehokkuuden kannalta. Kolmannessa vaiheessa varmistetaan vielä kopterien optimaalinen sijoittelu niille kertyneitä lentotunteja analysoimalla.

2.2 Portfoliot

Simuloinnissa mallinnettiin 77 erilaisen helikopteriportfolion toimintaa. Portfolioiden sisältämä helikopterilaivue on nykyistä kokoluokkaa. Oletukseen päädyttiin, koska saatujen tietojen perusteella on erittäin todennäköistä, että toimintaan käytettävät vuosittaiset määrärahat eivät kasva tulevaisuudessa merkittävästi. Tämä estää helikopterilaivueen laajentamisen, koska jokainen uusi helikopteri lisää kustannuksia palkkamenojen sekä ylläpito- ja huoltokustannusten kasvaessa. Myös kolmesta pienestä helikopterista tehty ostopäätös rajoitti lähtötilannetta. Simuloidut portfoliot koostuvat siis joko 3+7 tai 3+8 helikopterista. Tällä hetkellä Rajavartiolaitoksella on 11 helikopteria.

Helikopteriportfolioiden muodostamisessa hyödynnettiin sijoittelussa lähtökohtana nykyistä tilannetta. Pääperiaatteena oli, että yhdessä tukikohdassa olisi samanlaisia helikoptereita enemmän kuin yksi toiminnan tehokkuuden takia. Lisäksi samaa kokoluokkaa olevia helikoptereita on kussakin portfoliossa vain yhtä tyyppiä, koska huolto- ja koulutuskustannusten kannalta ei ole järkevää hankkia ominaisuuksiltaan samanlaisia koptereita kahdelta eri valmistajalta. Esimerkiksi keskikokoiselle kopterille on olemassa neljä vaihtoehtoa, joita varioitiin portfoliosta toiseen.

Nykyisten käytössä olevien helikopterimallien lisäksi portfoliot muodostettiin seitsemästä muusta markkinoilla olevasta mallista, jotka vastaavat kooltaan nykyistä kahta suurempaa Rajavartiolaitoksen helikopterityyppiä. Ne vastaavat ominaisuuksiltaan myös tulevaisuudessa Rajavartiolaitoksen tarpeisiin. Tärkein yksittäinen ehto uusien helikopterivaihtoehtojen valinnassa oli, että ne pystyvät suorittamaan meripelastustehtäviä. Simuloinnissa käytetyt helikopterimallit ja niiden tekniset tiedot on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 2).

Taulukko 2 Simuloinnissa on käytetyt helikopterimallit). Vartiolentolaivueeseen kuuluu vielä lentokone Dornier DO 228-212, mutta Dornier voi ainoastaan osallistua etsintä- ja valvontatehtäviin.

Vartiolentolaivueen tukikohdat sijaitsevat Turussa, Rovaniemissä ja Helsingin Malmilla. Tämän lisäksi Vartiolentolaivueella on tankkaus/huoltopisteitä ympäri Suomea. Turkuun on sijoitettu kolme AS332 helikopteria ja Dornier-lentokone. Rovaniemessä majoilee kaksi AB412-helikopteria ja kaksi AB206-helikopteria. Malmilla on kolme AB412- ja yksi AB206-helikopteri. Helikoptereita käytetään tavallisiin valvontalentoihin Suomen merivesien ja rajojen alueella 1-3 kertaa viikossa riippuen alueen tärkeydestä. Muuten helikoptereita käytetään koulutustehtäviin, virka-aputehtäviin (johon kuuluvat sairaankuljetukset, sammutustehtävät, kansainväliset tehtävät sekä rikollisten etsintätehtävät), meripelastustehtäviin ja rajavalvontatehtäviin. Virka-aputehtävät ovat vähäisiä ja suurin osa tehtävistä kostuu valvontalentoista (jopa 58 % lentoajasta) sekä meripelastus- ja rajavalvontatehtävistä.

Kun hälytys tehtävään tulee, Vartiolentolaivueen lähin kykenevä helikopteri lähetetään paikalle. Helikoptereiden lähtöajat hälytyksen jälkeen riippuvat helikopterien valmiustilasta. Tavallisessa valmiustilassa helikopterit ovat 15 minuutin päästä hälytyksen saamisen jälkeen lähtövalmiina. Jos taas henkilöstö on kotivaralla, helikopterit ovat maksimissaan 75 minuutin lähtövalmiustilassa. Käytännössä maksimit alitetaan useimmiten ja kuten alla olevasta taulukosta nähdään (Taulukko 1) ennen yksikön tehtävään lähtöä kuluneen ajan vuonna 2008.

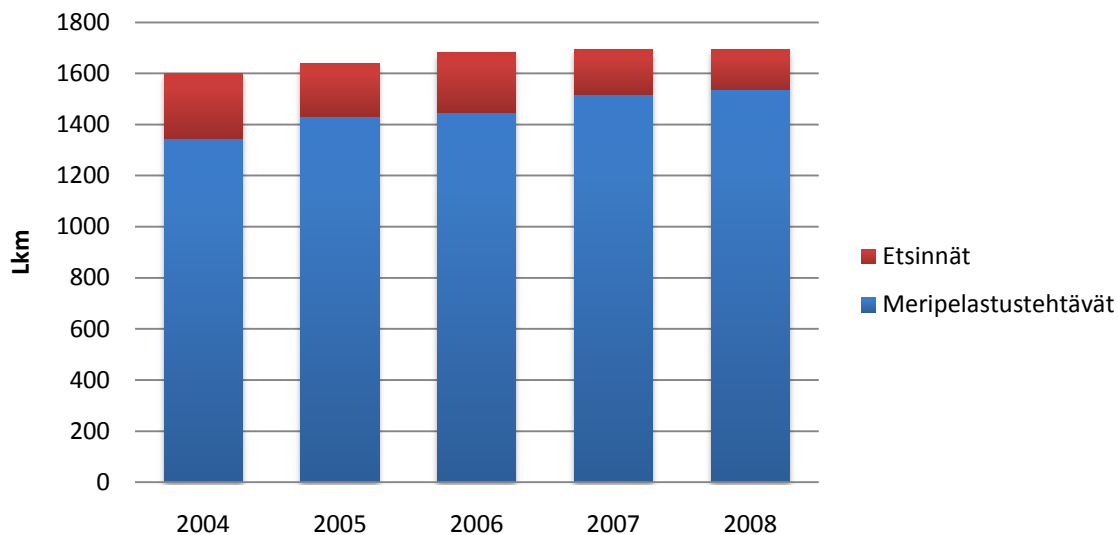
Taulukko 1 Hälytyksen saamisesta helikopterin lähtöön kulunut aika (2008)

<u>Yksiköiden lähtö tehtävään</u>	<u>n</u>
Alle 10 minuuttia	508
11-30 minuuttia	633
31-60 minuuttia	176
61-120 minuuttia	36
Yli 2 tuntia	7

2.3 Meripelastustehtävät

Meripelastuslaki sanoo, että Rajavartiolaitos on Suomen johtava meripelastusviranomainen, joka vastaa meripelastustoimen järjestämisestä. Lisäksi meripelastustoimi on suunniteltava ja järjestettävä niin, että siihen kuuluvat toimenpiteet voidaan suorittaa viivytyksettä ja tehokkaasti. Käytännössä Vartiolentolaivue on asettanut tavoitteeksi, että kaikki meripelastustehtävät voitaisiin hoitaa alle tunnissa riippumatta tehtävän sijainnista Suomen aluevesillä.

Vartiolentolaivueelle kohdistuneita meripelastustehtäviä oli vuonna 2008 noin 1700. Kuten alla olevasta kuvasta voidaan huomata (Kuva 1), on meripelastustehtävien lukumäärä kasvanut tasaisesti viimeisen viiden vuoden aikana. Suurin osa meripelastustehtävistä sijoittuu suurille laivakulkuväylille tai niiden lähivesille. Valtaosa tapahtumista tapahtuu Turun ja Helsingin edustassa sekä pitkin Suomen eteläistä rantaviivaa. Tehtävät jakautuvat etsintätehtäviin, sairastapaustehtäviin ja varsinaisiin meripelastustehtäviin. Hälytyksen tullessa lähin kykenevä helikopteri lähetetään paikalle. Jos paikan päällä havaitaan, että hädässä olevat täytyy nostaa helikopteriin, henkilöt nostetaan kyytiin vinsillä. Vartiolentolaivueen Apulaiskomentaja arvioi, että tällainen pelastus kestää noin 5 minuuttia yhtä pelastettua henkilöä kohden. Jos aluksen koko mahdollistaa laskeutumisen, näin tehdään turvallisuussyistä ja arvioitu paikallaoloaika on kymmenen minuuttia.

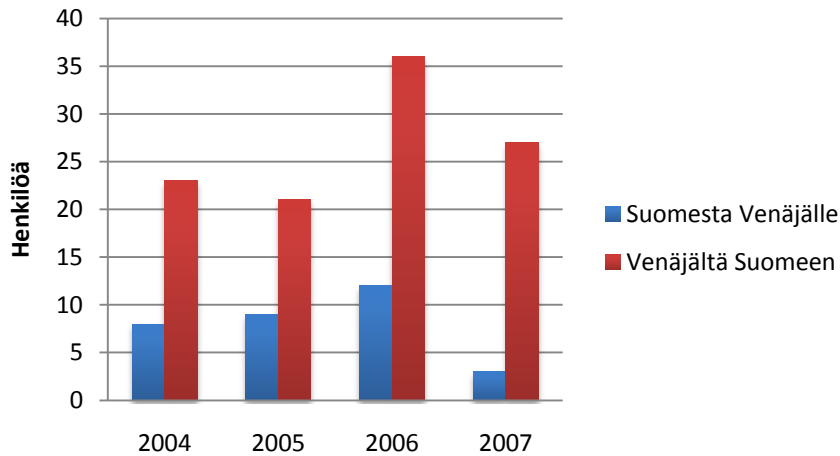


Kuva 1 Meripelastustehtävät vuodesta 2004 vuoteen 2008

2.4 Rajavalvontatehtävät

Rajavartiolaitoksen vastuualueena on myös Schengenin sopimuksessa määritelty raja-alueen valvonta. Käytännössä tämä tarkoittaa Suomen ja Venäjän rajan valvontaa. Vartiolentolaivueen tehtävänä on lähettää helikopteri tarkistamaan kaikki kyseenalaiset havaitut rajanylitykset. Suomen ja Venäjän rajalla on hälytysjärjestelmä joka havaitsee rajanylitykset. Yleensä jo rajalla olevien kameroiden perusteella pystytään pois sulkemaan rikoksen tai rajaloukkauksen epäily, sillä suurin osa hälytyksistä aiheutuu eläinten liikkumisesta tai eksyneistä sienestäjistä tai metsästäjistä. Jos kuitenkin asia on epävarma, helikopteri tai lentokone on lähetettävä paikalle tarkistamaan hälytys. Hälytyksen saamisen jälkeen tulee helikopterin olla paikalla alle tunnissa, sillä muuten todennäköisyys löytää rajanylittäjä on jo liian pieni.

Tarkkaa lukua valvontatehtävistä tai niiden koordinaateista ei ole saatavissa, sillä tämä tieto on salaista. Tiedetään kuitenkin, että valtaosa merkitsevistä rajanylityksistä tapahtuu Etelä-Suomessa suurten teiden varrella. Viralliset tiedot luvattomista rajanylityksistä Venäjältä Suomeen sekä rajanylitysten kehitys aikavälillä 2004 - 2007, on esitelty alla olevassa kuvassa (Kuva 2). Kirjatut luvattomat rajanylitykset toimivat hyvänä estimaattina todellisista valvontatehtävistä tarkemman tiedon puuttuessa.



Kuva 2 Luvattomat ylitykset maastorajalla vuodesta 2004 vuoteen 2007

3 Simulaatiomalli

3.1 Simulaatiomalli

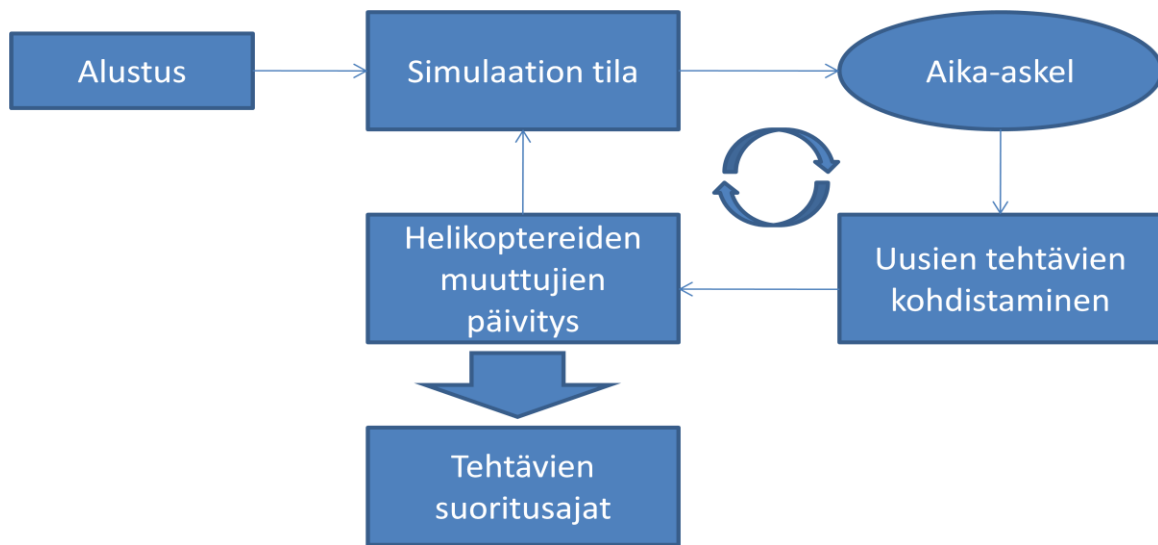
Rajavartiolaitoksen helikoptereiden simulointi on toteutettu Matlab-ohjelmistolla tehdyllä jatkuvatoimisella simulaatiomallilla, jossa aika etenee minuutin mittaisilla aika-askelilla ja jokaisella aika-askeleella simulaation tilaa päivitetään ennalta määrättyjen sääntöjen mukaan. Simulaatiosta saadaan ulos simuloidun tapahtumasarjan sisältämien tehtävien suorittamiseen kulunut aika sekä helikopterikohtaiset lentoajat.

Simulaatiomallissa eri helikopterimallit on yksinkertaistettu niin, että jokaisella helikopterilla on mallikohtainen lentonopeus ja matkustajakapasiteetti ja helikopteri pystyy tai ei pysty suorittamaan meripelastustehtäviä. Helikopterin toimintasäde olisi voitu lisätä myös simulaatiomalliin, mutta tämä rajoittaa helikoptereiden toimintaa hyvin harvoin. Silloin kun helikopterin toimintasäde ei riitä edestakaiseen lentoon, helikopteri voidaan todellisuudessa tankata muuallakin kuin sen omassa tukikohdassa, joten on järkevää jättää helikoptereiden toimintasäde pois tästä simulaatiomallista.

Simulaatiomallissa yksittäinen tehtävä pitää sisällään seuraavat parametrit:

1. Tapahtuma-aika
2. Tapahtumapaikka
3. Valmistautumiseen kuluva aika
4. Tehtävän suorittamiseen kuluva aika
5. Pelastettavien henkilöiden määrä
6. Tehtävätyyppi (meripelastustehtävä/rajavalvontatehtävä)

Simulaatiomallissa tehtävän suorittaminen tapahtuu niin, että tehtävä kohdistetaan ensin jollekin helikopterille, jonka jälkeen helikopteri odottaa tukikohdassa tehtävänmukaisen valmistautumiseen kuluvan ajan. Sitten helikopteri lentää tehtäväpaikalle helikopterin mallikohtaisella lentonopeudella. Tehtäväpaikalla helikopteri viipyy tehtävän suorittamiseen kuluvan ajan, jonka jälkeen helikopteri palaa omaan tukikohtaansa. Tehtävän suorittaminen päättyy aina helikopterin omaan tukikohtaan. Tällä mallinnetaan sitä, että todellisuudessa tehtävän suorittaminen ei välttämättä lopu tehtäväpaikalle, vaan esimerkiksi pelastettavat pitää viedä sairaalaan. Helikopteri on valmis ottamaan uuden tehtävän vastaan vasta sen palattua takaisin omaan tukikohtaan. Jos helikopterin kapasiteetti ei riitä kaikkien pelastettavien pelastamiseen, tehtävä jaetaan useammalle helikopterille.



Kuva 3 Kaavio simulaation toiminnasta

3.1.1 Simulaation alustus

Simulaation alustusta varten tarvitaan helikopteritukikohtien sijainnit ja niissä olevien helikoptereiden mallit ja määrät. Simulaation alustuksessa muodostetaan lista simuloitavan helikopteriportfolion helikoptereista. Ohjelmakoodi sisältää kaikkien mahdollisten helikopterimallien mallikohtaiset parametrit, jotka ovat matkanopeus, matkustajamäärä ja meripelastuskyky. Mallikohtaisten parametrien lisäksi jokainen simulaation helikopterimuuttuja sisältää simulaation kannalta olennaiset helikopterikohtaiset muuttujat. Helikopterilista sisältää helikoptereista seuraavat parametrit ja muuttujat:

1. Mallikoodi, joka kertoo minkä mallinen helikopteri on kyseessä.
2. Paikka. Paikkamuuttuja sisältää helikopterin paikkakoordinaatit. Alustuksessa helikopterin paikaksi asetetaan sen oman tukikohdan paikkakoordinaatit.
3. Nopeus. Aina kun helikopteri liikkuu, se liikkuu tällä nopeudella.
4. Tukikohta. Tämä parametri sisältää helikopterin oman tukikohdan koordinaatit.
5. Tilamuuttuja, joka sisältää tiedon siitä mitä helikopteri on parhaillaan tekemässä.

Helikopterin mahdollisia tiloja ovat:

- 0 = Tukikohdassa
- 1 = Lähdössä
- 2 = Matkalla tehtäväpaikalle
- 3 = Suorittamassa tehtävää
- 4 = Palaamassa tukikohtaan

5 = Juuri palannut tehtävältä.

Jos ollaan tilassa 1 tai 3, tilamuuttuja sisältää myös tiedon siitä, kuinka kauan helikopteri on ollut tässä tilassa. Alustuksessa helikopterin tilaksi asetetaan 0.

6. Tehtävämuuttuja, joka sisältää seuraavat tiedot tehtävästä, jota helikopteri on suorittamassa: hälytysaika, tehtäväpaikan koordinaatit, lähtemiseen kuluva aika, tehtävän suorittamiseen kuluva aika ja hädässä olevien henkilöiden määrä.
7. Meripelastuskyky (meripelastuskykyinen / ei meripelastuskykyinen)
8. Matkustajamäärä, joka kertoo kuinka monta pelastettavaa helikopteriin mahtuu.
9. Lentominuutit, joihin lasketaan kaikki minuutit, jotka helikopteri on ollut lentämässä tehtäväpaikalle, suorittamassa tehtävää tai palaamassa tehtävältä.

Helikopterilistan luomisen lisäksi alustuksessa luodaan tehtäväpuskuri, johon tehtävä menee odottamaan, jos hälytyshetkellä mikään tehtävään soveltuva helikopteri ei ole vapaana, ja ladataan simuloitava tapahtumasarja.

3.1.2 Simulaation eteneminen

Kun simulaatio on alustettu, se alkaa edetä minuutin mittaisen aika-askeleen kerrallaan. Jokaisella aika-askeleella simulaation tilaan tehdään seuraavat päivitykset seuraavassa järjestyksessä:

1. Ensimmäiseksi tarkistetaan, onko tehtäväpuskurissa odottamassa tehtäviä, joita ei ole kohdistettu millekään helikopterille. Kohdistamattomille tehtäville valitaan tehtävän suorittamiseen parhaiten soveltuva helikopteri ja kohdistetaan tehtävä tälle helikopterille. Jos tehtävään parhaiten soveltuvaan helikopteriin eivät mahdu kaikki pelastettavat, luodaan yli jäävistä pelastettavista uusi tehtävä ja laitetaan tämä tehtäväpuskuriin viimeiseksi. Jos mikään helikopteri ei sovellu tehtävän hoitamiseen, tehtävä jää tehtäväpuskuriin odottamaan.
2. Tarkistetaan tapahtumasarjasta tällä aika-askeleella tulevat hälytykset ja kohdistetaan ne parhaiten tehtävään soveltuvalle helikopterille. Jos kaikki pelastettavat eivät mahdu helikopteriin, jolle tehtävä kohdistetaan, muodostetaan yli jäävistä pelastettavista uusi tehtävä, joka laitetaan tehtävä puskurin viimeiseksi. Jos jollekin tehtävälle ei löydy tehtävän suorittamiseen sopivaa helikopteria, joka olisi vapaana, tehtävä siirretään tehtäväpuskuriin viimeiseksi.
3. Viimeiseksi päivitetään helikopterilistan kaikkien helikoptereiden muuttujat.

Eri tiloissa olevien helikoptereiden muuttajat päivitetään seuraavasti.

- Tila 0: Jos helikopteri on tukikohdassa odottamassa tehtävää, eikä sille ole tällä aika-askeleella kohdistettu tehtävää, helikopterin mitään muuttujia ei tarvitse muuttaa.
- Tila 1: Kasvatetaan minuutilla lähtöön valmistautuvien helikoptereiden tilamuuttujan arvoa, joka kertoo kuinka kauan helikopteri on ollut tässä tilassa. Kun tämä arvo saavuttaa tapahtumasarjassa määrätyn tehtäväkohtaisen odotusajan, helikopteri siirtyy tilaan 2, eli matkalle tehtäväpaikkaa kohti, mutta se ei ole päässyt vielä tukikohtaa pidemmälle.
- Tila 2: Jos helikopteri on matkalla tehtäväpaikalle, siirretään helikopteria kohti tehtäväpaikka matka, jonka helikopteri kulkee sen matkanopeudella minuutissa. Jos helikopteri saavuttaa tehtäväpaikan, helikopteri alkaa suorittaa tehtävää, eli se siirtyy tilaan 3.
- Tila 3: Tehtäväpaikalla olevien helikoptereiden tilamuuttujaan kasvatetaan aikaa, jonka helikopteri on ollut suorittamassa tehtävää. Kun tapahtumasarjassa määrätty tehtävänä suoritus aika tulee täyteen, helikopteri siirtyy tilaan 4.
- Tila 4: Tehtäväpaikalta palaamassa olevia helikoptereita siirretään kohti niiden omaa tukikohtaa. Kun helikopteri saavuttaa oman tukikohdan, se siirtyy tilaan 5.
- Tila 5: Jos juuri tehtävältä palanneelle helikopterille kohdistetaan uusi tehtävä, helikopteri siirtyy tilaan 1 viidentoista aika-askelen ajaksi, millä mallinnetaan helikopterin tankkaamista, ja tämän jälkeen helikopteri lähtee normaalisti suorittamaan tehtävää. Jos juuri tukikohtaan palanneelle helikopterille ei kohdisteta uutta tehtävää, helikopteri siirtyy tilaan 0 odottamaan uutta tehtävää.

3.1.3 Tehtävään soveltuvan helikopterin valitseminen

Simulaatiomallissa tehtävät kohdistetaan parhaiten tehtävään soveltuvalla vapaana olevalle helikopterille. Jokaisen tehtävän kohdalla käydään helikopterilista läpi ja valitaan sieltä seuraavien tärkeysjärjestyksessä olevien kriteerien perusteella paras vaihtoehto.

1. Onko helikopteri vapaana? (Tilassa 0 ja 5 olevat helikopterit ovat vapaana).
2. Jos tehtävä on meripelastustehtävä, voiko tarkasteltava helikopteri suorittaa meripelastustehtäviä?
3. Helikopterin etäisyys tehtäväpaikasta.
4. Mahtuuko kaikki pelastettavat yhteen helikopteriin?

5. Jos kaikki pelastettavat mahtuvat yhteen helikopteriin, valitaan kapasiteetiltaan pienin helikopteri, joka pystyy hoitamaan koko tehtävän yksin.

Helikopteri voi olla vapaana vain silloin kuin se on tukikohdassaan, joten käytännössä lähimmästä tukikohdasta valitaan kokonsa puolesta paras helikopteri. Jos lähimmässä tukikohdassa olevista helikoptereista mikään ei pysty hoitamaan tehtävää yksin, mutta tukikohdassa on useampi kriteerit 1-3 täyttävää helikopteria, kohdistetaan ensimmäinen osa tehtävästä helikopterilistassa ensimmäisenä olevalle kriteerit 1-3 täyttävälle helikopterille.

3.1.4 Simulaatiosta saatava data

Jokaisesta tehtävästä ja pilkotusta osatehtävästä kirjataan ylös seuraavat tiedot.

- Aika, joka on kulunut siihen, että jokin helikopteri on lähtenyt suorittamaan tehtävää. Tämä aika sisältää ajan, joka on kulunut siihen, että tehtävä on saatu kohdistettua jollekin helikopterille sekä valmistautumiseen kuluneen ajan.
- Aika hälytyksestä siihen, että helikopteri on päässyt tehtäväpaikalle.
- Helikopteri, joka on suorittanut tehtävän.
- Pelastettujen henkilöiden lukumäärä.
- Oliko helikopteri päivystämässä, eli oliko valmistautumisaika 15 vai 75 minuuttia.

Jokaisen helikopterin osalta tallennetaan lisäksi helikoptereille kertyneet lentominuutit.

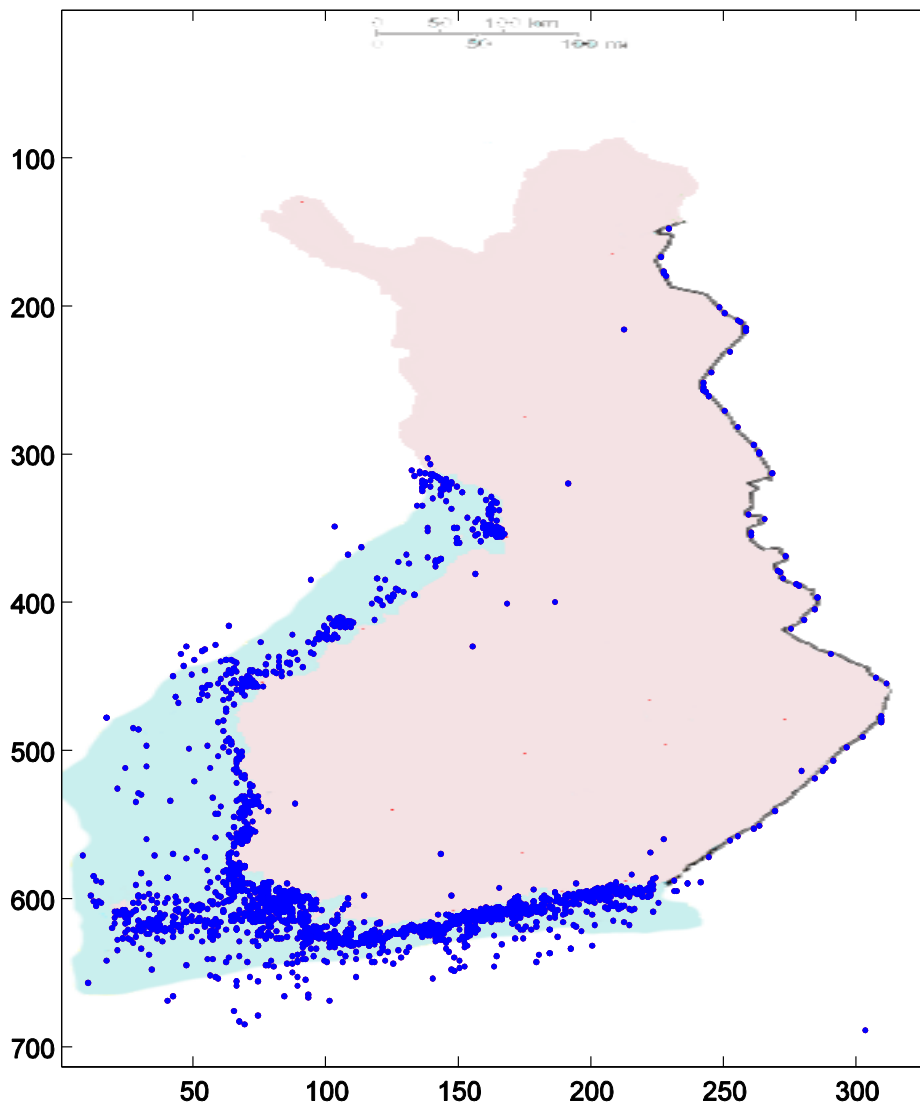
3.2 Mallissa käytetty data

Mallissa käytettiin pääsääntöisesti Rajavartiolaitokselta saatua meripelastusdataa vuosilta 2007 ja 2008. Siinä mallin kannalta käyttökelpoisia tietoja olivat hälytyksen saapumisaika, henkilömäärä sekä onnettomuuspaikan koordinaatit. Koska varsinaista lennon alkuaikaa ei tiedetty, se jouduttiin arvioimaan hälytysajan perusteella. Rajavartiolaitokselta saadun tiedon mukaan virka-aikaan viive hälytyksen saapumisesta kopterin lähtöön on 15 minuuttia, mutta päivystysajan ulkopuolella tähän on lisättävä lentäjän matka kotoaan tukikohtaan, mikä saattaa kestää jopa 60 minuuttia. Oletettiin virka-ajan olevan klo 08:00-17:00, jolloin tällä aikavälillä saapuneille hälytyksille annettiin viiveeksi 15 minuuttia ja muuhun aikaan tulleeille hälytyksille 75 minuuttia. Jo tästä voidaan nähdä, että yöaikaan vaatimus helikopterin paikalla olosta 60 minuutissa ei käyttämämme datan perusteella käytännössä voi toteutua.

Meripelastusdatasta suodatettiin pois tapahtumat, joissa pelastettavia henkilöitä oli useista sadoista tuhansiin, sillä katsottiin, että nämä tapaukset eivät käytännössä ole hoidettavissa

järkevässä ajassa helikoptereiden voimin. Näitä tapauksia oli alle 10. Datasta siivottiin niin ikään tapaukset, joissa koordinaattien perusteella tapahtuma oli selvästi Suomen rajojen ja aluevesien ulkopuolella. Näissä tapauksissa katsottiin, että kyseessä saattaa olla datan kirjausvirhe tai jonkinlainen avustustehtävä ulkomailla, jollaisia ei tarkastelussamme kannata ottaa huomioon. Tapausten huomioiminen olisi todennäköisesti vääristänyt tuloksia ja tehnyt portfolioiden vertailusta vaikeampaa. Lisäksi 230:ssa tapauksessa (7% kaikista tapahtumista) tapahtumakoordinaatteja ei ollut lainkaan annettu. Näille tapahtumille arvottiin koordinaatit tunnettujen koordinaattiparien joukosta, sillä onnettomuuspaikkojen jakaumaa ei tunnettu. Rajavalvontadataa ei saatu lainkaan, joten kaikki nämä tapaukset jouduttiin simuloimaan. Tiedettiin, että rajaloukkauksia tapahtuu keskimäärin 30 kpl vuodessa ja käytännössä kaikki niistä tapahtuvat Venäjältä Suomeen, joten simuloitiin kahden vuoden ajalle yhteensä 60 tapahtumaa satunnaiseen ajankohtaan ja sijaintiin Suomen ja Venäjän rajalle. Henkilömääräksi näille kaikille annettiin arvo yksi.

Datassa oli jaettu henkilöitä useaan eri ryhmään, mutta katsottiin, että tästä erittelystä ei mallin kannalta ole hyötyä. Lisäksi tiedettiin, että mikäli henkilöt vinssataan kopteriin, pelastusaika on noin 5 minuuttia henkilöä kohden, kun taas pystyttäessä laskeutumaan aluksen kannelle koko pelastusaika jää 10 minuuttiin. Koska pelastustapa ei käynyt datasta ilmi, oletettiin kaikkien henkilöiden tulleen vinssatuiksi. Lisäksi useisiin tapahtumiin oli henkilöiden määrä joko merkitty nollassi tai arvoa ei ollut syötetty lainkaan. Tällöin pelastusaika arvioitiin yleisimmäksi eli viideksi minuutiksi. Paikkakoordinaatit muunnettiin koodin ymmärtämään pikselimuotoon kalibroimalla maantieteelliset koordinaatit y-akselilla välillä Helsinki-Rovaniemi ja x-akselilla välillä Turku-Joensuu. Maapallon kaarevuudesta johtuen kalibrointi ei kuitenkaan ole täydellinen: kalibraatiokaupunkien lähistöllä koordinaatit kuvautuvat kartalle melko hyvin, mutta näiden välissä kaarevuus aiheuttaa jonkin verran häiriötä. Vertailemalla kaupunkien maantieteellisiä koordinaatteja ja niiden sijoittumista kartalle virheen voitiin arvioida olevan maksimissaan 10 pikseliä (noin 20 km) ja tämäkin vain pohjoisimmassa Suomessa sekä Keski-Suomessa, joissa kummassakaan pelastustapahtumia ei juuri ole. Alla oleva kuva (Kuva 4) esittää pelastustapahtumien jakautumista kartalle. Rajalle sijoittuvat tapahtumat ovat rajaloukkauksia, muut taas pelastustehtäviä. Jonkin verran siirtymää voidaan havaita Pohjanlahdella y-koordinaateissa johtuen juurikin kalibraatiovirheestä: tapahtumien suurin massa ei sijoitu aivan rannikolle vaan jonkin verran pohjoisemmaksi. Siirtymä on kuitenkin sen verran pieni, että voidaan olettaa, ettei tämä suuresti vaikuta lopputulokseen.



Kuva 4 Pelastustapahtumien jakautuminen kartalla

Lentokustannusten arviointiin käytettiin Rajavartiolaitokselta saatua tietoa. Pienen helikopterin lentotuntikustannukseksi on arvioitu 600 euroa, kevyen kokoluokan helikopterin 900 euroa ja keskiraskaan helikopterin 1200 euroa.

3.3 Rajoitukset

Simulaatiomallin luontia varten on tehty yksinkertaistuksia, jotka vaikuttavat enemmän tai vähemmän simulaatiosta saataviin tuloksiin.

Yksi merkittävimmistä yksinkertaistuksista on se, että tehtävät ovat käytännössä pelkkiä edestakaisia lentoja. Niissä ei oteta huomioon sitä, että tehtävä voisi jatkua jonnekin kolmannelle paikalle. Simulaatiota varten olevassa datassa on myös pelkästään tapahtumapaikan koordinaatit ja turvaluokitelluista tehtävistä ei ole oikeita tietoja käytettävissä. Toinen merkittävä yksinkertaistus liittyy simulaatiomallissa käytössä olevaan tekoälyyn. Simulaatiomalli ei ota huomioon mahdollisuutta kutsua helikopteria takaisin suorittamaan kiireellisempää tehtävää sen jälkeen, kun helikopteri on jo lähtenyt liikkeelle, eikä muitakaan yksinkertaisesta kaavasta poikkeavia mahdollisuuksia. Todellisuudessa lentolaivuutta voidaankin johtaa järkevämmiin kuin simulaatiossa. Simulaatiossa ei myöskään oteta huomioon eri helikopterimallien varusteluja ja miten ne vaikuttavat siihen kuinka nopeasti helikopterit pystyvät suoriutumaan erilaisista tehtävistä. Mahdollisia varusteluja voisivat olla esimerkiksi helikopterissa kiinni olevat lämpökamerat.

Simulaatiomalli on pyritty muodostamaan niin, että tehdyt yksinkertaistukset vastaisivat mahdollisimman hyvin todellisuutta ja että simulaatiomallin tulokset antaisivat mahdollisimman todenmukaista tietoa eri helikopteriportfolioista. Yksinkertaistukset onkin tehty niin, että kaikki käytettävissä oleva data on voitu hyödyntää mahdollisimman hyvin.

Simulaatiomallin avulla voidaan vertailla helikoptereita niiden nopeuden, matkustajakapasiteetin ja meripelastuskyvyn perusteella, mutta ei voida huomioida mitä hyötyjä saadaan erilaisista helikoptereiden lisävarusteista. Simulaatiomallilla ei voida myöskään huomioida tai tutkia vartiolentojen eikä helikoptereiden huoltojen vaikutusta helikopteriportfolioiden suorituskykyyn.

Simulaatiomalli voi kuitenkin antaa kehukset tarkentaville päätösanalyysille, joita helikopterien hankintapäätös edellyttää.

4 Evaluointi ja tulokset

Helikopteriportfolioiden vertailu koostuu kolmesta eri vaiheesta. Ensimmäisessä vaiheessa arvioidaan simuloimalla portfolion pelastusvalmiutta, eli kuinka hyvin portfolio täyttää Rajavartiolaitoksen asettaman vaatimuksen siitä, että tapahtumapaikalle on saavuttava yhden tunnin sisällä hälytyksestä. Parhaiten tehtävistä suorituneita portfolioita vertaillaan toisessa vaiheessa niiden kustannustehokkuuden kannalta. Kolmannessa vaiheessa varmistetaan vielä kopterien optimaalinen sijoittelu niille kertyneitä lentotunteja analysoimalla.

4.1 Portfoliot

Simuloinnissa mallinnettiin 77 erilaisen helikopteriportfolion toimintaa. Portfolioiden sisältämä helikopterilaivue on nykyistä kokoluokkaa. Oletukseen päädyttiin, koska saatujen tietojen perusteella on erittäin todennäköistä, että toimintaan käytettävät vuosittaiset määrärahat eivät kasva tulevaisuudessa merkittävästi. Tämä estää helikopterilaivueen laajentamisen, koska jokainen uusi helikopteri lisää kustannuksia palkkamenojen sekä ylläpito- ja huoltokustannusten kasvaessa. Myös kolmesta pienestä helikopterista tehty ostopäätös rajoitti lähtötilannetta. Simuloidut portfoliot koostuvat siis joko 3+7 tai 3+8 helikopterista. Tällä hetkellä Rajavartiolaitoksella on 11 helikopteria.

Helikopteriportfolioiden muodostamisessa hyödynnettiin sijoittelussa lähtökohtana nykyistä tilannetta. Pääperiaatteena oli, että yhdessä tukikohdassa olisi samanlaisia helikoptereita enemmän kuin yksi toiminnan tehokkuuden takia. Lisäksi samaa kokoluokkaa olevia helikoptereita on kussakin portfolioissa vain yhtä tyyppiä, koska huolto- ja koulutuskustannusten kannalta ei ole järkevää hankkia ominaisuuksiltaan samanlaisia koptereita kahdelta eri valmistajalta. Esimerkiksi keskikokoiselle kopterille on olemassa neljä vaihtoehtoa, joita varioitiin portfolioista toiseen.

Nykyisten käytössä olevien helikopterimallien lisäksi portfoliot muodostettiin seitsemästä muusta markkinoilla olevasta mallista, jotka vastaavat kooltaan nykyistä kahta suurempaa Rajavartiolaitoksen helikopterityyppiä. Ne vastaavat ominaisuuksiltaan myös tulevaisuudessa Rajavartiolaitoksen tarpeisiin. Tärkein yksittäinen ehto uusien helikopterivaihtoehtojen valinnassa oli, että ne pystyvät suorittamaan meripelastustehtäviä. Simuloinnissa käytetyt helikopterimallit ja niiden tekniset tiedot on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 2).

Taulukko 2 Simuloinnissa on käytetyt helikopterimallit.

Malli	Määrä	Miehistö	Matkustajat	Max. paino (kg)	Nopeus (km/h)	Toimintasäde (km)
Nykyiset						
AW119 Koala	3	2	6	2850	250	900
AB 412	5	2	12	5400	240	800
AS 332 Super Puma	3	5	20	8600	240	1000
Muut markkinoilla olevat						
Kevyet						
AW139		1	15	6400	300	1050
EC155 B1		1 tai 2	13	4950	280	850
S-76C++		2	12	5300	280	640
S-76D		2	13	5300	280	810
Keskiraskaat						
EC225		1 tai 2	24	11000	260	850
H-92 Superhawk		2	19	12000	280	1480
AW101		4	24	15600	290	1380

Nykyisin Rajavartiolaitoksen helikopterit on sijoitettu kolmeen eri tukikohtaan, jotka sijaitsevat Helsingissä, Turussa ja Rovaniemellä. Ensimmäinen simulaatio suoritettiin nykyisiä tukikohtia hyödyntäen. Toisessa simulaatiossa testattiin helikopteriportfolioiden suorituskykyä, kun Rovaniemi korvattiin Vaasalla. Vaasa valittiin vaihtoehtoiseksi sijaintipaikaksi, koska merkittävä osa pelastustehtävistä tapahtuu rannikolla.

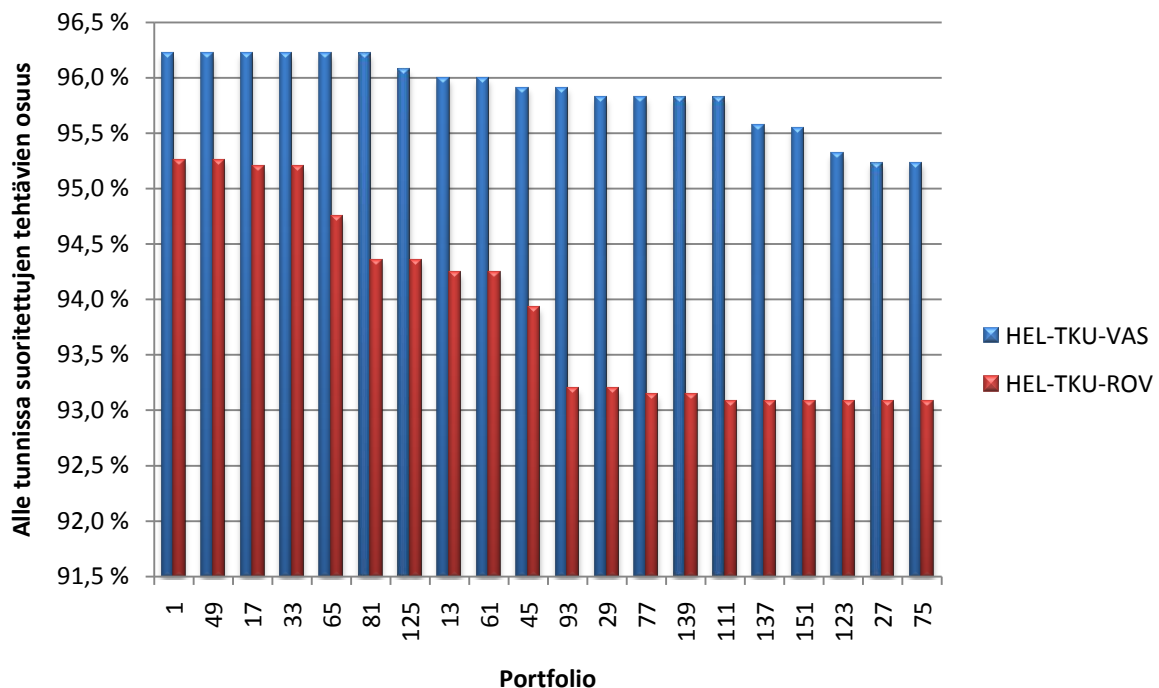
Portfoliot on numeroitu siten, että ne saavat parittomia numeroita ja jokaiselle portfolionumerolle on tehty kaksi simulaatiota: ensin tukikohdilla Helsinki-Turku-Rovaniemi ja sitten Helsinki-Turku-Vaasa. Nykyinen helikopteriportfolio on taas nimetty o-portfolioksi. Portfoliot on esitelty tarkemmin liitteessä A.

4.2 Pelastusvalmius

4.2.1 Rovaniemi- Vaasa vertailu

Tarkastelemalla tarkemmin tuloksia Vaasan paremmuus sijoituspaikkana käy selkeästi ilmi. Vertailtaessa 20 parasta Vaasaan ja Rovaniemelle sijoittuvaa portfoliota ja näiden pelastuskykyä havaitaan Vaasan parhaan portfolion kykenevän mallin mukaan saavuttamaan tehtäväpaikan yli 96,2 % tehtävistä alle tunnin lentomatalla. Vastaavasti Rovaniemen paras portfolio kykenee saavuttamaan vain 95,3 % tehtävistä alle tunnin lennolla. Erityisesti meripelastustehtävissä on tärkeää saavuttaa pelastuskohde nopeasti. Pelastuskykyä ja lento-

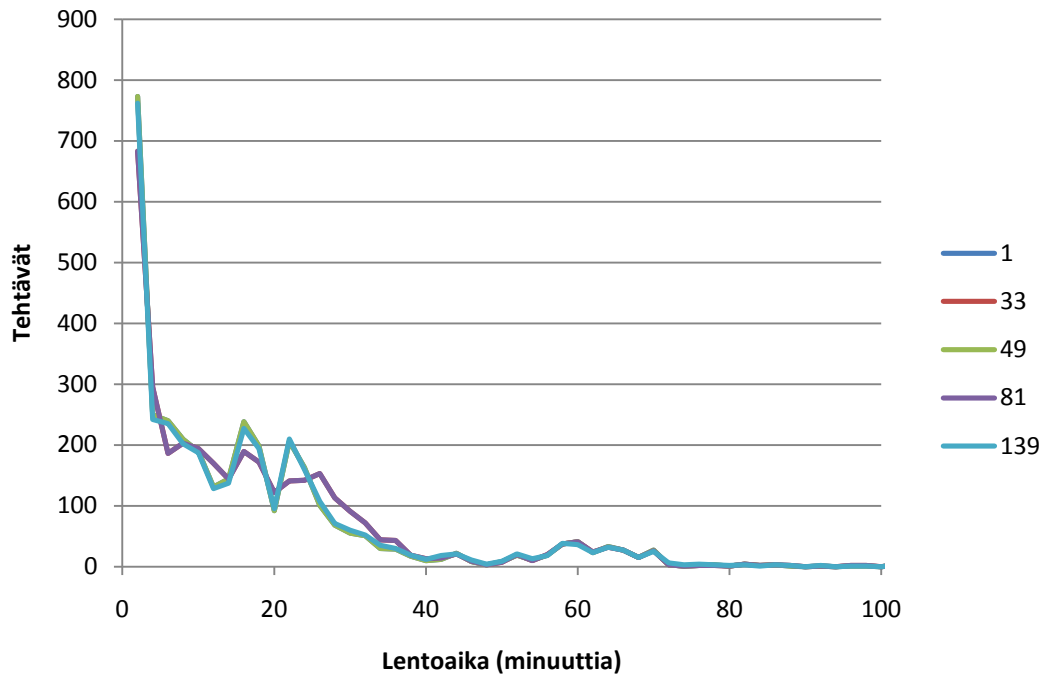
aikoja vertailtaessa ei ole otettu huomioon valmiusaikoja, jotka ovat päivisin 15 minuuttia hälytyksestä ja iltaisin 75 minuuttia. Huomioitavaa on, että 20 parhaalla Vaasan portfolioilla kyetään saavuttamaan useampi kohde alle tunnin lennolla kuin Rovaniemen parhaalla portfolioilla saavutetaan. Tehtäviä ollessa noin 1750 kappaletta vuodessa prosenttiyksikön ero eri portfolioiden välillä tarkoittaa yli kymmenen tehtävän eroa vuodessa. Huonoimmilla portfolioilla saavutetaan noin 90 % kohteista tunnin lennolla, jolloin parhaan ja huonoimman portfolioon välillä eroa on noin 6 prosenttiyksikköä eli yli 100 tehtävää vuodessa. Erot kaikkien portfolioiden välillä ovat kuitenkin melko pieniä ja kaikki portfolioit suoriutuvat tehtävistä hyvin, eikä yksikään portfolio ole merkittävästi muita huonompi. Alla olevassa kuvassa on esitetty 20 pelastuskyvyltään parasta helikopteriportfoliota (Kuva 5).



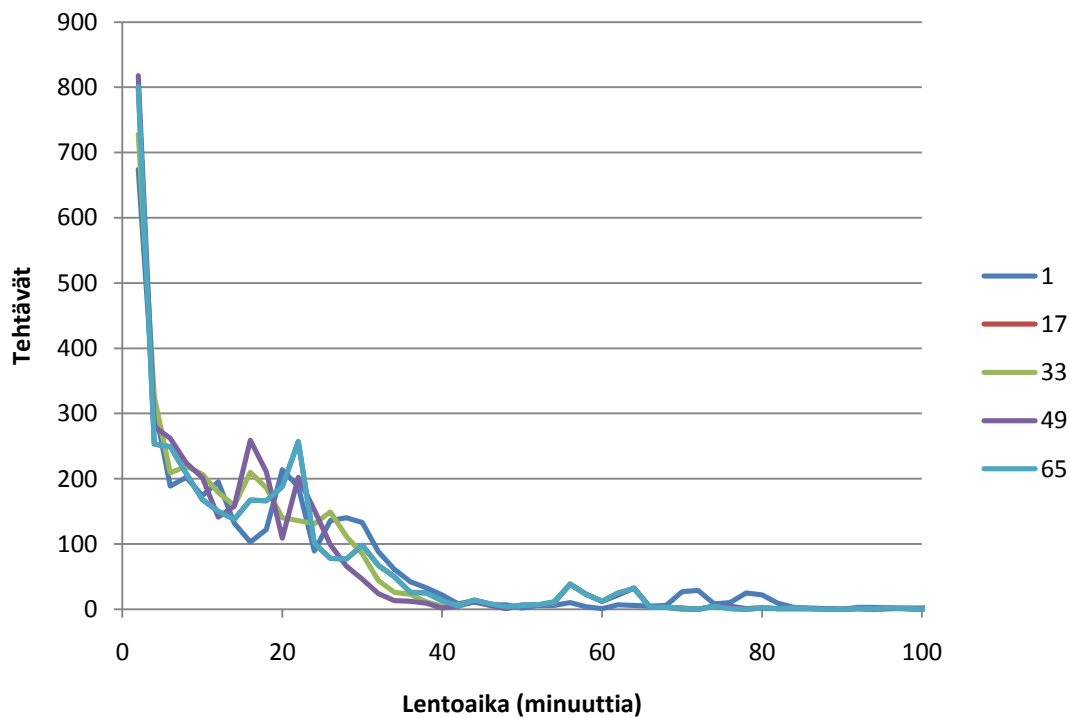
Kuva 5 Vaasan ja Rovaniemen pelastuskyvyltään 20 parasta portfoliota

Tarkasteltaessa tarkemmin sekä Vaasaan että Rovaniemelle sijoittuvien viiden parhaan portfolioon lentoaikojen jakaumia alla olevissa kuvissa (Kuva 6 ja Kuva 7) suurimpana erona on Rovaniemen portfolioiden samanlaisuus. Vaasaan sijoittuvilla portfolioissa on selkeästi havaittavissa eroja frekvensseissä. Huomioitavaa on, että Rovaniemelle sijoittuvissa portfolioissa lentoaikojen 50 ja 70 minuuttia välille sijoittuvien lentojen määrä on huomattavasti suurempi kuin Vaasan viidellä parhaalla portfolioilla. Koska Rajavartiolaitos

pyrkii tavoittamaan hälytyspaikat tunnin sisällä, on Vaasa frekvenssijakauman perusteella parempi vaihtoehto kuin Rovaniemi sijoituspaikkana. Portfoliossa 1 helikopterit on sijoitettu siten, että Helsingissä olisi yksi AW119 Koala ja kolme AW139, Turussa kolme AW139 ja Rovaniemellä tai Vaasassa kaksi Koalaa ja kaksi AW139:ä.

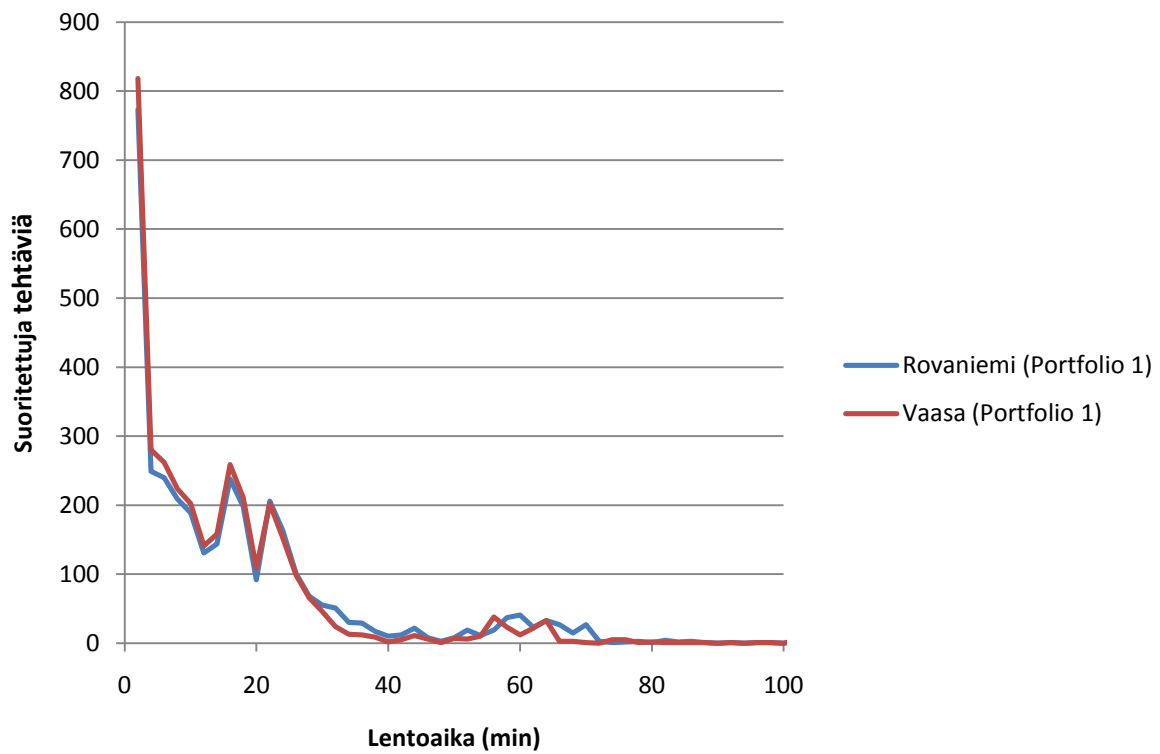


Kuva 6 Helsinki-Turku-Rovaniemi-portfoliot: Viiden parhaan Rovaniemelle sijoittuvat portfolion frekvenssijakauma

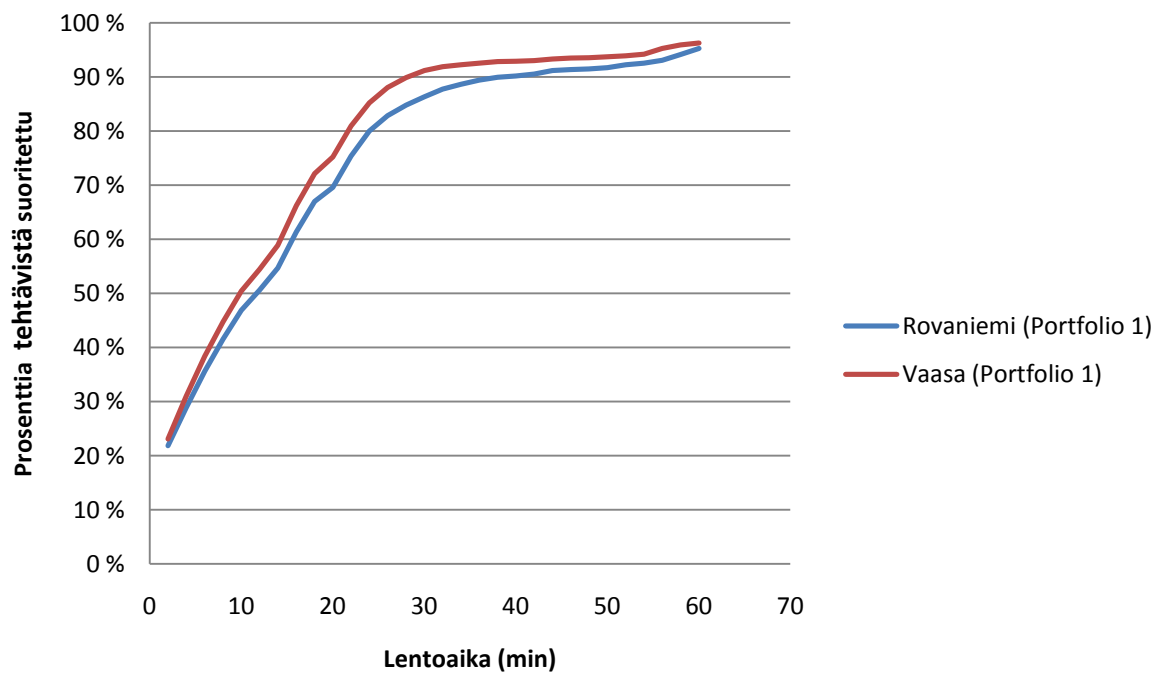


Kuva 7 Helsinki-Turku-Vaasa-portfoliot: Viiden parhaan Vaasaan sijoittuvan portfolion frekvensijakauma

Alla olevassa kuvassa (Kuva 8) on vertailtu parasta Rovaniemelle ja Vaasaan sijoitettua portfoliota ja niiden lentoaikojen frekvensijakaumia. Vaasan parhaan portfolion jakauma on hieman Rovaniemen parhaan portfolion jakauman vasemmalla puolella, joten Vaasan paras portfolio kykenee lentämään suuremmissa osissa tehtävistä nopeammin tapahtumapaikalle. Vaasan portfoliolla on myös vähemmän tehtäviä, joihin lentäminen kesti yli tunnin. Portfolioiden kertymäfunktioita vertailtaessa alla olevassa kuvassa (Kuva 9) huomataan entistä selvemmin Vaasan edut sijoituspaikkana. Vaasasta tapahtumapaikat pystytään saavuttamaan selkeästi Rovaniemeä paremmin.



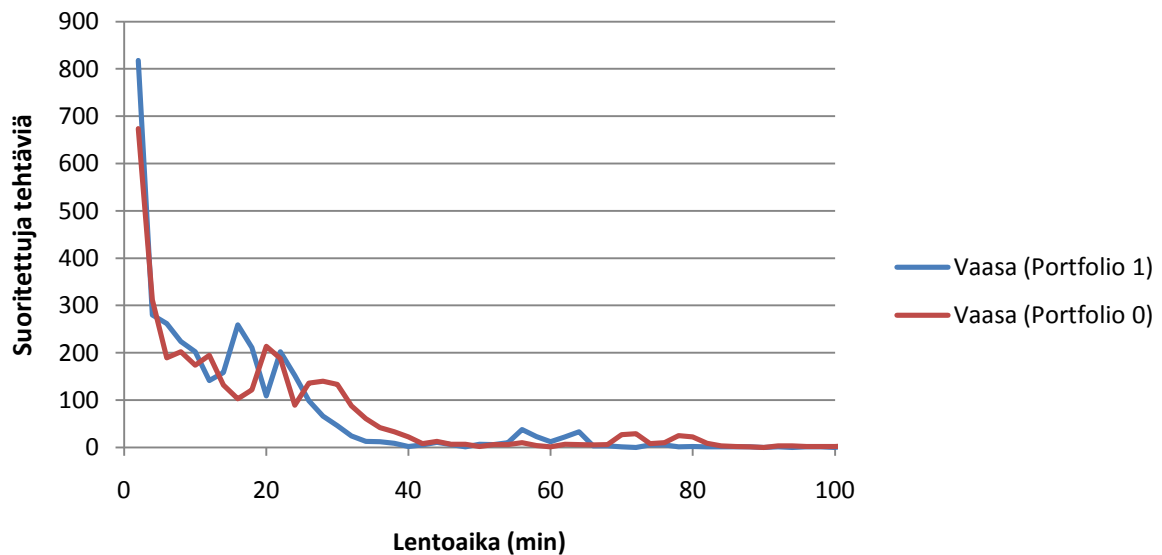
Kuva 8 Rovaniemen ja Vaasan parhaat portfoliot vertailtuna



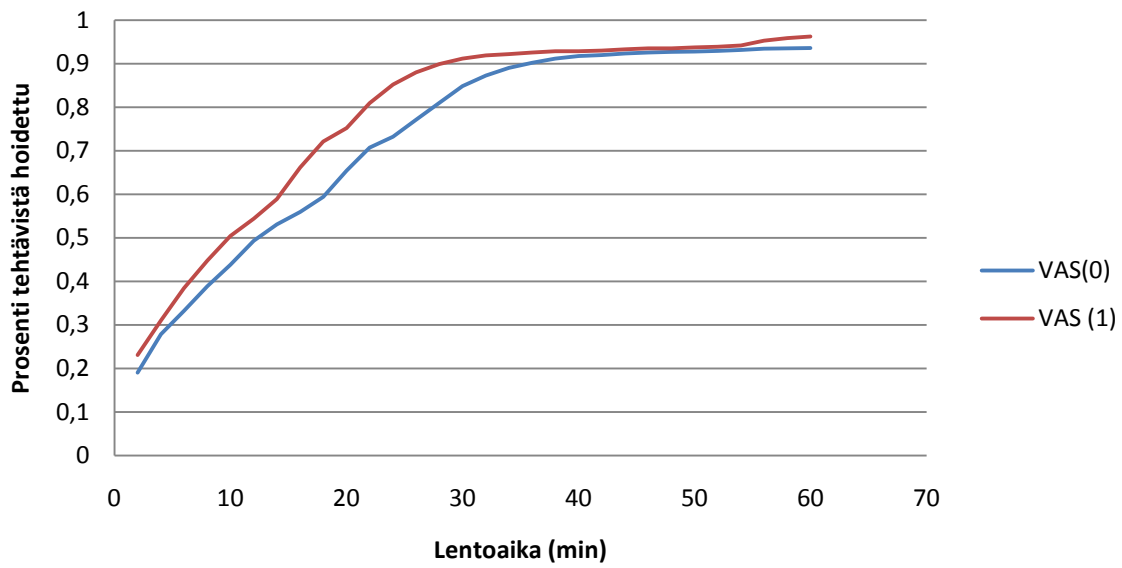
Kuva 9 Parhaiden portfolioiden kertymäfunktiot

4.2.2 Parhaiden ja huonoimpien portfolioiden vertailu

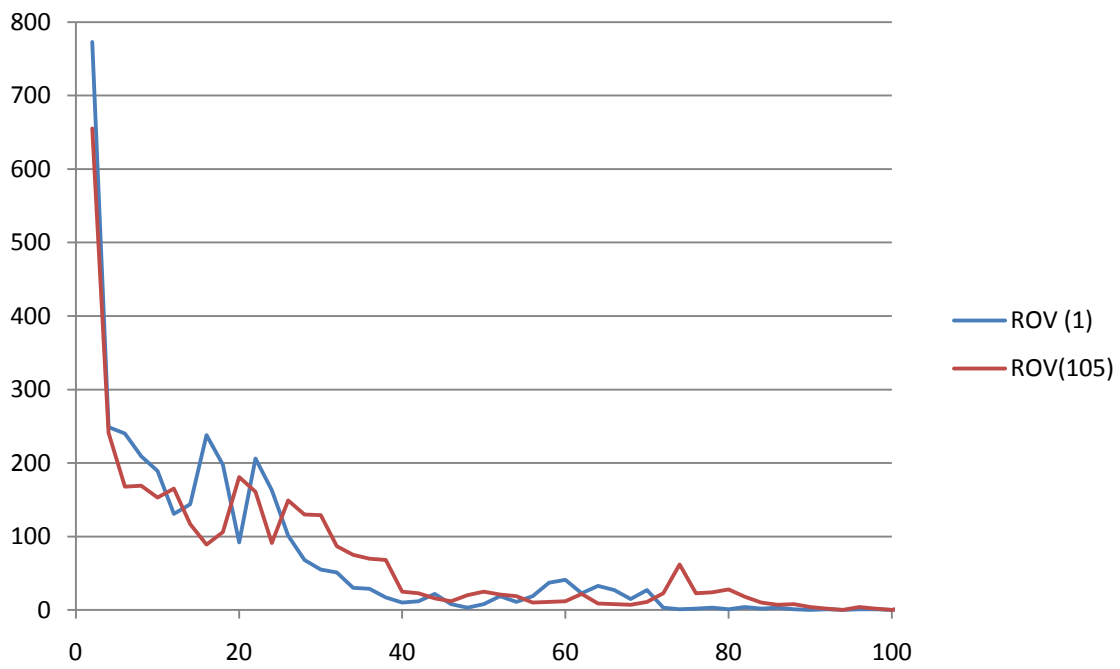
Vertailtaessa Rovaniemen ja Vaasan parhaita ja huonoimpia portfolioita keskenään havaitaan selkeitä eroja lentoajoissa parhaiden ja huonoimpien välillä, mikä ilmenee alla olevissa kuvissa (Kuva 10 ja Kuva 12). Yhteistä huonoimmille portfolioille on, että niissä molemmissa on Super Puumia. Super Puumien heikkous on niiden nopeus suhteessa uudempiin malleihin. Ne lentävät noin 40 km/h hitaammin kuin uudemmat mallit, mikä näkyy kuvissa selkeästi. Kuvasta (Kuva 11) havaitaan selkeä ero Vaasan portfolioiden kertymäfunktioiden välillä. Parhaimmalla portfolioilla pystytään saavuttamaan 90 % hälytyspaikoista 28 minuutin lennolla, kun taas huonoimmalla portfolioilla tähän menee 36 minuuttia.



Kuva 10 Vaasan parhaan portfolioin (Portfolio 1) ja huonoimman portfolioin (Portfolio 0) frekvenssijakaumat



Kuva 11 Vaasan huonoimman ja parhaimman portfolion lentoaikojen kertymäfunktio



Kuva 12 Rovaniemen parhaan portfolion (Portfolio 1) ja huonoimman portfolion (Portfolio 105) frekvenssiakaumat

4.3 Kustannukset

4.3.1 Lentokustannukset

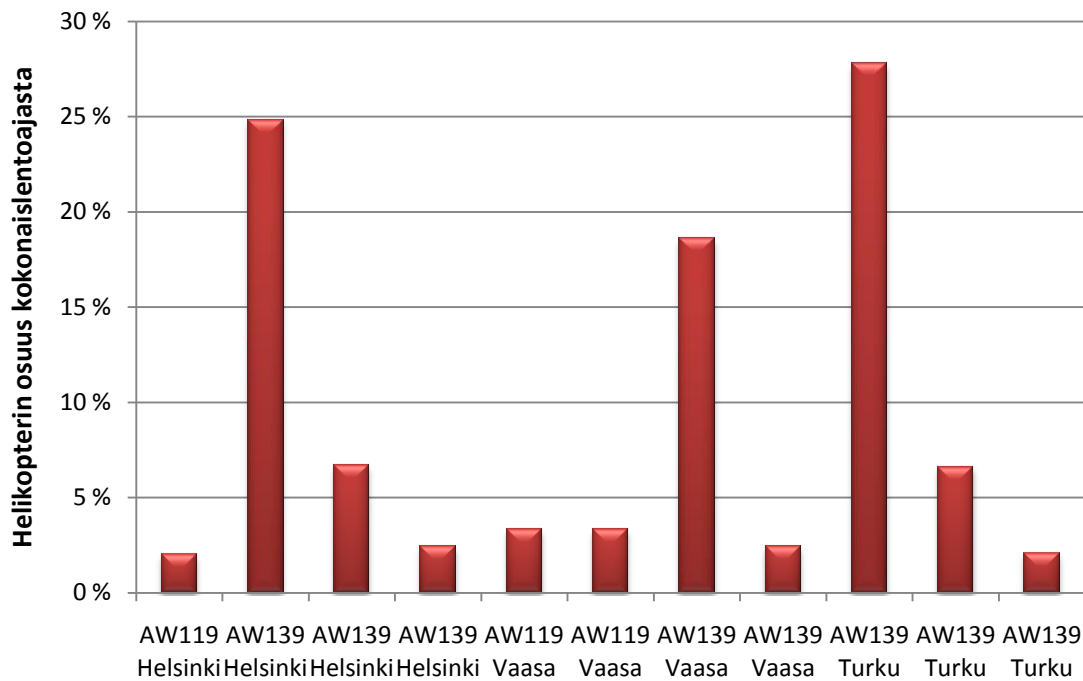
Portfolioiden lentokustannukset noudattavat hyvin samanlaista jakaumaa sekä Rovaniemen että Vaasan ollessa kolmantena tukikohtana. Pienimmät kustannukset muodostuvat portfolioista, joissa käytössä ei ole keskiraskaita helikoptereita. Mitä suurempi osa tunneista lennetään keskiraskailla, sitä korkeammaksi kustannukset nousevat. Vaasaan sijoitetuissa portfolioissa on havaittavissa selkeästi kolme eri kustannusryhmää, kun Rovaniemelle sijoituvissa portfolioissa on havaittavissa kolmesta neljään eri kustannusryhmää. Kustannusryhmien synty on seurausta edellä mainitusta keskiraskaiden helikopterien aiheuttamista lisäkustannuksista. Simulaation mukaan Vaasan käyttäminen kolmantena tukikohtana on yleiskustannustasoltaan Rovaniemeä edullisempaa, sillä vuosittaiset lentokustannukset vaihtelevat eri portfolioilla Vaasan sisältävässä mallissa 2,3 ja 6,0 miljoonan euron välillä, kun taas Rovaniemeä käytettäessä ne ovat 2,6 – 7,0 miljoonaa euroa. Liitteissä on esitetty eri helikopteriportfolioiden kustannukset eri tukikohtavaihtoehdoilla (Liite A ja Liite B).

Portfolioiden hyvyttä on syytä tarkastella myös helikopterin kuormituksen suhteen. Jos jollekin helikopterityypille ei toisessa tukikohdassa kerry juurikaan lentotunteja, mutta toisessa tukikohdassa oleva saman tyyppin helikopteri on jatkuvassa käytössä, helikopterien sijoittelu eri tukikohtiin ei ole optimaalinen.

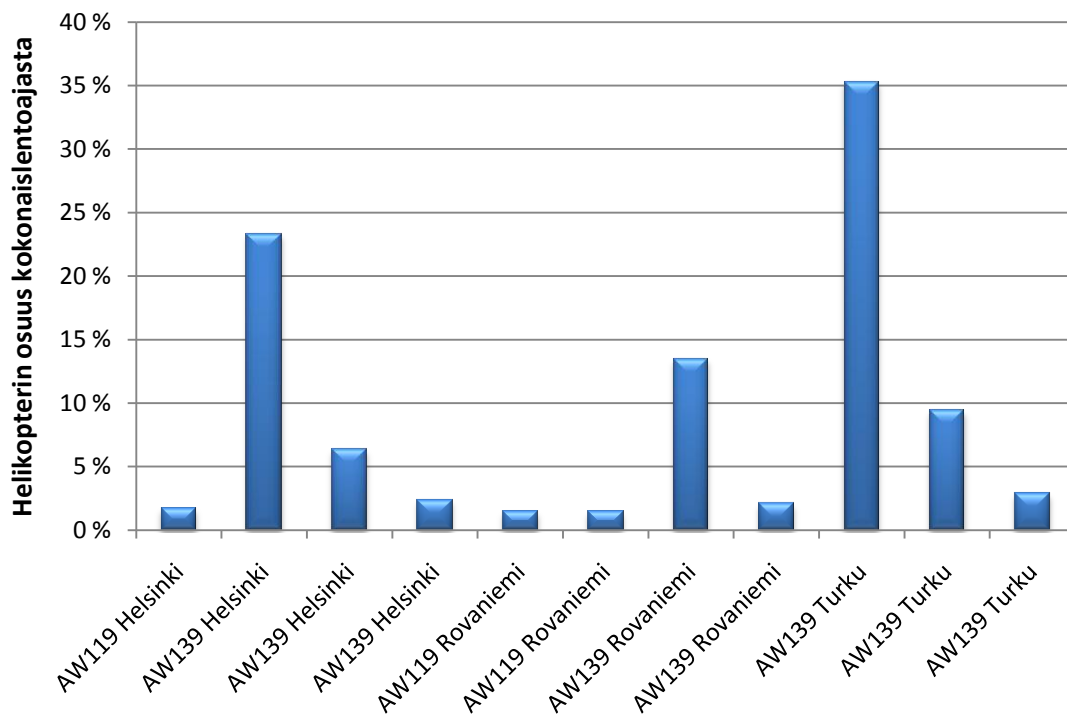
Yksittäisen helikopterin lentotunteja verrattiin koko helikopteriportfolion tunteihin, jolloin saatiin selville kunkin helikopterin osuus kokonaiskäytöstä. Jos simuloitavassa portfolioissa oli samassa tukikohdassa kaksi samanlaista helikopteria, ei joissakin portfolioissa toiselle helikopterille kertynyt yhtään käyttötuntia. Tällöin lentotunnit tasattiin tietoa analysoitaessa molemmille koptereille, koska käytännössä niitä pyrittäisiin kuormittamaan yhtä paljon.

Alla olevissa kuvissa (Kuva 13 ja Kuva 14) on esitetty ja vertailtu helikopterien lentotuntien jakautumista pelastussuoritekyvyltään parhaimmassa portfolioissa (Portfolio 1). Vaasan ollessa kolmas sijoituspaikka lentotunnit jakautuvat tasaisemmin eri tukikohtien ja helikoptereiden osalta. Selkein syy Vaasan pienemmille kustannuksille tulee selkeästi ilmi, sillä halvempia AW119 helikoptereita käytetään kolmannen tukikohdan ollessa Vaasassa enemmän kuin Rovaniemen ollessa kolmas tukikohta. Kummassakin sijoituspaikassa Vaasassa ja Rovaniemellä toinen AW119 Koala jää täysin ilman lentotunteja, minkä takia tunnit on tasattu kahden helikopterin välillä.

Lentoaikalaskelmissa tulee kuitenkin huomioida, että nykyisellä simulaatiomallilla näyttää siltä, että portfoliot ovat ylimitoitettua, eli ne pystyvät suorittamaan enemmän tehtäviä kuin todellisuudessa.



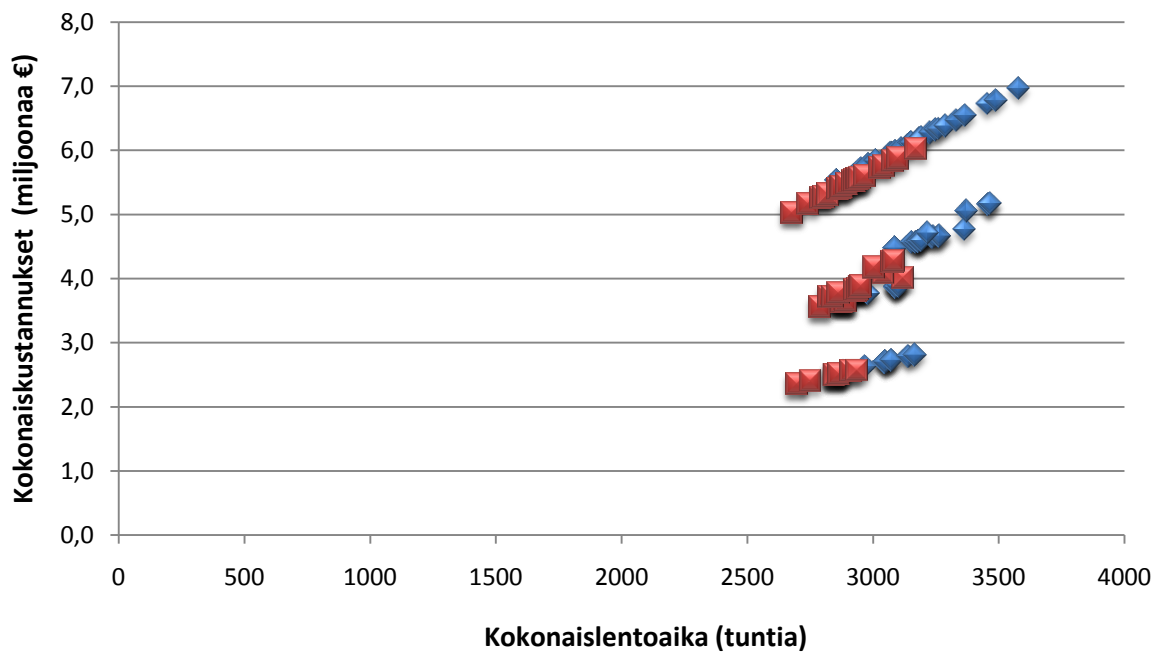
Kuva 13 Helsinki-Turku-Vaasa-portfolio 1: lentotuntien jakautuminen eri helikoptereille Vaasan ollessa kolmas tukikohta



Kuva 14 Helsinki Turku Rovaniemi Portfolio 1 lentotuntien jakautuminen eri helikoptereille Rovaniemen ollessa kolmas tukikohta

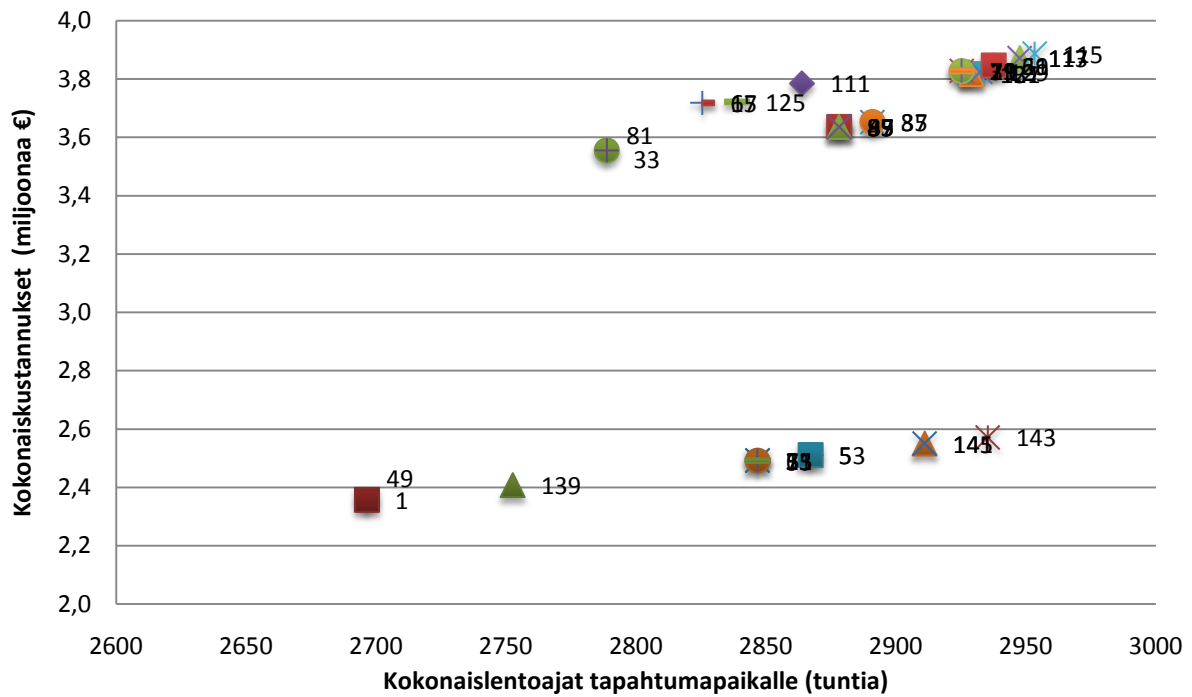
4.3.2 Kustannusten ja kokonaislentoaikojen vertailu

Sijoituspaikkoja vertailtaessa on jo havaittu Vaasan olevan kokonaiskustannuksiltaan Rovaniemeä halvempi. Piirrettäessä samaan kuvaajaan x-akselille kokonaislentoajat tapahtumapaikalle ja y-akselille kokonaiskustannukset käy entistä selkeämmin esiin Vaasan paremmuus sijoituspaikkana Rovaniemen suhteen, koska keskimäärin tapahtumapaikalle saavutaan nopeammin ja kokonaiskustannukset ovat alemmat. Alla olevasta kuvasta (Kuva 15) on havaittavissa selkeästi kolme portfolioiden muodostamaa ryhmää. Alimmaisena on ryhmä, jossa ei ole keskiraskaita helikoptereita, ylhäällä ryhmä, jossa on vain keskiraskaita helikoptereita, ja keskellä portfolioit, joissa on sekä keskiraskaita että pienempiä helikoptereita AW119 Koalien lisäksi.

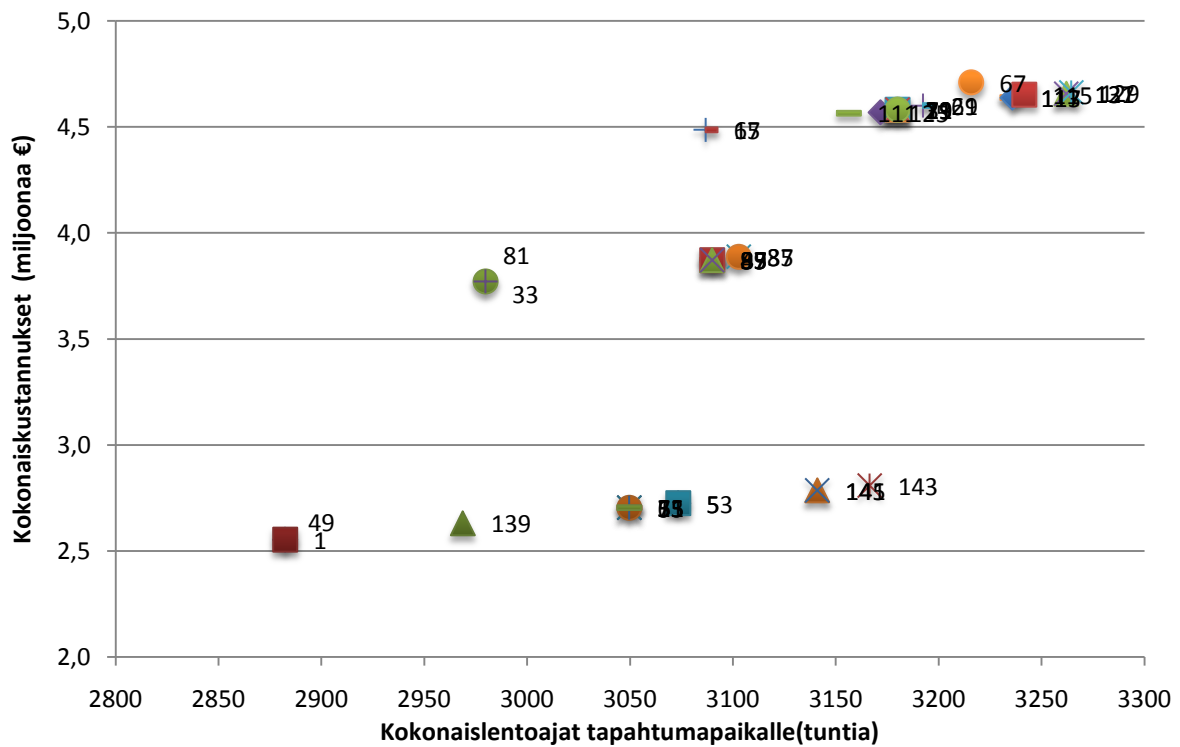


Kuva 15 Kokonaiskustannukset suhteessa kokonaislentoaikaan eri portfolioilla

Vertailtaessa alla olevissa kuvissa (Kuva 16 ja Kuva 17) Vaasaan sijoitettuja portfolioita kustannustehokkaimpia portfolioita ovat portfolioit 1 ja 49, jotka ovat selkeästi muita portfolioita parempina. Myös Rovaniemellä portfolioit 1 ja 49 ovat kustannustehokkaimpia. Näissä portfolioissa kolmen AW 119 Koalan rinnalle esitetään AW 139 -mallia. Erona portfolioiden 1 ja 49 välillä on Koalien sijoittaminen eri tukikohtiin (Rovaniemi vai Vaasa).



Kuva 16 Helsinki-Turku-Vaasa-portfoliot verrattuna lentokustannuksiin



Kuva 17 Helsinki-Turku-Rovaniemi-portfoliot verrattuna lentokustannuksiin

5 Johtopäätökset ja suositukset

5.1 Johtopäätökset

5.1.1 Simulaatiomalli

Tässä työssä esitetty simulaatiomalli on varsin yksinkertaistettu, mutta siinä on mallilta vaaditut ominaisuudet. Mallin avulla voidaan selkeästi erottaa portfolioiden eroja ja siten selvittää Rajavartiolaitokselle järkeviä helikopterimalleja ja sijoituspaikkoja. Yksinkertaistuksien avulla malli on tällä hetkellä melko kevyt ja sitä on nopea käyttää. Malli on helposti muunneltavissa tarpeita vastaavasti ja siihen voidaan tarvittaessa lisätä uusia ominaisuuksia, jos mallia halutaan kehittää laajemmaksi ja monipuolisemmaksi. Erityisesti mallin avulla kyetään esittelemään Rajavartiolaitoksen henkilökunnalle, miten simulaatiomalleilla voidaan selvittää eri portfolioiden välisiä eroja.

5.1.2 Tulokset

Simulaatiomallista saatujen tulosten perusteella portfoliot 1 ja 49 ovat selkeästi niin pelastuskuin kustannustehokkuudeltaan ylivertaisia vaihtoehtoja muihin portfolioihin nähden. Näiden portfolioiden ainoa ero on Koalien sijoitus eri tukikohtiin (Rovaniemi tai Vaasa). Portfoliot ovat optimaalisimpia, sillä niiden kokonaislentoajat ovat kaikista portfolioista toiseksi pienimpiä ja niillä on pienimmät kokonaiskustannukset.

Vaasaa voidaan myös pitää simulaatiomallin tulosten perusteella huomattavasti parempana vaihtoehtona tukikohdan sijainnille kuin Rovaniemeä, sillä 20 parasta Vaasan sisältävää portfolioa ovat parempia kuin Rovaniemen sisältävä paras portfolio. Erot eri portfolioiden välillä ovat prosentuaalisesti suhteellisen pieniä, sillä parhailla portfolioilla yli 96% pelastustehtävät hoidetaan alle tunnissa, huonoimmilla taas 90%, mutta kun nämä erot suhteutetaan tehtävien määrään, erot ovat kuitenkin merkittäviä.

Mallista saatujen tulosten mukaan suurimmalla osalla portfolioista tehtävät saadaan suoritettua hyvin alle tunnissa. Ylin tunnin kestäviä pelastustehtäviä on kuitenkin hieman enemmän kuin alle tunnin kestäviä, mutta tämä piikki johtuu ennen kaikkea suuremmista pelastustehtävistä, joita ei olla saatu yhdellä helikopterilla suoritettua.

5.2 Suositukset

5.2.1 Malli

Jos mallin kehittäminen katsotaan tarpeelliseksi, sitä on mahdollista laajentaa usealla tavalla. Tällä hetkellä mallissa otetaan huomioon vain meripelastus- ja rajavartiotehtävät, vaikka Vartiolentolaivue suorittaa myös muita tehtäviä. Näiden tehtävien lisääminen malliin tarkentaisi mallin kykyä ennustaa tarvittavien helikopterien määrää. Helikoptereiden huolto perustuu pitkälti lentotuntien määrään, joten mallissa voitaisiin ottaa huomioon huollot. Tällöin helikopterin ollessa huollossa sitä ei voisi käyttää tehtävien suorittamiseen. Tämä ominaisuus parantaisi mallin kykyä ennustaa helikopterien käyttöä entisestään. Malliin voitaisiin myös parantaa kehittämällä tapaa, jolla muita koptereita kuin päivystyshelikopteria käytetään.

Tällä hetkellä tukikohdan helikopterien lähtövalmiudella ei ole eroja, mikä on ristiriidassa todellisuuden kanssa, mutta on mallin kannalta tarkoituksenmukainen yksinkertaistus. Lähtövalmiuden erojen vaikutus mallista saataviin tuloksiin saattaa olla merkittävä ja se saattaa myös muuttaa eri portfolioiden paremmuusjärjestystä, minkä vuoksi mallin kehittämisessä suositellaankin lähtövalmiuden tarkempaa selvittämistä, jotta sen voisi ottaa todenmukaisemmin huomioon simulaatiomalliin.

Meripelastusdatasta suodatettiin myös pois tapahtumat, joissa pelastettavia henkilöitä oli useista sadoista tuhansiin. Tällaisten tapahtumien vaikutus helikopterien käyttöasteeseen on luonnollisesti merkittävä, mutta näin suurten tapahtumien analysoiminen osana tässä työssä tehtyä simulaatiomallia ei anna hyödyllisiä tuloksia. Sen sijaan suuria tapauksia voisi käsitellä ja analysoida erikseen ja niiden osalta voisi tehdä erillisiä lentoaika- ja kustannuslaskelmia, joiden avulla voisi arvioida yhden suuren pelastustapahtuman vaikutusta eri helikopteriportfolioiden tapauksissa.

Simulaatiomallia kehitettäessä tulee kuitenkin muistaa, että erilaisten ominaisuuksien lisääminen malliin tekee mallista luonnollisesti entistä raskaamman, jolloin mallin käytettävyys voi heikentyä.

5.2.2 Tulokset

Simulaatiomallissa ei ole mukana koulutuslentoja, huoltotoimenpiteitä ja valvontalentoja, mikä luonnollisesti vaikuttaa simulaatiosta saatuihin tuloksiin. Tämä aiheuttaa sen, että simulaation portfoliot ovat ylimitoitettuja, eli ne suorittavat enemmän tehtäviä, kuin mitä todellisuudessa on mahdollista suorittaa. Tämä johtuu siitä, että todellisessa tilanteessa

helikopterit ovat useammin varattuina (esim. valvontalentojen takia) ja eivät tällöin kykene yhtä tehokkaaseen tehtävien suorittamiseen kuin simulaatiossa.

Tuloksien hyödyllisyyttä voitaisiin lisätä myös selvittämällä eri mallien lentokustannuksia tarkemmin, jolloin eri portfolioiden välille saataisiin enemmän eroja. Tuloksia vääristää rajavartiot tehtävien muodostaminen todennäköisyyksien avulla, koska tehtävät ovat salaisia. Käyttämällä mallissa todellisia tehtäviä vastaisivat tulokset tarkemmin todellisuutta. Luonnollisesti mallia kehittämällä yleisesti todellisuutta tarkemmin vastaavaksi, saadaan mallin avulla myös yleisesti huomattavasti realistisempia tuloksia tarkasteltavaksi.

5.3 Merkitsevyys ja validiteetti

Simulaatiomalli on, sen rajoitukset, oletukset ja yksinkertaistukset huomioon ottaen, hyödyllinen lähtökohta kustannustehokkaan helikopteriportfolion luomista varten. Nykyisessä muodossaan simulaatiomalli antaa mahdollisuuden kokeilla erilaisten helikopteriportfolioiden kykyä suoriutua tavanomaisista meripelastus- ja rajavartiot tehtävistä sekä vertailla näiden eri portfolioiden kustannuksia.

Simulaatiomallista saadut tulokset eivät ole täysin valideja, sillä simulaatiomallissa on tehty merkittäviä yksinkertaistuksia helikopterien toiminnan ja johtamisen osalta. Todellisuudessa helikoptereita kyetään varmasti johtamaan paremmin kuin simulaatiomallissa käytetyn tehoälyn avulla, mutta toisaalta helikopterien toiminnasta syntyy hyvin todennäköisesti enemmän kuluja kuin simulaatiomallin perusteella tehdyt kustannuslaskelmat antavat ymmärtää. Helikopterien huoltokustannuksia ja huoltoaikoja, koulutuslentoja sekä valvontalentoja ei ole huomioitu simulaatiossa, mikä antaa helikopteriportfolioiden tehokkuudesta ja kustannuksista todennäköisesti liian optimistisen kuvan. Suoritusajat ovat myös karkeasti lyhyempiä kuin todellisuudessa, sillä etsintäaikoja ei ole arvioitu ja otettu huomioon helikopterien tehtävissä. Väärät hälytykset työllistävät myös helikoptereita, ja näiden puuttuminen vääristää myös simulaatiomallin tuloksia. Myös se tosiasia, että simulaatiossa oli käytössä saatavuuden takia vain vuosien 2007 ja 2008 tiedot vaikuttaa tulosten merkitsevyyteen huomattavasti.

Vertaillaessa eri helikopteriportfolioita keskenään simulaatiomallilla saadaan kuitenkin merkittävää ja suhteellisen validia tietoa eri portfolioiden eroista, ja nämä portfolioiden erot ovatkin merkittävämpänä tarkastelun kohteena simulaatiossa. On kuitenkin huomattava, että mikäli eri helikopterien tehtävistä suoriutumisessa ja kustannuksissa on suuria eroja mallin parametrien ja todellisuuden kanssa, saattaa tämä muuttaa simulaatiomallin tuloksia ja eri

portfolioiden paremmuusjärjestystä. Simulaatiomallia antaakin hyvän kuvan eri portfolioiden hälytystehtävien kustannuksista, mutta ei anna täydellistä kuvaa portfolioiden kokonaiskustannuksista.

5.4 Pohdinta

Tulevaisuudessa, mikäli simulaatiomalli koetaan hyödylliseksi Rajavartiolaitoksen toiminnan suunnittelussa, tulisi mallissa olevat yksinkertaistukset poistaa ja tarkentaa mallia enemmän todellisuutta vastaavaksi. Simulaatiomallin integrointi Rajavartiolaitoksen jo olemassa olevan tiedonkeruujärjestelmän kanssa mahdollistaisi helposti historiadatan hyödyntämisen malliin syötettävänä datana. Tämä mahdollistaisi myös vertailun toteutuneiden lentoaikojen ja kustannusten sekä mallin mukaisten lentoaikojen ja kustannusten välillä, jonka perusteella mallia voisi edelleen kehittää paremmin vastaamaan Vartiolentolaivueen todellista toimintaa.

Tulevaisuudessa malliin tulisi ainakin huomioida:

1. Helikopterien huoltokustannukset ja huoltoajat
2. Koulutuslennot
3. Valvontalennot
4. Etsintäajat tehtävissä
5. Väärät hälytykset
6. Sisämaan tehtävät
7. Helikopterien kiihdytys ja hidastaminen lennon aikana (tällä hetkellä helikopteri saavuttaa huippunopeutensa heti)
8. Todenmukaisempi tieto rajavartioitehtävistä.

Näiden seikkojen huomioon ottaminen todennäköisesti tarkoittaisi sitä, että pelastustehtävä massan alkuhuippu siirtyisi frekvenssikaaviossa enemmän vasemmalle.

Merkittävä pohdittava asia on myös valmiusaikojen pituudet. Saadaanko lyhyemmillä valmiusajoilla parempia tuloksia? Minkälaisia kustannuksia valmiusaikojen lyhentämisestä syntyisi? Kuinka suuria nämä kustannukset ovat verrattuna helikopterihankintoihin? Nämä ovat kysymyksiä, joita selvittämällä voisi myös saada arvokasta tietoa helikopterien meripelastus- ja rajavartioitehtävien kokonaiskustannuksista ja sen herkkyydestä muutoksille valmiusajoissa.

6 Yhteenveto

Tämän työn lähtökohtana oli luoda Rajavartiolaitokselle apuväline päätöksentekoon kustannustehokasta helikopterihankintaa varten.

Projektiin tutustumisen jälkeen määriteltiin työn tavoitteiksi simulaatiomallin luonti siitä, kuinka Rajavartiolaitoksen meripelastus- ja rajanvalvontatehtävät toteutetaan Suomessa; eri mahdollisten helikopteriportfolioiden vaihtoehtojen selvittäminen sekä kustannustehokkaimpien vaihtoehtojen löytäminen mahdollisten helikopteriportfolioiden joukosta.

Työ eteni tiedon keruulla sekä simulaatiomallin luomisella, jonka jälkeen suoritettiin kustannuslaskelmia ja etsitiin optimaaliset ja kustannustehokkaimmat helikopteriportfoliot sekä parhaimmat sijainnit näille portfolioille.

Työn tuloksena saatiin määriteltyä kaksi optimaalista portfoliota (Portfolio 1 ja Portfolio 49), jotka ovat selkeästi niin pelastus- kuin kustannustehokkuudeltaan ylivertaisia vaihtoehtoja muihin portfolioihin nähden. Tämän lisäksi simulaatiomallin tulosten perusteella voidaan todeta, että Vaasa on optimaalisempi sijainti kuin Rovaniemi tukikohtaa ajatellen.

Merkittävimpänä tuloksena työssä on kuitenkin Rajavartiolaitoksen helikopterien meripelastus- ja rajanvalvontatehtävien simulaatiomalli, jota voi helposti kehittää edelleen vastaamaan tarkemmin ja todenmukaisemmin Rajavartiolaitoksen helikoptereiden toimintaa. Malli antaa jo nyt hyvän mahdollisuuden vertailla eri portfolioiden tehtävien suorittamisten kustannuksia, mutta jotta myös helikopteriportfolioiden kokonaiskustannuksia pystyttäisiin todenmukaisesti vertailemaan, tulee simulaatiomallia vielä kehittää edelleen tulevaisuudessa.

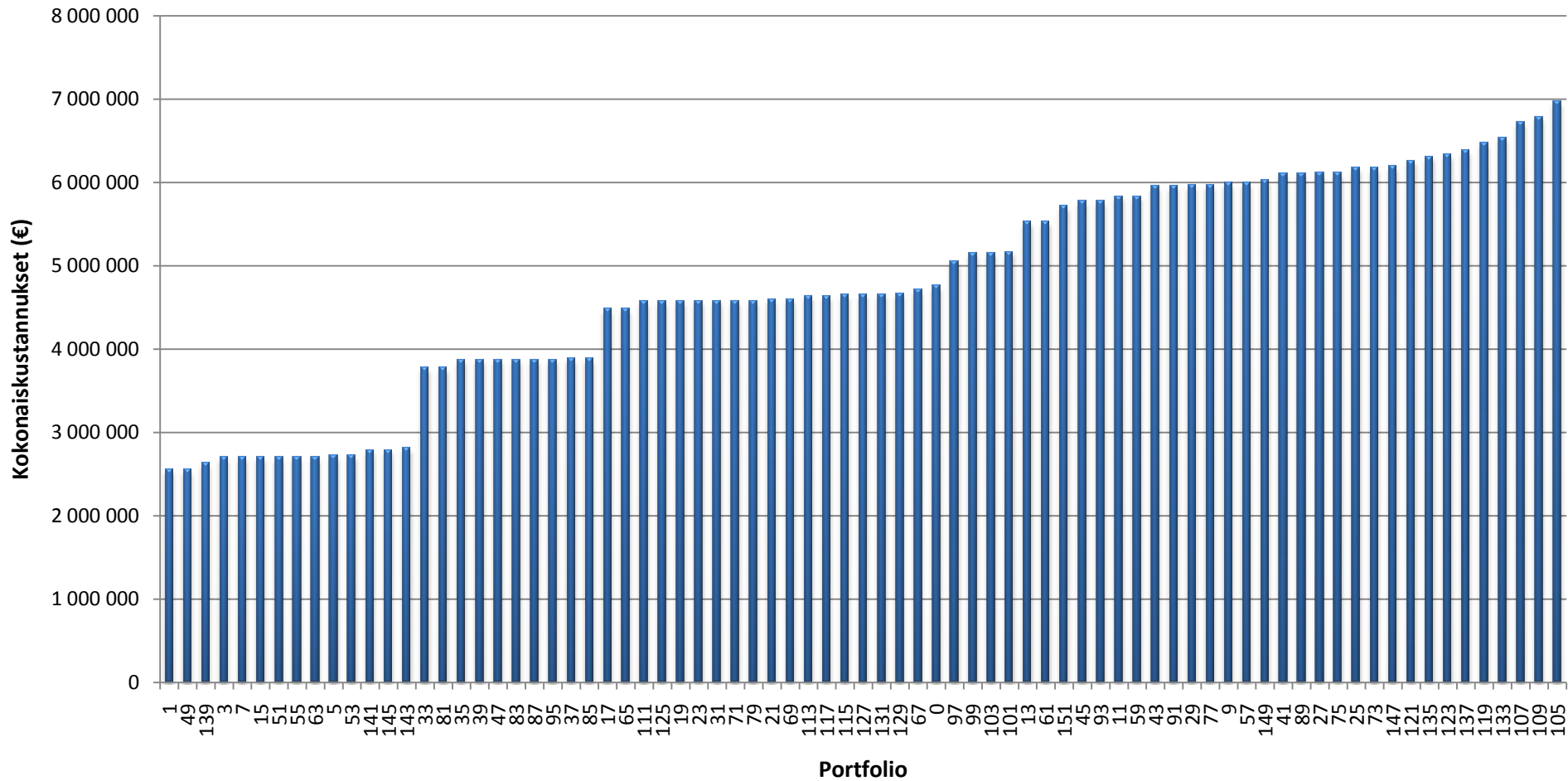
7 Lähteet

1. Haastattelut Rajavartiolaitoksen ja VTT:n edustajien kanssa
2. Rajavartiolaitokselta saadut tilastot meripelastustehtävistä vuosina 2007 ja 2008

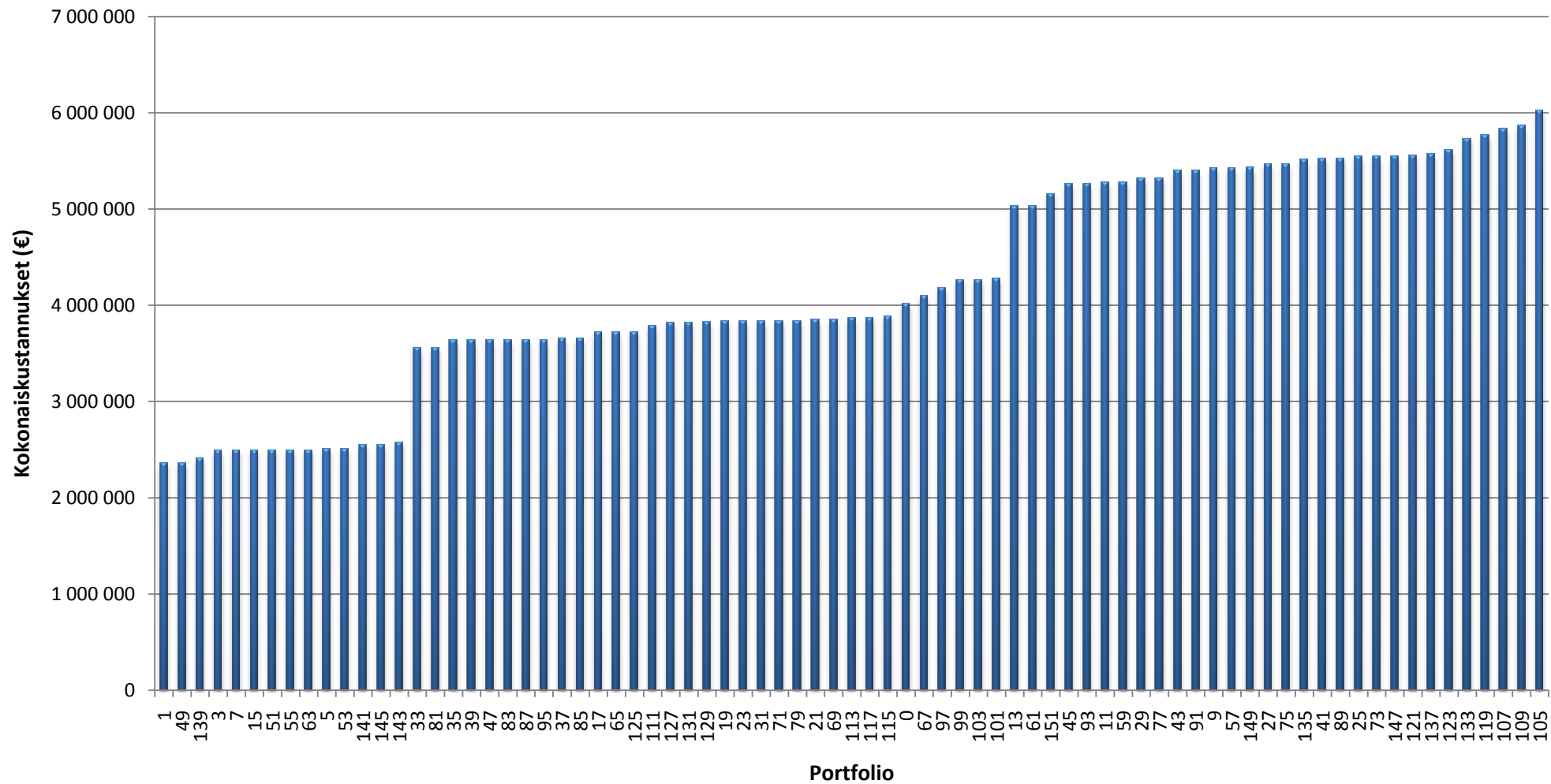
8 Liitteet

Liite A: Helsinki-Turku-Rovaniemi-portfolioiden lentokustannusvertailu	s. 40
Liite B: Helsinki-Turku-Vaasa-portfolioiden lentokustannusvertailu	s. 41
Liite C: Työssä vertaillut helikopteriportfoliot	s. 42

Liite A: Helsinki-Turku-Rovaniemi-portfolioiden lentokustannusvertailu



Liite B: Helsinki-Turku-Vaasa-portfolioiden lentokustannusvertailu



Liite C: Tutkimuksessa vertailut helikopteriportfoliot

	Helsinki	Turku	Rovaniemi/Vaasa
Portfolio	Helikopterien määrä ja tyyppi	Helikopterien määrä ja tyyppi	Helikopterien määrä ja tyyppi
Nyt	3 * AB 412 1 * AW119 Koala	3 * AS 332 Super Puma	2 * AB 412 2 * AW119 Koala
1	1 * AW119 Koala 3 * AW139	3 * AW139	2 * AW119 Koala 2 * AW139
3	1 * AW119 Koala 3 * EC115 B1	3 * EC115 B1	2 * AW119 Koala 2 * EC115 B1
5	1 * AW119 Koala 3 * S-76C++	3 * S-76C++	2 * AW119 Koala 2 * S-76C++
7	1 * AW119 Koala 3 * S-76D	3 * S-76D	2 * AW119 Koala 2 * S-76D
9	1 * AW119 Koala 3 * EC225	3 * EC225	2 * AW119 Koala 2 * EC225
11	1 * AW119 Koala 3 * H-92 Superhawk	3 * H-92 Superhawk	2 * AW119 Koala 2 * H-92 Superhawk
13	1 * AW119 Koala 3 * AW101	3 * AW101	2 * AW119 Koala 2 * AW101
15	1 * AW119 Koala 3 * EC115 B1	3 * EC115 B1	2 * AW119 Koala 2 * EC115 B1
17	1 * AW119 Koala 3 * AW139	3 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * AW139
19	1 * AW119 Koala 3 * EC115 B1	3 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * EC115 B1
21	1 * AW119 Koala 3 * S-76C++	3 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * S-76C++
23	1 * AW119 Koala 3 * S-76D	3 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * S-76D

	Helsinki	Turku	Rovaniemi/Vaasa
Portfolio	Helikopterien määrä ja tyyppi	Helikopterien määrä ja tyyppi	Helikopterien määrä ja tyyppi
25	1 * AW119 Koala 3 * EC225	3 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * EC225
27	1 * AW119 Koala 3 * H-92 Superhawk	3 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * H-92 Superhawk
29	1 * AW119 Koala 3 * AW101	3 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * AW101
31	1 * AW119 Koala 3 * EC115 B1	3 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * EC115 B1
33	1 * AW119 Koala 3 * AS 332 Super Puma	3 * AW139	2 * AW119 Koala 2 * AW139
35	1 * AW119 Koala 3 * AS 332 Super Puma	3 * EC115 B1	2 * AW119 Koala 2 * EC115 B1
37	1 * AW119 Koala 3 * AS 332 Super Puma	3 * S-76C++	2 * AW119 Koala 2 * S-76C++
39	1 * AW119 Koala 3 * AS 332 Super Puma	3 * S-76D	2 * AW119 Koala 2 * S-76D
41	1 * AW119 Koala 3 * AS 332 Super Puma	3 * EC225	2 * AW119 Koala 2 * EC225
43	1 * AW119 Koala 3 * AS 332 Super Puma	3 * H-92 Superhawk	2 * AW119 Koala 2 * H-92 Superhawk
45	1 * AW119 Koala 3 * AS 332 Super Puma	3 * AW101	2 * AW119 Koala 2 * AW101
47	1 * AW119 Koala 3 * AS 332 Super Puma	3 * EC115 B1	2 * AW119 Koala 2 * EC115 B1
49	2 * AW119 Koala 3 * AW139	3 * AW139	1 * AW119 Koala 2 * AW139
51	2 * AW119 Koala 3 * EC115 B1	3 * EC115 B1	1 * AW119 Koala 2 * EC115 B1
53	2 * AW119 Koala 3 * S-76C++	3 * S-76C++	1 * AW119 Koala 2 * S-76C++

	Helsinki	Turku	Rovaniemi/Vaasa
Portfolio	Helikopterien määrä ja tyyppi	Helikopterien määrä ja tyyppi	Helikopterien määrä ja tyyppi
55	2 * AW119 Koala 3 * S-76D	3 * S-76D	1 * AW119 Koala 2 * S-76D
57	2 * AW119 Koala 3 * EC225	3 * EC225	1 * AW119 Koala 2 * EC225
59	2 * AW119 Koala 3 * H-92 Superhawk	3 * H-92 Superhawk	1 * AW119 Koala 2 * H-92 Superhawk
61	2 * AW119 Koala 3 * AW101	3 * AW101	1 * AW119 Koala 2 * AW101
63	2 * AW119 Koala 3 * EC115 B1	3 * EC115 B1	1 * AW119 Koala 2 * EC115 B1
65	2 * AW119 Koala 3 * AW139	3 * AS 332 Super Puma	1 * AW119 Koala 2 * AW139
67	2 * AW119 Koala 3 * EC115 B1	3 * AS 332 Super Puma	1 * AW119 Koala 1 * EC115 B1
69	2 * AW119 Koala 3 * S-76C++	3 * AS 332 Super Puma	1 * AW119 Koala 2 * S-76C++
71	2 * AW119 Koala 3 * S-76D	3 * AS 332 Super Puma	1 * AW119 Koala 2 * S-76D
73	2 * AW119 Koala 3 * EC225	3 * AS 332 Super Puma	1 * AW119 Koala 2 * EC225
75	2 * AW119 Koala 3 * H-92 Superhawk	3 * AS 332 Super Puma	1 * AW119 Koala 2 * H-92 Superhawk
77	2 * AW119 Koala 3 * AW101	3 * AS 332 Super Puma	1 * AW119 Koala 2 * AW101
79	2 * AW119 Koala 3 * EC115 B1	3 * AS 332 Super Puma	1 * AW119 Koala 2 * EC115 B1
81	2 * AW119 Koala 3 * AS 332 Super Puma	3 * AW139	1 * AW119 Koala 2 * AW139
83	2 * AW119 Koala 3 * AS 332 Super Puma	3 * EC115 B1	1 * AW119 Koala 2 * EC115 B1

	Helsinki	Turku	Rovaniemi/Vaasa
Portfolio	Helikopterien määrä ja tyyppi	Helikopterien määrä ja tyyppi	Helikopterien määrä ja tyyppi
85	2 * AW119 Koala 3 * AS 332 Super Puma	3 * S-76C++	1 * AW119 Koala 2 * S-76C++
87	2 * AW119 Koala 3 * AS 332 Super Puma	3 * S-76D	1 * AW119 Koala 2 * S-76D
89	2 * AW119 Koala 3 * AS 332 Super Puma	3 * EC225	1 * AW119 Koala 2 * EC225
91	2 * AW119 Koala 3 * AS 332 Super Puma	3 * H-92 Superhawk	1 * AW119 Koala 2 * H-92 Superhawk
93	2 * AW119 Koala 3 * AS 332 Super Puma	3 * AW101	1 * AW119 Koala 2 * AW101
95	2 * AW119 Koala 3 * AS 332 Super Puma	3 * EC115 B1	1 * AW119 Koala 2 * EC115 B1
97	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 1 * AW139	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * AW139 *
99	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 1 * EC115 B1	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * EC115 B1 *
101	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 1 * S-76C++	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * S-76C++ *
103	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 1 * S-76D	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * S-76D *
105	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 1 * EC225	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * EC225 *
107	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 1 * H-92 Superhawk	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * H-92 Superhawk *
109	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 1 * AW101	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * AW101 *
111	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 2 * AW139	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * AW139 *
113	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 2 * EC115 B1	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * EC115 B1 *

	Helsinki	Turku	Rovaniemi/Vaasa
Portfolio	Helikopterien määrä ja tyyppi	Helikopterien määrä ja tyyppi	Helikopterien määrä ja tyyppi
115	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 2 * S-76C++	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * S-76C++ *
117	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 2 * S-76D	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * S-76D *
119	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 2 * EC225	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * EC225 *
121	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 2 * H-92 Superhawk	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * H-92 Superhawk *
123	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 2 * AW101	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 2 * AW101 *
125	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 2 * AW139	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 3 * AW139 *
127	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 2 * EC115 B1	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 3 * EC115 B1 *
129	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 2 * S-76C++	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 3 * S-76C++ *
131	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 2 * S-76D	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 3 * S-76D *
133	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 2 * EC225	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 3 * EC225 *
135	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 2 * H-92 Superhawk	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 3 * H-92 Superhawk *
137	1 * AW119 Koala 1 * AS 332 Super Puma 2 * AW101	2 * AS 332 Super Puma	2 * AW119 Koala 3 * AW101 *
139	1 * AW119 Koala 3 * AW139	2 * AW139	2 * AW119 Koala 2 * AW139
141	1 * AW119 Koala 3 * EC115 B1	2 * EC115 B1	2 * AW119 Koala 2 * EC115 B1
143	1 * AW119 Koala 3 * S-76C++	2 * S-76C++	2 * AW119 Koala 2 * S-76C++

	Helsinki	Turku	Rovaniemi/Vaasa
Portfolio	Helikopterien määrä ja tyyppi	Helikopterien määrä ja tyyppi	Helikopterien määrä ja tyyppi
145	1 * AW119 Koala 3 * S-76D	2 * S-76D	2 * AW119 Koala 2 * S-76D
147	1 * AW119 Koala 3 * EC225	2 * EC225	2 * AW119 Koala 2 * EC225
149	1 * AW119 Koala 3 * H-92 Superhawk	2 * H-92 Superhawk	2 * AW119 Koala 2 * H-92 Superhawk
151	1 * AW119 Koala 3 * AW101	2 * AW101	2 * AW119 Koala 2 * AW101